



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

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

(11)



1-0042066

(51)⁸ H04L 1/00; H04W 72/04; H04L 27/26

(13) B

(21) 1-2019-03030

(22) 01/12/2017

(86) PCT/KR2017/014032 01/12/2017

(87) WO2018/101799 07/06/2018

(30) 62/428,786 01/12/2016 US; 62/441,140 30/12/2016 US; 62/446,927 17/01/2017 US;
62/449,858 24/01/2017 US; 62/464,762 28/02/2017 US; 62/501,195 04/03/2017 US;
62/477,063 27/03/2017 US; 62/520,129 15/06/2017 US; 62/527,370 30/06/2017 US;
15/821,882 24/11/2017 US

(45) 25/12/2024 441

(43) 26/08/2019 377A

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

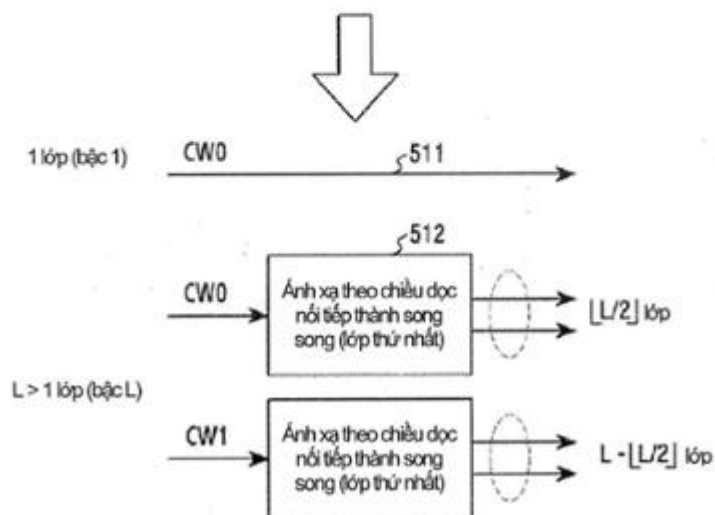
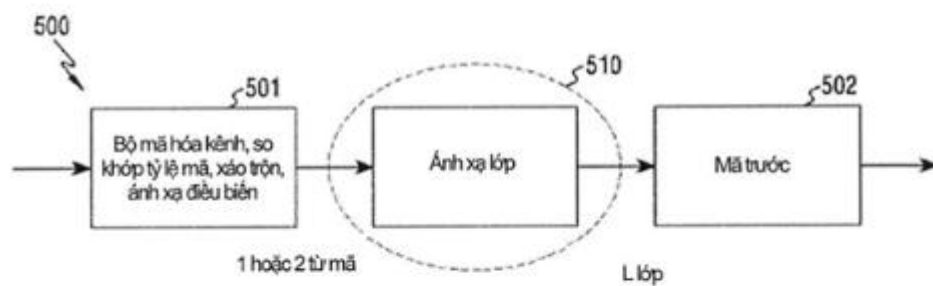
129, Samsung-ro, Yeongtong-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do 16677, Republic of Korea

(72) ONGGOSANUSI, Eko (US); RAHMAN, Md Saifur (IN); KIM, Younsun (KR).

(74) Công ty Luật TNHH WINCO (WINCO LAW FIRM)

(54) THIẾT BỊ NGƯỜI DỪNG, PHƯƠNG PHÁP ĐƯỢC THỰC HIỆN BỞI THIẾT BỊ NGƯỜI DỪNG, TRẠM GỐC, VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐƯỢC THỰC HIỆN BỞI TRẠM GỐC TRONG HỆ THỐNG TRUYỀN THÔNG KHÔNG DÂY

(57) Sáng chế đề cập đến thiết bị người dùng, phương pháp được thực hiện bởi thiết bị người dùng, trạm gốc, và phương pháp được thực hiện bởi trạm gốc trong hệ thống truyền thông không dây. Phương pháp được thực hiện bởi thiết bị người dùng bao gồm các bước: thu, từ trạm gốc, thông tin điều khiển đường xuống (downlink control information, DCI), được liên kết với dữ liệu đường xuống bao gồm ít nhất một từ mã; thu, từ trạm gốc, dữ liệu đường xuống bao gồm ít nhất một từ mã thông qua ít nhất một lớp dựa trên số lượng của ít nhất một lớp, trong đó, nếu số lượng của ít nhất một lớp nhỏ hơn hoặc bằng bốn, thì số lượng của ít nhất một từ mã được xác định là một, và trong đó, nếu số lượng của ít nhất một lớp lớn hơn bốn, thì số lượng của ít nhất một từ mã được xác định là hai, trong đó dữ liệu đường xuống bao gồm một hoặc nhiều khối mã (codeblock, CB), trên mỗi từ mã, trong đó, trong trường hợp mà dữ liệu đường xuống bao gồm một CB, thì dữ liệu đường xuống bao gồm mã kiểm dư vòng khối vận chuyển (transport block cyclic redundancy code, TB-CRC), và trong đó, trong trường hợp mà dữ liệu đường xuống bao gồm nhiều hơn một CB, thì dữ liệu đường xuống bao gồm CRC khối mã, CB-CRC, dành cho mỗi CB trong số nhiều hơn một CB; và truyền, tới trạm gốc, thông tin trạng thái kênh (channel state information, CSI), trong đó CSI bao gồm chỉ báo chất lượng kênh (channel quality indicator, CQI), trên mỗi từ mã nêu trên.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến đề cập đến thiết bị người dùng, phương pháp được thực hiện bởi thiết bị người dùng, trạm gốc, và phương pháp được thực hiện bởi trạm gốc trong hệ thống truyền thông không dây.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Để đáp ứng nhu cầu đối với lưu lượng dữ liệu không dây tăng lên kể từ khi sự phát triển của các hệ thống truyền thông thứ tư (4G), thì đã có nhiều nỗ lực được tạo ra để phát triển hệ thống truyền thông thế hệ thứ năm (5G) hoặc Pre5G được cải tiến. Do đó, hệ thống truyền thông 5G hoặc Pre5G cũng được gọi ‘Vượt xa mạng 4G’ hoặc ‘Hệ thống sau LTE’.

Hệ thống truyền thông 5G được xem xét thực hiện trong dải tần số cao hơn (sóng mm), ví dụ như dải tần 28GHz hoặc 60GHz, để đạt được tốc độ dữ liệu cao hơn. Để giảm tiêu hao lan truyền của sóng vô tuyến và tăng khoảng cách truyền dẫn, thì kỹ thuật tạo chùm tia, kỹ thuật nhiều đầu vào-nhiều đầu ra (Multiple-Input Multiple-Output, MIMO) quy mô lớn, kỹ thuật MIMO toàn chiều (Full Dimensional MIMO, FD MIMO), anten mảng, kỹ thuật tạo chùm tia tương tự, kỹ thuật anten mảng quy mô lớn được đề cập trong các hệ thống truyền thông 5G.

Ngoài ra, trong các hệ thống truyền thông 5G, việc phát triển để cải tiến hệ thống mạng được tiến hành dựa trên các tế bào nhỏ hoàn chỉnh, mạng truy nhập vô tuyến dựa trên điện toán đám mây (Cloud Radio Access Network, C-RAN), các mạng siêu dày đặc, truyền thông từ thiết bị tới thiết bị (Device-to-Device, D2D), mạng backhaul không dây, mạng chuyển động, mạng hợp tác, truyền thông đa điểm điều phối (Coordinated Multi-Points, CoMP), khử nhiễu bên đầu thu và các phương thức truyền thông tương tự.

Trong hệ thống 5G, điều biến lai giữa điều biến khóa dịch pha (Phase Shift Keying, FSK) và điều biến biên độ cầu phương (Quadrature Amplitude Modulation, QAM) (FQAM) và mã chồng cửa sổ trượt (Sliding Window Superposition Coding, SWSC) như điều biến mã hoàn chỉnh (Advanced Coding Modulation, ACM), và điều biến lọc dải đa sóng mang (Filter Bank Multi Carrier, FBMC), đa truy nhập không trực giao (Non-

Orthogonal Multiple Access, NOMA), và đa truy nhập mã thưa (Sparse Code Multiple Access, SCMA) như kỹ thuật truy nhập tiên tiến được phát triển.

Truyền thông không dây là một trong những phát kiến thành công nhất trong lịch sử hiện đại. Nhu cầu lưu lượng dữ liệu không dây tăng lên nhanh chóng do sự phổ biến ngày càng tăng giữa người tiêu dùng và doanh nghiệp về điện thoại thông minh và các thiết bị dữ liệu di động khác, chẳng hạn như máy tính bảng, máy tính dạng “sổ tay”, máy tính loại net book, các thiết bị đọc sách điện tử, và các thiết bị kiểu máy. Để đáp ứng sự tăng trưởng cao về lưu lượng dữ liệu di động và hỗ trợ các ứng dụng và triển khai mới, thì những cải tiến về hiệu suất giao diện vô tuyến và vùng phủ là hết sức quan trọng.

Thiết bị di động hoặc thiết bị của người dùng có thể đo chất lượng của kênh đường xuống và báo cáo chất lượng được đo này cho trạm gốc sao cho việc xác định có thể được tạo ra bất kể có thông số thay đổi được điều chỉnh trong khi truyền thông với thiết bị di động hay không. Việc xử lý báo cáo chất lượng kênh hiện có trong các hệ thống truyền thông không dây không cung cấp đủ báo cáo thông tin trạng thái kênh được liên kết với các anten truyền mảng lớn hoặc các anten truyền mảng hai chiều, thông thường, dạng hình học mảng anten chứa một số lượng lớn các phần tử anten.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các phương án khác nhau của sáng chế đề xuất phương pháp và thiết bị để truyền dẫn đa luồng.

Theo một phương án của sáng chế, thiết bị người dùng (User Equipment, UE) được đề xuất. UE bao gồm bộ thu phát được tạo cấu hình để thu truyền dẫn dữ liệu L lớp mà bao gồm ít nhất một khối mã (CodeBlock, CB). CB này bao gồm mã kiểm dư vòng (Cyclic Redundancy Code, CRC) chiều dài N. Bộ thu phát còn được tạo cấu hình để thu thông tin điều khiển đường xuống (Downlink Control Information, DCI) được liên kết với truyền dẫn dữ liệu. UE còn bao gồm bộ xử lý được kết nối vận hành với bộ thu phát. Bộ xử lý được tạo cấu hình để giải mã truyền dẫn dữ liệu, CRC, và DCI. Truyền dẫn dữ liệu bao gồm một từ mã (Code Word, CW) khi L nhỏ hơn hoặc bằng ngưỡng và hai từ mã khi L lớn hơn so với ngưỡng.

Trong một phương án khác, trạm gốc (Base Station, BS) được đề xuất. Trạm gốc bao gồm bộ xử lý được tạo cấu hình để tạo ra truyền dẫn dữ liệu L lớp cho UE và để tạo ra DCI được liên kết với truyền dẫn dữ liệu này. Truyền dẫn dữ liệu bao gồm ít nhất một CB và CB này bao gồm mã CRC chiều dài-N. Trạm gốc còn bao gồm bộ thu phát được

kết nối vận hành với bộ xử lý. Bộ thu phát được tạo cấu hình để truyền truyền dẫn dữ liệu và DCI. Thông tin truyền dẫn dữ liệu bao gồm một CW khi L nhỏ hơn hoặc bằng ngưỡng và bao gồm hai CW khi L lớn hơn so với ngưỡng.

Theo một phương án khác, phương pháp để vận hành UE được đề xuất. Phương pháp này bao gồm bước thu truyền dẫn dữ liệu L lớp. Truyền dẫn dữ liệu bao gồm ít nhất một CB và CB này bao gồm mã CRC chiều dài-N. Phương pháp này còn bao gồm bước thu thông tin điều khiển đường xuống (DCI) được liên kết với truyền dẫn dữ liệu và bước giải mã truyền dẫn dữ liệu, CRC, và DCI. Truyền dẫn dữ liệu bao gồm một CW khi L nhỏ hơn hoặc bằng ngưỡng và bao gồm hai CW khi L lớn hơn so với ngưỡng

Các đặc điểm kỹ thuật khác có thể dễ dàng nhận thấy bởi người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này dựa vào các hình vẽ, mô tả, và các điểm yêu cầu bảo hộ.

Trước khi đọc hiểu phần mô tả chi tiết sáng chế dưới đây, có lợi hơn nếu xác định rõ nghĩa của các từ và câu xác định sử dụng trong suốt bản mô tả này. Thuật ngữ “ghép nối” và các thuật ngữ có ý nghĩa tương tự dùng để chỉ truyền thông trực tiếp hoặc gián tiếp giữa hai hay nhiều bộ phận, dù có các bộ phận tiếp xúc vật lý với nhau hay không. Thuật ngữ “truyền”, “thu”, và “truyền thông”, cũng như các thuật ngữ có ý nghĩa tương tự, bao hàm cả kiểu truyền thông trực tiếp và gián tiếp. Các thuật ngữ “bao gồm” và “gồm có”, cũng như các thuật ngữ có ý nghĩa tương tự, có ý nghĩa bao gồm nhưng không hạn chế. Thuật ngữ “hoặc” cũng bao gồm nghĩa và/hoặc. Cụm từ “được liên kết với”, cũng như các thuật ngữ có ý nghĩa tương tự, có nghĩa bao gồm, được bao gồm trong, kết nối với, chứa, được chứa trong, kết nối tới hoặc với, có khả năng truyền thông với, hợp tác với, xen kẽ, đặt cạnh nhau, gần sát, bị ràng buộc tới hoặc với, có, có thuộc tính của, có quan hệ tới hoặc với, hoặc ý nghĩa tương tự như vậy. Thuật ngữ “bộ điều khiển” có nghĩa là bất kỳ thiết bị, hệ thống hoặc một phần của nó điều khiển ít nhất một hoạt động. Chẳng hạn như bộ điều khiển có thể được thực hiện bằng phần cứng hoặc dạng kết hợp của phần cứng và phần mềm và/hoặc phần sụn. Được liên kết về mặt chức năng với bất kỳ bộ điều khiển riêng biệt có thể là tập trung hoặc phân tán, cho dù ở tại chỗ hay từ xa. Cụm từ “ít nhất một trong số”, khi được sử dụng với danh sách các mục, có nghĩa là các dạng kết hợp khác của một hoặc nhiều mục được liệt kê có thể được sử dụng, và chỉ duy nhất một mục trong danh sách có thể được đòi hỏi. Ví dụ, “ít nhất một trong số: A, B, và C” bao gồm bất kỳ dạng kết hợp nào sau đây: A, B, C, A và B, A và C, B và C, và A và B và C.

Hơn nữa, các chức năng khác nhau được mô tả bên dưới có thể được thực hiện hoặc được hỗ trợ bằng một hoặc nhiều chương trình máy tính, mỗi một chương trình được tạo ra từ mã chương trình có thể đọc được bằng máy tính và được lưu trữ trong vật ghi có thể đọc được bằng máy tính. Các thuật ngữ “ứng dụng” và “chương trình” dùng để chỉ một hoặc nhiều chương trình máy tính, thành phần phần mềm, tập lệnh, thủ tục, chức năng, đối tượng, lớp, thực thể, dữ liệu liên quan, hoặc một phần của nó phù hợp để thực hiện bằng mã chương trình đọc được máy tính phù hợp. Cụm từ “mã chương trình đọc được bằng máy tính” bao gồm bất kỳ kiểu mã máy tính nào, bao gồm mã nguồn, mã đối tượng, mã có thể thực thi được. Cụm từ “vật ghi đọc được bằng máy tính” bao gồm loại vật ghi bất kỳ có khả năng truy nhập được bằng máy tính, chẳng hạn như bộ nhớ chỉ đọc (Read Only Memory, ROM), bộ nhớ truy nhập ngẫu nhiên (Random Access Memory, RAM), ổ đĩa cứng, đĩa dạng compac (Compact Disc, CD), đĩa video kỹ thuật số (Digital Video Disc, DVD), hoặc loại bộ nhớ bất kỳ khác. Vật ghi “bất khả biến” có thể đọc được bằng máy tính loại trừ các loại kết nối có dây, không dây, quang, hoặc các loại kết nối truyền thông khác truyền chuyển tiếp bằng tín hiệu điện hoặc các loại tín hiệu khác. Vật ghi bất khả biến có thể đọc được bằng máy tính bao gồm các phương tiện trong đó dữ liệu có thể được lưu trữ vĩnh viễn và các phương tiện trong đó dữ liệu có thể được lưu trữ và được ghi đè lên sau đó, chẳng hạn như đĩa quang có thể ghi và xóa được hoặc thiết bị nhớ có thể xóa được.

Các định nghĩa cho các từ và cụm từ nhất định khác được sử dụng trong suốt bản mô tả này. Người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này nên hiểu rằng trong nhiều trường hợp, không phải là hầu hết các trường hợp, thì các định nghĩa như vậy áp dụng cho việc sử dụng các từ và cụm từ đã được định nghĩa trước đó.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Để hiểu rõ hơn phần mô tả sáng chế và những ưu điểm của sáng chế, tham khảo phần mô tả dưới đây cùng với các hình vẽ kèm theo, trong đó các số chỉ dẫn giống nhau được sử dụng để chỉ các bộ phận giống nhau:

Fig.1 là hình vẽ thể hiện một ví dụ về mạng không dây theo các phương án khác nhau của sáng chế;

Fig.2A và Fig.2B là hình vẽ thể hiện một ví dụ về các đường truyền và thu không dây theo các phương án khác nhau để thực hiện sáng chế;

Fig.3A là hình vẽ thể hiện một ví dụ về thiết bị của người dùng theo các phương án khác nhau để thực hiện sáng chế;

Fig.3B là hình vẽ thể hiện một ví dụ về trạm gốc theo các phương án khác nhau của sáng chế;

Fig.4 là hình vẽ thể hiện một ví dụ về cấu trúc tạo chùm trong đó một cổng CSI-RS được ánh xạ lên trên một số lượng lớn các phần tử anten được điều khiển tương tự;

Fig.5 là hình vẽ thể hiện một phương án làm ví dụ để truyền dẫn dữ liệu với hoạt động dồn kênh không gian theo một phương án của sáng chế;

Fig.6 là hình vẽ thể hiện một phương án làm ví dụ để phân đoạn CB theo một phương án của sáng chế;

Fig.7A là hình vẽ thể hiện một phương án làm ví dụ để ánh xạ lớp ký hiệu theo một phương án của sáng chế;

Fig.7B là hình vẽ thể hiện một phương án làm ví dụ để ánh xạ lớp phụ thuộc chiều dài CB theo một phương án của sáng chế;

Fig.8 là hình vẽ thể hiện một phương án làm ví dụ để ánh xạ lớp theo chiều dọc mức CB theo một phương án của sáng chế;

Fig.9A là hình vẽ thể hiện một phương án làm ví dụ để ánh xạ lớp phụ thuộc bậc với vòng từ mã đối với bậc cao hơn theo một phương án của sáng chế;

Fig.9B là hình vẽ thể hiện một phương án làm ví dụ để xoay vòng từ mã theo một phương án của sáng chế;

Fig.10 là hình vẽ thể hiện một phương án làm ví dụ để ánh xạ lớp phụ thuộc bậc với vòng từ mã đối với bậc cao hơn theo một phương án của sáng chế;

Fig.11 là hình vẽ thể hiện một phương án làm ví dụ để xử lý mức ký hiệu và mức bit theo một phương án của sáng chế;

Fig.12 là hình vẽ thể hiện một phương án làm ví dụ để phân đoạn CB theo một phương án của sáng chế;

Fig.13 là hình vẽ thể hiện một phương án làm ví dụ để thực hiện hoạt động xen kẽ mức bit theo một phương án của sáng chế;

Fig.14 là hình vẽ lưu đồ thể hiện phương pháp làm ví dụ trong đó UE thu truyền dẫn dữ liệu nhiều lớp theo một phương án của sáng chế;

Fig.15 là hình vẽ lưu đồ thể hiện phương pháp làm ví dụ trong đó trạm gốc tạo ra và truyền dữ liệu nhiều lớp cho UE (được gắn nhãn UE-k) theo một phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các hình vẽ từ Fig.1 tới Fig.15, được mô tả dưới đây, và các phương án khác nhau được sử dụng để mô tả các nguyên lý của sáng chế trong bản mô tả này chỉ bằng cách minh họa và không nhằm giới hạn phạm vi của sáng chế. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này sẽ hiểu rằng các nguyên lý của sáng chế có thể được thực hiện trong hệ thống truyền thông vô tuyến bất kỳ được bố trí phù hợp.

Phần mô tả có dựa vào các tài liệu và các bản mô tả tiêu chuẩn sau đây: 3GPP Technical Specification (TS) 36.211 version 12.4.0, “E-UTRA, Physical channels and modulation” (“REF 1”); 3GPP TS 36.212 version 12.3.0, “E-UTRA, Multiplexing and Channel coding” (“REF 2”); 3GPP TS 36.213 version 12.4.0, “E-UTRA, Physical Layer Procedures” (“REF 3”); 3GPP TS 36.321 version 12.4.0, “E-UTRA, Medium Access Control (MAC) Protocol Specification” (“REF 4”); and 3GPP TS 36.331 version 12.4.0, “E-UTRA, Radio Resource Control (RRC) Protocol Specification” (“REF 5”).

Fig.1 là hình vẽ thể hiện một ví dụ về mạng không dây 100 theo các phương án khác nhau của sáng chế. Phương án thực hiện của mạng không dây 100 được thể hiện trên Fig.1 chỉ nhằm mục đích minh họa. Các phương án khác của mạng không dây 100 có thể được sử dụng mà vẫn không nằm ngoài phạm vi của sáng chế.

Mạng không dây 100 bao gồm trạm gốc (BS) 101, BS 102, và BS 103. BS 101 truyền thông với BS 102 và BS 103. BS 101 còn truyền thông với ít nhất một mạng giao thức Internet (Internet Protocol, IP) 130, chẳng hạn như mạng Internet, mạng giao thức Internet (IP) riêng, hoặc các mạng dữ liệu khác. Thay vì sử dụng “BS”, thuật ngữ thay thế “eNB” (NodeB tăng cường) hoặc “gNB” (Node B chung) cũng có thể được sử dụng. Tùy thuộc vào kiểu mạng, mà các thuật ngữ đã biết khác có thể được sử dụng thay cho “gNB” hoặc “BS”, chẳng hạn như “trạm gốc” hoặc “điểm truy nhập”. Để cho thuận tiện, thì các thuật ngữ “eNB” và “BS” được sử dụng trong sáng chế dùng để chỉ các thành phần cơ sở hạ tầng mạng cung cấp khả năng truy nhập không dây cho các đầu cuối ở xa. Do vậy, tùy thuộc vào kiểu mạng, mà các thuật ngữ đã biết khác có thể được sử dụng thay cho “trạm bị của người dùng” hoặc “UE” chẳng hạn như “trạm di động”, “trạm thuê bao”, “đầu cuối ở xa”, “đầu cuối không dây” hoặc “thiết bị của người dùng”. Để cho thuận tiện, thì các

thuật ngữ “trang bị của người dùng” và “UE” được sử dụng trong sáng chế dùng để chỉ thiết bị không dây ở xa có khả năng truy nhập không dây vào gNB, dù UE là thiết bị di động (chẳng hạn như điện thoại di động hoặc điện thoại thông minh) hoặc là thiết bị cố định (chẳng hạn như máy tính để bàn hoặc máy bán hàng tự động).

gNB 102 cung cấp khả năng truy nhập băng rộng không dây vào mạng 130 cho các UE thứ nhất trong vùng phủ 120 của gNB 102. Các UE thứ nhất bao gồm UE 111, có thể được đặt trong vùng kinh doanh nhỏ (SB); UE 112 có thể được đặt trong vùng doanh nghiệp (E); UE 113 có thể được đặt trong vùng WiFi hotspot (HS); UE 114 có thể được đặt trong vùng cư dân thứ nhất (R), UE 115 có thể được đặt trong vùng cư dân thứ hai (R); và UE 116 có thể là thiết bị di động (M), chẳng hạn như điện thoại di động, máy tính xách tay không dây, thiết bị hỗ trợ cá nhân kỹ thuật số PDA không dây, hoặc thiết bị tương tự. gNB 103 cung cấp khả năng truy nhập băng rộng không dây vào mạng 130 cho các UE thứ hai trong vùng phủ 125 của gNB 103. Các UE thứ hai bao gồm UE 115 và UE 116. Theo một số phương án của sáng chế, một hoặc nhiều gNB từ gNB 101 tới gNB 103 có thể truyền thông với nhau và với các UE từ UE 111 tới UE 116 sử dụng kỹ thuật truyền thông không dây 5G, LTE, LTE-A, WiMAX, hoặc các kỹ thuật truyền thông không dây tiên tiến khác.

Các đường chấm chấm thể hiện kích thước gần đúng của các vùng phủ 120 và 125, được thể hiện như đường tròn gần đúng chỉ nhằm mục đích minh họa và giải thích. Nên hiểu rõ ràng rằng các vùng phủ được liên kết với các gNB, chẳng hạn như các vùng phủ 120 và 125, có thể có các hình dạng khác, bao gồm các hình dạng không theo quy tắc, tùy thuộc vào cấu hình của các gNB và sự thay đổi trong môi trường vô tuyến liên quan đến sức cản do tự nhiên và trở ngại do con người gây ra.

Như được mô tả chi tiết bên dưới, một hoặc nhiều gNB 101, gNB 102, và gNB 103 truyền các tín hiệu chuẩn đo lường tới các UE từ UE 111 tới UE 116 và tạo cấu hình các UE từ UE 111 tới UE 116 để truyền dẫn đa luồng như được mô tả trong các phương án của sáng chế. Theo các phương án khác nhau của sáng chế, một hoặc nhiều UE từ UE 111 tới UE 116 thu một hoặc hai từ mã tùy thuộc vào số lượng các lớp được truyền.

Mặc dù Fig.1 thể hiện một ví dụ về mạng không dây 100, nhưng các phương án thay đổi khác nhau vẫn có thể được tạo ra dựa trên Fig.1. Ví dụ, mạng không dây 100 có thể bao gồm số lượng gNB bất kỳ và số lượng UE bất kỳ được bố trí phù hợp. Do đó, gNB 101 có thể truyền thông trực tiếp với số lượng UE bất kỳ và cung cấp cho những UE

này chức năng truy nhập băng rộng không dây vào mạng 130. Tương tự như vậy, mỗi gNB 102 và gNB 103 có thể truyền thông trực tiếp với mạng 130 và cung cấp cho các UE này chức năng truy nhập băng rộng không dây trực tiếp vào mạng 130. Hơn nữa, các gNB 101, gNB 102, và/hoặc gNB 103 có thể cung cấp chức năng truy nhập vào các mạng bên ngoài khác hoặc bổ sung, chẳng hạn như các mạng điện thoại bên ngoài hoặc các kiểu mạng dữ liệu khác.

Fig.2A và Fig.2B là hình vẽ thể hiện một ví dụ về các đường truyền và thu không dây theo một phương án của sáng chế. Trong phần mô tả sau đây, đường truyền 200 có thể được mô tả như đang được thực hiện trong gNB (chẳng hạn gNB 102), trong khi đường thu có thể được mô tả như đang được thực hiện trong UE (chẳng hạn UE 116). Tuy nhiên, sẽ được hiểu rằng đường thu 250 có thể được thực hiện trong gNB và đường truyền 200 có thể được thực hiện trong UE. Theo một số phương án của sáng chế, đường thu 250 được tạo cấu hình để thu một hoặc hai từ mã tùy thuộc vào số lượng các lớp được truyền như được mô tả trong các phương án của sáng chế.

Đường truyền 200 bao gồm khối điều biến và mã hóa kênh 205, khối biến đổi nối tiếp thành song song (S thành P) 210, khối biến đổi Fourier nhanh ngược (Inverse Fast Fourier Transform, IFFT) kích thước N 215, khối biến đổi song song thành nối tiếp (P thành S) 220, khối ‘thêm tiền tố vòng’ 225, và khối biến đổi lên (Up-Converter, UC) 230. Đường thu 250 bao gồm khối biến đổi xuống (Down-Converter, DC) 255, khối ‘loại bỏ tiền tố vòng’ 260, khối biến đổi nối tiếp thành song song (S thành P) 265, khối biến đổi Fourier nhanh (Fast Fourier Transform, FFT) kích thước N 270, khối biến đổi song song thành nối tiếp (P thành S) 275, và khối giải điều biến và giải mã kênh 280.

Trong đường truyền 200, khối điều biến và mã hóa kênh 205 thu một tập các bit thông tin, áp dụng mã hóa (chẳng hạn như mã chập, mã Turbo, hoặc mã kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (Low-Density Parity Check, LDPC)), và điều biến các bit đầu vào (chẳng hạn như điều biến khóa dịch pha cầu phương (Quadrature Phase Shift Keying, QPSK) hoặc điều biến biên độ cầu phương (QAM)) để tạo ra chuỗi ký hiệu điều biến miền tần số. Khối biến đổi nối tiếp thành song song biến đổi (chẳng hạn như phân kênh) các ký hiệu được điều biến nối tiếp thành dữ liệu song song để tạo ra N luồng ký hiệu song song, trong đó N là kích thước của khối IFFT/FFT được sử dụng trong gNB 102 và UE 116. Khối IFFT kích thước N 215 thực hiện hoạt động IFFT trên N luồng ký hiệu song song để tạo ra các tín hiệu đầu ra miền thời gian. Khối biến đổi song song thành nối tiếp 220

biến đổi (chẳng hạn như dồn kênh) các ký hiệu đầu ra miền thời gian song song từ khối IFFT kích thước N 215 để tạo ra tín hiệu miền thời gian nối tiếp. Khối ‘thêm tiền tố vòng’ 225 thêm tiền tố vòng vào tín hiệu trong miền thời gian. Khối UC 230 điều biến (chẳng hạn biến đổi lên) đầu ra của khối “thêm tiền tố vòng” 225 thành tần số vô tuyến (Radio Frequency, RF) để truyền dẫn qua kênh không dây. Tín hiệu này cũng có thể được lọc tại băng gốc trước khi biến đổi thành tần số vô tuyến.

Tín hiệu RF được truyền từ gNB 102 đến UE 116 sau khi truyền qua kênh không dây, và các hoạt động ngược lại với các hoạt động được thực hiện tại gNB 102 được thực hiện tại UE 116. Khối biến đổi xuống 255 biến đổi xuống tín hiệu được thu thành tần số ở băng gốc, và khối ‘bỏ tiền tố vòng’ 260 bỏ tiền tố vòng để tạo ra tín hiệu băng gốc nối tiếp trong miền thời gian. Khối biến đổi nối tiếp thành song song 265 biến đổi tín hiệu băng gốc miền thời gian thành các tín hiệu miền thời gian song song. Khối FFT kích thước N 270 thực hiện thuật toán FFT để tạo ra N tín hiệu miền tần số song song. Khối biến đổi song song thành nối tiếp biến đổi các tín hiệu miền tần số song song thành chuỗi các ký hiệu dữ liệu được điều biến. Khối giải điều biến và giải mã kênh 280 giải điều biến và giải mã các ký hiệu được điều biến để khôi phục luồng dữ liệu đầu vào ban đầu.

Như được mô tả chi tiết bên dưới, đường truyền 200 hoặc đường thu 250 có thể thực hiện báo hiệu để truyền dẫn đa luồng. Mỗi một gNB trong đó gNB 101 đến 103 có thể thực hiện đường truyền 200 tương tự việc truyền trong đường xuống tới các UE từ 111 đến 116 và có thể thực hiện đường thu 250 tương tự việc thu trong đường lên từ các UE từ 111 đến 116. Tương tự như vậy, mỗi một UE từ UE 111 tới UE 116 có thể thực hiện đường truyền 200 để truyền trong đường lên tới các gNB từ gNB 101 tới gNB 103 và có thể thực hiện đường thu 250 để thu trong đường xuống từ các gNB từ gNB 101 tới gNB 103.

Mỗi một thành phần trên Fig.2A và Fig.2B có thể được thực hiện chỉ sử dụng phần cứng hoặc sử dụng dạng kết hợp của phần cứng và phần mềm/phần sụn. Một ví dụ cụ thể, ít nhất một số thành phần trên Fig.2A và Fig.2B có thể được thực hiện bằng phần mềm, trong khi các thành phần khác có thể được thực hiện bằng phần cứng có thể cấu hình được hoặc dạng kết hợp giữa phần mềm và phần cứng có thể cấu hình được. Ví dụ, khối FFT 270 và khối IFFT 215 có thể được thực hiện như các thuật toán phần mềm có thể tạo cấu hình được, trong đó giá trị kích thước N có thể được sửa đổi theo dạng thực hiện.

Ngoài ra, mặc dù được mô tả là sử dụng FFT và IFFT, nhưng nên hiểu là đây chỉ nhằm mục đích minh họa và không nhằm hạn chế phạm vi của sáng chế. Các loại biến đổi khác, chẳng hạn như biến đổi Fourier rời rạc (Discrete Fourier Transform, DFT) và biến đổi Fourier rời rạc ngược (Inverse Discrete Fourier Transform, IDFT) có thể được sử dụng. Cần phải hiểu rằng giá trị của N có thể thay đổi có thể là số nguyên bất kỳ (chẳng hạn 1, 2, 3, 4, hoặc số nguyên tương tự) đối với các hàm DFT và IDFT, trong khi giá trị của N có thể thay đổi có thể là số nguyên bất kỳ mà là lũy thừa của hai (chẳng hạn như 1, 2, 4, 8, 16, hoặc số nguyên tương tự) đối với các hàm FFT và IFFT.

