



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
(51)⁷ H04B 7/0456; H04L 27/26; H04B (13) B
7/0404



1-0045186

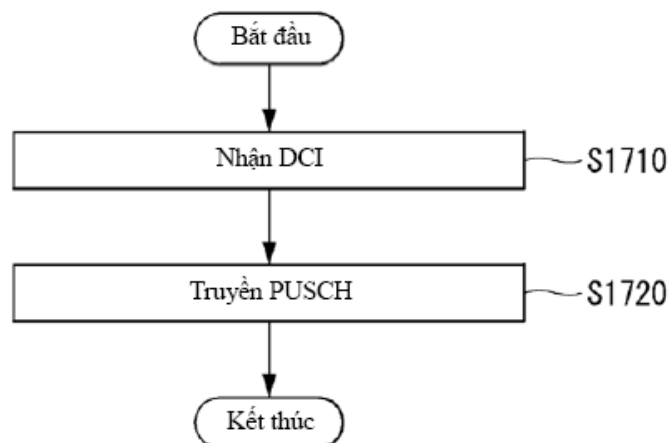
(21) 1-2019-06028 (22) 02/04/2018
(86) PCT/KR2018/003855 02/04/2018 (87) WO2018/182381 04/10/2018
(30) 62/480,345 31/03/2017 US; 62/491,259 28/04/2017 US; 62/501,776 05/05/2017 US;
62/526,986 29/06/2017 US; 62/543,935 10/08/2017 US; 62/576,634 24/10/2017 US;
62/587,425 16/11/2017 US; 62/590,537 25/11/2017 US; 62/593,895 02/12/2017 US
(45) 25/04/2025 445 (43) 30/01/2020 382A
(71) LG ELECTRONICS INC. (KR)
128, Yeoui-daero, Yeongdeungpo-gu Seoul 07336, Korea
(72) PARK, Haewook (KR); KIM, Kijun (KR); PARK, Jonghyun (KR); KANG, Jiwon
(KR); KIM, Hyungtae (KR).
(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) PHƯƠNG PHÁP VÀ THIẾT BỊ NGƯỜI DÙNG ĐỂ TRUYỀN DỮ LIỆU TRÊN SÁCH
MÃ KÊNH CHIA SẺ ĐƯỜNG LÊN VẬT LÝ TRONG HỆ THỐNG TRUYỀN
THÔNG VÔ TUYẾN

(21) 1-2019-06028

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp và thiết bị người dùng để truyền dựa trên sách mã kênh chia sẻ đường lên vật lý trong hệ thống truyền thông vô tuyến. Phương pháp truyền kênh chia sẻ đường lên vật lý (Physical Uplink Shared Channel, PUSCH) được thực hiện bởi thiết bị người dùng (User Equipment, UE) trong hệ thống truyền thông vô tuyến có thể bao gồm bước nhận thông tin điều khiển đường xuống (downlink control information, DCI) để lập lịch truyền đường lên (uplink, UL); và thực hiện hoạt động truyền PUSCH dựa trên sách mã dựa trên thông tin tiền mã hóa có trong DCI.

FIG.17



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến lĩnh vực truyền thông vô tuyến, và cụ thể hơn là đến phương pháp truyền dữ liệu đường lên được thực hiện bởi thiết bị người dùng và thiết bị để thực hiện/hỗ trợ phương pháp này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các hệ thống truyền thông di động đã được phát triển để cung cấp các dịch vụ tiếng nói, trong khi vẫn đảm bảo hoạt động của người dùng. Vùng phủ sóng dịch vụ của các hệ thống truyền thông di động, tuy nhiên, đã mở rộng thậm chí đến các dịch vụ dữ liệu, cũng như các dịch vụ tiếng nói, và hiện nay, sự gia tăng bùng nổ về lượng thông tin đã dẫn đến thiếu hụt tài nguyên và yêu cầu của người dùng đối với các dịch vụ tốc độ cao, đòi hỏi các hệ thống truyền thông di động tiên tiến.

Các đòi hỏi về hệ thống truyền thông di động thế hệ tiếp theo có thể bao gồm việc hỗ trợ lượng dữ liệu lớn, sự gia tăng đáng kể về tốc độ truyền của mỗi người dùng, sự điều tiết của số lượng thiết bị kết nối tăng đáng kể, độ trễ từ nguồn đến đích rất thấp, và hiệu suất năng lượng cao. Để đạt được điều này, các kỹ thuật khác nhau, như cải tiến ô nhỏ, khả năng kết nối kép, nhiều đầu vào nhiều đầu ra (Multiple Input Multiple Output, MIMO) đồ sộ, song công hoàn toàn trong dải, đa truy cập phi trực giao (non-orthogonal multiple access, NOMA), hỗ trợ dải siêu rộng, và mạng thiết bị, đã được nghiên cứu.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp vận hành truyền dữ liệu UL của thiết bị người dùng dựa trên sách mã.

Ngoài ra, mục đích của sáng chế là đề xuất sách mã khác nhau/hiệu quả mới dựa trên dạng sóng CP-OFDM.

Các mục đích kỹ thuật cần đạt được theo sáng chế không bị giới hạn ở các mục đích kỹ thuật được mô tả trên đây và các mục đích kỹ thuật khác không được mô tả ở

đây sẽ trở nên rõ ràng đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực tương ứng từ phần mô tả sau đây.

Giải pháp kỹ thuật

Theo một khía cạnh của sáng chế, phương pháp truyền Kênh chia sẻ đường lên vật lý (Physical Uplink Shared Channel, PUSCH) dựa trên sách mã được thực hiện bởi thiết bị người dùng (UE) trong hệ thống truyền thông vô tuyến có thể bao gồm bước nhận thông tin điều khiển đường xuống (downlink control information, DCI) để lập lịch truyền đường lên (uplink, UL); và bước thực hiện hoạt động truyền PUSCH dựa trên sách mã dựa trên thông tin tiền mã hóa có trong DCI, khi PUSCH được truyền sử dụng bốn cổng ăng ten, sách mã bao gồm: nhóm thứ nhất bao gồm các ma trận tiền mã hóa không nhất quán để chọn chỉ một cổng cho mỗi lớp, nhóm thứ hai bao gồm các ma trận tiền mã hóa nhất quán một phần để chọn hai cổng trong ít nhất một lớp, và nhóm thứ ba bao gồm ma trận tiền mã hóa nhất quán hoàn toàn để chọn tất cả các cổng cho mỗi lớp trong số các lớp.

Ngoài ra, ma trận tiền mã hóa không nhất quán có thể là ma trận bao gồm một vector có giá trị khác không (zero) trong mỗi cột, ma trận tiền mã hóa nhất quán một phần có thể là ma trận bao gồm hai vector có giá trị khác không (zero) trong ít nhất một cột, và ma trận tiền mã hóa nhất quán hoàn toàn có thể là ma trận bao gồm chỉ các vector có giá trị khác không (zero).