Mặc dù Fig.2A và Fig.2B thể hiện các ví dụ về các đường truyền và thu không dây, nhưng các phương án thay đổi khác vẫn có thể được tạo ra dựa trên Fig.2A và Fig.2B. Ví dụ, các thành phần khác nhau trên Fig.2A và Fig.2B có thể được kết hợp, được chia nhỏ ra, hoặc được bỏ qua và các thành phần bổ sung có thể được thêm vào tùy theo yêu cầu cụ thể. Do đó, Fig.2A và Fig.2B chỉ là các ví dụ minh họa của các kiểu đường truyền và thu mà có thể được sử dụng trong mạng không dây. Các cấu trúc phù hợp khác có thể được sử dụng để hỗ trợ truyền thông không dây trong mạng không dây.

Fig.3A là hình vẽ thể hiện một ví dụ về UE 116 theo một phương án của sáng chế. Phương án của UE 116 được thể hiện trên Fig.3A chỉ nhằm mục đích minh họa, và các UE từ UE 111 tới UE 115 trên Fig.1 có thể có cấu hình giống hoặc tương tự. Tuy nhiên, các UE có nhiều cấu hình khác nhau, và Fig.3A không nhằm hạn chế phạm vi của sáng chế với loại cấu hình cụ thể bất kỳ nào của UE.

UE 116 bao gồm anten 305, bộ thu phát tần số vô tuyến (RF) 310, mạch xử lý truyền (TX) 315, micro 320, và mạch xử lý thu (RX) 325. UE 116 này còn bao gồm loa 330, bộ xử lý 340, giao diện nhập/xuất (I/O) 345, thiết bị nhập 350, bộ hiển thị 255, và bộ nhớ 360. Bộ nhớ 360 bao gồm hệ điều hành (Operating System, OS) 361 và một hoặc nhiều ứng dụng 362.

Bộ thu phát RF 310 thu, từ anten 305, tín hiệu RF theo chiều đến được truyền bởi gNB của mạng không dây 100 được thể hiện trên Fig.1. Các bộ thu phát từ 310 biến đổi xuống các tín hiệu RF theo chiều đến để tạo ra các tín hiệu trung tần (IF) hoặc tín hiệu băng gốc. Các tín hiệu IF hoặc tín hiệu băng gốc được truyền tới mạch xử lý RX 325, tạo ra các tín hiệu băng gốc đã xử lý bằng cách lọc, giải mã, và/hoặc số hóa các tín hiệu IF hoặc tín hiệu băng gốc. Mạch xử lý RX 325 truyền tín hiệu băng gốc đã xử lý tới loa 330

(chẳng hạn như dành cho dữ liệu thoại) hoặc tới bộ xử lý 340 để tiếp tục xử lý (chẳng hạn như dành cho dữ liệu trình duyệt web).

Mạch xử lý TX 315 thu dữ liệu thoại dạng tương tự hoặc số từ micrô 320 hoặc dữ liệu băng gốc theo chiều đi khác (chẳng hạn như dữ liệu web, thư điện tử, hoặc dữ liệu tương tác của trò chơi video) từ bộ xử lý 340. Mạch xử lý TX 315 lập mã, dồn kênh, và/hoặc số hóa dữ liệu băng gốc theo chiều đi để tạo ra các tín hiệu băng gốc hoặc tín hiệu IF đã xử lý. Các bộ thu phát từ 310 thu các tín hiệu băng gốc và tín hiệu IF đã xử lý theo chiều đi từ mạch xử lý TX 315 và biến đổi lên các tín hiệu băng gốc hoặc tín hiệu IF thành các tín hiệu RF được truyền qua các anten 305.

Bộ xử lý 340 có thể bao gồm một hoặc nhiều bộ xử lý hoặc các bộ phận xử lý khác và thực thi chương trình OS được lưu trữ trong bộ nhớ 360 để điều khiển toàn bộ hoạt động của UE 116. Ví dụ, bộ xử lý 340 có thể điều khiển thu các tín hiệu kênh chuyển tiếp và truyền dẫn các tín hiệu kênh ngược bằng bộ thu phát RF 310, mạch xử lý thu RX 325, và mạch xử lý truyền TX 315 theo các nguyên lý đã biết. Theo một số phương án của sáng chế, bộ xử lý 340 bao gồm ít nhất một bộ vi xử lý hoặc bộ vi điều khiển.

Bộ xử lý 340 cũng có khả năng thực thi các chương trình và các tiến trình khác trong bộ nhớ 360, chẳng hạn như các thao tác để đo lường và báo cáo thông tin chất lượng kênh CQI (Channel Quality Information, CQI) cho các hệ thống được mô tả trong các phương án của sáng chế. Bộ xử lý 340 có thể di chuyển dữ liệu vào trong hoặc ra ngoài bộ nhớ 360 như được yêu cầu bởi quy trình thực thi. Theo một số phương án của sáng chế, bộ xử lý 340 được tạo cấu hình để thực thi các ứng dụng 362 dựa trên chương trình hệ điều hành OS 361 hoặc nhằm đáp lại các tín hiệu được thu từ các gNB hoặc người điều hành. Bộ xử lý 340 cũng được ghép nối với giao diện nhập/xuất 345 mà cung cấp cho UE 116 khả năng kết nối với các thiết bị khác chẳng hạn như các máy tính xách tay và máy tính cầm tay. Giao diện nhập/xuất 345 là đường truyền thông giữa các thiết bị và bộ xử lý 340.

Bộ xử lý 340 cũng được ghép nối với thiết bị nhập 350 (ví dụ bàn phím, màn hình cảm ứng, nút ấn v.v.) và bộ hiển thị 355. Người dùng UE 116 có thể sử dụng thiết bị nhập 350 để nhập dữ liệu vào UE 116. Bộ hiển thị 355 có thể là bộ hiển thị tinh thể lỏng hoặc bộ hiển thị khác có khả năng xuất ra đoạn văn bản và/hoặc ít nhất là đồ họa bị hạn chế, chẳng hạn từ các trang web.

Bộ nhớ 360 được ghép nối với bộ xử lý 340. Một phần của bộ nhớ 360 có thể bao gồm bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên (RAM), và phần khác của bộ nhớ 360 có thể bao gồm bộ nhớ dạng flash hoặc bộ nhớ chỉ đọc (ROM) khác.

Như được mô tả chi tiết bên dưới, UE 116 có thể thực hiện báo hiệu và tính để truyền dẫn đa luồng. Mặc dù Fig.3A thể hiện một về dụ về UE 116, nhưng các phương án thay đổi khác nhau vẫn có thể được tạo ra dựa trên Fig.3A. Ví dụ, các thành phần khác nhau trên Fig.3A có thể được kết hợp, được chia nhỏ ra, hoặc được bỏ qua và các thành phần bổ sung có thể được thêm vào tùy theo yêu cầu cụ thể. Một ví dụ cụ thể khác, các bộ xử lý 340 cũng có thể được chia thành nhiều bộ xử lý, chẳng hạn như một hoặc nhiều bộ xử lý trung tâm (CPU) và một hoặc nhiều bộ xử lý đồ họa (GPU). Do đó, trong khi Fig.3A thể hiện UE 116 được tạo cấu hình như điện thoại di động hoặc điện thoại thông minh, nhưng các UE cũng có thể được tạo cấu hình để hoạt động như các loại thiết bị di động hoặc cố định khác.

Fig.3B là hình vẽ thể hiện một ví dụ về gNB 102 theo một phương án của sáng chế. Phương án của gNB 102 được thể hiện trên Fig.3B chỉ nhằm mục đích minh họa, và các gNB khác trên Fig.1 có thể có cấu hình giống hoặc tương tự. Tuy nhiên, các gNB có nhiều cấu hình khác nhau, và Fig.3B không nhằm hạn chế phạm vi của sáng chế với loại cấu hình cụ thể bất kỳ nào của gNB. gNB 101 và gNB 103 có thể bao gồm cấu trúc giống hoặc tương tự như cấu trúc của gNB 102.

Như được thể hiện trên Fig.3B, gNB 102 bao gồm các anten từ 370a tới anten 370n, các bộ thu phát RF từ 372a tới 372n, mạch xử lý truyền (TX) 374, và mạch xử lý thu (RX) 376. Theo các phương án cụ thể, một hoặc nhiều anten từ anten 370a tới anten 370n bao gồm các mảng anten 2D. gNB 102 cũng bao gồm bộ điều khiển/bộ xử lý 378, bộ nhớ 380, và mạng backhaul hoặc giao diện mạng 382.

Các bộ thu phát từ 372a tới 372n thu, từ các anten từ 370a tới 370n, các tín hiệu RF theo chiều đến, chẳng hạn như các tín hiệu được truyền bằng các UE hoặc các gNB khác. Các bộ thu phát từ 372a đến 372n biến đổi xuống các tín hiệu RF theo chiều đến để tạo ra các tín hiệu IF hoặc tín hiệu băng gốc. Các tín hiệu IF hoặc tín hiệu băng gốc được gửi tới mạch xử lý RX 376, tạo ra các tín hiệu băng gốc đã xử lý bằng cách lọc, giải mã, và/hoặc số hóa các tín hiệu IF hoặc tín hiệu băng gốc. Mạch xử lý RX 376 truyền các tín hiệu băng gốc đã được xử lý tới bộ điều khiển/bộ xử lý 378 để tiếp tục xử lý.

Mạch xử lý TX 374 thu tín hiệu tương tự hoặc dữ liệu số (chẳng hạn như dữ liệu thoại, dữ liệu web, thư điện tử, hoặc dữ liệu tương tác của trò chơi video) từ bộ điều khiển/bộ xử lý 378. Mạch xử lý TX 374 lập mã, dồn kênh, và/hoặc số hóa dữ liệu băng gốc theo chiều đi để tạo ra các tín hiệu băng gốc hoặc tín hiệu IF đã xử lý. Các bộ thu phát từ 372a đến 372n thu các tín hiệu băng gốc và tín hiệu IF đã xử lý theo chiều đi từ mạch xử lý TX 374 và biến đổi lên các tín hiệu băng gốc hoặc tín hiệu IF thành các tín hiệu RF được truyền qua các anten từ 370a đến 370n.

Bộ điều khiển/bộ xử lý 378 có thể bao gồm một hoặc nhiều bộ xử lý hoặc các bộ phận xử lý khác điều khiển toàn bộ hoạt động của gNB 102. Ví dụ, bộ điều khiển/bộ xử lý 378 có thể điều khiển thu các tín hiệu kênh chuyển tiếp và truyền dẫn các tín hiệu kênh ngược bằng các bộ thu phát RF từ 372a đến 372n, mạch xử lý RX 376, và mạch xử lý TX 374 theo các nguyên lý đã biết. Bộ điều khiển/bộ xử lý 378 có thể hỗ trợ thêm các chức năng như các chức năng truyền thông không dây cải tiến. Theo một số phương án của sáng chế, bộ điều khiển/bộ xử lý 378 bao gồm ít nhất một bộ vi xử lý hoặc bộ vi điều khiển.

Bộ điều khiển/bộ vi xử lý 378 cũng có khả năng thực thi các chương trình và các tiến trình khác trong bộ nhớ 380, chẳng hạn như hệ điều hành. Bộ điều khiển/bộ vi xử lý 378 cũng có khả năng hỗ trợ báo cáo và đo lường chất lượng kênh cho các hệ thống có các mảng anten 2D như được mô tả trong các phương án của sáng chế. Theo một số phương án của sáng chế, bộ điều khiển/bộ xử lý 378 hỗ trợ truyền thông giữa các thực thể, chẳng hạn như web truyền thông thời gian thực RTC (Real-Time Communication, RTC). Bộ điều khiển/bộ xử lý 378 có thể di chuyển dữ liệu vào trong hoặc ra ngoài bộ nhớ 380 như được yêu cầu bởi quy trình thực thi.

Bộ điều khiển/bộ xử lý 378 còn có thể được ghép nối với mạng backhaul hoặc giao diện mạng 382. Mạng backhaul hoặc giao diện mạng 382 cho phép gNB 102 truyền thông với các thiết bị hoặc hệ thống khác thông qua kết nối backhaul hoặc qua mạng. Mạng backhaul hoặc giao diện mạng 382 còn có thể hỗ trợ truyền thông qua bất kỳ (các) loại kết nối có dây hoặc không dây nào phù hợp. Ví dụ, khi gNB 102 được thực hiện như một phần của hệ thống truyền thông di động (chẳng hạn như hệ thống truyền thông hỗ trợ 5G hoặc kỹ thuật truy nhập vô tuyến mới hoặc NR, LTE, hoặc LTE-A), thì giao diện mạng hoặc mạng backhaul 382 có thể cho phép gNB 102 truyền thông với các gNB khác qua kết nối backhaul có dây hoặc không dây. Khi gNB 102 được thực hiện như là điểm

truy nhập, thì giao diện mạng hoặc mạng tuyến sau 382 có thể cho phép gNB 102 truyền thông qua mạng vùng nội bộ có dây hoặc không dây hoặc qua kết nối có dây hoặc không dây tới mạng lớn hơn (chẳng hạn như mạng Internet). Mạng backhaul hoặc giao diện mạng 382 bao gồm bất kỳ loại truyền thông hỗ trợ kết cấu phù hợp qua kết nối có dây hoặc không dây, chẳng hạn như Ethernet hoặc bộ thu phát RF.

Bộ nhớ 380 được ghép nối với bộ điều khiển/bộ xử lý 378. Một phần của bộ nhớ 380 có thể bao gồm RAM, và phần khác của bộ nhớ 380 có thể bao gồm bộ nhớ dạng flash hoặc ROM khác. Theo các phương án cụ thể, nhiều lệnh, chẳng hạn như thuật toán BIS được lưu trữ trong bộ nhớ. Các lệnh này được tạo cấu hình để làm cho bộ điều khiển/bộ xử lý 378 thực hiện tiến trình BIS và để giải mã tín hiệu được thu sau khi trừ ít nhất một tín hiệu nhiễu được xác định bằng thuật toán BIS.

Như được mô tả chi tiết bên dưới, các đường truyền và thu của gNB 102 (được thực hiện sử dụng các bộ thu phát RF từ 372a tới 372n, mạch xử lý TX 374, và/hoặc mạch xử lý RX 376) thu một hoặc hai từ mã tùy thuộc vào số lượng các lớp được truyền.

Mặc dù Fig.3B thể hiện một ví dụ về UE 102, nhưng các phương án thay đổi khác nhau vẫn có thể được tạo ra dựa trên Fig.3B. Ví dụ, gNB 102 có thể bao gồm số lượng bất kỳ mỗi bộ phận được thể hiện trên Fig.3A. Như là một ví dụ cụ thể, điểm truy nhập có thể bao gồm một số giao diện mạng và mạng backhaul 382, và bộ điều khiển/bộ xử lý 378 có thể hỗ trợ các chức năng định tuyến để định tuyến dữ liệu giữa các địa chỉ mạng khác nhau. Một ví dụ cụ thể khác, trong khi được thể hiện trên hình vẽ bao gồm một mạch xử lý TX 374 và mạch xử lý RX 376, nhưng gNB 102 cũng có thể bao gồm nhiều loại mạch nêu trên (chẳng hạn như mỗi loại mạch được dùng cho mỗi bộ thu phát RF).

Rel.13 LTE hỗ trợ lên tới 16 cổng anten CSI-RS mà cho phép gNB trang bị số lượng lớn các phần tử anten (chẳng hạn 64 hoặc 128 phần tử). Trong trường hợp này, nhiều phần tử anten được ánh xạ lên trên một cổng CSI-RS. Ngoài ra, với số lượng lên tới 32 cổng CSI-RS sẽ được hỗ trợ trong Rel.14 LTE. Đối với các hệ thống di động thế hệ tiếp theo chẳng hạn như 5G, được kỳ vọng rằng số lượng tối đa các cổng CSI-RS vẫn gần giống như số lượng nêu trên.

Đối với các dải sóng mm, mặc dù số lượng các phần tử anten có thể lớn hơn đối với kích thước thiết bị xác định, nhưng số lượng các cổng CSI-RS - mà có thể tương ứng với số lượng các cổng được mã trước dạng số - có xu hướng bị hạn chế do các ràng buộc về phần cứng (chẳng hạn như tính khả thi để lắp đặt một số lượng lớn các ADC/DAC ở các

tần số dải sóng mm) như được thể hiện theo phương án 400 trên Fig.4. Trong trường hợp này, một cổng CSI-RS được ánh xạ lên trên một số lượng lớn các phần tử anten mà có thể được điều khiển bởi dải các bộ dịch pha tương tự 401. Một cổng CSI-RS lúc đó có thể tương ứng với một mảng con mà tạo ra chùm tương tự hẹp thông qua bộ tạo chùm tương tự 405. Chùm tương tự này có thể được tạo cấu hình để quét trên phạm vi góc rộng hơn 420 bằng cách thay đổi dải dịch pha trên các ký hiệu hoặc khung con hoặc các khe (trong đó khung con hoặc khe bao gồm tập các ký hiệu). Số lượng các mảng con (bằng số lượng chuỗi tần số vô tuyến) giống như số lượng các cổng CSI-RS $N_{CSI-PORT}$. Bộ tạo chùm số 410 thực hiện kết hợp tuyến tính trên $N_{CSI-PORT}$ chùm tương tự để tăng thêm độ lợi mã trước. Trong khi các chùm tương tự là băng rộng (do đó không có chọn lọc tần số), thì việc mã trước dạng số có thể được thay đổi trên các dải tần con hoặc các khối tài nguyên.

Trong hệ thống LTE, tùy thuộc vào số lượng các lớp truyền dẫn, tối đa hai từ mã được sử dụng để truyền dẫn dữ liệu DL và UL (lần lượt trên kênh dữ liệu DL chẳng hạn như PDSCH hoặc PDCH, và kênh dữ liệu UL chẳng hạn như PUSCH hoặc PUCH) để dồn kênh không gian như được thể hiện trong tiến trình 500 trên Fig.5 (tương ứng với bảng 5.3.2A-1-2 và 6.3.3.2-1 của REF1 đối với UL và DL) Lấy đầu ra của bộ ánh xạ điều biến 501 (mà ánh xạ (các) luồng bit được tạo ra bởi bộ mã hóa kênh, so khớp tỷ lệ, và xáo trộn), thì bộ ánh xạ lớp 510 ánh xạ 1 hoặc 2 từ mã lên L lớp trước khi đưa vào bộ mã trước 502. Đối với $L=1$ lớp, một từ mã được ánh xạ cho một lớp (511). Đối với $L>1$ lớp, mỗi một từ mã trong số hai từ mã được ánh xạ cho ít nhất một lớp mà trong đó L lớp gần như được chia đều trên hai từ mã này. Ngoài ra, một từ mã còn có thể được ánh xạ cho >1 lớp đặc biệt là khi chỉ một từ mã trong số hai từ mã được truyền lại.

Mặc dù có lợi để tạo điều kiện thích nghi sơ đồ điều biến và mã hóa (Modulation-and-Coding-Scheme, MCS) trên mỗi từ mã (CW) và bộ thu MMSE-SIC (MMSE với khử nhiễu liên tiếp), nhưng phải trả một số phí tổn đáng kể so với việc ánh xạ một từ mã. Phí tổn đường xuống (DL) đến từ tải DCI bổ sung do 2 trường MCS cố định và 2 trường NDI-RV (liên quan tới DL HARQ) cố định. Phí tổn đường lên (UL) đến từ việc đòi hỏi hai CQI (full 4-bit + delta 3-bit đối với CQI băng rộng, và 2x phí tổn đối với CQI băng con) đối với bậc > 1 và hai HARQ-ACK DL đối với bậc > 1 . Thêm vào đó là độ phức tạp của việc phải chứa nhiều hơn một sơ đồ ánh xạ lớp trong trường hợp truyền lại.

Ngoài ra, khi MIMO phân tán chẳng hạn như truyền dẫn liên kết không đồng nhất (Non-Coherent Joint Transmission, NC-JT) được đưa vào trong các yêu cầu thiết kế đối với giao diện vô tuyến mới cho hệ thống 5G, thì số lượng các từ mã (CW) được sử dụng để truyền dẫn DL và UL trên mỗi UE có thể tăng lên với số lượng các điểm thu phát (Transmit Receive Point, TRP).

Do đó, xét đến các thách thức mới ở trên đối với các hệ thống vô tuyến mới 5G, thì cần phải có sơ đồ ánh xạ từ mã lên lớp cải tiến (hoặc nói ngắn gọn là “ánh xạ lớp”) với từ mã đơn cho mỗi UE đối với cả DL và UL - cùng với các hỗ trợ báo hiệu của nó.

Trong trường hợp truyền dẫn 2 từ mã (trên mỗi sự gán kênh PDSCH/PUSCH trên mỗi UE) được sử dụng để truyền dẫn bậc cao hơn, thì mong muốn đưa thành phần bổ sung vào trong bộ ánh xạ từ mã lên lớp mà giảm nhẹ mào đầu báo hiệu điều khiển để truyền dẫn 1 từ mã: 1 trường MCS và 1 trường DCI liên quan đến HARQ, 1 CQI cho L lớp. Trường hợp này thích hợp khi, ví dụ, 1 từ mã được ánh xạ trên L lớp khi $1 \leq L \leq 4$, và 2 từ mã được ánh xạ trên L lớp khi $5 \leq L \leq 8$. Trong ví dụ này, thành phần ánh xạ từ mã lên lớp bổ sung được đưa vào khi $5 \leq L \leq 8$. Hoặc, trong ví dụ thứ hai, khi 1 từ mã được ánh xạ trên L lớp khi $1 \leq L \leq 2$, và 2 từ mã được ánh xạ trên L lớp khi $3 \leq L \leq 8$. Trong ví dụ này, thành phần ánh xạ từ mã lên lớp bổ sung được đưa vào khi $3 \leq L \leq 8$.

Do đó, còn cần phải đưa thành phần bổ sung vào trong bộ ánh xạ từ mã lên lớp mà giảm nhẹ mào đầu báo hiệu điều khiển để truyền dẫn 1 từ mã.

Sáng chế bao gồm các thành phần sau đây để cho phép thu một hoặc hai từ mã tùy thuộc vào số lượng các lớp được truyền. Thành phần thứ nhất bao gồm các sơ đồ truyền dẫn (mà bao gồm kỹ thuật hỗ trợ đa điểm thu phát (TRP), phân đoạn khối mã, và ánh xạ lớp). Thành phần thứ hai liên quan đến việc hỗ trợ báo hiệu.

Mỗi thành phần nêu trên (bao gồm các thành phần được mô tả sau đây) có thể được sử dụng độc lập (không có thành phần khác) hoặc là kết hợp với ít nhất một trong số các thành phần khác. Tương tự như vậy, mỗi thành phần nêu trên bao gồm nhiều thành phần phụ. Mỗi thành phần phụ của các thành phần nêu trên có thể được sử dụng độc lập (không có bất kỳ thành phần phụ nào khác) hoặc kết hợp với ít nhất một trong số các thành phần phụ khác.

Thành phần thứ nhất (tức là các sơ đồ truyền dẫn) bao gồm các chức năng để hỗ trợ truyền/thu đa điểm thu-phát (TRP). Đối với DL, số lượng các điểm TRP liên quan đến truyền dẫn DL trên kênh dữ liệu DL (chẳng hạn kênh PDSCH hoặc PDCH) có thể không

được chỉ báo (do số lượng này trong suốt) cho UE. Do đó, việc tăng số lượng các từ mã được thu bởi UE trong trường hợp đa điểm thu-phát (TRP) (ví dụ khi truyền dẫn liên kết không đồng nhất được sử dụng) có thể được hỗ trợ qua số lượng có thể tạo cấu hình được của các từ mã được thu bởi UE.

Theo phương án thứ nhất, số lượng các từ mã được thu bởi UE có thể được tạo cấu hình. Điều này có thể được báo hiệu qua báo hiệu lớp cao hơn (Radio Resource Control, RRC), phần tử điều khiển MAC (Medium Access Control-Control Element, MAC-CE), hoặc qua báo hiệu điều khiển L1 DL (được mang bởi DCI liên quan đến một DL). Bất kể cấu hình được báo hiệu như thế nào, thì truyền dẫn đa điểm TRP (ngay cả khi truyền dẫn liên kết không đồng nhất được sử dụng) được gán bằng cách sử dụng một DCI. Tuy nhiên, phương án thứ nhất này, đòi hỏi UE phải hỗ trợ thu số lượng khác nhau của các từ mã dành cho số lượng đã cho của các lớp.

Ngoài ra, số lượng các từ mã được thu có thể được xác định hoặc được thiết lập được liên kết ít hơn từ thiết lập đa điểm TRP. Theo phương án thứ hai, một từ mã được ánh xạ lên một hoặc nhiều lớp (bất kể số lượng các lớp) trên mỗi sự gán/thu kênh dữ liệu DL (chẳng hạn kênh PDSCH hoặc PDCH) cho mỗi UE. Do đó, truyền dẫn M điểm TRP (ví dụ truyền dẫn liên kết không đồng nhất được sử dụng) được gán sử dụng M DCI riêng biệt. Ngoài ra, khả năng UE có thể được xác định theo số lượng sự thu/gán kênh dữ liệu DL (chẳng hạn kênh PDSCH hoặc PDCH) trên mỗi khe hoặc khung con.

Đối với UL, một từ mã được ánh xạ lên một hoặc nhiều lớp (bất kể số lượng các lớp) trên mỗi sự thu/gán cấp phát kênh dữ liệu UL (chẳng hạn kênh PUSCH hoặc PUCH) cho mỗi UE. Ngoài ra, khả năng UE có thể được xác định theo số lượng sự thu/gán cấp phát kênh dữ liệu UL (chẳng hạn kênh PUSCH hoặc PUCH) trên mỗi khe hoặc khung con.

Thành phần thứ nhất (tức là các sơ đồ truyền dẫn) còn bao gồm bộ phân đoạn khối mã (CB). CW hình thành từ khối vận chuyển (Transport Block, TB). TB, tùy thuộc vào kích thước của nó, có thể được phân đoạn thành một hoặc nhiều các khối mã (CB) vì mục đích hạn chế độ trễ giải mã kênh tại UE. Ví dụ, trong hệ thống LTE, một CB có thể được giải mã và tạo điều kiện thuận lợi cho việc phát hiện sớm việc không thành công giải mã TB.

Fig.6 thể hiện quy trình 600 để phân đoạn CB trong đó TB 601 được chia thành nhiều CB (với trường hợp đặc biệt một CB khi kích thước TB nhỏ) 602. Căn cứ vào số

lượng các lớp L , MCS được chọn, phân bổ tài nguyên, và có thể là một số thông số truyền dẫn khác, thì bộ phân đoạn CB 610 có thể bao gồm ít nhất một trong số các chức năng sau đây: phân đoạn TB thành một hoặc nhiều CB, độn (để đảm bảo kích thước CB cụ thể trước khi mã hóa kênh), chèn các bit CRC vào mỗi CB (được gọi là các bit CB CRC). Ngoài ra, các bit TB CRC có thể được thêm vào 602 cuối cùng (chỉ trong hệ thống LTE). Tuy nhiên, để giảm mào đầu và độ dư thừa về mặt chức năng, thì các bit TB CRC không bắt buộc và do đó không được thêm vào.

Theo một phương án thay thế, các bit CB CRC không được chèn vào (tức là các bit CRC không được thêm vào CB). Theo phương án thay thế này, bộ phân đoạn CB có thể bao gồm ít nhất một trong số các chức năng sau: độn (để đảm bảo kích thước CB cụ thể trước khi mã hóa kênh) – nhưng không chèn các bit CRC vào trong mỗi CB (được gọi là các bit CB CRC). Điều này có thể được hoàn thành, ví dụ, khi mã hóa kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (Low-Density Parity Check, LDPC) được sử dụng vì chức năng phát hiện lỗi có sẵn trong mã LDPC (do đó không cần thiết các bit CRC). Do đó, cũng không cần thiết các bit TB CRC.

CW được tạo thành sau đầu ra của bộ phân đoạn CB được xử lý bởi bộ mã hóa kênh (bao gồm bộ so khớp tỷ lệ).

Để hỗ trợ truyền dẫn một CW, một phương án đối với bộ phân đoạn CB được mô tả dưới đây. Theo một phương án, bộ phân đoạn CB có thể được xác định sao cho để truyền dẫn L -lớp (DL hoặc UL), thì TB (CW) bao gồm bội nguyên của L khối mã (CB). Ngoài ra, quy ước bổ sung sau đây có thể được thêm vào: khi số lượng các CB trong TB/CW được thu (DL) hoặc được truyền (UL) nhỏ hơn so với số lượng tối đa của các lớp được hỗ trợ bởi UE, thì số lượng các lớp được gán cho UE được thiết lập bằng với số lượng các CB trong TB/CW được thu (DL) hoặc được truyền (UL).

Phương án thứ nhất (tức là các sơ đồ truyền dẫn) còn bao gồm bộ ánh xạ từ mã lên lớp (hoặc đơn giản được gọi là bộ ánh xạ lớp). Việc hỗ trợ để truyền dẫn UL một CW và thu DL một CW cho mỗi UE có thể được hoàn thành theo một trong số các phương án sau đây với bộ ánh xạ lớp.

Theo các phương án và phương án phụ sau đây, một trong hai sơ đồ ánh xạ RE khác nhau sau đây áp dụng: ánh xạ tần số trước và ánh xạ thời gian trước.

Luồng ký hiệu được điều biến $\{d(i)\}$ (được đánh chỉ số theo i) được tạo thành bằng cách liên kết nối tiếp các ký hiệu được điều biến từ các CB liên quan đến một CW/TB. Luồng ký hiệu $\{d(i)\}$ này hoạt động như đầu vào bộ ánh xạ lớp.

Để ánh xạ tần số trước, luồng ký hiệu được điều biến trước hết được ánh xạ trên các sóng mang con tần số (RE) trong tập các PRB được phân bổ, sau đó là trên các ký hiệu OFDM trong đơn vị thời gian lập lịch (khe hoặc khung con). Để minh họa, căn cứ vào luồng ký hiệu được điều biến $\{d(i)\}$ được ánh xạ thành tập các RE được đánh chỉ số $\{(k,l)\}$ (trong đó k và l lần lượt thể hiện tần số/sóng mang con và các chỉ số thời gian/ký hiệu OFDM), khi chỉ số i tăng, thì việc ánh xạ tần số trước ánh xạ $d(i)$ bằng cách tăng chỉ số k từ 0 tới $k_{MAX}-1$ (đối với l cố định) trước, sau đó tăng chỉ số l . Tức là, $k = \text{mod}(i, k_{MAX})$ và $l = \lfloor i/k_{MAX} \rfloor$ trong đó k_{MAX} là số lượng các sóng mang con tần số (RE) trong các PRB được phân bổ.

Để ánh xạ thời gian trước, thì luồng ký hiệu được điều biến được ánh xạ trước trên các ký hiệu OFDM trong đơn vị thời gian lập lịch (khe hoặc khung con), sau đó được ánh xạ trên các sóng mang con tần số (RE) trong tập các PRB được phân bổ. Để minh họa, căn cứ vào luồng ký hiệu được điều biến $\{d(i)\}$ được ánh xạ thành tập các RE được đánh chỉ số $\{(k,l)\}$ (trong đó k và l lần lượt thể hiện tần số/sóng mang con và các chỉ số thời gian/ký hiệu OFDM), chỉ chỉ số i tăng lên, thì việc ánh xạ thời gian trước ánh xạ $d(i)$ bằng cách tăng chỉ số l từ 0 tới $l_{MAX}-1$ (đối với k cố định) trước, sau đó tăng chỉ số k . Tức là, $k = \lfloor i/l_{MAX} \rfloor$ và $l = \text{mod}(i, l_{MAX})$ trong đó l_{MAX} là số lượng các ký hiệu OFDM trong đơn vị thời gian lập lịch (khe hoặc khung con).

Hoạt động ánh xạ tần số trước được sử dụng cho mục đích minh họa trong các phương án và phương án phụ sau đây cho lớp (không gian) xác định. Phần mở rộng ra với hoạt động ánh xạ thời gian trước rất đơn giản đối với người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật liên quan.

Theo một phương án, một CW được ánh xạ lên L lớp trên cơ sở mỗi ký hiệu. Ở đây, ký hiệu là ký hiệu được điều biến QPSK hoặc M-QAM kết quả từ việc ánh xạ nhóm bit được mã hóa lên chòm sao tín hiệu QPSK hoặc M-QAM (tức là đầu ra của bộ ánh xạ điều biến). Phương án này được thể hiện trên Fig.7A. Ít nhất ba sơ đồ ánh xạ 700 có thể được sử dụng: theo chiều dọc (710), theo đường chéo (720), và theo chiều ngang (730). Sơ đồ ánh xạ mức ký hiệu thực hiện ánh xạ từ luồng ký hiệu được điều biến (từ một CW) lên L lớp trên các tài nguyên thời gian và tần số được phân bổ.

Luồng ký hiệu được điều biến $\{d(i)\}$ (được đánh chỉ số theo i) được tạo thành bằng cách liên kết nối tiếp các ký hiệu được điều biến từ các CB liên quan đến một CW/TB. Luồng ký hiệu $\{d(i)\}$ này hoạt động như đầu vào bộ ánh xạ lớp.

Để ánh xạ theo chiều dọc, luồng ký hiệu được ánh xạ trước trên L lớp, sau đó được ánh xạ trên các sóng mang con tần số (RE) trong tập các PRB được phân bổ, sau đó là trên các ký hiệu OFDM trong đơn vị thời gian lập lịch (khe hoặc khung con). Ký hiệu M_{symb}^{layer} , M_{symb}^{CW} , $x^{(l)}(i)$, và $d(i)$ tương ứng là số lượng các ký hiệu trên mỗi lớp, số lượng các ký hiệu trong một CW, luồng ký hiệu đối với lớp l , và luồng ký hiệu đối với CW, hoạt động ánh xạ CW lên lớp có thể được mô tả như sau. Ở đây, bộ phân đoạn CB và/hoặc so khớp tỷ lệ đảm bảo rằng M_{symb}^{CW} chia hết cho L .

$$\begin{aligned} x^{(l)}(i) &= d(Li + l), \quad i = 0, 1, \dots, M_{symb}^{layer} - 1, \\ l &= 0, 1, \dots, L - 1 \\ M_{symb}^{layer} &= M_{symb}^{CW} / L \end{aligned} \quad (\text{Biểu thức 1})$$

Để ánh xạ theo chiều ngang, luồng ký hiệu được ánh xạ trước trên các sóng mang con tần số (RE) trong tập các PRB được phân bổ, sau đó được ánh xạ trên các ký hiệu OFDM trong đơn vị thời gian lập lịch (khe hoặc khung con), sau đó là trên L lớp. Sử dụng cùng phần chú giải, hoạt động ánh xạ CW lên lớp có thể được mô tả như sau. Ở đây, bộ phân đoạn CB và/hoặc so khớp tỷ lệ đảm bảo rằng M_{symb}^{CW} chia hết cho L .

$$\begin{aligned} x^{(l)}(i) &= d(i + M_{symb}^{layer} l), \quad i = 0, 1, \dots, M_{symb}^{layer} - 1, \\ l &= 0, 1, \dots, L - 1 \\ M_{symb}^{layer} &= M_{symb}^{CW} / L \end{aligned} \quad (\text{Biểu thức 2})$$

Để ánh xạ theo đường chéo, luồng ký hiệu có thể được ánh xạ trước đồng thời trên các lớp và các sóng mang con tần số (RE) trong tập các PRB được phân bổ, sau đó được ánh xạ trên các ký hiệu OFDM trong đơn vị thời gian lập lịch (khe hoặc khung con). Ngoài ra, luồng ký hiệu có thể được ánh xạ đồng thời trên các lớp, sóng mang con tần số (RE) trong tập các PRB được phân bổ, và các ký hiệu OFDM trong đơn vị thời gian lập lịch (khe hoặc khung con). Ví dụ, sử dụng cùng phần chú giải, hoạt động ánh xạ CW lên lớp có thể được mô tả như sau (đối với phương án thay thế thứ hai). Ở đây, bộ phân đoạn CB và/hoặc so khớp tỷ lệ đảm bảo rằng M_{symb}^{CW} chia hết cho L .

$$x^{(l)}(i) = d \left(\text{mod}(Li + M_{symb}^{layer} l, M_{symb}^{CW}) \right),$$

$$i = 0, 1, \dots, M_{symb}^{layer} - 1, \quad l = 0, 1, \dots, L - 1 \quad (\text{Biểu thức 3})$$

$$M_{symb}^{layer} = M_{symb}^{CW} / L$$

Theo một phương án khác, một CW được ánh xạ lên L lớp theo cơ sở mỗi ký hiệu hoặc mỗi CB, tùy thuộc vào số lượng các CB trong TB/CW được thu (DL) hoặc được truyền (UL). Một ví dụ được thể hiện bằng sơ đồ ánh xạ 750 trên Fig.7B. Nếu số lượng các CB trong TB/CW được thu (DL) hoặc được truyền (UL) nhỏ hơn so với giá trị nguyên K , thì sơ đồ ánh xạ theo chiều dọc mức ký hiệu 760 (tương ứng biểu thức 1) được sử dụng. Ngược lại, nếu số lượng các CB trong TB/CW được thu (DL) hoặc được truyền (UL) lớn hơn hoặc bằng với giá trị nguyên K , sơ đồ ánh xạ theo chiều dọc mức CB 770 được sử dụng. Việc sử dụng kỹ thuật theo chiều dọc mức CB có thể tạo điều kiện thuận lợi cho UE sử dụng bộ thu MMSE-SIC mức CB.

Kỹ thuật ánh xạ theo chiều dọc mức CB có thể được mô tả như sau.

Luồng ký hiệu được liên kết với CB thứ nhất (CB 0) được ánh xạ lên lớp thứ nhất (lớp 0) và được ánh xạ trước trên sóng mang con tần số (RE) trong tập các PRB được phân bổ, sau đó, nếu cần, thì luồng ký hiệu này được ánh xạ trên các ký hiệu OFDM trong đơn vị thời gian lập lịch (khe hoặc khung con). Mức độ mà CB thứ nhất được ánh xạ lên tập các PRB được phân bổ và các ký hiệu OFDM trong đơn vị thời gian lập lịch tùy thuộc vào số lượng các CB trong TB/CW được thu (DL) hoặc được truyền (UL).

Lúc đó luồng ký hiệu được liên kết với CB thứ hai (CB 1) được ánh xạ lên lớp thứ hai (lớp 1) và được ánh xạ trước lên các sóng mang con tần số (RE) trong tập các PRB được phân bổ, sau đó, nếu cần, thì luồng ký hiệu này được ánh xạ trên các ký hiệu OFDM trong đơn vị thời gian lập lịch (khe hoặc khung con). Mức độ mà CB thứ hai được ánh xạ lên tập các PRB được phân bổ và các ký hiệu OFDM trong đơn vị thời gian lập lịch tùy thuộc vào số lượng các CB trong TB/CW được thu (DL) hoặc được truyền (UL) và giống CB thứ nhất.

Điều này được lặp lại cho đến khi luồng ký hiệu được liên kết với Cb thứ L (CB $L-1$) mà được ánh xạ lên lớp thứ L (lớp $L-1$) và được ánh xạ trước lên các sóng mang con tần số (RE) trong tập các PRB được phân bổ, sau đó, nếu cần, thì luồng ký hiệu này được ánh xạ trên các ký hiệu OFDM trong đơn vị thời gian lập lịch (khe hoặc khung con). Mức độ mà CB thứ hai được ánh xạ lên tập các PRB được phân bổ và các ký

hiệu OFDM trong đơn vị thời gian lập lịch tùy thuộc vào số lượng các CB trong TB/CW được thu (DL) hoặc được truyền (UL) và giống CB thứ nhất.

Nếu số lượng các CB trong TB/CW được thu (DL) hoặc được truyền (UL) lớn hơn so với L (bội nguyên của L), thì quy trình ánh xạ này được lặp lại trong đó luồng ký hiệu được liên kết với CB thứ $(n+1)$ (CB $n+1$) được ánh xạ lên lớp thứ $(\text{mod}(n,L)+1)$ (lớp $\text{mod}(n,L)$). Khi các CB được ánh xạ, L lớp cũng như toàn bộ tập các PRB được phân bổ và các ký hiệu OFDM trong đơn vị thời gian lập lịch (khe hoặc khung con) bị chiếm.

Sơ đồ ánh xạ theo chiều dọc mức CB 800 còn được thể hiện trên Fig.8. Số lượng các CB trong TB/CW được thu (DL) hoặc được truyền (UL) là bội nguyên của L (μL , trong đó $\mu L \geq 1$). Khi $\mu = 1$, mỗi CB trong số L CB được ánh xạ lên lớp (trong ví dụ này CB l được ánh xạ lên lớp l). Mỗi CB trong số L CB được ánh xạ trên các sóng mang con tần số (RE) trong toàn bộ tập các PRB được phân bổ và các ký hiệu OFDM trong đơn vị thời gian lập lịch (khe hoặc khung con). Do đó, hoạt động ánh xạ được thực hiện trước trên tần số (các sóng mang con hoặc các phần tử tài nguyên, RE) trong một ký hiệu OFDM, sau đó được ánh xạ trên các ký hiệu OFDM trong đơn vị thời gian lập lịch (khe hoặc khung con). Điều này được thể hiện trong phương án 810. Khi $\mu > 1$, các CB $\{l+mL, m=0,1, \dots, \mu-1\}$ được ánh xạ lên lớp l . Giả định rằng tổng số lượng các RE trong toàn bộ tập các PRB được phân bổ trên các ký hiệu OFDM trong đơn vị thời gian lập lịch (khe hoặc khung con) là $k_{MAX}l_{MAX}$, thì L CB thứ nhất được ánh xạ trên $\frac{k_{MAX}l_{MAX}}{\mu}$ RE thứ nhất (theo tần số và thời gian), L CB thứ hai được ánh xạ trên $\frac{k_{MAX}l_{MAX}}{\mu}$ RE thứ hai (theo tần số và thời gian), ..., L CB thứ μ cuối được ánh xạ trên $\frac{k_{MAX}l_{MAX}}{\mu}$ RE thứ μ cuối (theo tần số và thời gian). Ví dụ $\mu = 2$ được thể hiện trong phương án 820.

Chính xác hơn, căn cứ vào luồng ký hiệu được điều biến $\{d(i)\}$ (được đánh chỉ số theo i) được tạo thành bằng cách liên kết nối tiếp các ký hiệu được điều biến từ μL CB (mà được liên kết với một CW/TB), thì tổng số lượng các ký hiệu được điều biến bằng $B\mu L = k_{MAX}l_{MAX}L$ trong đó B là số lượng các ký hiệu được điều biến trên mỗi CB và $k_{MAX}l_{MAX}$ là tổng số lượng các RE trong toàn bộ tập các PRB được phân bổ trên các ký hiệu OFDM trong đơn vị thời gian lập lịch (khe hoặc khung con). Do đó, $B = \frac{k_{MAX}l_{MAX}}{\mu}$. Tất cả CB có kích thước bằng nhau và có cùng MCS. Tức là, $\{CB\ n, CB\ n+1, \dots, CB\ n+L-1\}$ chia sẻ cùng kích thước CB B đối với các giá trị khác nhau của n . Ở đây, ký hiệu

được điều biến $d(i)$ được ánh xạ lên luồng ký hiệu được điều biến được liên kết với lớp l như sau:

$$x^{(l)}(i) = d\left(i + lB + (L - 1)B \times \left\lfloor \frac{i}{B} \right\rfloor\right),$$

$$i = 0, 1, \dots, M_{symb}^{layer} - 1, \quad l = 0, 1, \dots, L - 1 \quad (\text{Biểu thức 4})$$

$$M_{symb}^{layer} = M_{symb}^{CW} / L = B\mu$$

Theo một phương án phụ thay thế cho đoạn mô tả trước, $\{\text{CB } n, \text{CB } n+1, \dots, \text{CB } n+L-1\}$ chia sẻ cùng kích thước $\text{CB } B_n$ chỉ đối với giá trị đã cho của n . Tuy nhiên, đối với các giá trị khác nhau của n , thì các kích thước CB có thể khác nhau.

Theo một ví dụ của phương án này, giá trị của K được cố định bằng L (số lượng các lớp). Theo một ví dụ khác của phương án này, giá trị của K được cố định là bội nguyên của L (μL) trong đó $\mu \geq 1$ có thể được cố định hoặc có thể tạo cấu hình được.

Theo một ví dụ của phương án này, sơ đồ ánh xạ theo chiều dọc mức CB được thay thế bởi sơ đồ ánh xạ theo chiều ngang mức CB . Một ví dụ về sơ đồ ánh xạ theo chiều ngang mức CB 830 lần lượt được thể hiện (với các thành phần 840 và 850) trên Fig.8 đối với L và $2L$ CB . Theo một ví dụ khác của phương án này, sơ đồ ánh xạ theo chiều dọc mức CB được thay thế bởi sơ đồ ánh xạ theo đường chéo mức CB . Một ví dụ về sơ đồ ánh xạ theo đường chéo mức CB 860 lần lượt được thể hiện (với các thành phần 870 và 880) trên Fig.8 đối với L và $2L$ CB . Chú ý rằng khi số lượng các CB trong TB/CW được thu (DL) hoặc được truyền (UL) là L ($\mu = 1$), thì các sơ đồ ánh xạ theo chiều dọc, chiều ngang, đường chéo mức CB có thể giống nhau.

Theo một phương án khác, một CW được ánh xạ lên trên L lớp theo cơ sở mỗi CB (ánh xạ theo chiều dọc mức CB như được mô tả trước đó) bất kể số lượng các CB trong TB/CW được thu (DL) hoặc được truyền (UL). Các ràng buộc bổ sung sau đây có thể được sử dụng: khi số lượng các CB trong TB/CW được thu (DL) hoặc được truyền (UL) nhỏ hơn so với số lượng tối đa của các lớp được hỗ trợ bởi UE, thì số lượng các lớp được gán cho UE được thiết lập bằng số lượng các CB trong TB/CW được thu (DL) hoặc được truyền (UL).

Theo một phương án khác (“ánh xạ lớp có thể tạo cấu hình được”), thì số lượng tối đa của các CW mà UE có thể thu trong một sự gán kênh PDSCH hoặc PUSCH là $N_{\text{CW},\text{MAX}}$ có thể được tạo cấu hình, qua báo hiệu lớp cao hơn (RRC), phần tử điều khiển MAC (MAC CE), hoặc qua báo hiệu điều khiển L1 DL (DCI liên quan đến DL hoặc UL).

Trong trường hợp này, số lượng các từ mã UE thu đối với số lượng đã cho của các lớp L là $N_{CW} = \min(L, N_{CW,MAX})$. Theo một ví dụ của phương án này, $N_{CW,MAX}$ có thể được tạo cấu hình là 1 hoặc 2. Khi $N_{CW,MAX}=1$, thì ánh xạ lớp sử dụng một CW được ánh xạ lên L lớp. Phương án bất kỳ trong số các phương án được mô tả ở trên (trên Fig.7A, Fig.7B, hoặc Fig.8) có thể áp dụng được (ví dụ là ánh xạ theo chiều dọc mức ký hiệu hoặc ánh xạ theo chiều dọc mức CB). Khi $N_{CW,MAX}=2$, thì ánh xạ lớp sử dụng $N_{CW} = \min(L, 2)$ CW được ánh xạ lên L lớp theo sơ đồ ánh xạ lớp được mô tả theo phương án 700 trên Fig.7A. Ngoài ra, khi $N_{CW,MAX}=2$ và tổng số lượng các lớp được thu bởi UE là ≥ 2 , thì CW0 được ánh xạ lên $L_0 \geq 1$ lớp và CW1 lên L_1 lớp, dẫn đến tổng số lượng của $L = L_0 + L_1$ lớp được thu bởi UE. Trong trường hợp này, mỗi CW có thể sử dụng phương án bất kỳ trong số các phương án ánh xạ lớp một CW được mô tả ở trên (trên Fig.7A, Fig.7B, hoặc Fig.8, ánh xạ mức ký hiệu hoặc mức CB, chẳng hạn như ánh xạ theo chiều dọc mức ký hiệu hoặc ánh xạ theo chiều dọc mức CB). Chú ý rằng đối với $L \geq 2$, thì $N_{CW,MAX}$ bằng N_{CW} .

Theo phương án thay đổi của phương án “ánh xạ lớp có thể tạo cấu hình được” ở trên, thì khả năng có thể tạo cấu hình $N_{CW,MAX}$ có thể được thực hiện tùy thuộc vào số lượng tối đa của bậc (hoặc các lớp truyền dẫn) L_{MAX} mà UE được tạo cấu hình để thu (DL) hoặc truyền (UL). Theo một ví dụ, khi $L_{MAX} \leq 2$, $N_{CW,MAX} = N_{CW} = 1$ được sử dụng (ánh xạ lớp một CW, chẳng hạn như ánh xạ theo chiều dọc mức ký hiệu hoặc ánh xạ theo chiều dọc mức CB). Ngược lại ($L_{MAX} > 2$), thì $N_{CW,MAX}$ có thể được tạo cấu hình theo phần mô tả trong đoạn mô tả trước. Ví dụ, trong trường hợp $N_{CW,MAX}$ (mà bằng N_{CW}) có thể được tạo cấu hình là 1 hoặc 2. Theo một ví dụ khác, khi $L_{MAX} \leq 4$, thì $N_{CW,MAX} = N_{CW} = 1$ được sử dụng (ánh xạ lớp một CW, chẳng hạn như ánh xạ theo chiều dọc mức ký hiệu hoặc ánh xạ theo chiều dọc mức CB). Ngược lại, khi ($L_{MAX} > 4$), thì $N_{CW,MAX}$ có thể được tạo cấu hình theo phần mô tả trong đoạn mô tả trước. Ví dụ, trong trường hợp $N_{CW,MAX}$ (mà bằng N_{CW}) có thể được tạo cấu hình là 1 hoặc 2. Theo một ví dụ khác, $N_{CW,MAX}$ (mà bằng N_{CW}) có thể được tạo cấu hình là 1, 2, 3, hoặc 4 (hoặc ngoài ra có thể được tạo cấu hình là 1, 2, hoặc 4). Theo một ví dụ khác, khi $L_{MAX} \leq 2$, thì $N_{CW,MAX} = N_{CW} = 1$ được sử dụng (ánh xạ lớp một CW, chẳng hạn như ánh xạ theo chiều dọc mức ký hiệu hoặc ánh xạ theo chiều dọc mức CB). Ngược lại, khi $2 < L_{MAX} \leq 4$, thì $N_{CW,MAX}$ (mà bằng N_{CW}) có thể được tạo cấu hình là 1 hoặc 2. Ngược lại, khi $4 < L_{MAX} \leq 6$, thì $N_{CW,MAX}$ có thể được tạo cấu hình là 1, 2, hoặc 3. Ngược lại, khi $6 < L_{MAX} \leq 8$, thì $N_{CW,MAX}$ có thể được tạo cấu hình là 1, 2, 3, hoặc 4 (hoặc ngoài ra có thể được tạo cấu hình là 1, 2, hoặc 4).

Theo phương án thay đổi của phương án “ánh xạ lớp có thể tạo cấu hình được” ở trên, thì số lượng các từ mã N_{CW} có thể được thiết lập như hàm của số lượng các lớp truyền dẫn (bậc truyền dẫn). Theo một ví dụ, khi số lượng các lớp L là 1, 2, 3, hoặc 4, thì N_{CW} có thể được thiết lập là 1 (ánh xạ lớp một CW, chẳng hạn như ánh xạ theo chiều dọc mức ký hiệu hoặc ánh xạ theo chiều dọc mức CB). Ngược lại, khi L là 5, 6, 7, hoặc 8, thì N_{CW} có thể được thiết lập là 2 (hai CW, trong đó CW0 được ánh xạ lên $\lfloor L/2 \rfloor$ lớp và CW1 được ánh xạ lên $L - \lfloor L/2 \rfloor$ lớp) như được thể hiện theo phương án được thể hiện trên Fig.5. Trong trường hợp này, ánh xạ lớp được sử dụng cho mỗi CW trong số hai CW giống như ánh xạ lớp được sử dụng cho một CW khi L là 1, 2, 3, hoặc 4.

Đối với phương án thay đổi ở trên, nếu ánh xạ theo chiều dọc mức ký hiệu được sử dụng, thì sơ đồ ánh xạ lớp có thể được mô tả như sau. Khi số lượng các lớp L là 1, 2, 3, hoặc 4,

$$\begin{aligned} x^{(l)}(i) &= d(Li + l), \quad i = 0, 1, \dots, M_{symb}^{layer} - 1, \\ l &= 0, 1, \dots, L - 1 \end{aligned} \quad (\text{Biểu thức 5})$$

$$M_{symb}^{layer} = M_{symb}^{CW} / L$$

Khi số lượng các lớp L là 5, 6, 7, hoặc 8, ký hiệu $d^{(n)}(i)$ là luồng ký hiệu được liên kết với CW- n ($n = 0, 1$),

$$\begin{aligned} x^{(l)}(i) &= d^{(0)}(i + l), \quad l = 0, 1, \dots, \lfloor L/2 \rfloor - 1 \\ x^{(l)}(i) &= d^{(1)}(i + l), \quad l = \lfloor L/2 \rfloor, \lfloor L/2 \rfloor + 1, \dots, L - 1 \end{aligned} \quad (\text{Biểu thức 6})$$

$$i = 0, 1, \dots, M_{symb}^{layer} - 1, \quad M_{symb}^{layer} = M_{symb}^{CW} / \lfloor L/2 \rfloor$$

Theo phương án thay đổi khác của phương án “ánh xạ lớp có thể tạo cấu hình được” ở trên, thì số lượng các từ mã N_{CW} được thiết lập như hàm của số lượng các lớp truyền dẫn (bậc truyền dẫn) như sau. Khi số lượng các lớp L là 1 hoặc 2, thì N_{CW} có thể được thiết lập là 1 (ánh xạ lớp một CW, chẳng hạn như ánh xạ theo chiều dọc mức ký hiệu hoặc ánh xạ theo chiều dọc mức CB). Ngược lại, khi L là 3 hoặc 4, thì số lượng các từ mã N_{CW} có thể được tạo cấu hình là 1 hoặc 2. Ngược lại, khi L là 5, 6, 7, hoặc 8, thì số lượng các từ mã N_{CW} có thể được thiết lập là 2.

Khi số lượng các từ mã là 1, một sơ đồ ánh xạ lớp làm ví dụ dựa trên kỹ thuật ánh xạ theo chiều dọc mức ký hiệu có thể được mô tả theo biểu thức (1) đối với giá trị đã cho của L . Khi số lượng các từ mã là 2, một sơ đồ ánh xạ lớp làm ví dụ dựa trên kỹ thuật ánh

xạ theo chiều dọc mức ký hiệu có thể được mô tả theo biểu thức (6) đối với giá trị đã cho của L .

Các phương án tiếp theo đối với thành phần 1 liên quan đến việc tăng cường khi số lượng các lớp truyền dẫn L vượt quá giá trị nhất định và số lượng các CW được truyền là 2. Vì mục đích minh họa, ánh xạ tần số trước được sử dụng trong các phương án và phương án phụ tiếp theo này đối với lớp (không gian) đã cho. Phần mở rộng ra với hoạt động ánh xạ thời gian trước rất đơn giản đối với người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật liên quan.

Một phương án (phương án I) được thể hiện trên Fig.9A. Sơ đồ ánh xạ CW lên lớp 900 trên Fig.9A sử dụng 1 CW hoặc 2 CW tùy thuộc vào số lượng các lớp truyền dẫn hoặc bậc L . Khi $1 \leq L \leq x_1$, thì ánh xạ 1-CW được sử dụng (910). Khi $L > x_2$, thì ánh xạ 2-CW được sử dụng (920+925) với thành phần bổ sung được gọi là “vòng từ mã” (925). Các giá trị của x_1 và x_2 có thể bằng hoặc khác nhau. Ví dụ, đối với $x_1 = x_2 = x$, thì x có thể là 2, hoặc 4. Ngoài ra, nếu $x_1 > x_2$ (ví dụ $x_1=4$, $x_2=2$), thì sơ đồ ánh xạ có thể được tạo cấu hình giữa ánh xạ 1-CW theo sơ đồ 810 và ánh xạ 2-CW theo sơ đồ 920+925 khi $L = 4$.

Mỗi khối ánh xạ trong số hai khối ánh xạ (910 hoặc 920) ánh xạ một CW lên ít nhất một lớp. Trên Fig.9A, CW thứ nhất (CW0) được ánh xạ lên $\lfloor L/2 \rfloor$ lớp trong khi CW thứ hai (CW1) được ánh xạ lên $L - \lfloor L/2 \rfloor$ lớp. Ít nhất ba sơ đồ ánh xạ có thể được sử dụng: ánh xạ theo chiều dọc, đường chéo và chiều ngang. Sơ đồ ánh xạ mức ký hiệu thực hiện ánh xạ từ luồng ký hiệu được điều biến (từ một CW) lên ít nhất một lớp trên các tài nguyên tần số và thời gian được phân bổ. Vì mục đích minh họa, thì sơ đồ ánh xạ theo chiều dọc được sử dụng trong các phương án ví dụ tiếp theo. Phần mở rộng ra với sơ đồ ánh xạ theo đường chéo hoặc theo chiều ngang trước rất đơn giản đối với người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật liên quan.

Để ánh xạ theo chiều dọc mức ký hiệu, luồng ký hiệu được ánh xạ trước trên L lớp, sau đó được ánh xạ trên các sóng mang con tần số (RE) trong tập các PRB được phân bổ, sau đó được ánh xạ trên các ký hiệu OFDM trong đơn vị thời gian lập lịch (khe hoặc khung con). Ký hiệu M_{symb}^{layer} , M_{symb}^{CW} , $x^{(l)}(i)$, và $d(i)$ tương ứng là số lượng các ký hiệu trên mỗi lớp, số lượng các ký hiệu trong một CW, luồng ký hiệu đối với lớp l , và luồng ký hiệu đối với CW, hoạt động ánh xạ CW lên lớp có thể được mô tả như sau. Ở đây, bộ

phân đoạn CB và/hoặc so khớp tỷ lệ đảm bảo rằng M_{symp}^{CW} chia hết cho L . Khi số lượng các lớp L lớp thỏa mãn $1 \leq L \leq x_1$

$$\begin{aligned} x^{(l)}(i) &= d(Li + l), \quad i = 0, 1, \dots, M_{symp}^{layer} - 1, \\ l &= 0, 1, \dots, L - 1 \end{aligned} \quad (\text{Biểu thức 7})$$

$$M_{symp}^{layer} = M_{symp}^{CW} / L$$

Ngược lại, khi $L > x_2$, ký hiệu $d^{(n)}(i)$ là luồng ký hiệu được liên kết với CW_n ($n = 0, 1$)

$$x^{(l)}(i) = d^{(0)}(\lfloor L/2 \rfloor i + l), \quad l = 0, 1, \dots, \lfloor L/2 \rfloor - 1, \quad i = 0, 1, \dots, \frac{M_{symp}^{CW0}}{\lfloor L/2 \rfloor} - 1$$

(Biểu

$$x^{(l)}(i) = d^{(1)}((L - \lfloor L/2 \rfloor)i + l - \lfloor L/2 \rfloor), \quad l = \lfloor L/2 \rfloor, \lfloor L/2 \rfloor + 1, \dots, L - 1, \quad i = 0, 1, \dots, \frac{M_{symp}^{CW1}}{L - \lfloor L/2 \rfloor} - 1$$

thức 8)

Hoặc tương đương,

$$\begin{aligned} x^{(l)}(i) &= d^{(0)}(\lfloor L/2 \rfloor i + l), \quad l = 0, 1, \dots, \lfloor L/2 \rfloor - 1, \quad i = 0, 1, \dots, M_{symp}^{layer} - 1 \\ x^{(l+\lfloor L/2 \rfloor)}(i) &= d^{(1)}((L - \lfloor L/2 \rfloor)i + l), \quad l = 0, 1, \dots, L - \lfloor L/2 \rfloor - 1, \quad i = 0, 1, \dots, M_{symp}^{layer} - 1 \end{aligned}$$

$$M_{symp}^{layer} = \frac{M_{symp}^{CW0}}{\lfloor L/2 \rfloor} = \frac{M_{symp}^{CW1}}{L - \lfloor L/2 \rfloor}$$

Vòng CW 925 được sử dụng để giảm nhẹ mào đầu báo hiệu điều khiển của truyền dẫn 1-CW để truyền dẫn 2-CW. Điều này có thể được hoàn thành, ví dụ, bằng cách đảm bảo rằng mỗi CW trong số 2 CW (hoặc mỗi khối mã trong số các khối mã/CB trong mỗi CW trong số 2 CW) được truyền trên L lớp. Theo một ví dụ, vòng CW có thể được thực hiện bằng cách hoán đổi không liên tục hai nhóm Δ ký hiệu giữa CW0 và CW1. Điều này có thể được mô tả như sau. Ký hiệu đầu vào và đầu ra với vòng CW lần lượt là $\{d_{in}^{(0)}(i), d_{in}^{(1)}(i)\}$ và $\{d^{(0)}(i), d^{(1)}(i)\}$, thì hoạt động của vòng CW có thể được mô tả như sau:

$$d^{(0)}(i) = d_{in}^{(0)}(i), d^{(1)}(i) = d_{in}^{(1)}(i),$$

$$i \in \{2k\Delta, 2k\Delta + 1, \dots, (2k + 1)\Delta - 1\}$$

$$d^{(0)}(i) = d_{in}^{(1)}(i), d^{(1)}(i) = d_{in}^{(0)}(i), \quad (\text{Biểu thức 9})$$

$$i \in \{(2k + 1)\Delta, (2k + 1)\Delta + 1, \dots, (2k + 2)\Delta - 1\}$$

$$k = 0, 1, \dots, \frac{M_{symb}^{CW}}{2\Delta} - 1$$

Để đảm bảo rằng mỗi CB trong CW được ánh xạ trên L lớp ít nhiều đồng đều như các lớp là mức ký hiệu, Δ có thể được chọn như được mô tả theo biểu thức (10). Giá trị của Δ đối với các giá trị khác nhau của L được cho trong bảng 1. Lưu ý rằng mỗi giá trị Δ trong bảng 1 chỉ có thể áp dụng được khi truyền dẫn 2-CW được sử dụng cho giá trị tương ứng của L . Ví dụ, khi $x_1 = x_2 = 4$ trong biểu thức (7)-(8), thì vòng CW chỉ được sử dụng cho $L > 4$. Do đó, các giá trị Δ thích hợp chỉ là các giá trị tương ứng với $L = 5, 6, 7$, và 8.

$$\Delta = \begin{cases} L/2 & \text{mod}(L, 2) = 0 \\ \lfloor L/2 \rfloor (L - \lfloor L/2 \rfloor) & \text{mod}(L, 2) = 1 \end{cases} \quad (\text{Biểu thức 10})$$

Bảng 1

L	Δ
2	1
3	2
4	2
5	6
6	3
7	12
8	4

Ví dụ ở trên về vòng CW 925 có thể được thể hiện trong sơ đồ 950 trên Fig.9B. Như được thể hiện, nhóm/khối Δ ký hiệu từ CW0 được hoán đổi với nhóm/khối Δ ký hiệu từ CW1 theo mỗi nhóm/khối Δ ký hiệu khác. Để minh họa thêm về hoạt động này, sử dụng sơ đồ ánh xạ theo chiều dọc mức ký hiệu được mô tả trong biểu thức (8), với các giá trị của Δ được cho trong bảng 1, hai trường hợp sau đây có thể được xem xét.