Ngoài ra, sách mã có thể là sách mã dựa trên dạng sóng ghép kênh chia tần số trực giao tiền tố vòng (Cyclic Prefix Orthogonal Frequency Division Multiplexing, CP-OFDM).

Ngoài ra, DCI có thể bao gồm bộ chỉ báo ma trận tiền mã hóa truyền (Transmitted Precoding Matrix Indicator, TPMI) mà là thông tin về chỉ số của ma trận tiền mã hóa được chọn để truyền PUSCH như là thông tin tiền mã hóa.

Ngoài ra, TPMI có thể được mã hóa liên kết với bộ chỉ báo hạng (Rank Indicator, RI) mà là thông tin về lớp được sử dụng khi truyền PUSCH.

Ngoài ra, TPMI có thể được chỉ báo đối với mỗi tài nguyên tín hiệu chuẩn thăm dò (Sounding Reference Signal, SRS) được tạo cấu hình cho UE, và trong đó RI được chỉ báo chung cho các tài nguyên SRS được tạo cấu hình.

Ngoài ra, TPMI và RI có thể được chỉ báo chung cho tất cả các tài nguyên SRS được tạo cấu hình cho UE.

Ngoài ra, TPMI và RI có thể được chỉ báo cho mỗi tài nguyên SRS được tạo cấu hình cho UE.

Ngoài ra, kích thước của trường DMRS định trước trong DCI để xác định cổng DMRS có thể được xác định khác nhau theo RI được mã hóa kết hợp với TPMI.

Ngoài ra, phương pháp truyền PUSCH có thể còn bao gồm nhận thông tin giới hạn về số lượng lớp sử dụng được khi truyền PUSCH.

Ngoài ra, kích thước của trường trong đó TPMI và RI được mã hóa liên kết có thể được quyết định dựa trên thông tin giới hạn về số lượng lớp.

Ngoài ra, phương pháp truyền PUSCH có thể còn bao gồm bước nhận thông tin giới hạn về ma trận tiền mã hóa sử dụng được khi truyền PUSCH trong sách mã.

Ngoài ra, thông tin giới hạn về ma trận tiền mã hóa có thể chỉ báo ma trận tiền mã hóa sử dụng được khi truyền PUSCH trong đơn vị nhóm hoặc đơn vị ma trận tiền mã hóa riêng.

Ngoài ra, kích thước của trường trong đó TPMI và RI được mã hóa liên kết có thể được quyết định dựa trên thông tin giới hạn về ma trận tiền mã hóa.

Ngoài ra, theo một khía cạnh khác của sáng chế, thiết bị người dùng (UE) để truyền Kênh chia sẻ đường lên vật lý (Physical Uplink Shared Channel, PUSCH) dựa trên sách mã trong hệ thống truyền thông vô tuyến có thể bao gồm bộ phận tần số radio (RF) để truyền và nhận tín hiệu radio; và bộ xử lý để điều khiển bộ phận RF, bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện: nhận thông tin điều khiển đường xuống (downlink control information, DCI) để lập lịch truyền đường lên (uplink, UL); và thực hiện hoạt động truyền PUSCH dựa trên sách mã dựa trên thông tin tiền mã hóa có trong DCI, khi PUSCH được truyền sử dụng bốn cổng ăng ten, sách mã bao gồm: nhóm thứ nhất bao gồm các ma trận tiền mã hóa không nhất quán để chọn chỉ một cổng cho mỗi lớp, nhóm

thứ hai bao gồm các ma trận tiền mã hóa nhất quán một phần để chọn hai cổng trong ít nhất một lớp, và nhóm thứ ba bao gồm các ma trận tiền mã hóa nhất quán hoàn toàn để chọn tất cả các cổng cho mỗi lớp trong số các lớp.

Hiệu quả kỹ thuật

Theo sáng chế, có hiệu quả là hoạt động truyền dữ liệu UL dựa trên sách mã có thể được hỗ trợ một cách hiệu quả trong hệ thống truyền thông vô tuyến mới.

Ngoài ra, theo sáng chế, có hiệu quả là sách mã UL mới được sử dụng, khả dụng để hỗ trợ các hoạt động truyền khác nhau (hoạt động truyền không nhất quán, hoạt động truyền nhất quán một phần, hoạt động truyền nhất quán hoàn toàn, v.v.).

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực tương ứng sẽ hiểu rằng các hiệu quả có thể đạt được thông qua sáng chế không bị giới hạn ở những nội dung đã được mô tả cụ thể trên đây và các ưu điểm khác của sáng chế sẽ được hiểu rõ ràng hơn từ phần mô tả chi tiết dưới đây.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các hình vẽ kèm theo, mà được bao gồm ở đây như là một phần của phần mô tả để giúp hiểu sáng chế, cung cấp các phương án của sáng chế, và mô tả các dấu hiệu kỹ thuật của sáng chế cùng với phần mô tả dưới đây.

Fig.1 minh họa cấu trúc của khung radiô trong hệ thống truyền thông vô tuyến mà sáng chế có thể được áp dụng vào.

Fig.2 là hình vẽ minh họa lưới tài nguyên dùng cho khe đường xuống trong hệ thống truyền thông vô tuyến mà sáng chế có thể được áp dụng vào.

Fig.3 minh họa cấu trúc của khung con đường xuống trong hệ thống truyền thông vô tuyến mà sáng chế có thể được áp dụng vào.

Fig.4 minh họa cấu trúc của khung con đường lên trong hệ thống truyền thông vô tuyến mà sáng chế có thể được áp dụng vào.

Fig.5 thể hiện cấu hình của hệ thống truyền thông MIMO đã biết.

Fig.6 là hình vẽ thể hiện kênh từ các ăng ten truyền đến ăng ten đơn nhận.

Fig.7 minh họa 2D AAS có 64 phần tử ăng ten trong hệ thống truyền thông vô tuyến mà sáng chế có thể áp dụng được vào đó.

Fig.8 minh họa hệ thống trong đó eNB hoặc UE có nhiều ăng ten truyền/nhận có khả năng tạo các chùm sóng 3D dựa trên AAS trong hệ thống truyền thông vô tuyến mà sáng chế có thể áp dụng được vào đó.

Fig.9 minh họa hệ thống ăng ten 2D có phân cực ngang trong hệ thống truyền thông vô tuyến mà sáng chế có thể áp dụng được vào đó.

Fig.10 minh họa các mô hình bộ phận thu-phát trong hệ thống truyền thông vô tuyến mà sáng chế có thể áp dụng được vào đó.

Fig.11 minh họa cấu trúc khung con độc lập mà sáng chế có thể được áp dụng vào.