Thứ nhất, khi $\text{mod}(L,2)=0$, thì chuỗi ký hiệu được liên kết với mỗi CW trong số hai CW được ánh xạ trên L lớp theo biểu thức sau đây:

$$\begin{aligned} & \left\{ d_{in}^{(0)}(0), d_{in}^{(0)}(1), \dots, d_{in}^{(0)}\left(\frac{L}{2}-1\right), d_{in}^{(0)}\left(\frac{L}{2}\right), d_{in}^{(0)}\left(\frac{L}{2}+1\right), \dots, d_{in}^{(0)}(L-1), \dots \right\} \\ & \rightarrow \left\{ x^{(0)}(0), x^{(1)}(0), \dots, x^{\left(\frac{L}{2}-1\right)}(0), x^{\left(\frac{L}{2}\right)}(1), x^{\left(\frac{L}{2}+1\right)}(1), \dots, x^{(L-1)}(1), \dots \right\} \\ & \hspace{15em} \text{(Biểu thức 11)} \\ & \left\{ d_{in}^{(1)}(0), d_{in}^{(1)}(1), \dots, d_{in}^{(1)}\left(\frac{L}{2}-1\right), d_{in}^{(1)}\left(\frac{L}{2}\right), d_{in}^{(1)}\left(\frac{L}{2}+1\right), \dots, d_{in}^{(1)}(L-1), \dots \right\} \\ & \rightarrow \left\{ x^{\left(\frac{L}{2}\right)}(0), x^{\left(\frac{L}{2}+1\right)}(0), \dots, x^{(L-1)}(0), \dots, x^{(0)}(1), x^{(1)}(1), \dots, x^{\left(\frac{L}{2}-1\right)}(1), \dots \right\} \end{aligned}$$

Thứ hai, khi $\text{mod}(L,2)=1$, thì chuỗi ký hiệu được liên kết với mỗi CW trong số hai CW được ánh xạ trên L lớp theo biểu thức sau đây. Vì mục đích minh họa, $L=5$ (do đó $\Delta=6$) được sử dụng.

$$\begin{aligned} & \left\{ d_{in}^{(0)}(0), d_{in}^{(0)}(1), d_{in}^{(0)}(2), d_{in}^{(0)}(3), d_{in}^{(0)}(4), d_{in}^{(0)}(5), d_{in}^{(0)}(6), \right. \\ & \quad \left. d_{in}^{(0)}(7), d_{in}^{(0)}(8), d_{in}^{(0)}(9), d_{in}^{(0)}(10), d_{in}^{(0)}(11), \dots \right\} \\ & \rightarrow \left\{ x^{(0)}(0), x^{(1)}(0), x^{(0)}(1), x^{(1)}(1), x^{(0)}(2), x^{(1)}(2), x^{(2)}(3), x^{(3)}(3), \right. \\ & \quad \left. x^{(4)}(3), x^{(2)}(4), x^{(3)}(4), x^{(4)}(4), \dots \right\} \\ & \hspace{15em} \text{(Biểu thức 12)} \\ & \left\{ d_{in}^{(1)}(0), d_{in}^{(1)}(1), d_{in}^{(1)}(2), d_{in}^{(1)}(3), d_{in}^{(1)}(4), d_{in}^{(1)}(5), d_{in}^{(1)}(6), \right. \\ & \quad \left. d_{in}^{(1)}(7), d_{in}^{(1)}(8), d_{in}^{(1)}(9), d_{in}^{(1)}(10), d_{in}^{(1)}(11), \dots \right\} \\ & \rightarrow \left\{ x^{(2)}(0), x^{(3)}(0), x^{(4)}(0), x^{(2)}(1), x^{(3)}(1), x^{(4)}(1), \right. \\ & \quad \left. x^{(0)}(2), x^{(1)}(2), x^{(0)}(3), x^{(1)}(3), x^{(0)}(4), x^{(1)}(4), \dots \right\} \end{aligned}$$

Theo phương án thay đổi của phương án này, chức năng vòng CW có thể được Bật hoặc Tắt (đó đó có thể tạo cấu hình được cho UE). Ví dụ, vòng CW có thể được Bật hoặc Tắt cho UE (bởi gNB hoặc NW) khi truyền dẫn SU-MIMO được thực hiện trong khi vòng CW có thể được Tắt khi UE thu (các) truyền dẫn từ đa điểm TRP. Cấu hình này có thể được báo hiệu qua báo hiệu lớp cao hơn (ví dụ RRC), MAC CE, hoặc báo hiệu điều

khuyến L1 DL (DCI liên quan đến UL hoặc DL). Điều này có thể áp dụng được khi số lượng các lớp truyền dẫn $L > x_2$.

Phương án khác (phương án II) được thể hiện trên Fig.10. Sơ đồ ánh xạ CW lên lớp 1000 trên Fig.10 sử dụng 1 CW hoặc 2 CW tùy thuộc vào số lượng các lớp truyền dẫn hoặc bậc L . Khi $1 \leq L \leq x_1$, thì ánh xạ 1-CW được sử dụng (1010). Khi $L > x_2$, thì ánh xạ 2-CW được sử dụng (1020+1025) với thành phần bổ sung được gọi là “vòng lớp” (1025). Các giá trị của x_1 và x_2 có thể bằng hoặc khác nhau. Ví dụ, đối với $x_1 = x_2 = x$, thì x có thể là 2, hoặc 4. Ngoài ra, nếu $x_1 > x_2$ (ví dụ $x_1=4$, $x_2=2$), thì sơ đồ ánh xạ có thể được tạo cấu hình giữa ánh xạ 1-CW theo sơ đồ 1010 và ánh xạ 2-CW theo sơ đồ 1020+1025 khi $L = 4$.

Mỗi khối ánh xạ trong số hai khối ánh xạ (1010 hoặc 1020) ánh xạ một CW lên ít nhất một lớp theo cách thức tương tự với phương án I (các khối 910 và 920). Do đó, phần mô tả ở trên đối với các khối 810 và 820 áp dụng cho các khối 1010 và 1020, bao gồm các biểu thức (7) và (8). Vòng lớp 1025, như vòng CW, được sử dụng để giảm nhẹ mào đầu báo hiệu điều khiển của truyền dẫn 1-CW để truyền dẫn 2-CW. Điều này có thể được hoàn thành, ví dụ, bằng cách đảm bảo rằng mỗi CW trong số 2 CW (hoặc mỗi khối mã trong số các khối mã/CB trong mỗi CW trong số 2 CW) được truyền trên L lớp. Theo một ví dụ, vòng lớp trên L lớp có thể được thực hiện bằng cách thực hiện bằng cách hoán đổi theo chu kỳ L lớp theo mức ký hiệu. Hoạt động này có thể đảm bảo rằng các ký hiệu trong mỗi CW được trải ra trên L lớp ít nhiều đồng đều. Việc hoán đổi mức ký hiệu có thể được mô tả như sau:

$$x_{out}^{(l)}(i) = x^{(\pi(l+i))}(i),$$

(Biểu thức 13)

$$\pi(l+i) = \text{mod}(l+i, L), \quad l = 0, 1, \dots, L-1$$

Ngoài ra, ví dụ về vòng lớp có thể được mô tả dưới dạng mã trước như sau:

$$\begin{bmatrix} x_{out}^{(0)}(i) \\ x_{out}^{(1)}(i) \\ \vdots \\ x_{out}^{(L-1)}(i) \end{bmatrix} = [e_{\pi(i)} \quad e_{\pi(i+1)} \quad \dots \quad e_{\pi(i+L-1)}] \begin{bmatrix} x^{(0)}(i) \\ x^{(1)}(i) \\ \vdots \\ x^{(L-1)}(i) \end{bmatrix} \quad (\text{Biểu thức 14})$$

$$\pi(l+i) = \text{mod}(l+i, L), \quad l = 0, 1, \dots, L-1$$

Ở đây, e_k là vector chiều dài- L có phần tử thứ k là 1 và 0 ở phần tử khác ($k = 0, 1, \dots, L - 1$).

Để minh họa thêm hoạt động này, sử dụng ánh xạ theo chiều dọc mức ký hiệu được mô tả trong biểu thức (8), ví dụ ở trên đối với vòng lớp có thể được thể hiện bằng hoạt động ánh xạ sau đây (trên các lớp và ký hiệu chỉ số i):

$$\begin{bmatrix} x^{(0)}(0) & x^{(0)}(1) & \dots & x^{(0)}(L-1) \\ x^{(1)}(0) & x^{(1)}(1) & \dots & x^{(1)}(L-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x^{(L-2)}(0) & x^{(L-2)}(1) & \dots & x^{(L-2)}(L-1) \\ x^{(L-1)}(0) & x^{(L-1)}(1) & \dots & x^{(L-1)}(L-1) \end{bmatrix} \quad (\text{Biểu thức 15})$$

$$\rightarrow \begin{bmatrix} x_{out}^{(0)}(0) & x_{out}^{(L-1)}(1) & \dots & x_{out}^{(1)}(L-1) \\ x_{out}^{(1)}(0) & x_{out}^{(0)}(1) & \dots & x_{out}^{(2)}(L-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{out}^{(L-2)}(0) & x_{out}^{(L-3)}(1) & \dots & x_{out}^{(L-1)}(L-1) \\ x_{out}^{(L-1)}(0) & x_{out}^{(L-2)}(1) & \dots & x_{out}^{(0)}(L-1) \end{bmatrix}$$

Theo phương án thay đổi của phương án này, chức năng vòng lớp có thể được Bật hoặc Tắt (dó đó có thể tạo cấu hình được cho UE). Ví dụ, vòng lớp có thể được Bật hoặc Tắt cho UE (bởi gNB hoặc NW) khi truyền dẫn SU-MIMO được thực hiện trong khi vòng CW có thể được Tắt khi UE thu (các) truyền dẫn từ đa điểm TRP. Cấu hình này có thể được báo hiệu qua báo hiệu lớp cao hơn (ví dụ RRC), MAC CE, hoặc báo hiệu điều khiển L1 DL (DCI liên quan đến UL hoặc DL). Điều này có thể áp dụng được khi số lượng các lớp truyền dẫn $L > x_2$.

Hai phương án nêu trên còn có thể được mở rộng cho các trường hợp với số lượng các từ mã lớn hơn 2. Phần mở rộng như vậy rất đơn giản đối với người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật liên quan.

Theo mỗi phương án trong số hai phương án nêu trên, gNB/NW có thể tạo cấu hình các giá trị khác nhau của (x_1, x_2) dành cho DL và UL dành cho UE. Giá trị của x_1 và/hoặc x_2 cũng có thể tạo cấu hình được dành cho UE.

Theo một phương án khác (phương án III), khi UE được tạo cấu hình để thu 2 CW và tổng số lượng các lớp trên 2 CW ($=L$) là 5, 6, 7, hoặc 8, thay vì dạng tương ứng cố định (được mô tả trước), dạng tương ứng linh hoạt giữa 2 CW và L lớp có thể được sử dụng.

Theo một phương án phụ (III.1), dạng tương ứng linh hoạt đầy đủ thêm vào dạng tương ứng cố định các tính năng sau. Tính năng thứ nhất đối với số lượng đã cho của các lớp $L (>4)$, mỗi CW trong số 2 CW có thể tương ứng với số lượng khác nhau của các lớp. Không có bất kỳ ràng buộc nào, cột thứ hai trong bảng 2 thể hiện các dạng kết hợp có thể có của (L_0, L_1) trong đó L_n thể hiện số lượng các lớp được liên kết với CW-n. Các dạng kết hợp chỗ in đậm là các dạng được sử dụng cho dạng tương ứng cố định trong hệ thống LTE. Do đó, đối với giá trị đã cho của L , thì có $(L - 1)$ khả năng có thể xảy ra. Tính năng thứ hai đối với số lượng đã cho của các lớp dành cho CW-n L_n có thể nhận giá trị nằm trong tập $\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$, tập các lớp được liên kết với CW-n, cùng với các giá trị hoán đổi của nó, cũng có thể thay đổi. Do đó, đối với giá trị đã cho của L và L_0 , thì có $\frac{L!}{L_0!(L-L_0)!} \times (L - L_0)! = \frac{L!}{L_0!}$ khả năng có thể xảy ra.

Bảng 2 Tất cả số lượng các lớp có thể có dành cho mỗi CW trong số 2 CW

	Tất cả các dạng kết hợp có thể có của (L_0, L_1) – phương án III.1	Các dạng kết hợp có thể có đã bị hạn chế của (L_0, L_1)		
		Phương án III.2	Phương án III.3	Phương án III.4
	(1,4), (2,3), (3,2), (4,1)	(1,4), (2,3)	(1,4), (2,3), (3,2), (4,1)	(1,4), (2,3)
	(1,5), (2,4), (3,3), (4,2), (5,1)	(1,5), (2,4), (3,3)	(2,4), (3,3), (4,2)	(2,4), (3,3)
	(1,6), (2,5), (3,4), (4,3), (5,2), (6,1)	(1,6), (2,5), (3,4)	(3,4), (4,3)	(3,4)
	(1,7), (2,6), (3,5), (4,4), (5,3), (6,2), (7,1)	(1,7), (2,6), (3,5), (4,4)	(4,4)	(4,4)

Do đó, đối với giá trị đã cho của L , thì tổng số lượng các dạng tương ứng có thể có là $\sum_{L_0=1}^{L-1} \frac{L!}{L_0!}$. Điều này lần lượt dẫn đến 205, 1236, 8659, và 69280 khả năng có thể xảy ra đối với $L=5, 6, 7$, và 8. Vì dạng tương ứng này cần phải được báo hiệu trong DCI (DL) và/hoặc báo cáo CSI (UL), nên nó yêu cầu lên tới 17-bit trường báo hiệu.

Theo phương án phụ (III.2), dạng tương ứng linh hoạt đầy đủ trong phần III.1 còn bị hạn chế thêm theo cách thức sau đây. Chỉ bao gồm các dạng kết hợp có $L_0 \leq L_1$. Điều này được thể hiện trong cột thứ ba trong bảng 2.

Theo phương án phụ (III.3), dạng tương ứng linh hoạt đầy đủ trong phần III.1 còn bị hạn chế thêm theo cách thức sau đây. Thứ nhất, bất kỳ tác dụng của các tính năng nào mà đề cập đến việc sắp xếp thứ tự trên các lớp (như trong sơ đồ 2 và 6) có thể bị loại bỏ vì được dự kiến rằng tác dụng như vậy, nếu có lợi, thì nên được xử lý bằng cách mã hóa trước (tức là sắp xếp thứ tự/hoán đổi vị trí là trường hợp đặc biệt của dạng xoay pha). Đây là một giả định hợp lý miễn là các bảng mã được thiết kế với độ phân giải không gian đủ cao. Thứ hai, để đảm bảo rằng không có sơ đồ ánh xạ lớp mới (ánh xạ một CW lên ≥ 1 lớp) được đưa vào sử dụng, thì các khả năng mà yêu cầu $L_n > 4$ nên được loại bỏ. Nếu hai tiêu chí ở trên được áp dụng để thiết kế sơ đồ đối với dạng tương ứng cố định, thì các dạng kết hợp có thể có còn lại của (L_0, L_1) được thể hiện trong cột thứ tư trong bảng 2. Điều này cho (9-L) dạng kết hợp đối với giá trị đã cho của L . Ngoài ra, tính năng 2 biến mất, dẫn đến tổng số lượng các khả năng có thể có của (9-L) đối với giá trị đã cho của L (mà yêu cầu tối đa 2 bit). Sơ đồ dạng tương ứng biến đổi này có thể được mô tả như sau. L_0 lớp thứ nhất tương ứng với CW thứ nhất (CW0), trong đó $L_0 \in \{L - 4, \dots, 4\}$ trong khi $(L-L_0)$ lớp tương ứng với CW thứ hai (CW1).

Theo phương án phụ (III.4), dạng tương ứng linh hoạt đầy đủ trong phần III.3 còn bị hạn chế thêm theo cách thức sau đây. Chỉ bao gồm các dạng kết hợp có $L_0 \leq L_1$. Điều này được thể hiện trong cột thứ năm trong bảng 2.

Theo các phương án phụ khác của II, tập con bất kỳ của các dạng kết hợp trong bảng 2 có thể được sử dụng.

Đối với thành phần thứ hai (tức là hỗ trợ báo hiệu), một số phương án ví dụ dựa trên các phương án cho thành phần thứ nhất được mô tả bên dưới.

Các phương án làm ví dụ về báo hiệu UL để thu DL với một CW trên mỗi UE như sau.

Theo một phương án, UE báo hiệu chỉ một DL HARQ-ACK (1 bit) trên mỗi sóng mang thành phần. 1-bit HARQ-ACK này được truyền bởi UE qua kênh điều khiển UL.

Theo một phương án khác, UE được tạo cấu hình để báo cáo CSI mà bao gồm chỉ một thành phần CQI trên mỗi dải con bất kể số lượng được tiến cử của các lớp hoặc bậc. Đối với CQI dải rộng (ở đây thuật ngữ CQI dải rộng dùng để chỉ một CQI được liên kết

với các dải con trong tập báo cáo). Nếu chỉ báo bậc (Rank Indicator, RI) báo cáo L là số lượng các lớp hoặc bậc được tiên cử, thì một CQI này (trên mỗi dải con hoặc cho các dải con trong tập báo cáo) được tính dựa trên giả định truyền dẫn trên $L \geq 1$ lớp.

Theo một phương án liên quan đến “ánh xạ lớp có thể tạo cấu hình được”, thông tin điều khiển đường lên (Uplink Control Information, UCI) bao gồm tối đa $N_{CW,MAX}$ CQI thể hiện CQI được liên kết với $N_{CW,MAX}$ CW. Giá trị của $N_{CW,MAX}$ là số lượng tối đa của các CW mà UE có thể thu trong một sự gán kênh PDSCH. Trong trường hợp này, số lượng (các) CQI trong UCI có thể là 1, 2, ..., hoặc $N_{CW,MAX}$ tùy thuộc vào giá trị của RI. Khi UE được tạo cấu hình với báo cáo CQI dải con, thì số lượng các CQI này thể hiện số lượng các CQI trên mỗi dải con. Khi UE được tạo cấu hình với báo cáo CQI dải rộng hoặc dải riêng phần, thì số lượng các CQI này thể hiện số lượng các CQI cho các dải con trong dải báo cáo được tạo cấu hình.

Theo các phương án ở trên và các phương án thay đổi của các phương án này, thay vì báo hiệu và/hoặc tạo cấu hình số lượng tối đa của các CW $N_{CW,MAX}$ mà UE có thể thu trong một sự gán kênh PDSCH, tổng số lượng tối đa của các lớp trên các CW L_{MAX} có thể được báo hiệu và/hoặc được tạo cấu hình. Thông số này có thể được báo hiệu qua báo hiệu lớp cao hơn (RRC) hoặc kênh điều khiển L1/L2. Trong trường hợp này, số lượng (các) CQI trong UCI có thể là 1, 2, ..., hoặc $N_{CW,MAX}$ tùy thuộc vào giá trị của RI trong đó $N_{CW,MAX}$ là số lượng các từ mã được liên kết với L_{MAX} . Khi UE được tạo cấu hình với báo cáo CQI dải con, thì số lượng các CQI này thể hiện số lượng các CQI trên mỗi dải con. Khi UE được tạo cấu hình với báo cáo CQI dải rộng hoặc dải riêng phần, thì số lượng các CQI này thể hiện số lượng các CQI cho các dải con trong dải báo cáo được tạo cấu hình.

Khi tổng số lượng tối đa của các lớp trên các CW L_{MAX} được báo hiệu và/hoặc được tạo cấu hình, thì các phương án làm ví dụ đối với thiết kế DCI liên quan đến DL như sau. Theo một phương án làm ví dụ trong đó truyền dẫn một CW được sử dụng đối với $L \leq 4$ và truyền dẫn hai CW được sử dụng đối với $L > 4$, nếu $L_{MAX} \leq 4$, thì UCI chỉ bao gồm một CQI mà tương ứng với một CW. Ngược lại, nếu $L_{MAX} > 4$, thì UCI bao gồm một hoặc hai CQI tùy thuộc vào giá trị của RI, trong đó mỗi CQI trong số hai CQI tương ứng với một CW trong số hai CW. Khi UE được tạo cấu hình với báo cáo CQI dải con, thì số lượng các CQI này thể hiện số lượng các CQI trên mỗi dải con. Khi UE được tạo cấu hình với báo cáo CQI dải rộng hoặc dải riêng phần, thì số lượng các CQI này thể hiện số lượng các CQI cho các dải con trong dải báo cáo được tạo cấu hình.

Theo các phương án ở trên và các phương án thay đổi của các phương án này, thay vì báo hiệu và/hoặc tạo cấu hình số lượng tối đa của các CW $N_{CW,MAX}$ hoặc số lượng tối đa của các lớp trên các CW L_{MAX} , thì số lượng tối đa của (các) CQI trong UCI có thể được báo hiệu và/hoặc được tạo cấu hình. Ví dụ, số lượng tối đa của (các) CQI trong UCI có thể được tạo cấu hình bằng 1 hoặc 2. Nếu số lượng tối đa bằng 1, thì số lượng (các) CQI trong UCI bằng một. Nếu số lượng tối đa bằng 2, thì số lượng (các) CQI trong UCI bằng 1 hoặc 2, tùy thuộc vào giá trị của RI. Ví dụ, nếu $RI \leq 4$, thì chỉ một CQI được báo cáo trong UCI. Nếu $RI > 4$, thì hai CQI được báo cáo trong UCI. Khi UE được tạo cấu hình với báo cáo CQI dải con, thì số lượng các CQI này thể hiện số lượng các CQI trên mỗi dải con. Khi UE được tạo cấu hình với báo cáo CQI dải rộng hoặc dải riêng phần, thì số lượng các CQI này thể hiện số lượng các CQI cho các dải con trong dải báo cáo được tạo cấu hình.

Khi hai CQI (được liên kết với hai CW) được báo cáo, thì một số tùy chọn có thể có như sau. Trong tùy chọn thứ nhất, hai CQI đầy đủ (mỗi CQI được liên kết một CW) được báo cáo. Trong tùy chọn thứ hai, một trong số các CQI được báo cáo so với CQI khác (ví dụ theo cách thức khác nhau) sao cho CQI này có thể được báo cáo bằng số bit ít hơn so với CQI khác. Khi UE được tạo cấu hình với báo cáo CQI dải con, thì số lượng các CQI này thể hiện số lượng các CQI trên mỗi dải con. Khi UE được tạo cấu hình với báo cáo CQI dải rộng hoặc dải riêng phần, thì số lượng các CQI này thể hiện số lượng các CQI cho các dải con trong dải báo cáo được tạo cấu hình.

Các phương án làm ví dụ về báo hiệu DL để thu DL với một CW trên mỗi UE như sau.

Theo một phương án, DCI (thông tin điều khiển đường xuống) liên quan đến DL chỉ bao gồm một thông số MCS thể hiện MCS được gán được liên kết với một TB hoặc CW, bất kể số lượng các lớp. Ngoài ra, DCI liên quan đến DL có thể bao gồm một tập thông số liên quan đến HARQ (chẳng hạn như chỉ báo dữ liệu mới và/hoặc phiên bản dự thừa) được liên kết với một TB hoặc CW, bất kể số lượng các lớp. Nếu HARQ mức CB hoặc mức nhóm CB được hỗ trợ, thì nhiều tập thông số liên quan đến HARQ có thể được chứa trong DCI liên quan đến DL. DCI liên quan đến DL này được thu bởi UE qua kênh điều khiển DL.

Theo phương án khác, nếu giá trị của K trong phương án 1000 trên Fig.10 có thể tạo cấu hình được, thì thông số K được báo hiệu cho UE qua báo hiệu lớp cao hơn (RRC).

Ngoài ra, giá trị của K có thể được tạo cấu hình động qua phần tử điều khiển (CE) MAC hoặc báo hiệu điều khiển L1 DL.

Theo một phương án liên quan đến “ánh xạ lớp có thể tạo cấu hình được”, DCI (thông tin điều khiển đường xuống) liên quan đến DL bao gồm $N_{CW,MAX}$ (các) trường MCS thể hiện MCS được gán được liên kết với $N_{CW,MAX}$ CW. Giá trị của $N_{CW,MAX}$ là số lượng tối đa của các CW mà UE có thể thu trong một sự gán kênh PDSCH/PUSCH. Ngoài ra, DCI liên quan đến DL có thể bao gồm $N_{CW,MAX}$ tập thông số liên quan đến HARQ (chẳng hạn như chỉ báo dữ liệu mới và/hoặc phiên bản dư thừa) được liên kết với một TB hoặc CW, bất kể số lượng các lớp. Nếu HARQ mức CB hoặc mức nhóm CB được hỗ trợ, thì số lượng các tập của các thông số liên quan đến HARQ được chứa trong DCI liên quan đến DL có thể được nhân với số lượng các CB hoặc các nhóm CB. Giá trị của $N_{CW,MAX}$ có thể được tạo cấu hình qua báo hiệu lớp cao hơn (RRC), phần tử điều khiển MAC (MAC CE), hoặc qua báo hiệu điều khiển L1 DL (DCI liên quan đến DL hoặc UL). Nếu được tạo cấu hình qua báo hiệu lớp cao hơn hoặc qua MAC CE, thì trước hết UE thu thông tin cấu hình. Sau đó UE có thể xác định số lượng các trường MCS và các trường liên quan đến HARQ trong DCI liên quan đến DL được thu. Nếu được tạo cấu hình qua báo hiệu điều khiển L1 DL, thì giá trị của $N_{CW,MAX}$ có thể được báo hiệu trong cùng DCI liên quan đến DL như $N_{CW,MAX}$ (các) trường MCS và $N_{CW,MAX}$ (các) trường liên quan đến HARQ. Ngoài ra, giá trị của $N_{CW,MAX}$ có thể được phát hiện ẩn từ việc giải mã mô DCI và suy ra giá trị này từ kích thước DCI (mà thay đổi tùy thuộc ít nhất vào số lượng các trường MCS và các trường liên quan đến HARQ). Ngoài ra, khi báo hiệu điều khiển L1 DL được sử dụng để tạo cấu hình số lượng các từ mã, thay vì báo hiệu $N_{CW,MAX}$, thì chính số lượng các từ mã N_{CW} được báo hiệu – rõ ràng trong DCI hoặc được phát hiện ẩn từ kích thước DCI (trong đó DCI bao gồm N_{CW} trường MCS và N_{CW} trường liên quan đến HARQ). Không giống như $N_{CW,MAX}$, N_{CW} có thể thay đổi trên các sự gán DL khác nhau trong khi $N_{CW,MAX}$ được tạo cấu hình.

Phương án ở trên áp dụng bất cứ khi nào $N_{CW,MAX}$ có thể tạo cấu hình được.

Theo một phương án phụ của phương án này, tổng số lượng các lớp trên các CW L được báo hiệu trong một trường DCI trong DCI liên quan đến DL.

Theo một phương án phụ khác của phương án này, số lượng các lớp $(0, 1, \dots, L_{MAX}^{CW})$ được liên kết với mỗi trường trong số $N_{CW,MAX}$ trường MCS và/hoặc các trường DCI liên quan đến HARQ được báo hiệu như một trường DCI trong DCI liên quan đến DL. Do đó,

có $N_{CW,MAX}$ trường DCI chỉ báo số lượng các lớp cho $N_{CW,MAX}$ CW. Giá trị của $N_{CW,MAX}$ có thể được tạo cấu hình như được mô tả trước đó. Thông số L_{MAX}^{CW} thể hiện số lượng tối đa của các lớp trên mỗi CW.

Theo một phương án phụ khác của phương án này, số lượng các lớp ($0, 1, \dots, L_{MAX}^{CW}$) được liên kết với mỗi trường trong số N_{CW} trường MCS và/hoặc trường DCI liên quan đến HARQ được báo hiệu như một trường DCI trong DCI liên quan đến DL. Do đó, có N_{CW} trường DCI chỉ báo số lượng các lớp cho N_{CW} CW. Thông số L_{MAX}^{CW} thể hiện số lượng tối đa của các lớp trên mỗi CW.

Theo các phương án ở trên và các phương án thay đổi của các phương án này, thay vì báo hiệu và/hoặc tạo cấu hình số lượng tối đa của các CW $N_{CW,MAX}$ mà UE có thể thu trong một sự gán kênh PDSCH, tổng số lượng tối đa của các lớp trên các CW L_{MAX} có thể được báo hiệu và/hoặc được tạo cấu hình. Thông số này có thể được báo hiệu qua báo hiệu lớp cao hơn (RRC) hoặc kênh điều khiển L1/L2. Tùy chọn là, số lượng tối đa của các lớp dành cho mỗi L_{MAX}^{CW} CW có thể được báo hiệu và/hoặc được tạo cấu hình. Tương tự như vậy, thông số này có thể được báo hiệu qua báo hiệu (RRC) lớp cao hơn hoặc kênh điều khiển L1/L2.

Khi tổng số lượng tối đa của các lớp trên các CW L_{MAX} được báo hiệu và/hoặc được tạo cấu hình, thì các phương án làm ví dụ đối với thiết kế DCI liên quan đến DL như sau. Theo một phương án làm ví dụ mà truyền dẫn 1-CW được sử dụng cho $L \leq 4$ và truyền dẫn 2-CW được sử dụng cho $L > 4$, nếu $L_{MAX} \leq 4$, thì DCI bao gồm một trường MCS và/hoặc một tập các trường DCI liên quan đến HARQ trong đó một trường MCS và một tập trường DCI liên quan đến HARQ tương ứng với một CW. Ngược lại, nếu $L_{MAX} > 4$, thì DCI bao gồm hai trường MCS và/hoặc hai tập trường DCI liên quan đến HARQ trong đó mỗi trường trong số hai trường MCS và mỗi tập trong số hai tập trường DCI liên quan đến HARQ tương ứng với một trong số hai CW. Trong trường hợp $L_{MAX} > 4$ (tổng số lượng tối đa của các lớp được tạo cấu hình cho UE) và $L \leq 4$ (tổng số lượng các lớp được gán cho UE trong sự gán DL đặc biệt/lập lịch), chỉ một trong số hai trường MCS được sử dụng để chỉ báo MCS cho một CW. Trường MCS thứ hai có thể được sử dụng để báo hiệu các giả thiết khác. Trong trường hợp $L_{MAX} > 4$ (tổng số lượng tối đa của các lớp được tạo cấu hình cho UE) và $L > 4$ (tổng số lượng các lớp được gán cho UE trong sự gán DL đặc biệt/lập lịch), mỗi trường trong số hai trường MCS được sử dụng để chỉ báo MCS cho một trong số hai CW.

Do đó, đối với cùng định dạng DCI liên quan đến DL, thì số lượng các trường MCS phụ thuộc vào tổng số lượng tối đa của các lớp trên mỗi sự gán kênh PDSCH cho mỗi UE.

Theo các phương án ở trên và các phương án thay đổi của các phương án này, thay vì báo hiệu và/hoặc tạo cấu hình số lượng tối đa của các CW $N_{CW,MAX}$ hoặc số lượng tối đa của các lớp trên các CW L_{MAX} , thì số lượng tối đa của các trường MCS và/hoặc (các) tập trường DCI liên quan đến HARQ trong DCI liên quan đến DL có thể được báo hiệu và/hoặc được tạo cấu hình. Ví dụ, số lượng tối đa này có thể được tạo cấu hình bằng 1 hoặc 2. Số lượng tối đa của các trường MCS và/hoặc số lượng tối đa của (các) tập của các trường DCI liên quan đến HARQ có thể được tạo cấu hình chung (như một thông số chung) hoặc riêng biệt.

Thay vì báo hiệu và/hoặc tạo cấu hình số lượng tối đa, thì số lượng các trường MCS và/hoặc (các) tập trường DCI liên quan đến HARQ trong DCI liên quan đến DL có thể được báo hiệu và/hoặc được tạo cấu hình. Thông số này có thể được báo hiệu qua báo hiệu lớp cao hơn (RRC) hoặc kênh điều khiển L1/L2. Ví dụ, số lượng này có thể được tạo cấu hình bằng 1 hoặc 2. Số lượng các trường MCS và/hoặc số lượng tối đa của (các) tập của các trường DCI liên quan đến HARQ có thể được tạo cấu hình chung (như một thông số chung) hoặc riêng biệt.

Khi số lượng (hoặc số lượng tối đa) của các trường MCS và/hoặc (các) tập trường DCI liên quan đến HARQ trong DCI liên quan đến DL được tạo cấu hình bằng 2 trong khi số lượng được gán của các CW (hoặc lớp) dành cho DCI liên quan đến DL tương ứng với một CW, thì chỉ một trong số hai trường MCS được sử dụng để chỉ báo MCS cho một CW này. Trường MCS thứ hai có thể được sử dụng để báo hiệu các giả thiết khác. Khi số lượng (hoặc số lượng tối đa) của các trường MCS và/hoặc (các) tập trường DCI liên quan đến HARQ trong DCI liên quan đến DL được tạo cấu hình bằng 2 trong khi số lượng được gán của các CW (hoặc lớp) dành cho DCI liên quan đến DL tương ứng với hai CW, thì mỗi trường trong số hai trường MCS được sử dụng để chỉ báo MCS cho một hoặc hai CW.

Các phương án làm ví dụ về báo hiệu DL để truyền dẫn UL với một CW trên mỗi UE như sau.

Theo một phương án, DCI liên quan đến UL chỉ bao gồm một thông số MCS thể hiện MCS được gán được liên kết với một TB hoặc CW, bất kể số lượng các lớp. Ngoài

ra, DCI liên quan đến UL có thể bao gồm một tập thông số liên quan đến HARQ (chẳng hạn như chỉ báo dữ liệu mới và/hoặc phiên bản dư thừa) được liên kết với một TB hoặc CW, bất kể số lượng các lớp. Nếu HARQ mức CB hoặc mức nhóm CB được hỗ trợ, thì nhiều tập thông số liên quan đến HARQ có thể được chứa trong DCI liên quan đến UL. DCI liên quan đến UL này được thu bởi UE qua kênh điều khiển DL.