Fig.12 là hình vẽ minh họa giản lược cấu trúc tạo chùm sóng lai (hybrid beamforming) theo khía cạnh của TXRU và ăng ten vật lý.

Fig.13 là hình vẽ minh họa giản lược tín hiệu đồng bộ hóa trong quy trình truyền DL và hoạt động quét chùm sóng cho thông tin hệ thống.

Fig.14 minh họa mảng ăng ten dạng panen mà sáng chế có thể được áp dụng vào.

Fig.15 minh họa quy trình truyền dữ liệu UL giản lược giữa UE và gNB mà có thể được áp dụng vào sáng chế.

Fig.16 là hình vẽ minh họa việc cấp phát SB TPMI theo một phương án của sáng chế.

Fig.17 là lưu đồ minh họa hoạt động truyền PUSCH của UE theo một phương án của sáng chế.

Fig.18 là sơ đồ khối của thiết bị truyền thông vô tuyến theo một phương án của sáng chế.

Fig.19 là hình vẽ minh họa một ví dụ về môđun RF của thiết bị truyền thông vô tuyến mà phương pháp được đề xuất theo sáng chế có thể được áp dụng.

Fig.20 là hình vẽ minh họa một ví dụ khác về môđun RF của thiết bị truyền thông vô tuyến mà phương pháp được đề xuất theo sáng chế có thể được áp dụng.

Mô tả chi tiết sáng chế

Một số phương án của sáng chế được mô tả chi tiết có dựa vào các hình vẽ kèm theo. Phần mô tả chi tiết sẽ được bộc lộ cùng với các hình vẽ kèm theo được dự định để mô tả một số phương án của sáng chế và không được dự định để mô tả phương án duy nhất của sáng chế. Phần mô tả chi tiết dưới đây bao gồm các nội dung chi tiết hơn để cung cấp cách hiểu đầy đủ về sáng chế. Tuy nhiên, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực tương ứng sẽ hiểu rằng sáng chế có thể được thực hiện mà không cần các nội dung chi tiết hơn đó.

Trong một số trường hợp, để tránh việc ý tưởng của sáng chế trở thành mơ hồ, các cấu trúc và các thiết bị đã biết được bỏ qua hoặc có thể được thể hiện ở dạng sơ đồ khối dựa trên các chức năng cốt lõi của mỗi cấu trúc và thiết bị.

Trong bản mô tả này, trạm gốc có ý nghĩa là nút đầu cuối của mạng mà qua đó trạm gốc truyền thông trực tiếp với thiết bị. Trong tài liệu này, hoạt động cụ thể được mô tả sẽ được thực hiện bởi trạm gốc có thể được thực hiện bởi nút phía trên của trạm gốc theo tình huống. Điều này có nghĩa là, hiển nhiên là trong mạng bao gồm các nút mạng bao gồm trạm gốc, các hoạt động khác nhau được thực hiện để truyền thông với thiết bị có thể được thực hiện bởi trạm gốc hoặc các nút mạng khác không phải là trạm gốc. Trạm gốc (BS) có thể được thay thế bằng một thuật ngữ khác, như trạm cố định, nút B, eNB (evolved-NodeB, nút B phát triển), hệ thống thu phát gốc (Base Transceiver System, BTS), điểm truy cập (access point, AP), hoặc gNB(next Generation NodeB, nút B thế hệ tiếp theo). Hơn nữa, thiết bị này có thể được cố định hoặc có thể có tính di động và có thể được thay thế bằng một thuật ngữ khác, như thiết bị người dùng (User Equipment, UE), trạm di động (Mobile Station, MS), thiết bị đầu cuối người dùng (User Terminal, UT), trạm thuê bao di động (Mobile Subscriber Station, MSS), trạm thuê bao (Subscriber Station, SS), trạm di động tiên tiến (Advanced Mobile Station, AMS), thiết bị đầu cuối vô tuyến (Wireless Terminal, WT), thiết bị truyền thông kiểu máy (Machine-Type Communication, MTC), thiết bị máy-đến-máy (Machine-to-Machine, M2M), hoặc thiết bị thiết bị-đến-thiết bị (Device-to-Device, D2D).

Dưới đây, đường xuống (downlink, DL) có nghĩa là truyền thông từ eNB đến UE, và đường lên (uplink, UL) có nghĩa là truyền thông từ UE đến eNB. Trong DL, bộ truyền

có thể là một phần của eNB, và bộ nhận có thể là một phần của UE. Trong UL, bộ truyền có thể là một phần của UE, và bộ nhận có thể là một phần của eNB.

Các thuật ngữ cụ thể được sử dụng trong phần mô tả sau đây đã được đưa ra để giúp hiểu về sáng chế, và việc sử dụng các thuật ngữ cụ thể này có thể được thay đổi ở các dạng khác nhau mà không nằm ngoài mục đích kỹ thuật của sáng chế.

Các kỹ thuật sau đây có thể được sử dụng trong nhiều hệ thống truyền thông vô tuyến, như đa truy cập chia mã (Code Division Multiple Access, CDMA), đa truy cập chia tần số (Frequency Division Multiple Access, FDMA), đa truy cập chia thời gian (Time Division Multiple Access, TDMA), đa truy cập chia tần số trực giao (Orthogonal Frequency Division Multiple Access, OFDMA), đa truy cập chia tần số một sóng mang (Single Carrier Frequency Division Multiple Access, SC-FDMA), và đa truy cập phi trực giao (non-orthogonal multiple access, NOMA). CDMA có thể được thực hiện nhờ sử dụng kỹ thuật radiô, như truy cập radiô mặt đất toàn cầu (Universal Terrestrial Radio Access, UTRA) hoặc CDMA2000. TDMA có thể được thực hiện nhờ sử dụng kỹ thuật radiô, như hệ thống toàn cầu cho truyền thông di động (Global System for Mobile communications, GSM)/dịch vụ radiô gói tổng hợp (General Packet Radio Service, GPRS)/tốc độ dữ liệu tăng cường cho GSM cải tiến (Enhanced Data rates for GSM Evolution, EDGE). OFDMA có thể được thực hiện nhờ sử dụng kỹ thuật radiô, như Viện kỹ thuật điện và điện tử (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) 802.11 (Wi-Fi), IEEE 802.16 (WiMAX), IEEE 802.20, hoặc UTRA phát triển (Evolved UTRA, E-UTRA). UTRA là một phần của hệ thống viễn thông di động toàn cầu (Universal Mobile Telecommunications System, UMTS). Phát triển dài hạn (Long Term Evolution, LTE) của dự án đối tác thế hệ thứ ba (3rd Generation Partnership Project, 3GPP) là một phần của UMTS phát triển (Evolved UMTS, E-UMTS) sử dụng truy cập radiô mặt đất UMTS phát triển (evolved UMTS Terrestrial Radio Access, E-UTRA), và nó tuân theo OFDMA trong đường xuống và tuân theo SC-FDMA trong đường lên. LTE tiên tiến (LTE-Advanced, LTE-A) là công nghệ phát triển của 3GPP LTE.

Các phương án của sáng chế có thể được hỗ trợ bởi các tài liệu tiêu chuẩn được bộc lộ trong ít nhất một trong số IEEE 802, 3GPP, và 3GPP2, điều này có nghĩa là, các

hệ thống truy cập radiô. Điều này có nghĩa là, các bước hoặc các phần thuộc về các phương án của sáng chế và không được mô tả để bộc lộ một cách rõ ràng mục đích kỹ thuật của sáng chế có thể được hỗ trợ bởi các tài liệu này. Hơn nữa, tất cả các thuật ngữ được bộc lộ trong tài liệu này có thể được mô tả bởi các tài liệu tiêu chuẩn.

Để làm cho phần mô tả rõ ràng hơn, 3GPP LTE/LTE-A/5G được mô tả chủ yếu, nhưng các đặc tính kỹ thuật của sáng chế không bị giới hạn ở đó.

Hệ thống chung mà sáng chế có thể được áp dụng vào

Fig.1 thể hiện cấu trúc của khung radiô trong hệ thống truyền thông vô tuyến mà một phương án của sáng chế có thể được áp dụng vào đó.

3GPP LTE/LTE-A hỗ trợ loại cấu trúc khung radiô 1 mà có thể được áp dụng vào song công chia tần số (Frequency Division Duplex, FDD) và cấu trúc khung radiô mà có thể được áp dụng vào song công chia thời gian (Time Division Duplex, TDD).

Kích thước của khung radiô trong miền thời gian được biểu diễn là bội số của đơn vị thời gian là $T_s = 1/(15000 \cdot 2048)$. Hoạt động truyền UL và DL bao gồm khung radiô có thời khoảng là $T_f = 307200 \cdot T_s = 10\text{ms}$.

Fig.1(a) lấy ví dụ loại cấu trúc khung radiô 1. Khung radiô loại 1 có thể được áp dụng vào cả song công hoàn toàn FDD lẫn bán song công FDD.

Khung radiô bao gồm 10 khung con. Khung radiô bao gồm 20 khe có độ dài $T_{\text{slot}} = 15360 \cdot T_s = 0,5\text{ ms}$, và từ 0 đến 19 chỉ số được trao cho mỗi khe trong số các khe. Một khung con bao gồm hai khe liên tiếp trong miền thời gian, và khung con i bao gồm khe $2i$ và khe $2i+1$. Thời gian cần để truyền khung con được gọi là khoảng thời gian truyền (transmission time interval, TTI). Ví dụ, độ dài của khung con i có thể là 1ms và độ dài của khe có thể là 0,5 ms.

Hoạt động truyền UL và hoạt động truyền DL I FDD được phân biệt trong miền tần số. Trong khi đó không có hạn chế trong song công hoàn toàn FDD, UE có thể không truyền và nhận đồng thời trong hoạt động bán song công FDD.

Một khe bao gồm các ký hiệu ghép kênh chia tần số trực giao (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) trong miền thời gian và bao gồm các khối tài nguyên (Resource Block, RB) trong miền tần số. Trong 3GPP LTE, các ký hiệu OFDM

được sử dụng để biểu diễn một khoảng thời gian ký hiệu do OFDMA được sử dụng trong đường xuống. Ký hiệu OFDM có thể được gọi là một ký hiệu SC-FDMA hoặc khoảng thời gian ký hiệu. RB là đơn vị cấp phát tài nguyên và bao gồm các sóng mang con liên kề trong một khe.

Fig.1(b) thể hiện loại cấu trúc khung 2.

Khung radiô loại 2 bao gồm hai nửa khung, mỗi nửa khung có độ dài là $153600 \cdot T_s = 5\text{ms}$. Mỗi nửa khung bao gồm 5 khung con có độ dài là $30720 \cdot T_s = 1\text{ms}$.

Trong loại cấu trúc khung 2 của hệ thống TDD, cấu hình đường lên-đường xuống là quy tắc chỉ báo liệu đường lên và đường xuống có được cấp phát (hoặc được dành riêng) cho tất cả các khung con.

Bảng 1 thể hiện cấu hình đường lên-đường xuống.

【Bảng 1】

Cấu hình đường lên-đường xuống	Tính chu kỳ điểm chuyển đường xuống-sang-đường lên	Số khung con									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	5ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	U
1	5ms	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D
2	5ms	D	S	U	D	D	D	S	U	D	D
3	10ms	D	S	U	U	U	D	D	D	D	D
4	10ms	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D
5	10ms	D	S	U	D	D	D	D	D	D	D
6	5ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D

Dựa vào bảng 1, trong mỗi khung con của khung radiô, 'D' là khung con dùng cho hoạt động truyền DL, 'U' là khung con dùng cho hoạt động truyền UL, và 'S' là khung

con đặc biệt bao gồm ba loại trường bao gồm khe thời gian hướng dẫn đường xuống (Downlink Pilot Time Slot, DwPTS), khoảng bảo vệ (Guard Period, GP), và khe thời gian hướng dẫn đường lên (Uplink Pilot Time Slot, UpPTS).

DwPTS được sử dụng cho việc tìm kiếm ô, đồng bộ hóa hoặc ước lượng kênh ban đầu trong UE. UpPTS được sử dụng để ước lượng kênh trong eNB và để đồng bộ hóa việc đồng bộ hóa hoạt động truyền UL của UE. GP là thời khoảng để loại bỏ nhiễu xảy ra trong UL do trễ đa đường của tín hiệu DL giữa UL và DL.

Mỗi khung con i bao gồm khe $2i$ và khe $2i+1$ là $T_{\text{slot}}=15360 \cdot T_s=0,5\text{ms}$.

Cấu hình UL-DL có thể được phân loại thành 7 loại, và vị trí và/hoặc số lượng khung con DL, khung con đặc biệt và khung con UL là khác nhau đối với mỗi cấu hình.

Bảng 2 thể hiện cấu hình (độ dài của DwPTS/GP/UpPTS) của khung con đặc biệt.