Theo một phương án liên quan đến “ánh xạ lớp có thể tạo cấu hình được”, DCI liên quan đến UL bao gồm $N_{CW,MAX}$ trường MCS thể hiện MCS được gán được liên kết với $N_{CW,MAX}$ CW. Giá trị của $N_{CW,MAX}$ là số lượng tối đa của các CW mà UE có thể thu trong một sự gán kênh PDSCH/PUSCH. Ngoài ra, DCI liên quan đến UL có thể bao gồm $N_{CW,MAX}$ (các) tập thông số liên quan đến HARQ (chẳng hạn như chỉ báo dữ liệu mới và/hoặc phiên bản dư thừa) được liên kết với một TB hoặc CW, bất kể số lượng các lớp. Nếu HARQ mức CB hoặc mức nhóm CB được hỗ trợ, thì số lượng các tập của các thông số liên quan đến HARQ được chứa trong DCI liên quan đến UL có thể được nhân với số lượng các CB hoặc các nhóm CB. Giá trị của $N_{CW,MAX}$ có thể được tạo cấu hình qua báo hiệu lớp cao hơn (RRC), phần tử điều khiển MAC (MAC CE), hoặc qua báo hiệu điều khiển L1 DL (DCI liên quan đến DL hoặc UL). Nếu được tạo cấu hình qua báo hiệu lớp cao hơn hoặc qua MAC CE, thì trước hết UE thu thông tin cấu hình. Sau đó UE có thể xác định số lượng các trường MCS và các trường liên quan đến HARQ trong DCI liên quan đến UL. Nếu được tạo cấu hình qua báo hiệu điều khiển L1 DL, thì giá trị của $N_{CW,MAX}$ có thể được báo hiệu trong cùng DCI liên quan đến UL như $N_{CW,MAX}$ (các) trường MCS và $N_{CW,MAX}$ (các) trường liên quan đến HARQ. Ngoài ra, giá trị của $N_{CW,MAX}$ có thể được phát hiện ẩn từ việc giải mã DCI và suy ra giá trị này từ kích thước DCI (mà thay đổi tùy thuộc ít nhất vào số lượng các trường MCS và các trường liên quan đến HARQ). Ngoài ra, khi báo hiệu điều khiển L1 DL được sử dụng để tạo cấu hình số lượng các từ mã, thay vì báo hiệu $N_{CW,MAX}$, thì chính số lượng các từ mã N_{CW} được báo hiệu – rõ ràng trong DCI hoặc được phát hiện ẩn từ kích thước DCI (trong đó DCI bao gồm N_{CW} trường MCS và N_{CW} trường liên quan đến HARQ). Không giống như $N_{CW,MAX}$, N_{CW} có thể thay đổi trên các sự gán UL khác nhau trong khi $N_{CW,MAX}$ được tạo cấu hình.

Phương án ở trên áp dụng bất cứ khi nào $N_{CW,MAX}$ có thể tạo cấu hình được.

Theo một phương án phụ của phương án này, tổng số lượng các lớp trên các CW L được báo hiệu trong một trường DCI trong DCI liên quan đến UL.

Theo một phương án phụ khác của phương án này, số lượng các lớp $(0, 1, \dots, L_{MAX}^{CW})$ được liên kết với mỗi trường trong số $N_{CW,MAX}$ trường MCS và/hoặc trường DCI liên quan đến HARQ được báo hiệu như một trường DCI trong DCI liên quan đến UL. Do đó, có $N_{CW,MAX}$ trường DCI chỉ báo số lượng các lớp cho $N_{CW,MAX}$ CW. Giá trị của $N_{CW,MAX}$ có thể được tạo cấu hình như được mô tả trước đó. Thông số L_{MAX}^{CW} thể hiện số lượng tối đa của các lớp trên mỗi CW.

Theo một phương án phụ khác của phương án này, số lượng các lớp $(0, 1, \dots, L_{MAX}^{CW})$ được liên kết với mỗi trường trong số N_{CW} trường MCS và/hoặc trường DCI liên quan đến HARQ được báo hiệu như một trường DCI trong DCI liên quan đến UL. Do đó, có N_{CW} trường DCI chỉ báo số lượng các lớp cho N_{CW} CW. Thông số L_{MAX}^{CW} thể hiện số lượng tối đa của các lớp trên mỗi CW.

Theo các phương án ở trên và các phương án thay đổi của các phương án này, thay vì báo hiệu và/hoặc tạo cấu hình số lượng tối đa của các CW $N_{CW,MAX}$ mà UE có thể truyền trong một sự gán kênh PUSCH, thì tổng số lượng tối đa của các lớp trên các CW L_{MAX} có thể được báo hiệu và/hoặc được tạo cấu hình. Thông số này có thể được báo hiệu qua báo hiệu lớp cao hơn (RRC) hoặc kênh điều khiển L1/L2. Tùy chọn là, số lượng tối đa của các lớp dành cho mỗi L_{MAX}^{CW} CW có thể được báo hiệu và/hoặc được tạo cấu hình. Tương tự như vậy, thông số này có thể được báo hiệu qua báo hiệu (RRC) lớp cao hơn hoặc kênh điều khiển L1/L2.

Khi tổng số lượng tối đa của các lớp trên các CW L_{MAX} được báo hiệu và/hoặc được tạo cấu hình, thì các phương án làm ví dụ đối với thiết kế DCI liên quan đến UL như sau. Theo một phương án làm ví dụ mà truyền dẫn 1-CW được sử dụng cho $L \leq 4$ và truyền dẫn 2-CW được sử dụng cho $L > 4$, nếu $L_{MAX} \leq 4$, thì DCI bao gồm một trường MCS và/hoặc một tập các trường DCI liên quan đến HARQ trong đó một trường MCS và một tập trường DCI liên quan đến HARQ tương ứng với một CW. Ngược lại, nếu $L_{MAX} > 4$, thì DCI bao gồm hai trường MCS và/hoặc hai tập trường DCI liên quan đến HARQ trong đó mỗi trường trong số hai trường MCS và mỗi tập trong số hai tập trường DCI liên quan đến HARQ tương ứng với một trong số hai CW. Trong trường hợp $L_{MAX} > 4$ (tổng số lượng tối đa của các lớp được tạo cấu hình cho UE) và $L \leq 4$ (tổng số lượng các lớp được gán dành cho UE trong sự gán UL đặc biệt/lập lịch), thì chỉ một trong số hai trường MCS được sử dụng để chỉ báo MCS cho một CW này. Trường MCS thứ hai có thể được sử dụng để báo hiệu các giả thiết khác. Trong trường hợp $L_{MAX} > 4$ (tổng số lượng tối đa của

các lớp được tạo cấu hình cho UE) và $L > 4$ (tổng số lượng các lớp được gán cho UE trong sự gán UL đặc biệt/lập lịch), mỗi trường trong số hai trường MCS được sử dụng để chỉ báo MCS cho một trong số hai CW.

Do đó, đối với cùng định dạng DCI liên quan đến UL, thì số lượng các trường MCS phụ thuộc vào tổng số lượng tối đa của các lớp trên mỗi sự gán kênh PUSCH cho mỗi UE.

Theo các phương án ở trên và các phương án thay đổi của các phương án này, thay vì báo hiệu và/hoặc tạo cấu hình số lượng tối đa của các CW $N_{CW,MAX}$ hoặc số lượng tối đa của các lớp trên các CW L_{MAX} , thì số lượng tối đa của các trường MCS và/hoặc (các) tập của các trường DCI liên quan đến HARQ trong DCI liên quan đến UL có thể được báo hiệu và/hoặc được tạo cấu hình. Ví dụ, số lượng tối đa này có thể được tạo cấu hình bằng 1 hoặc 2. Số lượng tối đa của các trường MCS và/hoặc số lượng tối đa của (các) tập của các trường DCI liên quan đến HARQ có thể được tạo cấu hình chung (như một thông số chung) hoặc riêng biệt.

Thay vì báo hiệu và/hoặc tạo cấu hình số lượng tối đa, thì số lượng các trường MCS và/hoặc (các) tập trường DCI liên quan đến HARQ trong DCI liên quan đến UL có thể được báo hiệu và/hoặc được tạo cấu hình. Thông số này có thể được báo hiệu qua báo hiệu lớp cao hơn (RRC) hoặc kênh điều khiển L1/L2. Ví dụ, số lượng này có thể được tạo cấu hình bằng 1 hoặc 2. Số lượng các trường MCS và/hoặc số lượng tối đa của (các) tập của các trường DCI liên quan đến HARQ có thể được tạo cấu hình chung (như một thông số chung) hoặc riêng biệt.

Khi số lượng (hoặc số lượng tối đa) của các trường MCS và/hoặc (các) tập trường DCI liên quan đến HARQ trong DCI liên quan đến UL được tạo cấu hình bằng 2 trong khi số lượng được gán của các CW (hoặc các lớp) cho DCI liên quan đến UL tương ứng với một CW, thì chỉ một trong số hai trường MCS được sử dụng để chỉ báo MCS cho một CW này. Trường MCS thứ hai có thể được sử dụng để báo hiệu các giả thiết khác. Khi số lượng (hoặc số lượng tối đa) của các trường MCS và/hoặc (các) tập trường DCI liên quan đến HARQ trong DCI liên quan đến UL được tạo cấu hình bằng 2 trong khi số lượng được gán của các CW (hoặc các lớp) cho DCI liên quan đến DL tương ứng với hai CW, thì mỗi trường trong số hai trường MCS được sử dụng để chỉ báo MCS cho một hoặc hai CW.

Theo các phương án ở trên, hai thông số riêng biệt dành cho tổng số lượng tối đa của các lớp (số lượng tối đa của các CW) lần lượt có thể được sử dụng cho DL và UL.

Đối với UL, số lượng hoặc số lượng tối đa của các trường MCS và/hoặc (các) tập trường DCI liên quan đến HARQ có thể được cố định là một. Điều này có thể áp dụng được, ví dụ, khi số lượng tối đa có thể hỗ trợ được của các lớp trên UL tương ứng với hoạt động truyền dẫn 1-CW.

Các phương án tiếp theo đối với thành phần 2 liên quan đến UL và các hỗ trợ báo hiệu UL cho việc tăng cường được mô tả trong thành phần 1 khi số lượng các lớp truyền dẫn L vượt quá giá trị nhất định và số lượng các CW được truyền là 2.

Trong trường hợp báo hiệu UL để thu DL, thì UE báo hiệu DL HARQ-ACK và báo cáo CSI (mà bao gồm CQI) trên mỗi sóng mang thành phần DL. Trong trường hợp báo hiệu DL để thu DL, DCI liên quan đến DL bao gồm ít nhất một trường MCS (sơ đồ điều biến và mã hóa) và thông số liên quan đến HARQ (chẳng hạn như chỉ báo dữ liệu mới và/hoặc phiên bản dư thừa) đối với sự gán kênh PDSCH cho mỗi UE. Nếu HARQ mức CB hoặc mức nhóm CB được hỗ trợ, thì nhiều tập thông số liên quan đến HARQ có thể được chứa trong DCI liên quan đến DL. Trong trường hợp báo hiệu DL để truyền dẫn UL, thì DCI (thông tin điều khiển đường xuống) liên quan đến UL bao gồm ít nhất một trường MCS (sơ đồ điều biến và mã hóa) và thông số liên quan đến HARQ (chẳng hạn như chỉ báo dữ liệu mới và/hoặc phiên bản dư thừa) đối với sự gán kênh PUSCH cho mỗi UE. Nếu HARQ mức CB hoặc mức nhóm CB được hỗ trợ, thì nhiều tập thông số liên quan đến HARQ có thể được chứa trong DCI liên quan đến DL.

Khi UE được tạo cấu hình để thu truyền dẫn 1-CW (trên mỗi sự gán kênh PDSCH/PUSCH cho mỗi UE), ví dụ khi $1 \leq L \leq x_1$, thì một số phương án có thể được sử dụng.

Theo một phương án 1A, UE báo hiệu chỉ một DL HARQ-ACK (1 bit) trên mỗi thành phần sóng mang. 1-bit HARQ-ACK này được truyền bởi UE qua kênh điều khiển UL.

Theo một phương án khác 1B, UE có thể báo cáo CSI mà bao gồm chỉ một thành phần CQI trên mỗi dải con (cùng với báo cáo RI mà nhận giá trị trong tập $\{1, 2, \dots, x_1\}$). Đối với CQI dải rộng (ở đây thuật ngữ CQI dải rộng dùng để chỉ một CQI được liên kết với các dải con trong tập báo cáo), thì chỉ một CQI tương ứng với các lớp được báo cáo. Nếu chỉ báo bậc (Rank Indicator, RI) báo cáo L là số lượng các lớp hoặc bậc được tiến

cử, thì một CQI này (trên mỗi dải con hoặc cho các dải con trong tập báo cáo) được tính dựa trên giả định truyền dẫn trên $L \geq 1$ lớp.

Theo một phương án khác 1C, UE thu DCI (thông tin điều khiển đường xuống) liên quan đến DL mà bao gồm chỉ một thông số MCS thể hiện MCS được gán được liên kết với một TB hoặc CW. Ngoài ra, DCI liên quan đến DL có thể bao gồm một tập thông số liên quan đến HARQ (chẳng hạn như chỉ báo dữ liệu mới và/hoặc phiên bản dư thừa) được liên kết với một TB hoặc CW, bất kể số lượng các lớp. Nếu HARQ mức CB hoặc mức nhóm CB được hỗ trợ, thì nhiều tập thông số liên quan đến HARQ có thể được chứa trong DCI liên quan đến DL. DCI liên quan đến DL này được thu bởi UE qua kênh điều khiển DL.

Theo một phương án 1D, UE thu DCI liên quan đến UL mà bao gồm chỉ một thông số MCS thể hiện MCS được gán được liên kết với một TB hoặc CW. Ngoài ra, DCI liên quan đến UL có thể bao gồm một tập thông số liên quan đến HARQ (chẳng hạn như chỉ báo dữ liệu mới và/hoặc phiên bản dư thừa) được liên kết với một TB hoặc CW, bất kể số lượng các lớp. Nếu HARQ mức CB hoặc mức nhóm CB được hỗ trợ, thì nhiều tập thông số liên quan đến HARQ có thể được chứa trong DCI liên quan đến UL. DCI liên quan đến UL này được thu bởi UE qua kênh điều khiển DL.

Mỗi phương án trong số các phương án nêu trên (1A, 1B, 1C, và 1D) có thể được sử dụng theo chính các phương án này hoặc dưới dạng kết hợp với ít nhất một phương án khác khi UE được tạo cấu hình để thu truyền dẫn 1-CW trên mỗi sự gán kênh PDSCH/PUSCH.

Khi UE được tạo cấu hình để thu truyền dẫn 2-CW (trên mỗi sự gán kênh PDSCH/PUSCH cho mỗi UE), ví dụ khi $L > x_2$, thì hai trường hợp có thể áp dụng. Trường hợp thứ nhất là khi vòng CW hoặc vòng lớp được tạo cấu hình (được Bật). Trường hợp thứ hai là khi không vòng nào trong số vòng CW và vòng lớp được tạo cấu hình (được Tắt).

Trong trường hợp thứ nhất, các phương án 1A, 1B, 1C, và/hoặc 1D có thể được sử dụng. Tức là, khi vòng CW hoặc vòng lớp được sử dụng, thì một trường MCS DCI, một CQI, một trường DCI liên quan đến HARQ, và một phản hồi DL HARQ-ACK có thể được sử dụng ngay cả nếu số lượng các từ mã là 2. Việc này là do mỗi CW được ánh xạ trên các lớp. Ngoài ra, khi vòng CW hoặc vòng lớp được sử dụng, thì một trường MCS DCI (được liên kết với cả hai CW), một CQI (được liên kết với cả hai CW), hai trường

DCI liên quan đến HARQ (mỗi trường được liên kết với CW), và hai phản hồi DL HARQ-ACK (mỗi phản hồi được liên kết với CW) có thể được sử dụng. Ngoài ra, khi vòng CW hoặc vòng lớp được sử dụng, thì hai trường MCS DCI (mỗi trường được liên kết với CW), hai CQI (mỗi CQI được liên kết với CW), một trường DCI liên quan đến HARQ (được liên kết với cả hai CW), và một phản hồi DL HARQ-ACK (được liên kết với cả hai CW) có thể được sử dụng.

Trong trường hợp thứ hai, một số phương án có thể được sử dụng.

Theo một phương án 2A, UE báo hiệu hai DL HARQ-ACK (do đó 2 bit, mỗi bit cho mỗi CW) trên mỗi sóng mang thành phần. 2-bit HARQ-ACK này được truyền bởi UE qua kênh điều khiển UL.

Theo một phương án khác 2B, UE có thể báo cáo CSI mà bao gồm hai thành phần CQI trên mỗi dải con (mỗi thành phần thể hiện một CW, cùng với báo cáo RI mà nhận giá trị từ tập $\{x_2+1, x_2+2, \dots, L_{MAX}\}$). Đối với CQI dải rộng (ở đây thuật ngữ CQI dải rộng dùng để chỉ hai CQI, mỗi CQI được liên kết với CW với các dải con trong tập báo cáo), hai CQI, mỗi CQI tương ứng với một CW với các lớp được liên kết của CW này, được báo cáo. Nếu chỉ báo bậc (RI) báo cáo L như số lượng các lớp hoặc bậc được tiến cử, thì hai CQI (trên mỗi dải con hoặc cho cả dải con trong tập báo cáo) được tính dựa trên giả định truyền dẫn trên $L \geq 1$ lớp. Hai CQI còn có thể được mã hóa khác nhau so với CQI chuẩn hoặc so với một CQI khác.

Theo một phương án khác 2C, UE thu DCI (thông tin điều khiển đường xuống) liên quan đến DL mà bao gồm hai thông số MCS thể hiện các MCS được gán được liên kết với hai TB hoặc CW. Ngoài ra, DCI liên quan đến DL có thể bao gồm hai tập thông số liên quan đến HARQ (chẳng hạn như chỉ báo dữ liệu mới và/hoặc phiên bản dư thừa) được liên kết với hai TB hoặc CW. Nếu HARQ mức CB hoặc mức nhóm CB được hỗ trợ, thì nhiều tập thông số liên quan đến HARQ có thể được chứa trong DCI liên quan đến DL. DCI liên quan đến DL này được thu bởi UE qua kênh điều khiển DL.

Theo một phương án 2D, UE thu DCI liên quan đến UL mà bao gồm hai thông số MCS thể hiện các MCS được gán được liên kết với hai TB hoặc CW. Ngoài ra, DCI liên quan đến UL có thể bao gồm hai tập thông số liên quan đến HARQ (chẳng hạn như chỉ báo dữ liệu mới và/hoặc phiên bản dư thừa) được liên kết với hai TB hoặc CW. Nếu HARQ mức CB hoặc mức nhóm CB được hỗ trợ, thì nhiều tập thông số liên quan đến

HARQ có thể được chứa trong DCI liên quan đến UL. DCI liên quan đến UL này được thu bởi UE qua kênh điều khiển DL.

Mỗi phương án trong số các phương án nêu trên (2A, 2B, 2C, và 2D) có thể được sử dụng theo chính các phương án này hoặc dưới dạng kết hợp với ít nhất một phương án khác khi UE được tạo cấu hình để thu truyền dẫn 2-CW trên mỗi sự gán kênh PDSCH/PUSCH.

Trên các phương án I và II của thành phần 1, nếu $x_1 = x_2$, thì hoạt động chuyển đổi giữa truyền dẫn 1-CW và 2-CW có thể xảy ra động tùy thuộc vào số lượng các lớp L được lập lịch bởi gNB/NW cho UE cho sự gán kênh PDSCH/PUSCH. Mặt khác, nếu $x_1 > x_2$ (vì $x_2 < L \leq x_1$, hoặc truyền dẫn 1-CW hoặc 2-CW có thể được tạo cấu hình), hoạt động chuyển đổi giữa truyền dẫn 1-CW và 2-CW (khi $x_2 < L \leq x_1$) có thể được thực hiện bởi gNB/NW cho UE qua báo hiệu (ví dụ RRC) lớp cao hơn, hoặc qua MAC-CE, hoặc qua báo hiệu điều khiển L1 DL (sử dụng DCI).

Theo một phương án có thể tạo được cấu hình hơn nữa, thì giá trị của x_1 và/hoặc x_2 còn có thể được tạo cấu hình bởi gNB/NW cho UE. Cấu hình này có thể được thực hiện qua báo hiệu (ví dụ RRC) lớp cao hơn.

Đối với phương án III và các phương án phụ của phương án này, để hỗ trợ thu DL theo cách thức được mô tả trong bảng 2, thì báo cáo CSI mà bao gồm dạng tương ứng được tiến cử (giữa 2 CW và L lớp) có thể được sử dụng. Vì số lượng được tiến cử của các lớp được báo hiệu qua RI, nên thông số báo cáo CSI mà bao gồm giá trị tiến cử đối với L_0 có thể được thêm vào (do đó L_1 có thể được suy ra từ $L - L_0$). DCI liên quan đến DL được liên kết có thể bao gồm trường DCI mà bao gồm L_0 cùng trường DCI mà chỉ báo số lượng các lớp L . Tương tự như vậy, để hỗ trợ thu UL theo các cách thức được mô tả trong bảng 2, thì DCI liên quan đến UL được liên kết có thể bao gồm trường DCI mà chỉ báo L_0 cùng trường DCI mà bao gồm số lượng các lớp L .

Trong hệ thống LTE, hoạt động xử lý mức bit và mức ký hiệu có thể được mô tả theo phương án 1100 trên Fig.11. Khối vận chuyển (TB) 1101 được xử lý theo một loạt các bước xử lý mức bit 1102 sau đây: phân đoạn khối mã (CB) (bước 1103), mã hóa kênh, so khớp tỷ lệ, và xen kẽ kênh (chỉ cho UL). Để phân đoạn CB, khối mã chiều dài- L_{TB} được phân đoạn thành $C \geq 1$ CB nếu $L_{TB} > 6144$. Nếu $C = 1$, thì chỉ 24-bit TB-CRC được chèn vào. Nếu $C > 1$, 24-bit TB-CRC được chèn trước trước khi phân đoạn CB, tiếp theo là chèn 24-bit CB-CRC vào cuối mỗi CB. Do đó, đối với trường hợp $C > 1$, và TB-

CRC và CB-CRC được chèn vào. Lưu ý rằng TB-CRC và CB-CRC có các đa thức sinh khác nhau. Để làm giảm đến mức tối thiểu số lượng các bit đệm, lên tới hai giá trị CB chiều dài K_+ và K_- được sử dụng. Do đó, trong hầu hết các trường hợp khi $C > 1$, một số CB có thể có chiều dài K_- trong khi một số CB khác có chiều dài K_+ . Đối với bộ mã hóa kênh, tập chiều dài CB được phép (được xác định cho bộ xen kẽ QPP cho mã Turbo) được sử dụng với mã Turbo tỷ lệ 1/3 (PCCC) với bộ mã hóa 8 trạng thái cấu thành. Vì mã Turbo dựa trên mã chập, vì thế mã này không có sẵn khả năng phát hiện lỗi. Đối với bộ so khớp tỷ lệ, tỷ lệ đột lỗi và xen kẽ bằng nhau đối với 3 luồng đầu ra mã Turbo. Điều này đạt được nhờ sử dụng 3 bộ xen kẽ khối phụ chữ nhật giống nhau (một bộ xen kẽ cho mỗi luồng đầu ra mã Turbo), hoạt động thu thập bit tiếp theo là lựa chọn/lược bớt bit qua bộ đệm vòng, và ghép nối CB để tạo thành từ mã (CW). Đầu ra của hoạt động xử lý mức bit 1104, được liên kết với một TB và một CW, sau đó được xử lý bởi một loạt các bước xử lý mức ký hiệu sau đây: ánh xạ điều biến, ánh xạ lớp (1106), mã trước, và ánh xạ RE.

Đối với hệ thống vô tuyến mới 5G, ít nhất ba khía cạnh về hoạt động xử lý mức bit và mức ký hiệu có thể khác với hệ thống LTE. Thứ nhất, với mã hóa kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (LDPC) để truyền dẫn dữ liệu (và mã cực để truyền dẫn tín hiệu điều khiển), thì sơ đồ mã hóa kênh được thực hiện có khả năng phát hiện lỗi sẵn có (“miễn phí”) trên mỗi CB. Điều này đặc biệt đúng với mã LDPC vì phương pháp giải mã hội chứng (giải mã khoảng cách cực tiểu) (là thuộc tính sẵn có của các mã khối) có thể được sử dụng. Tuy nhiên, hiệu suất phát hiện lỗi được liên kết với giải mã hội chứng có thể phụ thuộc vào kích thước CB. Điều này có thể tác động đến thiết kế của bộ phân đoạn CB (đặc biệt là trong hoạt động chèn các bit CRC). Thứ hai, mã LDPC có thể có các thuộc tính luồng đầu ra khác với mã Turbo (ví dụ: với thiết kế 3 luồng, các luồng đầu ra chẵn lẻ thứ nhất và thứ hai đối với mã LDPC có liên quan trực tiếp với nhau). Điều này tác động đến thiết kế của bộ so khớp tỷ lệ mã vì cần phải đảm bảo đột lỗi chính xác. Thứ ba, sơ đồ ánh xạ lớp hiệu quả hơn có thể được sử dụng. Mặc dù có lợi để tạo điều kiện thích nghi sơ đồ điều biến và mã hóa (Modulation-and-Coding-Scheme, MCS) trên mỗi từ mã (CW) và bộ thu MMSE-SIC (MMSE với khử nhiễu liên tiếp), nhưng phải trả một số phí tổn đáng kể so với việc ánh xạ một từ mã. Phí tổn đường xuống (DL) đến từ tải DCI bổ sung do 2 trường MCS cố định và 2 trường NDI-RV (liên quan tới DL HARQ) cố định. Phí tổn đường lên (UL) đến từ việc đòi hỏi hai CQI (full 4-bit + delta 3-bit đối với CQI băng rộng, và 2x phí tổn đối với CQI băng con) đối với bậc > 1 và hai HARQ-ACK DL đối

với bậc > 1 . Thêm vào đó là độ phức tạp của việc phải chứa nhiều hơn một sơ đồ ánh xạ lớp trong trường hợp truyền lại. Do đó, sơ đồ cải tiến với một CW cho mỗi UE đối với cả DL và UL có thể có lợi. Điều này sẽ tác động đến bộ phân đoạn CB (đặc biệt là dạng cấu thành CB và các bit đệm) và, có khả năng tác động đến bộ so khớp tỷ lệ mã.

Xem xét các thách thức mới nêu trên đối với các hệ thống vô tuyến mới 5G, thì cần phải thiết kế hoạt động xử lý mức bit và mức ký hiệu mới, cụ thể là, bộ phân đoạn CB và so khớp tỷ lệ mã mới.

Sáng chế bao gồm các thành phần sau đây. Thành phần thứ ba liên quan đến việc chèn bit CRC đối với việc phân đoạn CB. Thành phần thứ tư bao gồm việc cấu thành CB đối với việc phân đoạn CB. Thành phần thứ năm bao gồm giải pháp đối với việc ghép nối CB. Mỗi thành phần nêu trên có thể được sử dụng độc lập (không có thành phần khác) hoặc kết hợp với ít nhất một trong số các thành phần khác. Tương tự như vậy, mỗi thành phần nêu trên bao gồm nhiều thành phần phụ. Mỗi thành phần phụ của các thành phần nêu trên có thể được sử dụng độc lập (không có bất kỳ thành phần phụ nào khác) hoặc kết hợp với ít nhất một trong số các thành phần phụ khác.

Mỗi thành phần nêu trên (bao gồm các thành phần được mô tả trước đó) có thể được sử dụng độc lập (không có thành phần khác) hoặc là kết hợp với ít nhất một trong số các thành phần khác. Tương tự như vậy, mỗi thành phần nêu trên bao gồm nhiều thành phần phụ. Mỗi thành phần phụ của các thành phần nêu trên có thể được sử dụng độc lập (không có bất kỳ thành phần phụ nào khác) hoặc kết hợp với ít nhất một trong số các thành phần phụ khác.

Đối với thành phần thứ ba (tức là việc chèn các bit CRC đối với việc phân đoạn CB), từ mã (CW) hình thành từ khối vận chuyển (TB). TB, tùy thuộc vào kích thước của nó, có thể được phân đoạn thành một hoặc nhiều các khối mã (CB) vì mục đích hạn chế giải mã kênh độ trễ thấp tại UE. Ví dụ, một CB có thể được giải mã và tạo điều kiện dễ dàng phát hiện sớm việc không thành công giải mã TB (do đó cho phép HARQ mức CB nhanh). Phương án 1100 trên Fig.11 thể hiện quy trình phân đoạn CB trong đó TB 1101 được chia thành nhiều CB (với trường hợp đặc biệt là được chia thành một CB khi kích thước TB nhỏ) 1102. Căn cứ vào số lượng các lớp L , MCS được chọn, phân bổ tài nguyên, và có thể là một số thông số truyền dẫn khác, thì bộ phân đoạn CB 1110 có thể bao gồm ít nhất một trong số các chức năng sau đây: phân đoạn TB thành một hoặc nhiều CB, đệm (để đảm bảo kích thước CB cụ thể trước khi mã hóa kênh), chèn các bit CRC

vào mỗi CB (được gọi là CB-CRC theo sáng chế). Ngoài ra, các bit TB-CRC có thể được chèn vào tại thời điểm 1101 (trước khi phân đoạn, chỉ trong hệ thống LTE) hoặc tại thời điểm 1102 (sau khi phân đoạn và/hoặc chèn các bit CB-CRC).

Một số phương án được mô tả như sau. Trong phần mô tả tiếp theo, chiều dài/kích thước CRC, CB, và TB được xác định theo số lượng các bit.

Theo một phương án, CB-CRC được chèn cho mỗi CB trong số $C \geq 1$ CB. Khi $C=1$, CB-CRC có chức năng tương đương với TB-CRC. Theo phương án này, chiều dài của CB-CRC có thể được chọn từ tập nhiều giá trị ($M > 1$), tức là, $N_{CB-CRC} \in \{N_0, N_1, \dots, N_{M-1}\}$ trong đó $N_i < N_{i+1}$ ($i = 0, 1, \dots, M-1$). CB-CRC chiều dài có thể thay đổi này có thể được sử dụng chỉ để truyền dữ liệu (UL và DL) hoặc cho dữ liệu cũng như để truyền dẫn tín hiệu điều khiển (UL và/hoặc DL). Phương án này được thúc đẩy bởi thực tế là mã LDPC có khả năng phát hiện lỗi sẵn có mà có thể được sử dụng kết hợp với CB-CRC. Do đó, chiều dài tối đa của N_{CB-CRC} (trong trường hợp N_{M-1}) có thể được chọn bằng cách tính đến điều này. Ví dụ, vì hệ thống LTE sử dụng 24-bit CB-CRC, nên N_{CB-CRC} có thể còn được giảm xuống. Ngoài ra, hiệu suất phát hiện lỗi (được đo bằng tỷ lệ cho qua lỗi và/hoặc tỷ lệ cảnh báo giả) phụ thuộc vào chiều dài CB. Cụ thể, hiệu suất phát hiện lỗi từ hoạt động giải mã hội chứng được cải thiện khi kích thước CB tăng. Ví dụ, đối với kích thước CB là 117 bit, thì tỷ lệ cho qua lỗi là $<2^{-7}$ (tương đương với 7-bit CRC) có thể đạt được với giải mã hội chứng mã LDPC. Đối với kích thước CB là 1000 bit, thì tỷ lệ cho qua lỗi là $<2^{-10}$ (tương đương với 10-bit CRC) có thể đạt được với giải mã hội chứng mã LDPC.

Trong các phần mô tả tiếp theo, kích thước CB N_{CB} có thể được xác định bao gồm CB-CRC hoặc không bao gồm (trước khi chèn) CB-CRC.

Theo một phương án phụ, chiều dài của CB-CRC để truyền dẫn dữ liệu có thể được tạo cấu hình qua báo hiệu (RRC) lớp cao hơn cho mỗi UE. Thông số RRC lúc đó được sử dụng để chỉ báo N_{CB-CRC} . Ngoài ra, chiều dài của CB-CRC để truyền dẫn dữ liệu có thể được tạo cấu hình động qua phần tử điều khiển MAC (MAC CE) hoặc báo hiệu điều khiển L1 DL.

Theo một phương án phụ khác, chiều dài của CB-CRC để truyền dẫn dữ liệu có thể được tạo cấu hình phụ thuộc vào kích thước CB N_{CB} . Ví dụ, với M giá trị có thể có $N_{CB-CRC} \in \{N_0, N_1, \dots, N_{M-1}\}$, thì quy tắc sau đây có thể được sử dụng.

$$N_{CB-CRC} = \begin{cases} N_0 & , N_{CB} \leq K_0 \\ N_1 & , K_0 < N_{CB} \leq K_1 \\ \vdots & \vdots \\ N_{M-1} & , K_{M-2} < N_{CB} \leq K_{M-1} \end{cases} \quad (\text{Biểu thức 16})$$

Các giá trị ngưỡng của kích thước CB $\{K_0, K_1, \dots, K_{M-1}\}$ trong đó $K_i < K_{i+1}$ ($i = 0, 1, \dots, M-1$) được sử dụng để xác định các khoảng đối với các giá trị N_{CB-CRC} khác nhau. Giá trị của M , tập các giá trị $\{K_0, K_1, \dots, K_{M-1}\}$, và/hoặc tập các giá trị dành cho $N_{CB-CRC} \in \{N_0, N_1, \dots, N_{M-1}\}$ có thể được tạo cấu hình (ví dụ qua báo hiệu RRC/lớp cao hơn hoặc MAC CE hoặc báo hiệu điều khiển L1 DL) hoặc được cố định trong (các) phần đặc tả kỹ thuật.

Từ quan điểm UE, kích thước CB có thể được suy ra từ trường DCI (theo sự gán DL hoặc cấp phát UL) mà bao gồm chỉ số MCS và/hoặc kích thước TB N_{TB} . Kích thước TB N_{TB} có thể được suy ra từ chỉ số MCS cũng như sự phân bổ tài nguyên (PRB). Từ kích thước TB N_{TB} , thì số lượng các CB C và kích thước CB N_{CB} có thể được suy ra từ việc phân đoạn CB (tương ứng thành phần 2 theo sáng chế).