【Bảng 2】

Cấu hình khung con đặc biệt	Tiền tố vòng (cyclic prefix) thông thường trong đường xuống			Tiền tố vòng mở rộng trong đường xuống		
	DwPTS	UpPTS		DwPTS	UpPTS	
		Tiền tố vòng thông thường trong đường lên	Tiền tố vòng mở rộng trong đường lên		Tiền tố vòng thông thường trong đường lên	Tiền tố vòng mở rộng trong đường lên
0	$6592 \cdot T_s$	$2192 \cdot T_s$	$2560 \cdot T_s$	$7680 \cdot T_s$	$2192 \cdot T_s$	$2560 \cdot T_s$
1	$19760 \cdot T_s$			$20480 \cdot T_s$		
2	$21952 \cdot T_s$			$23040 \cdot T_s$		

3	$24144 \cdot T_s$			$25600 \cdot T_s$		
4	$26336 \cdot T_s$			$7680 \cdot T_s$		
5	$6592 \cdot T_s$	$4384 \cdot T_s$	$5120 \cdot T_s$	$20480 \cdot T_s$	$4384 \cdot T_s$	$5120 \cdot T_s$
6	$19760 \cdot T_s$			$23040 \cdot T_s$		
7	$21952 \cdot T_s$			-	-	-
8	$24144 \cdot T_s$			-	-	-

Cấu trúc của khung con radiô theo ví dụ trên Fig.1 chỉ là ví dụ, và số lượng sóng mang con có trong khung radiô, số lượng khe có trong khung con và số lượng ký hiệu OFDM có trong khe có thể được thay đổi theo nhiều cách khác nhau.

Fig.2 là hình vẽ minh họa lưới tài nguyên dùng cho một khe đường xuống trong hệ thống truyền thông vô tuyến mà một phương án của sáng chế có thể được áp dụng vào đó.

Dựa vào Fig.2, một khe đường xuống bao gồm các ký hiệu OFDM trong miền thời gian. Điều được mô tả ở đây là một khe đường xuống bao gồm 7 ký hiệu OFDMA và một khối tài nguyên bao gồm 12 sóng mang con chỉ nhằm mục đích làm ví dụ, và sáng chế không bị giới hạn ở đó.

Mỗi phần tử trên lưới tài nguyên được gọi là phần tử tài nguyên, và một khối tài nguyên (RB) bao gồm 12×7 phần tử tài nguyên. Số lượng RB N^{DL} có trong khe đường xuống phụ thuộc vào dải thông truyền đường xuống.

Cấu trúc của khe đường lên có thể giống như cấu trúc của khe đường xuống.

Fig.3 thể hiện cấu trúc của khung con đường xuống trong hệ thống truyền thông vô tuyến mà một phương án của sáng chế có thể được áp dụng vào đó.

Dựa vào Fig.3, tối đa ba ký hiệu OFDM nằm ở phần trước của khe thứ nhất của khung con tương ứng với vùng điều khiển trong đó các kênh điều khiển được cấp phát, và các ký hiệu OFDM còn lại tương ứng với vùng dữ liệu trong đó kênh chia sẻ đường xuống vật lý (physical downlink shared channel, PDSCH) được cấp phát. Các kênh điều

hiển đường xuống được sử dụng trong 3GPP LTE bao gồm, ví dụ, kênh chỉ báo định dạng điều khiển vật lý (physical control format indicator channel, PCFICH), kênh điều khiển đường xuống vật lý (physical downlink control channel, PDCCH), và kênh chỉ báo ARQ lai vật lý (physical hybrid-ARQ indicator channel, PHICH).

PCFICH được truyền trong ký hiệu OFDM thứ nhất của khung con và mang thông tin về số lượng ký hiệu OFDM (tức là, kích thước của vùng điều khiển) mà được sử dụng để truyền các kênh điều khiển trong khung con. PHICH là kênh hồi đáp dùng cho đường lên và mang tín hiệu báo nhận (ACK)/báo không nhận (NACK) dùng cho yêu cầu lặp tự động lai (Hybrid Automatic Repeat Request, HARQ). Thông tin điều khiển được truyền trong PDCCH được gọi là thông tin điều khiển đường xuống (downlink control information, DCI). DCI bao gồm thông tin cấp phát tài nguyên đường lên, thông tin cấp phát tài nguyên đường xuống, hoặc lệnh điều khiển công suất truyền (Tx) đường lên đối với nhóm UE cụ thể.

Fig.4 thể hiện cấu trúc của khung con đường lên trong hệ thống truyền thông vô tuyến mà một phương án của sáng chế có thể được áp dụng vào đó.

Dựa vào Fig.4, khung con đường lên có thể được chia thành vùng điều khiển và vùng dữ liệu trong miền tần số. Kênh điều khiển đường lên vật lý (physical uplink control channel, PUCCH) mang thông tin điều khiển đường lên được cấp phát cho vùng điều khiển. Kênh chia sẻ đường lên vật lý (Physical Uplink Shared Channel, PUSCH) mang dữ liệu người dùng được cấp phát cho vùng dữ liệu. Để duy trì đặc tính sóng mang đơn, một UE không gửi PUCCH và PUSCH đồng thời.

Cặp khối tài nguyên (RB) được cấp phát cho PUCCH đối với một UE trong một khung con. Các RB thuộc về cặp RB chiếm các sóng mang con khác nhau trong mỗi trong số 2 khe. Điều này được gọi là cặp RB được cấp phát cho PUCCH được nhảy tần ở biên khe.

Nhiều đầu vào nhiều đầu ra (Multi-Input Multi-Output, MIMO)

Kỹ thuật MIMO không sử dụng ăng ten đơn truyền và ăng ten đơn nhận mà đã thường được sử dụng từ trước đến nay, mà sử dụng ăng ten đa truyền (Tx) và ăng ten đa nhận (Rx). Nói cách khác, kỹ thuật MIMO là kỹ thuật để tăng khả năng hoặc nâng cao

hiệu năng nhờ sử dụng các ăng ten nhiều đầu vào/đầu ra ở phía truyền hoặc phía nhận của hệ thống truyền thông vô tuyến. Dưới đây, MIMO được gọi là “ăng ten nhiều đầu vào/đầu ra”.

Cụ thể hơn, kỹ thuật ăng ten nhiều đầu vào/đầu ra không phụ thuộc vào một đường ăng ten đơn để nhận một tin nhắn toàn bộ và hoàn thành toàn bộ dữ liệu bằng cách thu thập các dữ liệu được nhận qua một số ăng ten. Kết quả là, kỹ thuật ăng ten nhiều đầu vào/đầu ra có thể làm tăng tốc độ truyền dữ liệu trong phạm vi hệ thống cụ thể và cũng có thể làm tăng phạm vi hệ thống qua tốc độ truyền dữ liệu cụ thể.

Điều được mong đợi là kỹ thuật ăng ten nhiều đầu vào/đầu ra hiệu quả sẽ được sử dụng do kỹ thuật truyền thông di động thế hệ tiếp theo đòi hỏi tốc độ truyền dữ liệu cao hơn nhiều so với kỹ thuật truyền thông di động hiện có. Trong trường hợp đó, kỹ thuật truyền thông MIMO là kỹ thuật truyền thông di động thế hệ tiếp theo mà có thể được sử dụng rộng rãi trong UE truyền thông di động và nút chuyển tiếp và đã là tâm điểm như là kỹ thuật có thể khắc phục giới hạn đối với tốc độ truyền của một kỹ thuật truyền thông di động khác có thể quy cho sự mở rộng của truyền thông dữ liệu.