Theo một ví dụ của phương án phụ nêu trên, M bằng 2 và $\{N_0, N_1\} = \{16, 24\}$. Theo một ví dụ khác, M bằng 2 và $\{N_0, N_1\} = \{16, 20\}$. Theo một ví dụ khác, M bằng 2 và $\{N_0, N_1\} = \{12, 20\}$. Theo một ví dụ khác, M bằng 2 và $\{N_0, N_1\} = \{8, 16\}$. Theo một ví dụ khác, M bằng 3 và $\{N_0, N_1, N_2\} = \{16, 20, 24\}$. Theo một ví dụ khác, M bằng 3 và $\{N_0, N_1, N_2\} = \{12, 16, 20\}$. Theo một ví dụ khác, M bằng 3 và $\{N_0, N_1, N_2\} = \{8, 12, 16\}$. Theo một ví dụ khác, M bằng 4 và $\{N_0, N_1, N_2, N_3\} = \{12, 16, 20, 24\}$. Theo một ví dụ khác, M bằng 4 và $\{N_0, N_1, N_2, N_3\} = \{8, 12, 16, 20\}$.

Theo phương án thay đổi của phương án phụ trước đó, chiều dài của CB-CRC $N_{CB-CRC} \in \{N_0, N_1, \dots, N_{M-1}\}$ có thể được tạo cấu hình phụ thuộc không chỉ vào kích thước CB N_{CB} , mà còn phụ thuộc tỷ lệ điều biến và mã hóa. Từ quan điểm UE, như được mô tả ở trên, kích thước CB có thể được suy ra từ trường DCI (theo sự gán DL hoặc cấp phát UL) mà bao gồm chỉ số MCS và/hoặc kích thước TB N_{TB} . Kích thước TB N_{TB} có thể được suy ra từ chỉ số MCS cũng như sự phân bổ tài nguyên (PRB). Từ kích thước TB N_{TB} , thì số lượng các CB C và kích thước CB N_{CB} có thể được suy ra từ việc phân đoạn CB (tương ứng thành phần 2 theo sáng chế). Tỷ lệ điều biến và mã hóa có thể được suy ra từ chỉ số MCS và/hoặc sự phân bổ tài nguyên (PRB).

Như được đề cập ở trên, khi $C=1$, CB-CRC có chức năng tương đương với TB-CRC. Theo một phương án khác, ngoài chèn các bit CB-CRC như được mô tả theo phương án trước đó, thì các bit TB-CRC còn được chèn vào trước khi phân đoạn CB khi số lượng các CB được liên kết với TB C lớn hơn so với giá trị ngưỡng $C_{\min}$ ($C > C_{\min}$). Ngược lại (khi $C \leq C_{\min}$), thì chỉ các bit CB-CRC được chèn vào (một CB-CRC trên mỗi CB). Cơ sở của phương án này là để cung cấp khả năng bảo vệ nhiều hơn nữa khi số lượng các CB đủ lớn (lớn hơn kích thước TB). Giá trị của $C_{\min}$ có thể được tạo cấu hình (ví dụ qua báo hiệu RRC/lớp cao hơn hoặc MAC CE hoặc báo hiệu điều khiển L1 DL) hoặc được cố định trong (các) phần đặc tả kỹ thuật.

Nhóm CB được xác định như nhiều C_{GROUP} CB (bất kể có các CB liên tiếp/nối tiếp hay không) trong một TB. Khi nhóm CB bao gồm C CB được liên kết với một TB, thì các bit CBG-CRC thực chất là các bit TB-CRC. Theo một phương án khác, ngoài chèn các bit CB-CRC như được mô tả theo phương án trước đó, thì các bit CRC nhóm CB (CBG-CRC) còn được chèn trước khi phân đoạn CB khi số lượng các CB trong nhóm CB C_{GROUP} lớn hơn so với giá trị ngưỡng $C_{\text{GROUP},\min}$ ($C_{\text{GROUP}} > C_{\text{GROUP},\min}$). Ngược lại (khi $C_{\text{GROUP}} \leq C_{\text{GROUP},\min}$), thì chỉ các bit CB-CRC được chèn vào (một CB-CRC trên mỗi CB). Giá trị của $C_{\text{GROUP},\min}$ có thể tạo cấu hình được (ví dụ qua báo hiệu RRC/lớp cao hơn hoặc MAC CE hoặc báo hiệu điều khiển L1 DL) hoặc được cố định trong (các) phần đặc tả kỹ thuật. CBG-CRC có thể được sử dụng có hoặc không có TB-CRC.

Đối với thành phần thứ tư (tức là cấu thành CB cho việc phân đoạn CB), hai kiểu sơ đồ ánh xạ CW lên lớp (hoặc ánh xạ lớp) được xem xét cho một CW: ánh xạ lớp mức ký hiệu và ánh xạ lớp mức CB. Sử dụng ánh xạ theo chiều dọc với tần số trước (thay vì là thời gian trước) như một ví dụ, thì ánh xạ lớp mức ký hiệu và ánh xạ lớp mức CB có thể được mô tả như sau. Phần mở rộng ra với ánh xạ theo chiều ngang hoặc đường chéo - cũng như ánh xạ thời gian trước, rất đơn giản đối với người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật liên quan. Tương tự như vậy, cả hai kiểu ánh xạ theo chiều dọc mức ký hiệu và mức CB cùng có thể được sử dụng cho các điều kiện khác nhau (ví dụ phụ thuộc vào số lượng các CB C , và/hoặc số lượng các lớp L).

Một số phương án phân đoạn CB để ánh xạ lớp mức ký hiệu và mức CB được mô tả như sau. Theo các phương án tiếp theo, kích thước CB N_{CB} (bit) được xác định bao gồm các bit CB-CRC. Phần mở rộng đối với trường hợp mà không có (trước khi chèn) các bit CB-CRC rất đơn giản đối với người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật liên

quan. Tương tự như vậy, kích thước TB N_{TB} (bit) được xác định bao gồm các bit TB-CRC. Phần mở rộng đối với trường hợp mà không có (trước khi chèn) các bit TB-CRC rất đơn giản đối với người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật liên quan. Bất kỳ phương án nào bên dưới đều có thể áp dụng được cho các thiết kế có hoặc không có các bit TB-CRC (được chèn trước khi phân đoạn CB), cũng như có hoặc không có các bit CBG-CRC (được chèn trước khi phân đoạn CB). Trong phần mô tả tiếp theo, chiều dài/kích thước CRC, CB, và TB được xác định theo số lượng các bit.

Theo một phương án I (đặc biệt phù hợp để ánh xạ mức ký hiệu, mặc dù cũng có thể áp dụng được để ánh xạ mức CB), cùng kích thước CB N_{CB} (bit) được sử dụng cho C CB $\{CB\ 0, CB\ 1, \dots, CB\ C - 1\}$ được liên kết với cùng TB. Ký hiệu kích thước CB tối đa là $N_{CB,MAX}$, thì số lượng các CB C được liên kết với TB chiều dài- N_{TB} có thể được tính như sau. Nếu $N_{TB} \leq N_{CB,MAX}$, thì lúc đó $C=1$. Kích thước CB N_{CB} có thể được thiết lập như kích thước CB được hỗ trợ tối thiểu $\tilde{N}_{CB}$ để mã hóa kênh (ví dụ mã LDPC để truyền dẫn dữ liệu) sao cho $\tilde{N}_{CB} \geq N_{TB}$. Ngược lại, nếu $N_{TB} > N_{CB,MAX}$, thì $C_+ = \left\lceil \frac{N_{TB}}{N_{CB,MAX} - N_{CB-CRC}} \right\rceil$ và $C = C_+ - 1$. Ngoài ra xác định K_+ như kích thước CB được hỗ trợ tối thiểu $\tilde{N}_{CB}$ để mã hóa kênh (ví dụ mã LDPC để truyền dẫn dữ liệu) sao cho $C_+ \times (\tilde{N}_{CB} - N_{CB-CRC}) \geq N_{TB}$. Lúc đó C có thể được xác định như được mô tả theo biểu thức (17). Kích thước CB N_{CB} có thể được thiết lập như $N_{CB} = K_+$.

$$C = \begin{cases} C_- & , C_- \times (K_+ - N_{CB-CRC}) \geq N_{TB} \\ C_+ & , C_- \times (K_+ - N_{CB-CRC}) < N_{TB} \end{cases} \quad (\text{Biểu thức 17})$$

Giá trị của $N_{CB,MAX}$ có thể được tạo cấu hình (ví dụ qua báo hiệu RRC/lớp cao hơn hoặc MAC CE hoặc báo hiệu điều khiển L1 DL) hoặc được cố định trong (các) phần đặc tả kỹ thuật. Giá trị của $N_{CB,MAX}$ có thể là một trong số các kích thước CB được hỗ trợ để mã hóa kênh (ví dụ mã LDPC để truyền dẫn dữ liệu).

Số lượng các bit đệm có thể được tính từ biểu thức (18). Các bit đệm có thể được thiết lập là $\langle \text{NULL} \rangle$ (giả định có giá trị 0 để tính CRC) và được chèn vào trong vị trí định trước (được chèn tập trung vào vị trí chẳng hạn như vị trí bắt đầu của TB, hoặc được phân bố/phân tán trong khắp TB).

$$N_{FILLER} = C \times N_{CB} - N_{TB} \quad (\text{Biểu thức 18})$$

Theo một phương án khác II (đặc biệt phù hợp để ánh xạ mức CB, mặc dù cũng có thể áp dụng được để ánh xạ mức ký hiệu), cùng kích thước CB N_{CB} được sử dụng cho C

CB $\{CB\ 0, CB\ 1, \dots, CB\ C - 1\}$ được liên kết với cùng TB. Nhưng số lượng các lớp truyền dẫn L còn được sử dụng để xác định số lượng các CB trong TB C cũng như kích thước CB N_{CB} . Cụ thể, tổng số lượng các CB C được chọn là bội nguyên của L . Tức là, $C = \mu L$ trong đó μ bằng ít nhất là 1. Ký hiệu kích thước CB tối đa là $N_{CB,MAX}$, thì số lượng các CB $C (= \mu L)$ được liên kết với TB chiều dài- N_{TB} TB có thể được tính như sau. Nếu $L = 1$ và $N_{TB} \leq N_{CB,MAX}$, thì lúc đó $C = 1$. Kích thước CB N_{CB} có thể được thiết lập như kích thước CB được hỗ trợ tối thiểu $\tilde{N}_{CB}$ để mã hóa kênh (ví dụ mã LDPC để truyền dẫn dữ liệu) sao cho $\tilde{N}_{CB} \geq N_{TB}$. Ngược lại, xác định $C_+ = L \times \left\lceil \frac{N_{TB}}{(N_{CB,MAX} - N_{CB-CRC}) \times L} \right\rceil$ và $C_- = C_+ - L$. Ngoài ra xác định K_+ là kích thước CB được hỗ trợ tối thiểu $\tilde{N}_{CB}$ để mã hóa kênh (ví dụ mã LDPC để truyền dẫn dữ liệu) sao cho $C_+ \times (\tilde{N}_{CB} - N_{CB-CRC}) \geq N_{TB}$. Lúc đó C có thể được xác định như được mô tả theo biểu thức (19). Kích thước CB N_{CB} có thể được thiết lập như $N_{CB} = K_+$.

$$C = \begin{cases} C_- & , C_- \times (K_+ - N_{CB-CRC}) \geq N_{TB} \\ C_+ & , C_- \times (K_+ - N_{CB-CRC}) < N_{TB} \end{cases} \quad (\text{Biểu thức 19})$$

Giá trị của $N_{CB,MAX}$ có thể được tạo cấu hình (ví dụ qua báo hiệu RRC/lớp cao hơn hoặc MAC CE hoặc báo hiệu điều khiển L1 DL) hoặc được cố định trong (các) phần đặc tả kỹ thuật. Giá trị của $N_{CB,MAX}$ có thể là một trong số các kích thước CB được hỗ trợ để mã hóa kênh (ví dụ mã LDPC để truyền dẫn dữ liệu).

Số lượng các bit đệm có thể được tính từ biểu thức (20). Các bit đệm có thể được thiết lập là $\langle \text{NULL} \rangle$ (giả định có giá trị 0 để tính CRC) và được chèn vào trong vị trí định trước (được chèn tập trung vào vị trí chẳng hạn như vị trí bắt đầu của TB, hoặc được phân bố/phân tán trong khắp TB).

$$N_{FILLER} = C \times N_{CB} - N_{TB} \quad (\text{Biểu thức 20})$$

Theo một phương án khác **III** (đặc biệt phù hợp để ánh xạ mức CB, mặc dù cũng có thể áp dụng được để ánh xạ mức ký hiệu), bất cứ khi nào có thể áp dụng được, hai kích thước CB $N_{CB,-}$ và $N_{CB,+}$ lần lượt được sử dụng cho C_- CB thứ nhất và C_+ CB tiếp theo từ cùng TB. Số lượng các lớp truyền dẫn L cũng được sử dụng để xác định số lượng các CB cũng như các kích thước CB. Ký hiệu kích thước CB tối đa là $N_{CB,MAX}$, thì số lượng các CB và các kích thước CB có thể được tính như sau. Nếu $L = 1$ và $N_{TB} \leq N_{CB,MAX}$, thì lúc đó $C_+ = 1$ và $C_- = 0$. Kích thước CB N_{CB} có thể được thiết lập như kích thước CB được hỗ trợ tối thiểu $\tilde{N}_{CB}$ để mã hóa kênh (ví dụ mã LDPC để truyền dẫn dữ liệu) sao cho

$\tilde{N}_{CB} \geq N_{TB}$. Ngược lại, xác định $C_{TOT} = L \times \left\lceil \frac{N_{TB}}{(N_{CB,MAX} - N_{CB-CRC}) \times L} \right\rceil$, K_+ như kích thước CB được hỗ trợ tối thiểu $\tilde{N}_{CB}$ để mã hóa kênh (ví dụ mã LDPC để truyền dẫn dữ liệu) sao cho $C_{TOT} \times (\tilde{N}_{CB} - N_{CB-CRC}) \geq N_{TB}$, K_- là kích thước CB được hỗ trợ tối đa $\tilde{N}_{CB}$ để mã hóa kênh (ví dụ mã LDPC để truyền dẫn dữ liệu) sao cho $\tilde{N}_{CB} < K_+$. Lúc đó số lượng các CB và các kích thước CB có thể được tính theo biểu thức (21).

$$C_- = \left\lfloor \frac{C_{TOT} \times (K_+ - N_{CB-CRC}) - N_{TB}}{K_+ - K_-} \right\rfloor, \quad N_{CB,-} = K_- \quad (\text{Biểu thức 21})$$

$$C_+ = C_{TOT} - C_-, \quad N_{CB,+} = K_+$$

Giá trị của $N_{CB,MAX}$ có thể được tạo cấu hình (ví dụ qua báo hiệu RRC/lớp cao hơn hoặc MAC CE hoặc báo hiệu điều khiển L1 DL) hoặc được cố định trong (các) phần đặc tả kỹ thuật. Giá trị của $N_{CB,MAX}$ có thể là một trong số các kích thước CB được hỗ trợ để mã hóa kênh (ví dụ mã LDPC để truyền dẫn dữ liệu).

Số lượng các bit đệm có thể được tính từ biểu thức (22). Các bit đệm có thể được thiết lập là <NULL> (giả định có giá trị 0 để tính CRC) và được chèn vào trong vị trí định trước (được chèn tập trung vào vị trí chẳng hạn như vị trí bắt đầu của TB, hoặc được phân bố/phân tán trong khắp TB).

$$N_{FILLER} = C_- \times N_{CB,-} + C_+ \times N_{CB,+} - N_{TB} \quad (\text{Biểu thức 22})$$

Theo phương án thay đổi của phương án III (III-B), biểu thức (21) có thể được thay thế bằng biểu thức (23) trong khi các thành phần khác hoàn toàn theo phần mô tả của phương án III. Biểu thức (23) đảm bảo rằng $\{CB\ n, CB\ n+1, \dots, CB\ n+L-1\}$ chia sẻ cùng kích thước CB B_n (ký hiệu) ít nhất là đối với giá trị đã cho của n . Tuy nhiên, đối với các giá trị khác nhau của n , thì các kích thước CB có thể thay đổi.

$$C_- = L \times \left\lceil \frac{C_{TOT} \times (K_+ - N_{CB-CRC}) - N_{TB}}{(K_+ - K_-) \times L} \right\rceil, \quad N_{CB,-} = K_- \quad (\text{Biểu thức 23})$$

$$C_+ = C_{TOT} - C_-, \quad N_{CB,+} = K_+$$

Đối với thành phần thứ năm (tức là việc ghép nối CB), sau khi mỗi CB được so khớp tỷ lệ, thì các CB từ cùng TB được ghép nối để tạo thành từ mã (CW) – mà sau đó được ánh xạ lên chuỗi các ký hiệu QAM. Trong hệ thống LTE, sơ đồ ghép nối đơn giản

trong đó các CB được sắp xếp thành một chuỗi được chấp nhận. Đối với hệ thống vô tuyến mới, băng thông truyền dẫn được kỳ vọng là đủ lớn cho hệ thống vô tuyến mới đặc biệt là trong trường hợp $>6\text{GHz}$. Trong trường hợp này, khi TB lớn bao gồm nhiều CB được ánh xạ lên trên tài nguyên được phân bổ (RB), thì có lợi để đảm bảo rằng các ký hiệu QAM (chuỗi bit) từ mỗi CB được ánh xạ trên băng thông truyền dẫn được phân bổ. Bằng cách này, mỗi CB có thể trải qua nhiều hoặc ít tương tự kênh chọn lọc tần số mà làm giảm nguy cơ mất một vài CB do fading kênh sâu.

Do đó, bộ xen kẽ mức bit hoặc mức ký hiệu có thể được thêm vào trong bước ghép nối CB (trước hoặc sau khi sắp xếp các CB từ cùng TB) sao cho các bit hoặc ký hiệu từ mỗi CB có thể được trải ra trên băng thông truyền dẫn được phân bổ (thay vì, ví dụ tập trung trong tập RB bị hạn chế trong miền tần số).

Bộ xen kẽ có thể được thiết kế có hai tiêu chuẩn chính: 1) Khi được ánh xạ lên trên các RB được phân bổ trong khe/khung con, thì CB phải chiếm số lượng tối thiểu của các ký hiệu OFDM. Điều này để đảm bảo độ trễ giải mã CB tối thiểu. 2) Khi được ánh xạ lên trên các RB được phân bổ trong khe/khung con, thì CB phải được trải ra trên các PRB được phân bổ nhiều nhất có thể. Do đó, CB phải được ánh xạ hẹp nhất có thể trong miền thời gian nhưng rộng nhất có thể trong miền tần số.

Một số phương án làm ví dụ về sơ đồ ghép nối CB được đưa ra như sau.

Ký hiệu số lượng các bit trên mỗi CB sau khi so khớp tỷ lệ mã và số lượng các CB trong một TB/CW lần lượt là $S_{CB,bit}$ (giả định rằng CB có cùng chiều dài) và C , xác định số lượng các phân đoạn trên mỗi CB N_{seg} là số lượng các bit trên mỗi CB được chia bởi bậc điều biến (Q = số lượng bit trên mỗi ký hiệu điều biến, tức là 2 bit đối với QPSK, 4 đối với 16QAM, 6 đối với 64QAM, 8 đối với 256QAM) và số lượng các lớp L đối với TB/CW:

$$N_{seg} = \frac{S_{CB,bit}}{QL} \quad (\text{Biểu thức 24})$$

Số lượng các phân đoạn trên mỗi CB thể hiện số lượng các ký hiệu điều biến trên mỗi lớp trên mỗi CB. Có thể giả định rằng bộ phân đoạn CB và/hoặc bộ so khớp tỷ lệ mã đảm bảo rằng $S_{CB,bit}$ là bội nguyên của QL . Điều này được thể hiện trên sơ đồ 1200 trên Fig.12 trong đó TB 1210 bao gồm C CB. CB thứ nhất (CB 0, 1220) được phân đoạn thành N_{seg} phần trong đó mỗi phần bao gồm QL bit (như phần 1221). Hơn nữa, ký hiệu số lượng các ký hiệu OFDM trên mỗi khe/khung con và số lượng các RE/các sóng mang

con được liên kết với các RB được phân bổ (trên mỗi ký hiệu OFDM) lần lượt là M_{OFDM} và M_{RE} . Ví dụ, đối với khe của hệ thống vô tuyến mới bao gồm 14 ký hiệu OFDM với 4 RB được phân bổ (mỗi RB có 12 RE/sóng mang con), $M_{OFDM} = 14$ và $M_{RE} = 48$. Ngoài ra, xác định các thông số sau đây:

$$\mu = \left\lfloor \frac{M_{RE}}{N_{seg}} \right\rfloor, \alpha = \left\lceil \frac{M_{RE}}{N_{seg}} \right\rceil \quad (\text{Biểu thức 25})$$

Nếu $\mu = 0$, thì một CB chiếm nhiều hơn một ký hiệu OFDM ngay cả nếu các RE/sóng mang con trong các RB được phân bổ được sử dụng. Ngược lại, nếu $\mu \geq 0$, thì một CB có thể chiếm ít nhất một ký hiệu OFDM.

Đối với các phương án làm ví dụ sau đây, được giả định rằng C CB từ một TB/CW có cùng kích thước. Phần mở rộng với trường hợp mà hai kích thước CB được sử dụng (chẳng hạn như trong hệ thống LTE) có thể dễ dàng được suy ra bởi người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật liên quan. Theo một ví dụ, nếu hai kích thước CB được sử dụng (chẳng hạn như trong hệ thống LTE), thì các thông số trong biểu thức (24) và (25) (N_{seg} , μ , và α) có thể được tính dựa trên kích thước CB nhỏ hơn ($S_{CB,bit}^-$). Theo một ví dụ khác, nếu hai kích thước CB được sử dụng (chẳng hạn như trong hệ thống LTE), thì các thông số trong biểu thức (24) và (25) (N_{seg} , μ , và α) có thể được tính dựa trên kích thước CB lớn hơn ($S_{CB,bit}^+$).

Theo một phương án (I), bộ ghép nối CB có thể được thực hiện như sau. Khi $\mu \leq x$ (trong đó x là số nguyên), thì sơ đồ ghép nối CB được gọi là sơ đồ A theo sáng chế được sử dụng. Sơ đồ A có thể được mô tả như sau. Tất cả C CB được liên kết với một TB/CW được sắp xếp cùng nhau mà không có bất kỳ bước xen kẽ nào như được thể hiện trên sơ đồ 1210 trên Fig.12. Khi $\mu > x$ (trong đó x là số nguyên), thì sơ đồ ghép nối CB được gọi là sơ đồ B theo sáng chế được sử dụng. Sơ đồ B có thể được mô tả như sau. Ký hiệu tập chỉ số được liên kết với CB thứ c ($c = 0, 1, \dots, C-1$) là $\{\sigma_{c,0}, \sigma_{c,1}, \dots, \sigma_{c,N_{seg}-2}, \sigma_{c,N_{seg}-1}\}$ trong đó $\sigma_{c,s}$ tương ứng với CB thứ c và phân đoạn thứ s ($s = 0, 1, \dots, N_{seg}-1$). Xác định vector hàng chiều dài- N_{seg} với các phần tử của tập $\{\sigma_{c,0}, \sigma_{c,1}, \dots, \sigma_{c,N_{seg}-2}, \sigma_{c,N_{seg}-1}\}$ là σ_c và α -bởi- $(\left\lceil \frac{C}{\alpha} \right\rceil N_{seg})$ thì ma trận Σ như sau:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_0 & \sigma_\alpha & \cdots & \sigma_{(\lfloor \frac{C}{\alpha} \rfloor - 1)\alpha} \\ \sigma_1 & \sigma_{\alpha+1} & \cdots & \sigma_{(\lfloor \frac{C}{\alpha} \rfloor - 1)\alpha+1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{\alpha-1} & \sigma_{2\alpha-1} & \cdots & \sigma_{(\lfloor \frac{C}{\alpha} \rfloor)\alpha-1} \end{bmatrix} \quad (\text{Biểu thức 26})$$

Lưu ý rằng khi $\text{mod}(C, \alpha) = z \neq 0$, thì các vector $\sigma_{(\lfloor \frac{C}{\alpha} \rfloor - 1)\alpha+k}$, $k = z, z+1, \dots, \alpha-1$ bao gồm các bit độn, mỗi bit có giá trị $\langle \text{NULL} \rangle$. Lúc đó bộ xen kẽ π , được mô tả như vector hàng chiều dài (CN_{seg}) , bao gồm các chỉ số của ma trận Σ , đọc theo cách thức “hàng trước cột sau” có thể được mô tả như sau. Toán tử $\text{vec}(\mathbf{X})$ sắp xếp các phần tử của ma trận $\mathbf{X}$ theo cách thức theo hàng trước (sau đó là trên các cột) để tạo ra vector cột.

$$\begin{aligned} \pi &= [\text{vec}(\Sigma)]^T \\ &= \left[\sigma_{0,0}, \sigma_{1,0}, \dots, \sigma_{\alpha-1,0}, \sigma_{0,1}, \sigma_{1,1}, \dots, \sigma_{\alpha-1,1}, \dots, \right. \\ &\quad \left. \sigma_{0,N_{seg}-1}, \sigma_{1,N_{seg}-1}, \dots, \sigma_{\alpha-1,N_{seg}-1}, \dots, \sigma_{(\lfloor \frac{C}{\alpha} \rfloor)\alpha-1, N_{seg}-1} \right] \end{aligned} \quad \begin{array}{l} (\text{Biểu} \\ \text{thức 27}) \end{array}$$

Sau khi tính toán theo biểu thức (27), các bit độn (có giá trị bằng $\langle \text{NULL} \rangle$) ở cuối có thể được loại bỏ.

Rõ ràng từ biểu thức (27), bộ xen kẽ π tạo ra dạng chia tách của $(\alpha - 1)$ ký hiệu giữa hai ký hiệu điều biến liên tiếp trong CB. Vì α được xác định theo biểu thức (26), nên bộ xen kẽ cho phép mỗi CB bao trùm hiệu quả toàn bộ các RB được phân bổ (để làm tăng đến mức tối đa khả năng phân tập tần số) sử dụng số lượng tối thiểu có thể của các ký hiệu OFDM.

Bộ xen kẽ π nêu trên hoạt động ở mức bit nhưng còn xen kẽ mỗi luồng QL theo cách thức tương tự. Điều này được thể hiện trong sơ đồ 1300 trên Fig.13. Trong bước phân đoạn trên Fig.12 (trong đó mỗi phân đoạn, chẳng hạn như 1221, bao gồm QL bit thể hiện bit trong ký hiệu điều biến trên mỗi lớp), mỗi luồng bit QL (với mỗi luồng bao gồm N_{seg} bit, tương ứng với sơ đồ 1210 và 1220 trên Fig.12) được xen kẽ bằng cùng bộ xen kẽ π (1310) được mô tả trong biểu thức (27). Sau khi áp dụng bước xen kẽ QL luồng song song, thì các luồng bit QL được tập hợp thành một luồng tương tự với luồng 1210 và 1220 trên Fig.12.

Trình tự hoạt động trên Fig.13 có thể được mô tả như sau. Ký hiệu bit thứ n được liên kết với CB thứ c là $b_{c,n}$. Luồng bit được liên kết với TB/CW bao gồm C CB có thể được mô tả như sau, sau khi ghép nối CB:

b

$$= \left\{ \begin{array}{c} b_{0,0}, b_{0,1}, \dots, b_{0,S_{CB},bit-1}, b_{1,0}, b_{1,1}, \dots, b_{1,S_{CB},bit-1}, \dots, \\ b_{C-1,0}, b_{C-1,1}, \dots, b_{C-1,S_{CB},bit-1} \end{array} \right\} \quad (\text{Biểu thức 28})$$

Luồng bit này sau đó có thể được sắp xếp lại thành các luồng QL như sau (biểu thức (15)). Hàng thứ i của ma trận $\mathbf{B}$ (được ký hiệu là β_i trong biểu thức (29)) tương ứng với luồng bit thứ i trên Fig.13 ($i=0, 1, \dots, QL-1$).

$$\begin{aligned} \mathbf{B} = & \begin{bmatrix} b_{0,0} & b_{0,QL} & \cdots & b_{0,(N_{seg}-1)QL} & \cdots \cdots & b_{C-1,0} & b_{C-1,QL} & \cdots & b_{C-1,} \\ b_{0,1} & b_{0,QL+1} & \cdots & b_{0,(N_{seg}-1)QL+1} & \cdots \cdots & b_{C-1,1} & b_{C-1,QL+1} & \cdots & b_{C-1,} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots & \vdots & \ddots & \\ b_{0,QL-1} & b_{0,2QL-1} & \cdots & b_{0,S_{CB},bit-1} & \cdots \cdots & b_{C-1,QL-1} & b_{C-1,2QL-1} & \cdots & b_{C-} \end{bmatrix} \\ & = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_{QL-1} \end{bmatrix} \quad (\text{Biểu thức 29}) \end{aligned}$$

Sau khi mỗi luồng bit được xen kẽ (dẫn đến luồng bit $\beta_i(\pi)$ được xen kẽ), thì hoạt động tập hợp bit có thể được mô tả như sau:

$$\hat{\mathbf{b}} = \left[\text{vec} \left(\begin{bmatrix} \beta_0(\pi) \\ \beta_1(\pi) \\ \vdots \\ \beta_{QL-1}(\pi) \end{bmatrix} \right) \right]^T \quad (\text{Biểu thức 30})$$

Theo phương án thay đổi của phương án làm ví dụ ở trên, hoạt động xen kẽ trong sơ đồ B (bao gồm các biểu thức (26), (27), (28), (29), và (30)) còn có thể được thực hiện như bộ xen kẽ khối hoặc bộ xen kẽ bit hình chữ nhật. Ví dụ, Σ trong biểu thức (26) mô tả hoạt động xen kẽ khối trong đó luồng bit thứ i β_i được ghi (ví dụ trong bộ nhớ hoặc khối các thanh ghi dịch) theo cột (cột trước) sau đó đọc (ví dụ từ bộ nhớ hoặc khối các thanh ghi dịch) theo hàng (hàng trước) theo dạng sắp xếp trong biểu thức (26). Số lượng các hàng và các cột trong bộ xen kẽ khối được xác định bằng số lượng các CB, kích thước CB, và số lượng các RB được phân bổ. Ngoài ra, bộ xen kẽ khối hoặc hình chữ nhật Σ trong biểu thức (26) có thể được thực hiện như bộ xen kẽ nhóm bit trong đó bộ xen kẽ này hoạt động theo nhóm QL bit (thay vì 1 bit). Trong trường hợp này, luồng bit $\mathbf{b}$, được nhóm thành các đơn vị có QL bits, được ghi (ví dụ trong bộ nhớ hoặc khối các thanh ghi

dịch) theo cột (cột trước) sau đó đọc (ví dụ từ bộ nhớ hoặc khối các thanh ghi dịch) theo hàng (hàng trước) theo dạng sắp xếp trong biểu thức (26).

Để minh họa hoạt động của sơ đồ B, theo một ví dụ, giá trị của α , C , và N_{seg} được giả định lần lượt là 2, 4, và 3. Do đó, theo ví dụ này, bộ xen kẽ được xác định như sau.

$$\pi = [\sigma_{0,0}, \sigma_{1,0}, \sigma_{0,1}, \sigma_{1,1}, \sigma_{0,2}, \sigma_{1,2}, \sigma_{2,0}, \sigma_{3,0}, \sigma_{2,1}, \sigma_{3,1}, \sigma_{2,2}, \sigma_{3,2}] \quad \text{(Biểu thức 31)}$$

Với luồng đầu vào chiều dài- CN_{seg}

$\beta_i = \{\beta_{i,0,0}, \beta_{i,0,1}, \beta_{i,0,2}, \beta_{i,1,0}, \beta_{i,1,1}, \beta_{i,1,2}, \beta_{i,2,0}, \beta_{i,2,1}, \beta_{i,2,2}, \beta_{i,3,0}, \beta_{i,3,1}, \beta_{i,3,2}\}$, luồng bit kết quả sau khi xen kẽ là

$$\beta_i(\pi) = \{\beta_{i,0,0}, \beta_{i,1,0}, \beta_{i,0,1}, \beta_{i,1,1}, \beta_{i,0,2}, \beta_{i,1,2}, \beta_{i,2,0}, \beta_{i,3,0}, \beta_{i,2,1}, \beta_{i,3,1}, \beta_{i,2,2}, \beta_{i,3,2}\}.$$

Theo một phương án phụ của phương án này, giá trị của x được đặt là 0. Theo một phương án phụ khác, giá trị của x được đặt là 1. Theo một phương án phụ khác, giá trị của x có thể được tạo cấu hình cho mỗi UE theo cách bán tĩnh (qua báo hiệu lớp cao hơn) hoặc động (qua báo hiệu điều khiển L1 hoặc L2).