Trong khi đó, kỹ thuật ăng ten nhiều đầu vào/đầu ra (MIMO) trong số các kỹ thuật nâng cao hiệu quả truyền khác nhau mà đang được phát triển đã là tâm điểm nhất như là phương pháp có khả năng nâng cao đáng kể khả năng truyền thông và hiệu năng truyền/nhận ngay cả khi không có sự cấp phát các tần số bổ sung hoặc sự gia tăng công suất.

Fig.5 thể hiện cấu hình của hệ thống truyền thông MIMO đã biết.

Dựa vào Fig.5, nếu số lượng ăng ten truyền (Tx) được tăng lên đến N_T và số lượng ăng ten nhận (Rx) được tăng lên đến N_R đồng thời, khả năng truyền kênh lý thuyết được tăng lên tỷ lệ với số lượng ăng ten, không giống như trong trường hợp các ăng ten được sử dụng chỉ trong bộ truyền hoặc bộ nhận. Theo đó, tốc độ truyền có thể được nâng cao, và hiệu quả sử dụng phổ (frequency efficiency) có thể được nâng cao đáng kể. Trong trường hợp này, tốc độ truyền theo sự tăng lên của khả năng truyền kênh có thể được tăng lên về mặt lý thuyết theo giá trị thu được bằng cách nhân độ tăng sau đây R_i với tốc độ truyền tối đa R_o nếu một ăng ten được sử dụng.

Phương trình 1

$$R_i = \min(N_T, N_R)$$

Điều này có nghĩa là, trong hệ thống truyền thông MIMO sử dụng 4 ăng ten truyền và 4 ăng ten nhận, ví dụ, tốc độ truyền gấp bốn lần có thể thu được về mặt lý thuyết so với hệ thống một ăng ten.

Kỹ thuật ăng ten nhiều đầu vào/đầu ra này có thể được chia thành phương pháp phân tập không gian để làm tăng độ tin cậy truyền nhờ sử dụng các ký hiệu đi qua các tuyến kênh khác nhau và phương pháp ghép kênh không gian để nâng cao tốc độ truyền bằng cách gửi các ký hiệu dữ liệu đồng thời nhờ sử dụng các ăng ten truyền. Hơn nữa, nghiên cứu tích cực đang được thực hiện gần đây trên phương pháp để thu được một cách chính xác các ưu điểm của hai phương pháp này bằng cách kết hợp hai phương pháp này.

Mỗi phương pháp trong số các phương pháp này được mô tả chi tiết hơn dưới đây.

Thứ nhất, phương pháp phân tập không gian bao gồm phương pháp chuỗi mã khối không gian-thời gian (space-time block code-series) và phương pháp chuỗi mã Trelis không gian-thời gian (space-time Trelis code-series) sử dụng độ lợi phân tập và độ lợi mã hóa đồng thời. Nói chung, phương pháp chuỗi mã Trelis là tốt hơn xét về hiệu năng cải thiện tỷ lệ lỗi bit và mức độ tự do tạo mã, trong khi đó phương pháp chuỗi mã khối không gian-thời gian có độ phức tạp vận hành thấp. Độ lợi phân tập không gian này có thể tương ứng với lượng tương ứng với tích số ($N_T \times N_R$) của số lượng ăng ten truyền (N_T) và số lượng ăng ten nhận (N_R).

Thứ hai, sơ đồ ghép kênh không gian là phương pháp để gửi các luồng dữ liệu khác nhau trong các ăng ten truyền. Trong trường hợp này, trong bộ nhận, nhiều tương hỗ được sinh ra giữa dữ liệu được truyền bởi bộ truyền đồng thời. Bộ nhận loại bỏ nhiễu nhờ sử dụng sơ đồ xử lý tín hiệu chính xác và nhận dữ liệu. Phương pháp loại bỏ nhiễu âm được sử dụng trong trường hợp này có thể bao gồm bộ nhận phát hiện hợp lý cực đại (Maximum Likelihood Detection, MLD), bộ nhận cưỡng bức về không (Zero-Forcing, ZF), bộ nhận sai số bình phương trung bình tối thiểu (Minimum Mean Square Error, MMSE), Không gian-thời gian tạo lớp chéo của phòng thí nghiệm Bell (Diagonal-

Bell Laboratories Layered Space-Time, D-BLAST), và không gian-thời gian tạo lớp thẳng đứng của phòng thí nghiệm Bell (Vertical-Bell Laboratories Layered Space-Time, V-BLAST). Cụ thể, nếu phía truyền có thể nhận biết thông tin kênh, phương pháp khai triển giá trị suy biến (Singular Value Decomposition, SVD) có thể được sử dụng.

Thứ ba, có phương pháp sử dụng sự kết hợp của phân tập không gian và ghép kênh không gian. Nếu chỉ độ lợi phân tập không gian cần được thu nhận, độ lợi nâng cao hiệu năng theo sự tăng lên của sự chênh lệch phân tập được làm bão hòa dần. Nếu chỉ độ lợi ghép kênh không gian được sử dụng, thì độ tin cậy truyền trong kênh radiô bị giảm sút. Các phương pháp để giải quyết các vấn đề đó và thu nhận được hai độ lợi đó đã được nghiên cứu và có thể bao gồm phương pháp phân tập không gian-thời gian kép (double space-time transmit diversity, double-STTD) và điều biến được mã hóa đan xen bit không gian-thời gian (space-time bit interleaved coded modulation, STBICM).

Để mô tả phương pháp truyền thông trong hệ thống ăng ten nhiều đầu vào/đầu ra, như được mô tả trên đây, phương pháp truyền thông có thể được biểu diễn chi tiết hơn như sau thông qua mô hình hóa toán học.

Trước tiên, như được thể hiện trên Fig.5, giả sử rằng N_T ăng ten truyền và N_R ăng ten nhận có mặt.

Trước tiên, tín hiệu truyền được mô tả dưới đây. Nếu N_T ăng ten truyền có mặt như được mô tả trên đây, lượng thông tin tối đa có thể được truyền là N_T , mà có thể được biểu diễn nhờ sử dụng vectơ sau đây.

Phương trình 2

$$\mathbf{s} = [s_1, s_2, \dots, s_{N_T}]^T$$

Trong khi đó, công suất truyền có thể khác nhau trong mỗi thông tin trong số các thông tin truyền $s_1, s_2, \dots, s_{N_T}$. Trong trường hợp này, nếu các công suất truyền là $P_1, P_2, \dots, P_{N_T}$, thông tin truyền có công suất truyền được điều khiển có thể được biểu diễn nhờ sử dụng vectơ sau đây.

Phương trình 3

$$\hat{\mathbf{s}} = [\hat{s}_1, \hat{s}_2, \dots, \hat{s}_{N_T}]^T = [P_1 s_1, P_2 s_2, \dots, P_{N_T} s_{N_T}]^T$$

Hơn nữa, thông tin truyền có công suất truyền được điều khiển trong phương trình 3 có thể được biểu diễn như sau sử dụng ma trận đường chéo P của công suất truyền.

Phương trình 4

$$\hat{\mathbf{s}} = \begin{bmatrix} P_1 & & & 0 \\ & P_2 & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & P_{N_T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \vdots \\ s_{N_T} \end{bmatrix} = \mathbf{P}\mathbf{s}$$

Trong khi đó, vector thông tin có công suất truyền được điều khiển trong phương trình 4 được nhân với ma trận trọng số W , vì vậy tạo thành N_T tín hiệu truyền $x_1, x_2, \dots, x_{N_T}$ mà được truyền thực tế. Trong trường hợp này, ma trận trọng số thực hiện chức năng phân phối chính xác thông tin truyền đến các ăng ten theo điều kiện kênh vận chuyển (transport channel). Ma trận sau đây có thể được biểu diễn nhờ sử dụng các tín hiệu truyền $x_1, x_2, \dots, x_{N_T}$.

Phương trình 5

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_i \\ \vdots \\ x_{N_T} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1N_T} \\ w_{21} & w_{22} & \cdots & w_{2N_T} \\ \vdots & & \ddots & \\ w_{i1} & w_{i2} & \cdots & w_{iN_T} \\ \vdots & & \ddots & \\ w_{N_T1} & w_{N_T2} & \cdots & w_{N_TN_T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{s}_1 \\ \hat{s}_2 \\ \vdots \\ \hat{s}_j \\ \vdots \\ \hat{s}_{N_T} \end{bmatrix} = \mathbf{W}\hat{\mathbf{s}} = \mathbf{W}\mathbf{P}\mathbf{s}$$

Trong trường hợp này, w_{ij} biểu thị trọng số giữa ăng ten truyền thứ i và thông tin truyền thứ j , và W là cách thể hiện của ma trận của trọng số. Ma trận W này được gọi là ma trận trọng số hoặc ma trận tiền mã hóa.

Trong khi đó, tín hiệu truyền x , như được mô tả trên đây, có thể được coi là được sử dụng trong trường hợp phân tập không gian được sử dụng và trường hợp ghép kênh không gian được sử dụng.

Nếu ghép kênh không gian được sử dụng, tất cả các phần tử của vector thông tin s có các giá trị khác nhau do các tín hiệu khác nhau được ghép kênh và được truyền. Ngược lại, nếu phân tập không gian được sử dụng, tất cả các phần tử của vector thông tin s có cùng giá trị do cùng các tín hiệu được truyền qua một số tuyến kênh.

Phương pháp trộn ghép kênh không gian và phân tập không gian có thể được xét đến. Nói cách khác, cùng các tín hiệu có thể được truyền nhờ sử dụng phân tập không gian qua 3 ăng ten truyền, ví dụ, và các tín hiệu khác nhau còn lại có thể được ghép kênh không gian và được truyền.

Nếu N_R ăng ten nhận có mặt, các tín hiệu nhận $y_1, y_2, \dots, y_{NR}$ của các ăng ten tương ứng được biểu diễn như sau nhờ sử dụng vector y .

Phương trình 6

$$\mathbf{y} = [y_1, y_2, \dots, y_{N_R}]^T$$

Trong khi đó, nếu các kênh trong hệ thống truyền thông ăng ten nhiều đầu vào/đầu ra được tạo mô hình, các kênh có thể được phân loại theo các chỉ số ăng ten truyền/nhận. Kênh đi qua ăng ten nhận i từ ăng ten truyền j được biểu diễn là h_{ij} . Trong trường hợp này, cần lưu ý rằng theo thứ tự của chỉ số của h_{ij} , chỉ số của ăng ten nhận xuất hiện trước tiên và chỉ số của ăng ten truyền xuất hiện sau đó.

Một số kênh có thể được nhóm lại và được biểu diễn dưới dạng vector và ma trận. Ví dụ, cách biểu diễn vector được mô tả dưới đây.

Fig.6 là hình vẽ thể hiện kênh từ các ăng ten truyền đến ăng ten đơn nhận.

Như được thể hiện trên Fig.6, kênh từ tổng cộng N_T ăng ten truyền đến ăng ten nhận i có thể được biểu diễn như sau.

Phương trình 7

$$\mathbf{h}_i^T = [h_{i1}, h_{i2}, \dots, h_{iN_T}]$$

Hơn nữa, nếu tất cả các kênh từ N_T ăng ten truyền đến N_R ăng ten nhận được biểu diễn qua biểu thức ma trận, như phương trình 7, chúng có thể được biểu diễn như sau.

Phương trình 8

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} \mathbf{h}_1^T \\ \mathbf{h}_2^T \\ \vdots \\ \mathbf{h}_i^T \\ \vdots \\ \mathbf{h}_{N_R}^T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdots & h_{1N_T} \\ h_{21} & h_{22} & \cdots & h_{2N_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{i1} & h_{i2} & \cdots & h_{iN_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N_R1} & h_{N_R2} & \cdots & h_{N_RN_T} \end{bmatrix}$$

Trong khi đó, nhiễu âm Gausse trắng cộng sinh (Additive White Gaussian Noise, AWGN) được bổ sung vào kênh thực tế sau khi kênh thực tế trải qua ma trận kênh $\mathbf{H}$. Theo đó, AWGN $n_1, n_2, \dots, n_{N_R}$ được bổ sung vào N_R ăng ten nhận, một cách tương ứng, được biểu diễn nhờ sử dụng vector như sau.

Phương trình 9

$$\mathbf{n} = [n_1, n_2, \dots, n_{N_R}]^T$$

Tín hiệu truyền, tín hiệu nhận, kênh, AWGN trong hệ thống truyền thông ăng ten nhiều đầu vào/đầu ra có thể được biểu diễn để có mối liên hệ sau đây qua việc tạo mô hình tín hiệu truyền, tín hiệu nhận, kênh, và AWGN, như được mô tả trên đây.