Theo một phương án khác (II), bộ ghép nối CB có thể được thực hiện như sau. Điều kiện để sử dụng sơ đồ A và sơ đồ B dựa trên băng thông kênh (ví dụ băng thông hệ thống) – được liên kết với tế bào/TRP/gNB hoặc được liên kết với UE. Ví dụ, nếu băng thông kênh (hoặc băng thông hệ thống) nhỏ hơn hoặc bằng giá trị nhất định (chẳng hạn 20MHz), thì sơ đồ A được sử dụng. Ngược lại, nếu băng thông kênh (hoặc băng thông hệ thống) lớn hơn so với giá trị nhất định (chẳng hạn 20MHz), thì phương án I được sử dụng (tức là sơ đồ B có thể được sử dụng nếu số lượng các RB được phân bổ đủ lớn so với kích thước CB N_{seg}).

Theo một phương án khác (III), bộ ghép nối CB có thể được thực hiện như sau. Điều kiện để sử dụng sơ đồ A và sơ đồ B là dựa trên sự phân bổ tài nguyên (Resource Allocation, RA) được báo hiệu trong DCI liên quan đến DL hoặc UL (lần lượt được liên kết với sự gán DL hoặc UL). Ví dụ, nếu khoảng tần số của RA (độ chênh giữa chỉ số RE/sóng mang con cao nhất và chỉ số RE/sóng mang con thấp nhất) tương đương với giá trị nhỏ hơn hoặc bằng giá trị nhất định (chẳng hạn như 20MHz), thì sơ đồ A được sử dụng. Ngược lại, phương án I được sử dụng (tức là sơ đồ B có thể được sử dụng nếu số lượng các RB được phân bổ đủ lớn so với kích thước CB N_{seg}).

Theo các phương án và phương án phụ ở trên (I, II, và III), luồng bit **b** được chia thành QL luồng trong đó mỗi luồng trong số QL luồng được xen kẽ bằng cùng bộ xen kẽ π chiều dài- CN_{seg} . Do đó, số lượng các phân đoạn trên mỗi CB là $N_{seg} = \frac{S_{CB,bit}}{QL}$. Theo phương án thay đổi của các phương án này, luồng bit **b** được chia thành Q luồng trong đó mỗi luồng trong số Q luồng được xen kẽ bằng cùng bộ xen kẽ π' chiều dài- CN'_{seg} trong đó $N'_{seg} = \frac{S_{CB,bit}}{Q}$. Do đó, $\mu' = \left\lfloor \frac{MRE}{N_{seg'}} \right\rfloor$, $\alpha' = \left\lfloor \frac{MRE}{N_{seg'}} \right\rfloor$. Theo một phương án thay đổi khác của các phương án này, luồng bit **b** được chia thành L luồng trong đó mỗi luồng trong số L luồng được xen kẽ bằng cùng bộ xen kẽ π'' chiều dài- CN''_{seg} trong đó $N''_{seg} = \frac{S_{CB,bit}}{L}$. Do đó, $\mu'' = \left\lfloor \frac{MRE}{N_{seg''}} \right\rfloor$, $\alpha'' = \left\lfloor \frac{MRE}{N_{seg''}} \right\rfloor$. Theo một phương án thay đổi khác nữa của các phương án này, luồng bit **b** được chia thành các luồng và được xen kẽ bằng bộ xen kẽ π''' chiều dài- $CS_{CB,bit}$ trong đó $\mu''' = \left\lfloor \frac{MRE}{S_{CB,bit}} \right\rfloor$, $\alpha''' = \left\lfloor \frac{MRE}{S_{CB,bit}} \right\rfloor$.

Fig.14 là hình vẽ lưu đồ thể hiện phương pháp làm ví dụ 1400 trong đó UE thu truyền dẫn dữ liệu nhiều lớp theo một phương án của sáng chế. Ví dụ, phương pháp 1400 có thể được thực hiện bởi UE 116.

Phương pháp 1400 bắt đầu với việc UE thu truyền dẫn dữ liệu L lớp, trong đó truyền dẫn dữ liệu này bao gồm ít nhất một khối mã (CB) và CB bao gồm mã kiểm dư vòng (CRC) chiều dài-N. Chiều dài N của mã CRC là hàm của chiều dài của CB và chiều dài tương ứng với số lượng các bit. Ngoài ra, UE thu thông tin điều khiển đường xuống (DCI) được liên kết với truyền dẫn dữ liệu (bước 1401). Truyền dẫn dữ liệu bao gồm một từ mã (CW) khi L nhỏ hơn hoặc bằng ngưỡng, hoặc ngược lại bao gồm hai từ mã. Ví dụ, ngưỡng này có thể được cố định bằng 4 hoặc, tùy chọn là, có thể tạo cấu hình được. Trong trường hợp này, DCI bao gồm một trường sơ đồ điều biến và mã hóa (MCS) khi L nhỏ hơn hoặc bằng 4, hoặc ngược lại bao gồm hai trường MCS. Hơn nữa, các ký hiệu điều biến trong CW của dữ liệu được truyền có thể được ánh xạ trước trên các lớp được liên kết với CW, sau đó được ánh xạ trên các sóng mang con tần số, cuối cùng được ánh xạ trên các ký hiệu OFDM.

Sau đó UE giải mã DCI để xác định số lượng các lớp L, cùng với các thông số truyền dẫn khác phù hợp để truyền dẫn dữ liệu (bước 1402). Với L đã được xác định, thì UE giải mã truyền dẫn dữ liệu cùng với CRC chiều dài thay đổi (để phát hiện lỗi – bước 1403). UE còn tạo ra ít nhất một chỉ báo chất lượng kênh (CQI) và truyền CQI này qua

kênh đường lên (bước 1404). Sử dụng ví dụ có ngưỡng được cố định bằng 4, UE tạo ra và truyền một CQI khi L nhỏ hơn hoặc bằng 4, hoặc ngược lại là tạo ra và truyền hai CQI.

Fig.15 là hình vẽ lưu đồ thể hiện phương pháp làm ví dụ 1500 trong đó trạm gốc tạo ra và truyền dữ liệu nhiều lớp cho UE (được gán nhãn UE-k) theo một phương án của sáng chế. Ví dụ, phương pháp 1500 có thể được thực hiện bởi BS 102.

Phương pháp 1500 bắt đầu với việc trạm gốc tạo ra truyền dẫn dữ liệu L lớp, trong đó truyền dẫn dữ liệu này bao gồm ít nhất một khối mã (CB) và CB bao gồm mã kiểm dư vòng (CRC) chiều dài-N. Chiều dài N của mã CRC là hàm của chiều dài của CB và chiều dài tương ứng với số lượng các bit. Ngoài ra, trạm gốc tạo ra thông tin điều khiển đường xuống (DCI) được liên kết với truyền dẫn dữ liệu này (bước 1501). Truyền dẫn dữ liệu bao gồm một từ mã (CW) khi L nhỏ hơn hoặc bằng ngưỡng, hoặc ngược lại bao gồm hai từ mã. Ví dụ, ngưỡng này có thể được cố định bằng 4 hoặc, tùy chọn là, có thể tạo cấu hình được. Trong trường hợp này, DCI bao gồm một trường sơ đồ điều biến và mã hóa (MCS) khi L nhỏ hơn hoặc bằng 4, hoặc ngược lại bao gồm hai trường MCS. Hơn nữa, các ký hiệu điều biến trong CW của dữ liệu được truyền có thể được ánh xạ trước trên các lớp được liên kết với CW, sau đó được ánh xạ trên các sóng mang con tần số, cuối cùng được ánh xạ trên các ký hiệu OFDM.

Lúc đó trạm gốc truyền dữ liệu L lớp cùng với DCI (bước 1502). Trạm gốc còn thu ít nhất một chỉ báo chất lượng kênh (CQI) và truyền CQI này qua kênh đường lên (bước 1503). Sử dụng ví dụ có ngưỡng được cố định bằng 4, UE tạo ra và truyền một CQI khi L nhỏ hơn hoặc bằng 4, hoặc ngược lại là tạo ra và truyền hai CQI.

Mặc dù Fig.14 và Fig.15 lần lượt thể hiện các ví dụ về phương pháp để thu thông tin cấu hình và tạo cấu hình UE, nhưng các phương án thay đổi khác cũng có thể được tạo ra dựa trên Fig.14 và Fig.15. Ví dụ, trong khi được thể hiện như các bước nối tiếp, nhưng các bước khác nhau trong mỗi hình vẽ có thể bị chồng chéo, được thực hiện song song, được thực hiện theo thứ tự khác nhau, được thực hiện nhiều lần, hoặc không được thực hiện trong một hoặc nhiều phương án.

Mặc dù sáng chế đã được mô tả với các phương án làm ví dụ, nhưng các phương án thay đổi và cải biến khác nhau có thể được tạo ra bởi người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này. Lưu ý rằng phần mô tả sáng chế bao hàm cả những phương án thay

đổi và cải biến như vậy vẫn thuộc phạm vi của sáng chế như được trình bày trong phần yêu cầu bảo hộ.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp được thực hiện bởi thiết bị người dùng (User Equipment, UE), trong hệ thống truyền thông không dây bao gồm các bước:

thu, từ trạm gốc, thông tin điều khiển đường xuống (downlink control information, DCI), được liên kết với dữ liệu đường xuống bao gồm ít nhất một từ mã;

thu, từ trạm gốc, dữ liệu đường xuống bao gồm ít nhất một từ mã thông qua ít nhất một lớp dựa trên số lượng của ít nhất một lớp,

trong đó, nếu số lượng của ít nhất một lớp nhỏ hơn hoặc bằng bốn, thì số lượng của ít nhất một từ mã được xác định là một, và

trong đó, nếu số lượng của ít nhất một lớp lớn hơn bốn, thì số lượng của ít nhất một từ mã được xác định là hai,

trong đó dữ liệu đường xuống bao gồm một hoặc nhiều khối mã (codeblock, CB), trên mỗi từ mã,

trong đó, trong trường hợp mà dữ liệu đường xuống bao gồm một CB, thì dữ liệu đường xuống bao gồm mã kiểm dư vòng khối vận chuyển (transport block cyclic redundancy code, TB-CRC), và

trong đó, trong trường hợp mà dữ liệu đường xuống bao gồm nhiều hơn một CB, thì dữ liệu đường xuống bao gồm CRC khối mã, CB-CRC, dành cho mỗi CB trong số nhiều hơn một CB; và

truyền, tới trạm gốc, thông tin trạng thái kênh (channel state information, CSI),

trong đó CSI bao gồm chỉ báo chất lượng kênh (channel quality indicator, CQI), trên mỗi từ mã nêu trên.

2. Phương pháp theo điểm 1, phương pháp này còn bao gồm:

trong đó, trong trường hợp mà dữ liệu đường xuống bao gồm nhiều hơn một CB, thì dữ liệu đường xuống còn bao gồm TB-CRC.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó số lượng của ít nhất một lớp được chỉ báo bởi DCI.

4. Phương pháp theo điểm 3,

trong đó, trong trường hợp mà số lượng của ít nhất một lớp lớn hơn bốn, thì ít nhất một từ mã bao gồm từ mã thứ nhất bao gồm tập thứ nhất của các ký hiệu điều biến và từ mã thứ hai bao gồm tập thứ hai của các ký hiệu điều biến,

trong đó tập thứ nhất của các ký hiệu điều biến được ánh xạ lên trên tập con thứ nhất của ít nhất một lớp, và

trong đó tập thứ hai của các ký hiệu điều biến được ánh xạ lên trên tập con thứ hai của ít nhất một lớp.

5. Phương pháp theo điểm 4, trong đó tập con thứ nhất bao gồm lớp thứ nhất có chỉ số thấp nhất trong số ít nhất một lớp,

trong đó tập con thứ hai bao gồm lớp thứ hai có chỉ số cao nhất trong số ít nhất một lớp, và

trong đó số lượng của một hoặc nhiều lớp được chứa trong tập con thứ nhất bằng hoặc nhỏ hơn so với số lượng của một hoặc nhiều lớp được chứa trong tập con thứ hai.

6. Phương pháp theo điểm 1,

trong đó, nếu dữ liệu đường xuống bao gồm một từ mã, thì một hoặc nhiều ký hiệu điều biến của một từ mã được ánh xạ lên trên ít nhất một lớp theo:

$$x^{(l)}(i) = d(Li + l), \quad i = 0, 1, \dots, M_{\text{symb}}^{\text{layer}} - 1, \quad l = 0, 1, \dots, L - 1$$

$$M_{\text{symb}}^{\text{layer}} = M_{\text{symb}}^{\text{CW}} / L$$

$x^{(l)}(i)$ thể hiện ký hiệu thứ i được ánh xạ lên trên lớp thứ l , $d(k)$ thể hiện ký hiệu thứ k của một từ mã, $M_{\text{symb}}^{\text{layer}}$ thể hiện số lượng các ký hiệu trên mỗi lớp, L thể hiện số lượng của ít nhất một lớp, và $M_{\text{symb}}^{\text{CW}}$ thể hiện số lượng các ký hiệu trong một từ mã,

trong đó, nếu dữ liệu đường xuống bao gồm hai từ mã, thì một hoặc nhiều ký hiệu điều biến của từ mã thứ nhất trong số hai từ mã và một hoặc nhiều ký hiệu điều biến của từ mã thứ hai trong số hai từ mã được ánh xạ lên trên ít nhất một lớp theo:

$$x^{(l)}(i) = d^{(0)}([L/2]i + l), \quad l = 0, 1, \dots, [L/2] - 1, \quad i = 0, 1, \dots, M_{\text{symb}}^{\text{layer}} - 1$$

$$x^{(l+[L/2])}(i) = d^{(1)}((L - [L/2])i + l), \quad l = 0, 1, \dots, L - [L/2] - 1, \quad i = 0, 1, \dots, M_{\text{symb}}^{\text{layer}} - 1$$

$$M_{\text{symb}}^{\text{layer}} = \frac{M_{\text{symb}}^{\text{CW0}}}{[L/2]} = \frac{M_{\text{symb}}^{\text{CW1}}}{L - [L/2]}$$

$x^{(l)}(i)$ thể hiện ký hiệu thứ i được ánh xạ lên trên lớp thứ l , $d^{(n)}(k)$ thể hiện ký hiệu thứ k của từ mã thứ n mà là từ mã thứ nhất hoặc từ mã thứ hai, $M_{\text{symb}}^{\text{layer}}$ thể hiện số lượng các ký hiệu trên mỗi lớp, L thể hiện số lượng của ít nhất một lớp, $M_{\text{symb}}^{\text{CW0}}$ thể hiện số lượng các ký hiệu trong từ mã thứ nhất trong số hai từ mã, và $M_{\text{symb}}^{\text{CW1}}$ thể hiện số lượng các ký hiệu trong từ mã thứ hai trong số hai từ mã.

7. Phương pháp theo điểm 1,

trong đó DCI bao gồm một trường sơ đồ điều biến và mã hóa (modulation and coding scheme, MCS), một trường chỉ báo dữ liệu mới (new data indicator, NDI), và một trường phiên bản dư thừa (redundancy version, RV), nếu số lượng tối đa của các từ mã mà có thể lập lịch được bởi DCI bằng một, và

trong đó DCI bao gồm hai trường MCS, hai trường NDI, và hai trường RV, nếu số lượng tối đa của các từ mã mà có thể lập lịch được bởi DCI bằng hai.

8. Phương pháp theo điểm 7, còn bao gồm bước:

thu, từ trạm gốc, thông tin liên quan đến số lượng tối đa của các từ mã qua báo hiệu điều khiển tài nguyên vô tuyến (radio resource control, RRC).

9. Phương pháp được thực hiện bởi trạm gốc trong hệ thống truyền thông không dây, phương pháp này bao gồm các bước:

truyền, tới thiết bị người dùng UE, thông tin điều khiển đường xuống DCI, được liên kết với dữ liệu đường xuống bao gồm ít nhất một từ mã;

truyền, tới UE, dữ liệu đường xuống bao gồm ít nhất một từ mã thông qua ít nhất một lớp dựa trên số lượng của ít nhất một lớp,

trong đó, nếu số lượng của ít nhất một lớp nhỏ hơn hoặc bằng bốn, thì số lượng của ít nhất một từ mã được xác định là một, và

trong đó, nếu số lượng của ít nhất một lớp lớn hơn bốn, thì số lượng của ít nhất một từ mã được xác định là hai,

trong đó dữ liệu đường xuống bao gồm một hoặc nhiều khối mã CB, trên mỗi từ mã,

trong đó, trong trường hợp mà dữ liệu đường xuống bao gồm một CB, thì dữ liệu đường xuống bao gồm mã kiểm dư vòng khối vận chuyển TB-CRC, và

trong đó, trong trường hợp mà dữ liệu đường xuống bao gồm nhiều hơn một CB, thì dữ liệu đường xuống bao gồm CRC khối mã, CB-CRC, dành cho mỗi CB trong số nhiều hơn một CB, và

thu, từ UE, thông tin trạng thái kênh CSI,

trong đó CSI bao gồm chỉ báo chất lượng kênh CQI, trên mỗi từ mã nêu trên.

10. Phương pháp theo điểm 9, phương pháp này còn bao gồm:

trong đó, trong trường hợp mà dữ liệu đường xuống bao gồm nhiều hơn một CB, thì dữ liệu đường xuống còn bao gồm TB-CRC.

11. Phương pháp theo điểm 9, trong đó số lượng của ít nhất một lớp được chỉ báo bởi DCI.

12. Phương pháp theo điểm 11, trong đó, trong trường hợp mà số lượng của ít nhất một lớp lớn hơn bốn, thì ít nhất một từ mã bao gồm từ mã thứ nhất bao gồm tập thứ nhất của các ký hiệu điều biến và từ mã thứ hai bao gồm tập thứ hai của các ký hiệu điều biến,

trong đó tập thứ nhất của các ký hiệu điều biến được ánh xạ lên trên tập con thứ nhất của ít nhất một lớp, và

trong đó tập thứ hai của các ký hiệu điều biến được ánh xạ lên trên tập con thứ hai của ít nhất một lớp.

13. Phương pháp theo điểm 12, trong đó tập con thứ nhất bao gồm lớp thứ nhất có chỉ số thấp nhất trong số ít nhất một lớp,

trong đó tập con thứ hai bao gồm lớp thứ hai có chỉ số cao nhất trong số ít nhất một lớp, và

trong đó số lượng của một hoặc nhiều lớp được chứa trong tập con thứ nhất bằng hoặc nhỏ hơn so với số lượng của một hoặc nhiều lớp được chứa trong tập con thứ hai.

14. Phương pháp theo điểm 9, còn bao gồm bước:

truyền, tới UE, thông tin liên quan đến số lượng tối đa của các từ mã mà có thể lập lịch được bởi DCI qua báo hiệu điều khiển tài nguyên vô tuyến RRC,

trong đó DCI bao gồm một trường sơ đồ điều biến và mã hóa MCS, một trường chỉ báo dữ liệu mới NDI, và một trường phiên bản dư thừa RV, nếu số lượng tối đa của các từ mã bằng một, và

trong đó DCI bao gồm hai trường MCS, hai trường NDI, và hai trường RV, nếu số lượng tối đa của các từ mã bằng hai.

15. Thiết bị người dùng UE, bao gồm các phương tiện để thực hiện phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ điểm 1 đến 8.

16. Trạm gốc (base station, BS), bao gồm các phương tiện để thực hiện phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ điểm 9 đến 14.

Fig.1

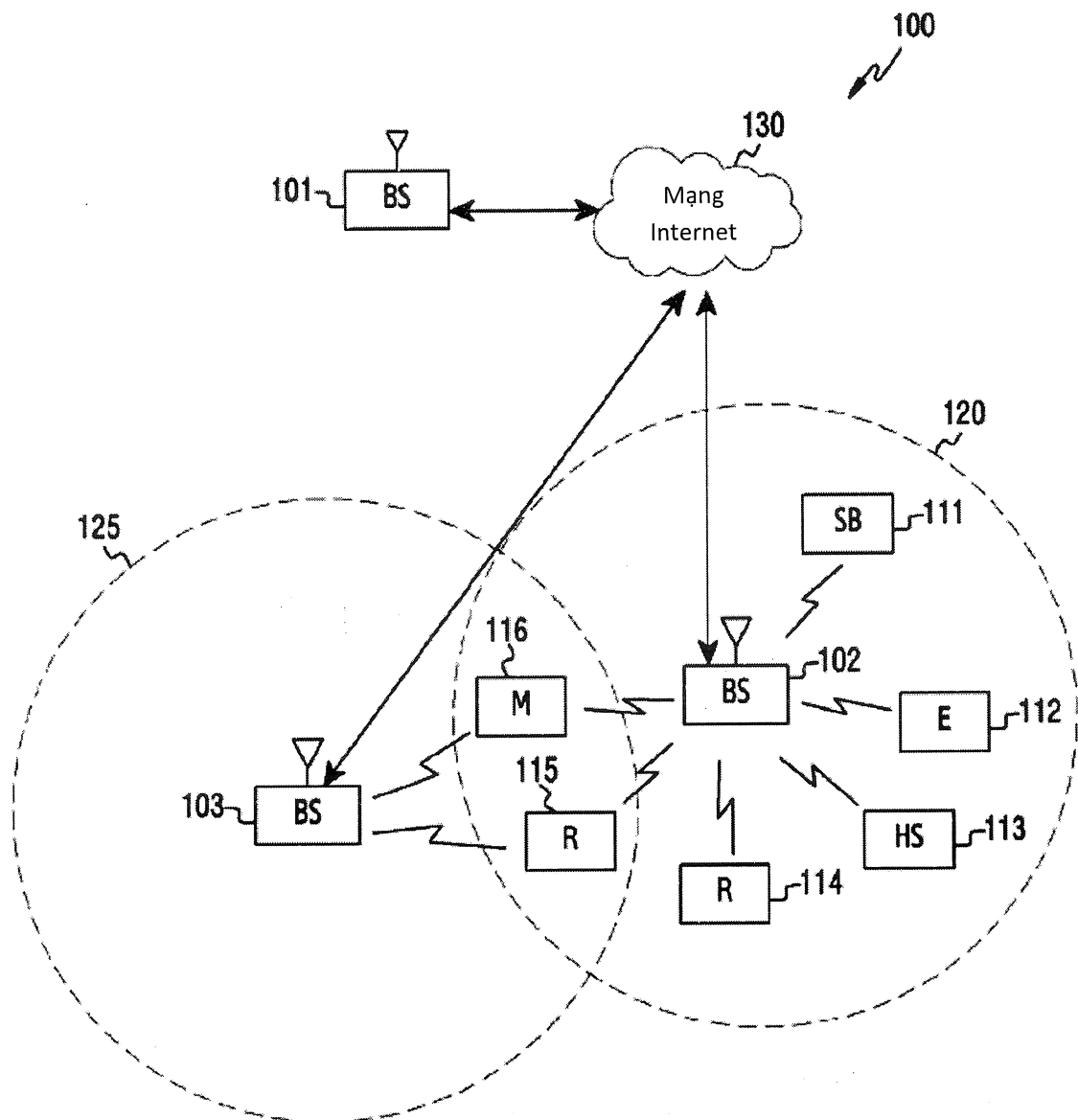


Fig.2A

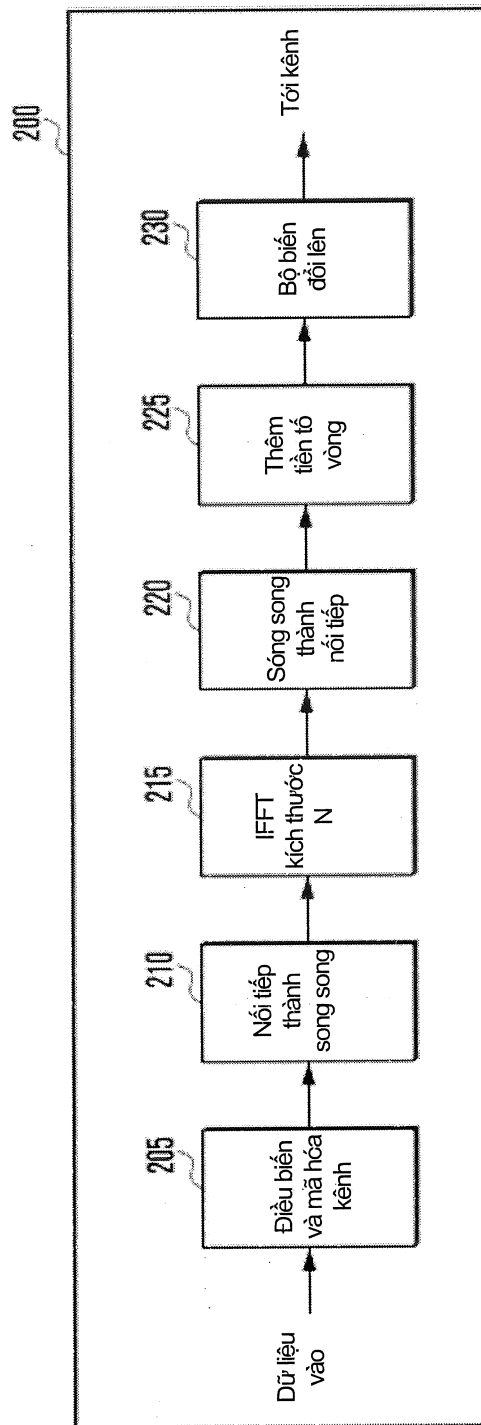


Fig.2B

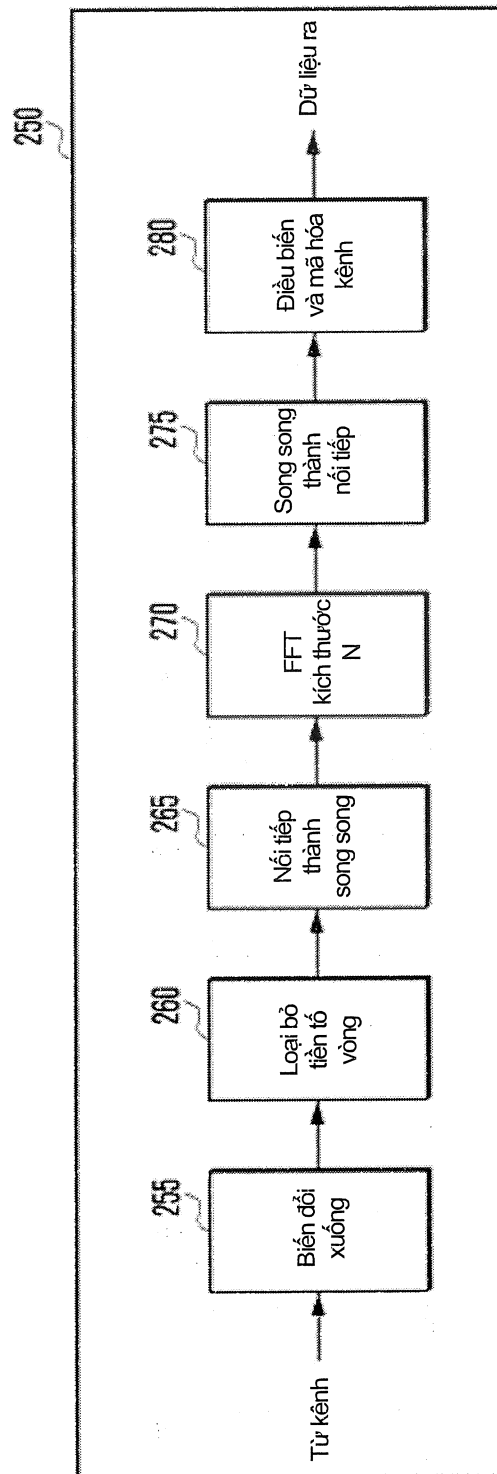


Fig.3A

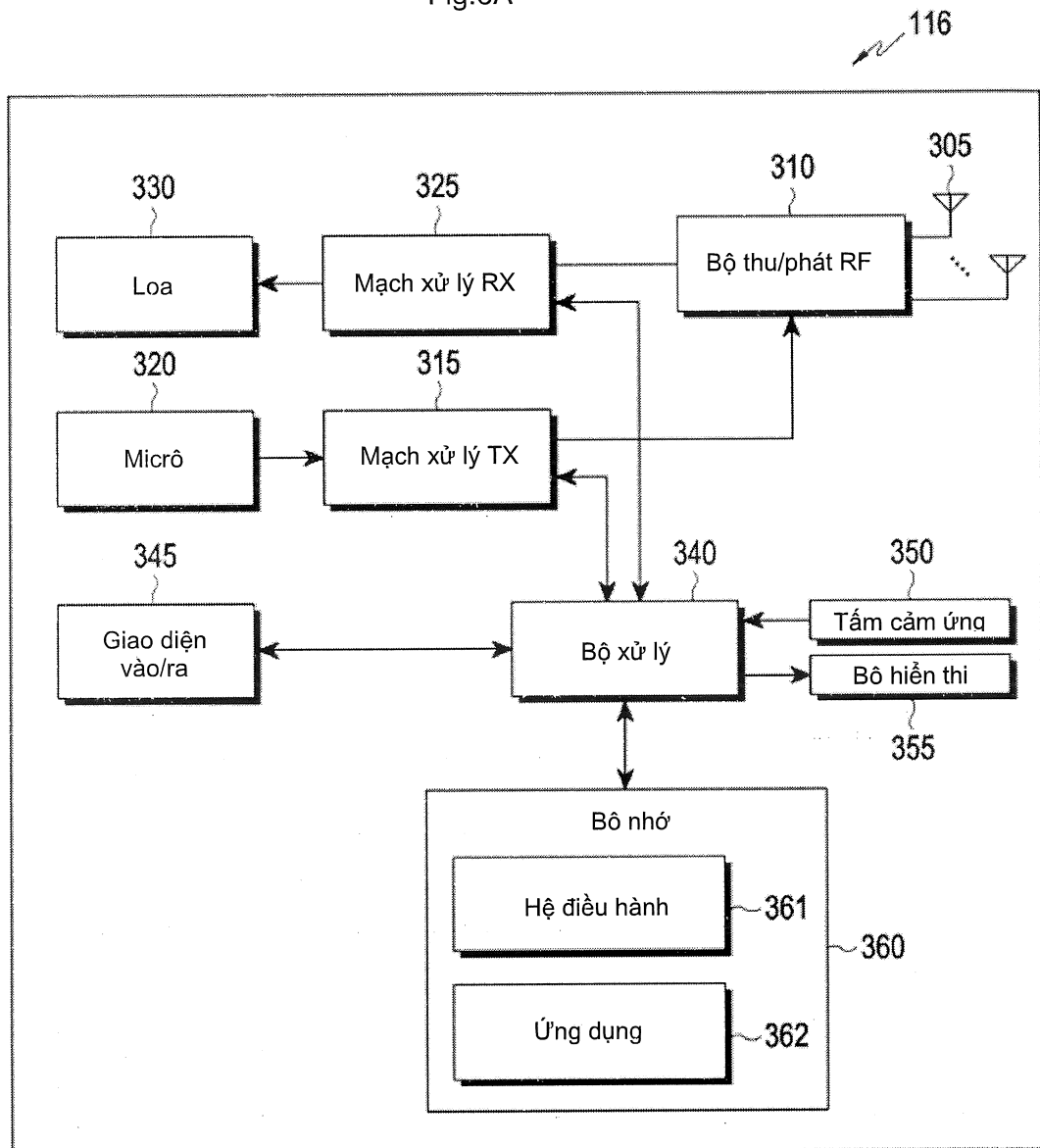


Fig.3B

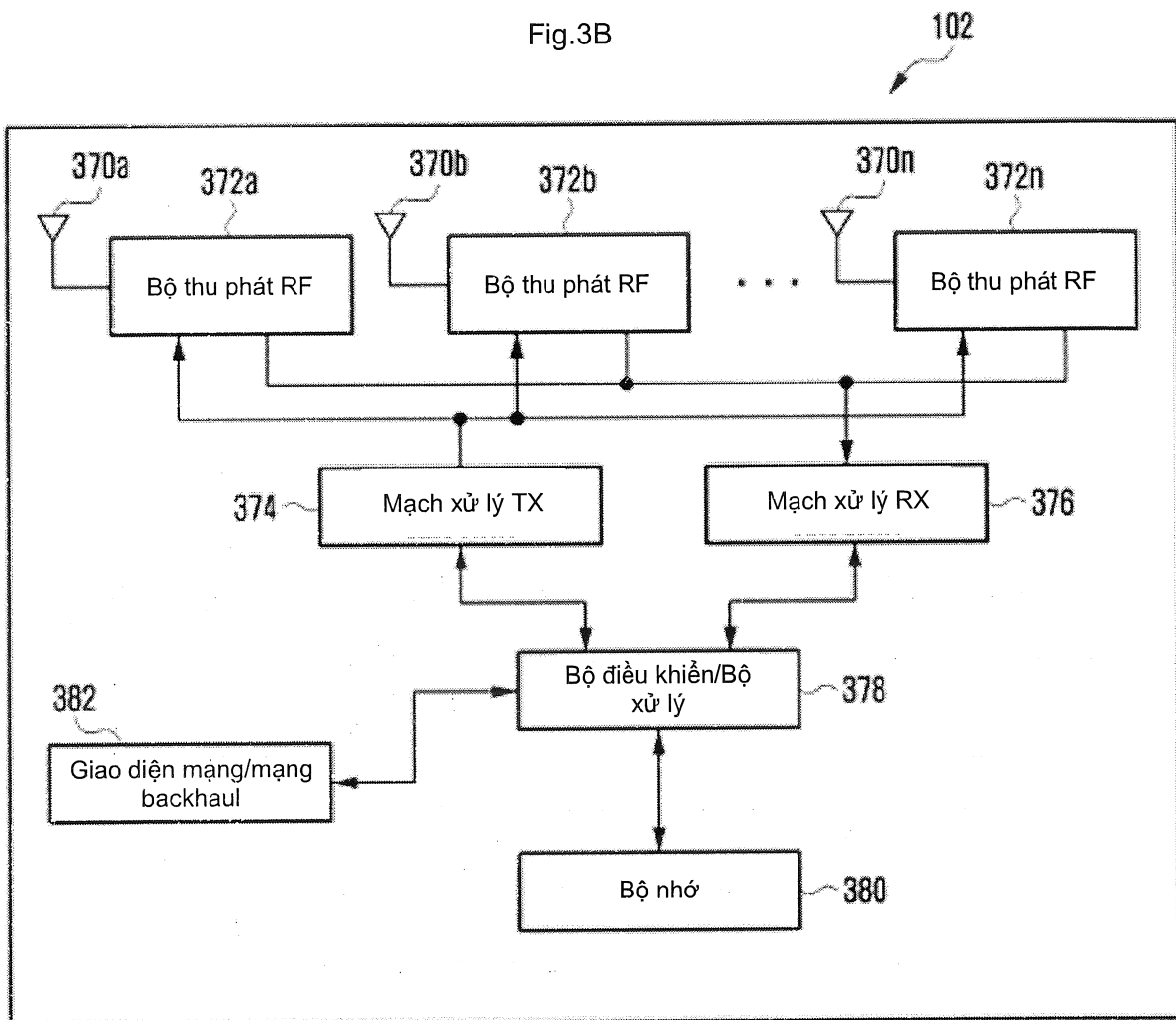


Fig.4

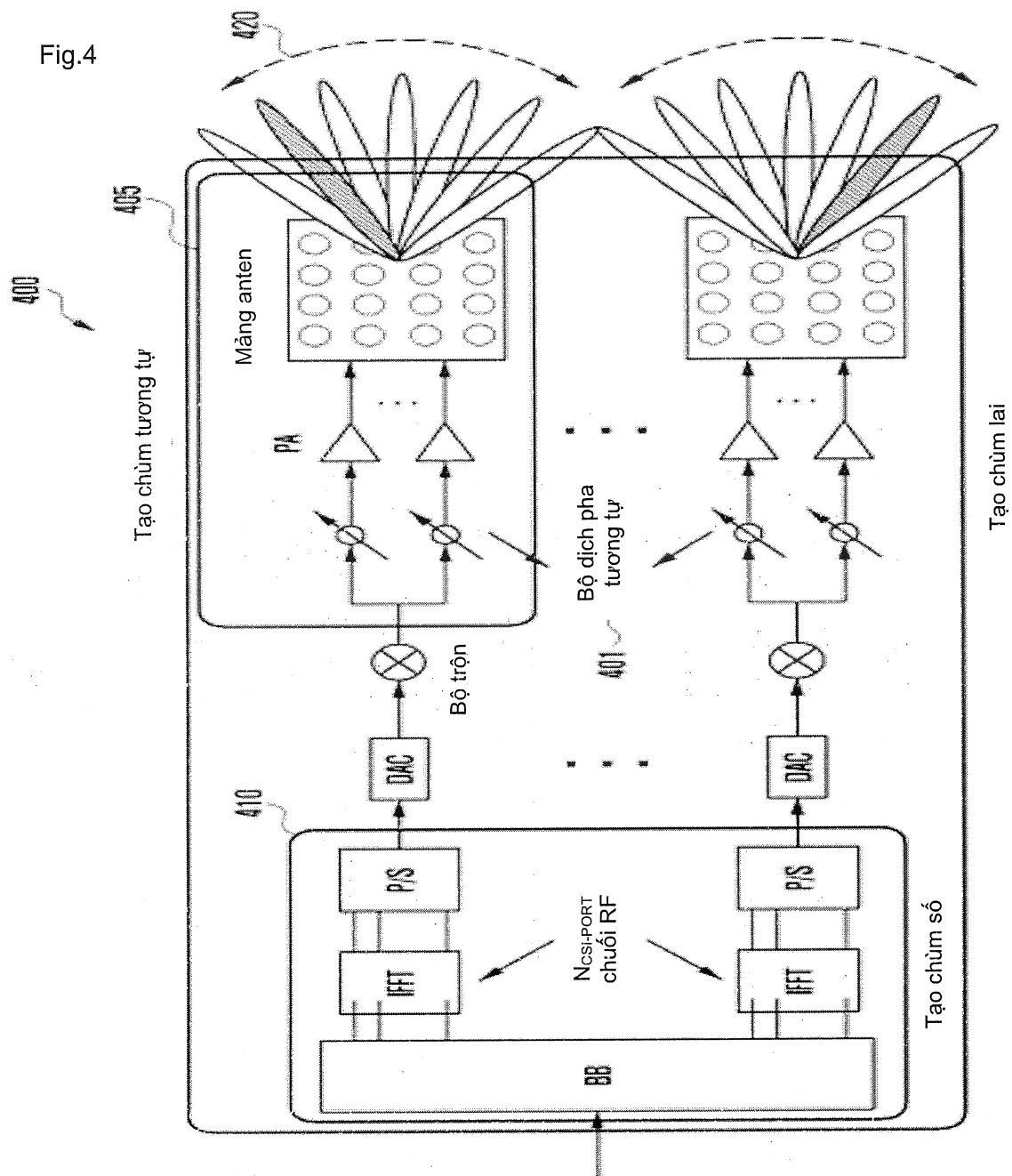


Fig.5

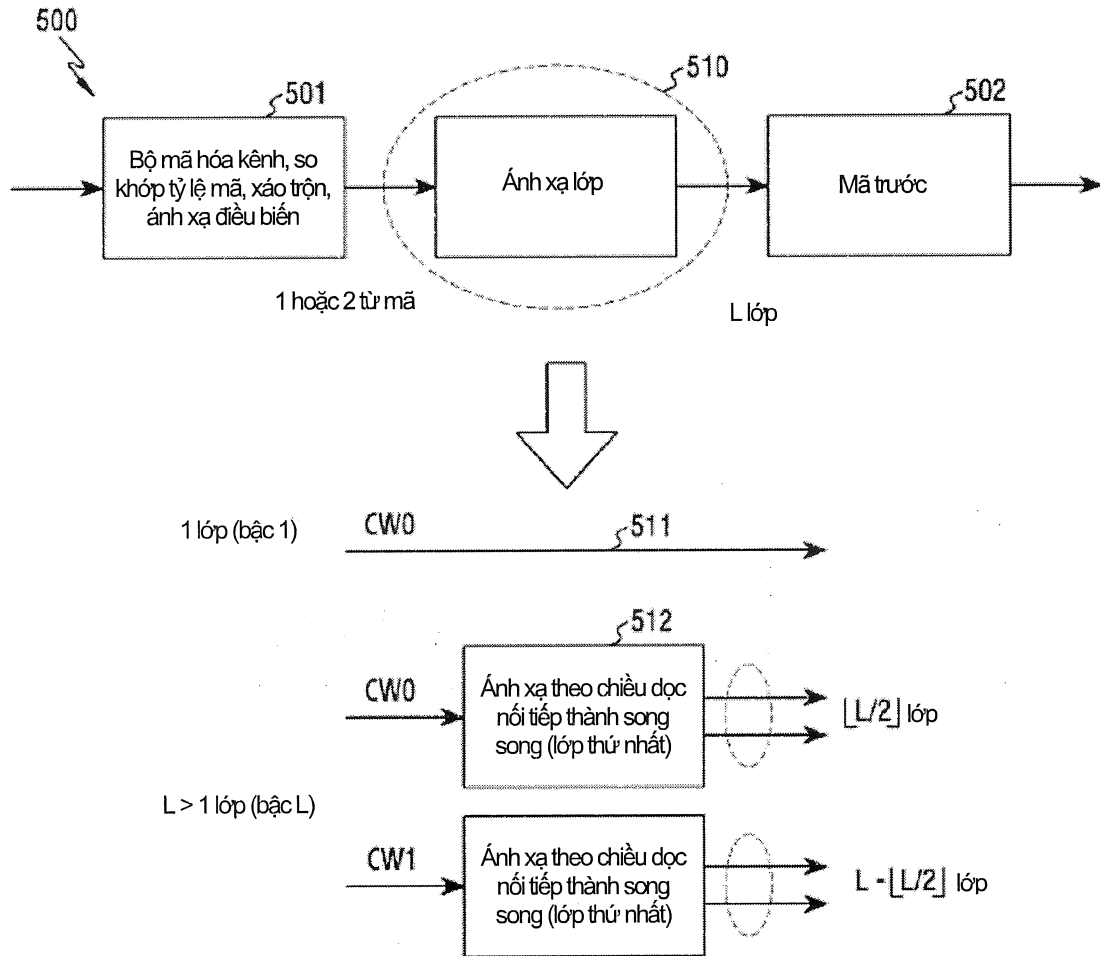


Fig.6

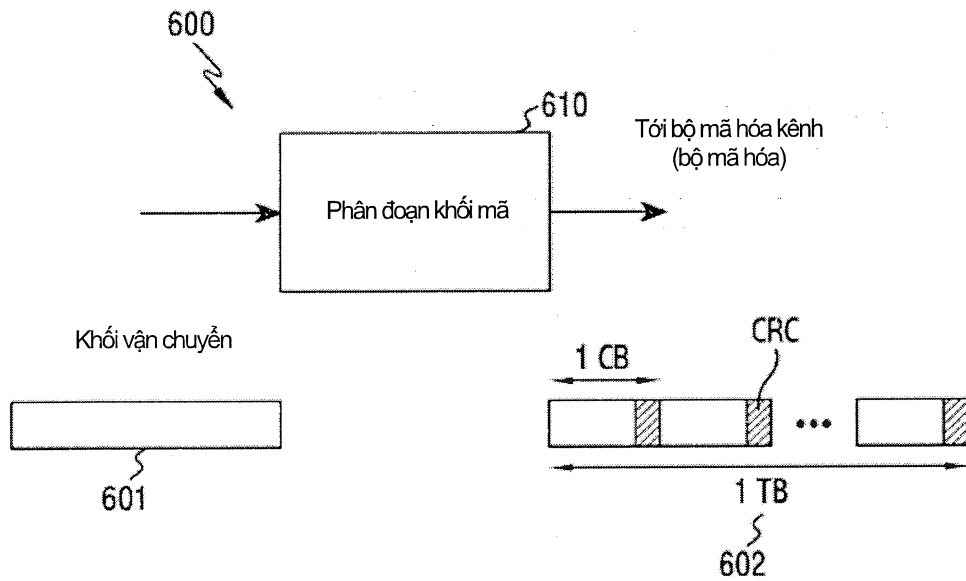


Fig.7A

700

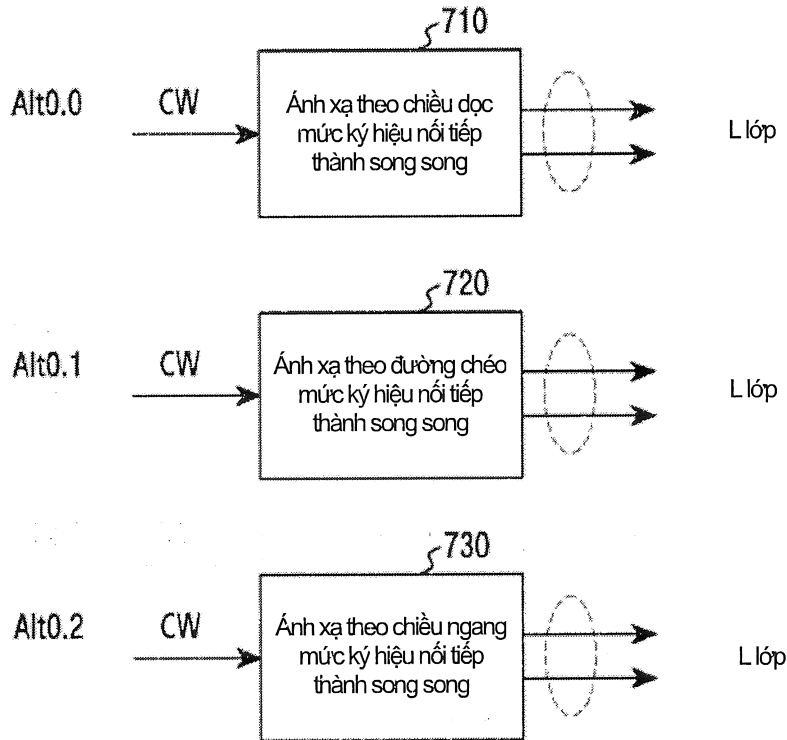
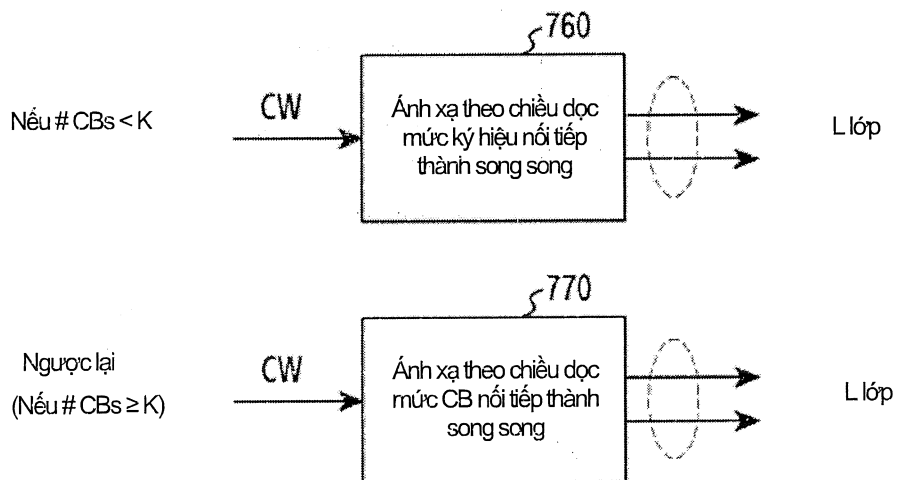


Fig.7B

750



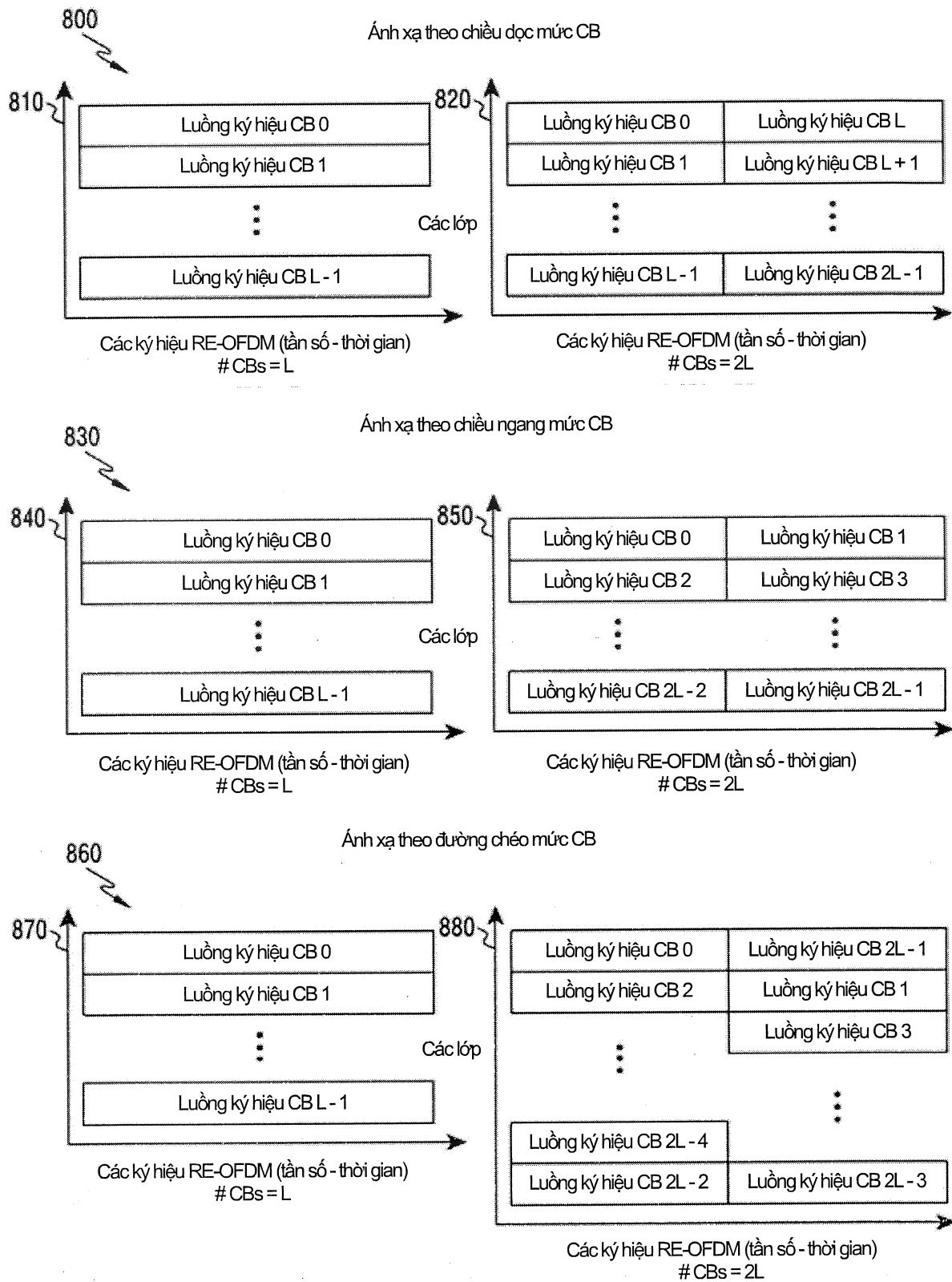
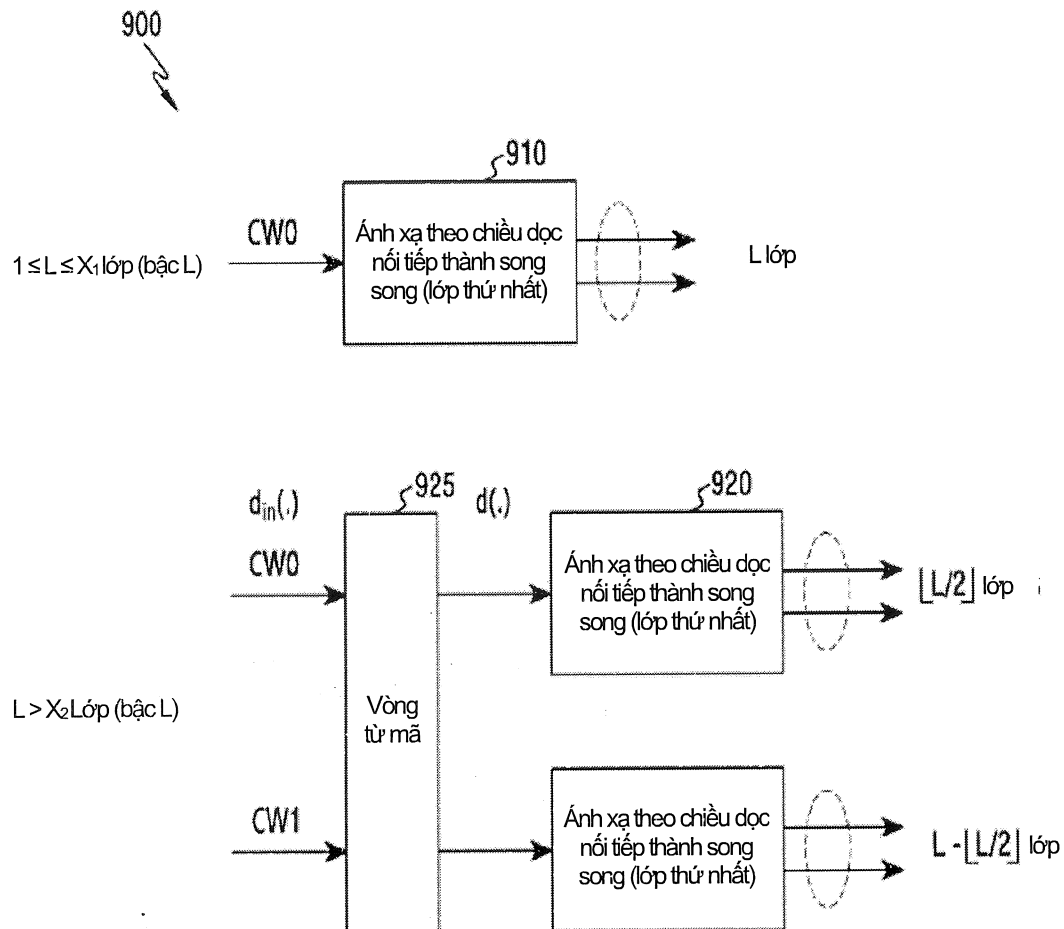


Fig.8

Fig.9A



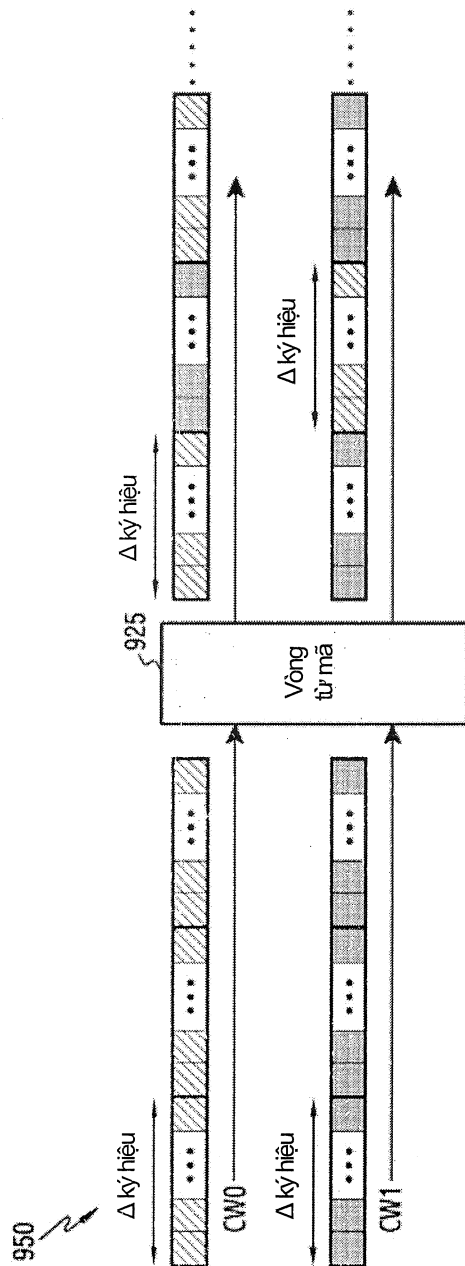


Fig.9B

Fig.10

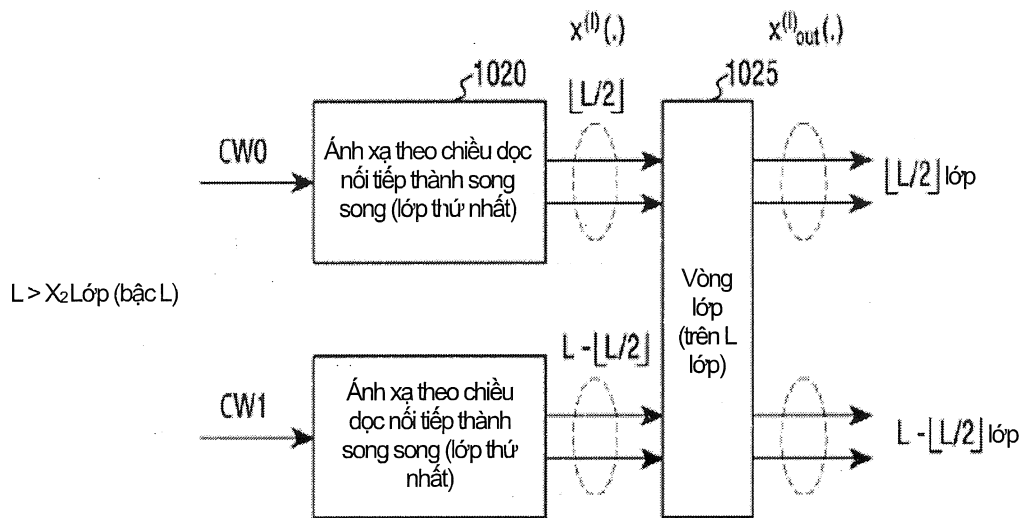
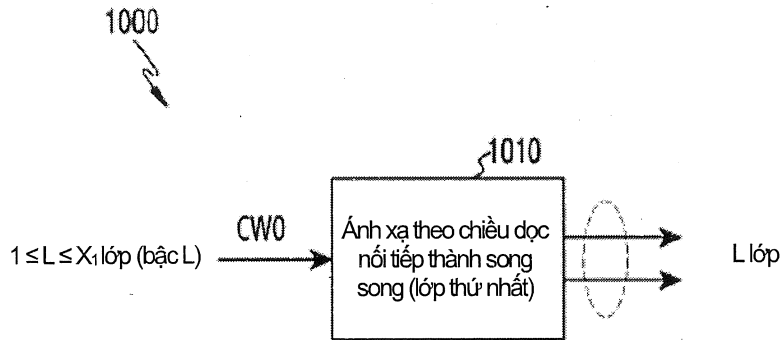


Fig.11

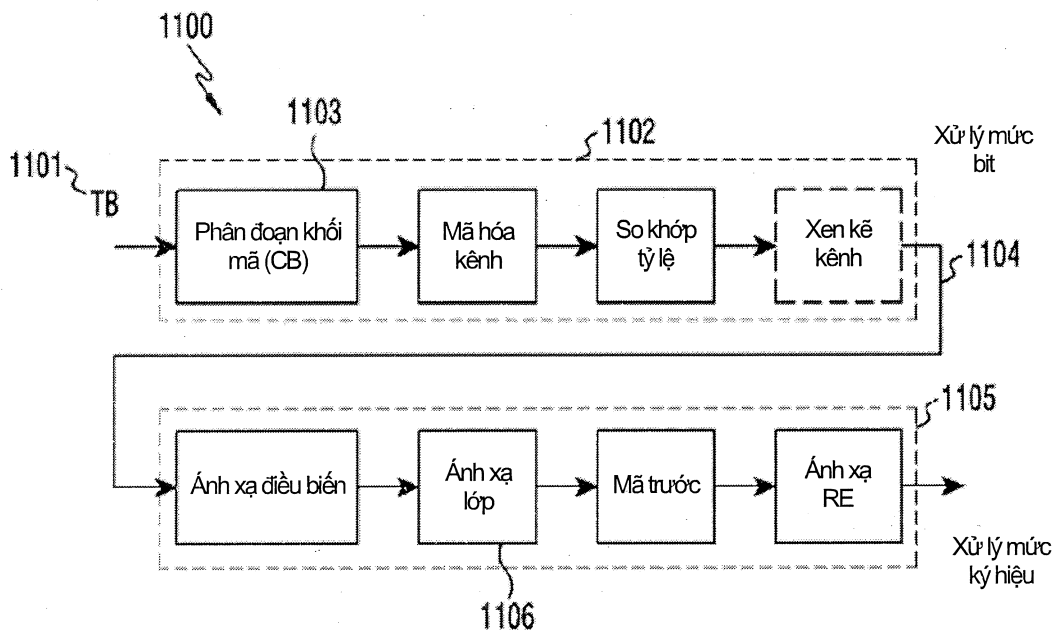


Fig.12

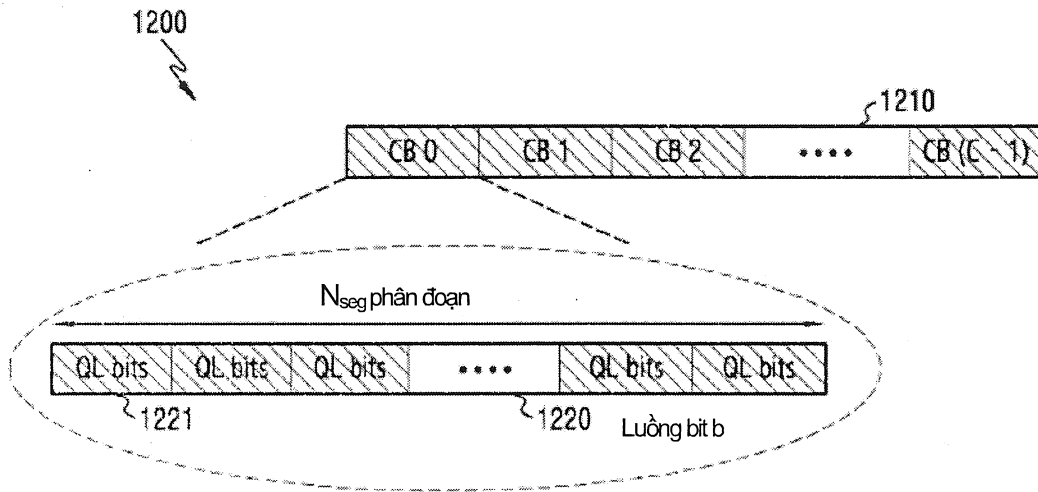


Fig.13

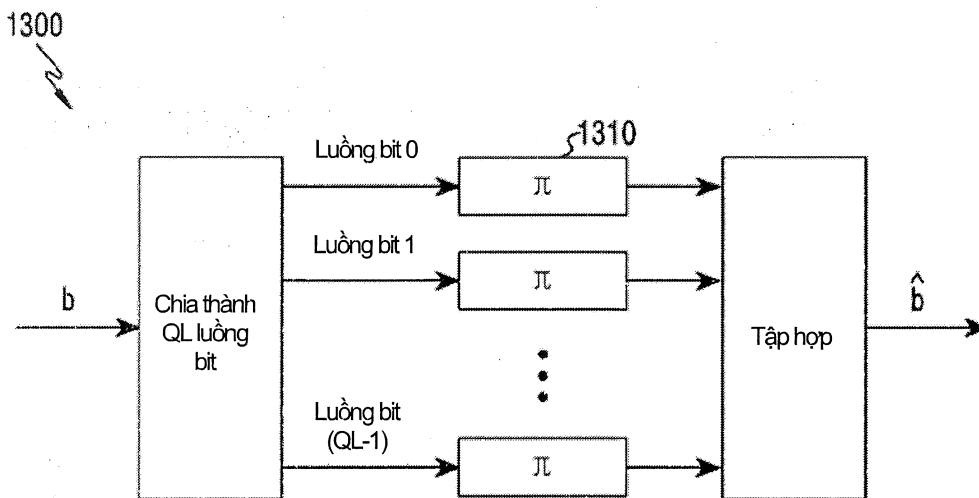


Fig.14

1400

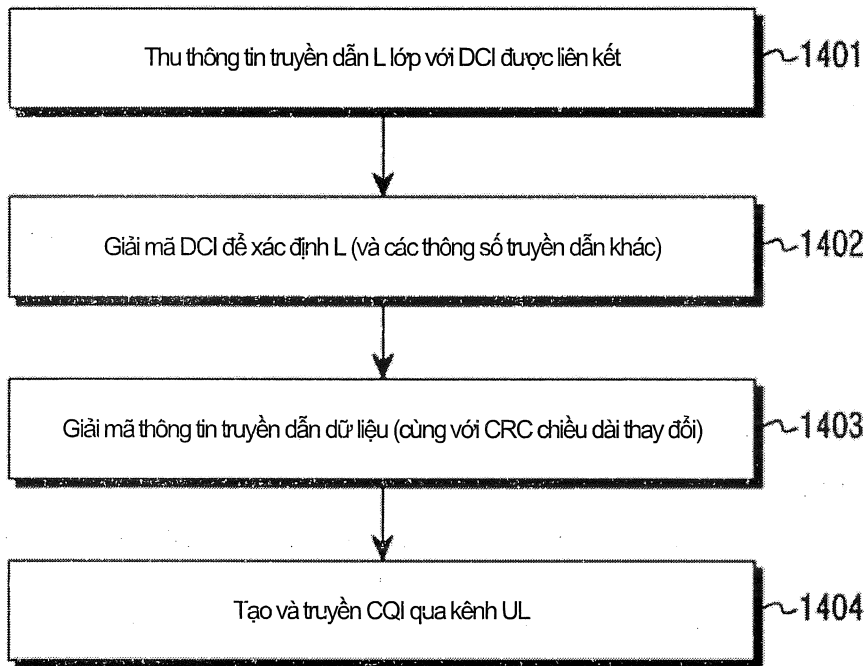


Fig.15

1500