Phương trình 10

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_i \\ \vdots \\ y_{N_R} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdots & h_{1N_T} \\ h_{21} & h_{22} & \cdots & h_{2N_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{i1} & h_{i2} & \cdots & h_{iN_T} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{N_R1} & h_{N_R2} & \cdots & h_{N_RN_T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_j \\ \vdots \\ x_{N_T} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_i \\ \vdots \\ n_{N_R} \end{bmatrix} = \mathbf{H}\mathbf{x} + \mathbf{n}$$

Trong khi đó, số lượng hàng và cột của ma trận kênh $\mathbf{H}$ chỉ báo trạng thái của các kênh được xác định bởi số lượng ăng ten truyền/nhận. Trong ma trận kênh $\mathbf{H}$, như được mô tả trên đây, số lượng hàng trở thành bằng số lượng ăng ten nhận N_R , và số lượng cột trở thành bằng số lượng ăng ten truyền N_T . Điều này có nghĩa là, ma trận kênh $\mathbf{H}$ trở thành ma trận $N_R \times N_T$.

Nói chung, hạng của ma trận được định nghĩa là số nhỏ nhất của số lượng hàng hoặc cột độc lập. Theo đó, hạng của ma trận không lớn hơn số lượng hàng hoặc cột. Đối với kiểu hình thức, ví dụ, hạng H của ma trận kênh $\mathbf{H}$ được giới hạn như sau.

Phương trình 11

$$\text{rank}(\mathbf{H}) \leq \min(N_T, N_R)$$

Hơn nữa, nếu ma trận được trải qua khai triển giá trị Eigen (Eigen value decomposition), hạng có thể được xác định là số lượng giá trị Eigen thuộc về các giá trị Eigen và khác 0. Tương tự, nếu hạng được trải qua khai triển giá trị suy biến (Singular Value Decomposition, SVD), nó có thể được xác định là số lượng giá trị suy biến mà không phải là 0. Theo đó, ý nghĩa vật lý của hạng trong ma trận kênh có thể được cho là số lớn nhất mà trên đó thông tin khác nhau có thể được truyền trong kênh đã cho.

Trong bản mô tả này, “hạng” dùng cho việc truyền MIMO chỉ báo số lượng tuyến mà qua đó các tín hiệu có thể được truyền độc lập tại một thời điểm cụ thể và một tài nguyên tần số cụ thể. “Số lượng lớp” chỉ báo số lượng luồng tín hiệu được truyền qua mỗi tuyến. Nói chung, hạng có ý nghĩa giống như số lượng lớp trừ khi được mô tả khác do phía truyền gửi số lượng lớp tương ứng với số lượng hạng được sử dụng trong việc truyền tín hiệu.

Tín hiệu chuẩn (Reference signal, RS)

Trong hệ thống truyền thông vô tuyến, tín hiệu có thể bị méo trong quá trình truyền do dữ liệu được truyền qua kênh radiô. Để phía nhận nhận chính xác tín hiệu bị méo, độ méo của tín hiệu nhận được cần phải được hiệu chỉnh nhờ sử dụng thông tin kênh. Để phát hiện thông tin kênh, phương pháp phát hiện thông tin kênh nhờ sử dụng mức độ méo của phương pháp truyền tín hiệu và tín hiệu đã được biết đến đối với cả phía truyền lẫn phía nhận khi chúng được truyền qua kênh được sử dụng chủ yếu. Tín hiệu nêu trên được gọi là tín hiệu hướng dẫn hoặc tín hiệu chuẩn (RS).

Hơn nữa, gần đây, khi hầu hết các hệ thống truyền thông di động truyền gói, chúng sử dụng phương pháp có khả năng nâng cao hiệu năng dữ liệu truyền/nhận bằng cách chấp nhận nhiều ăng ten truyền và nhiều ăng ten nhận thay vì sử dụng một ăng ten truyền và một ăng ten nhận đã được sử dụng từ trước đến nay. Khi dữ liệu được truyền và nhận nhờ sử dụng nhiều ăng ten vào/ra, trạng thái kênh giữa ăng ten truyền và ăng ten nhận phải được phát hiện để nhận chính xác tín hiệu. Theo đó, mỗi ăng ten truyền phải có tín hiệu chuẩn riêng.

Trong hệ thống truyền thông di động, RS có thể được chia về cơ bản thành hai loại phụ thuộc vào mục đích của nó. Có RS có mục đích là thu nhận thông tin trạng thái kênh và RS được sử dụng để giải điều biến dữ liệu. RS trước có mục đích là thu nhận, bởi UE, để thu nhận thông tin trạng thái kênh trong đường xuống. Theo đó, RS tương ứng phải được truyền trong dải rộng, và UE phải có khả năng nhận và đo RS mặc dù UE không nhận dữ liệu đường xuống trong khung con cụ thể. Hơn nữa, RS trước cũng được sử dụng để đo sự quản lý các tài nguyên radio (radio resources management, RRM) measurement, như chuyển giao. RS sau là RS được truyền cùng với các tài nguyên tương ứng khi eNB truyền đường xuống. UE có thể thực hiện việc ước lượng kênh bằng cách nhận RS tương ứng và vì vậy, có thể giải điều biến dữ liệu. RS tương ứng phải được truyền trong vùng trong đó dữ liệu được truyền.

RS đường xuống bao gồm một RS (CRS) chung dùng cho việc thu thập thông tin về trạng thái kênh được chia sẻ bởi tất cả các UE trong ô và đo, như chuyển giao, và RS (DRS) chuyên dụng được sử dụng để giải điều biến dữ liệu cho chỉ UE cụ thể. Thông tin để giải điều biến và đo kênh có thể được cung cấp nhờ sử dụng các RS này. Điều này có nghĩa là, DRS được sử dụng chỉ để giải điều biến dữ liệu, và CRS được sử dụng cho hai mục đích là thu thập thông tin kênh và giải điều biến dữ liệu.

Phía nhận (tức là, UE) đo trạng thái kênh dựa trên CRS và cấp bộ chỉ báo liên quan đến chất lượng kênh, như bộ chỉ báo chất lượng kênh (channel quality indicator, CQI), chỉ số ma trận tiền mã hóa (precoding matrix index, PMI) và/hoặc bộ chỉ báo hạng (Rank Indicator, RI), trở lại phía truyền (tức là, eNB). CRS cũng được gọi là RS riêng cho ô (cell-specific RS). Ngược lại, tín hiệu chuẩn liên quan đến việc phản hồi thông tin trạng thái kênh (CSI) có thể được xác định là CSI-RS.

DRS có thể được truyền qua các phần tử tài nguyên nếu dữ liệu trên PDSCH cần được giải điều biến. UE có thể nhận thông tin về việc liệu có DRS hay không thông qua lớp cao hơn, và DRS là hợp lệ chỉ khi PDSCH tương ứng đã được ánh xạ. DRS cũng có thể được gọi là RS riêng cho UE (UE-specific RS) hoặc RS giải điều biến (DMRS).

Cấu hình CSI-RS

Trong tiêu chuẩn LTE hiện nay, các thông số dùng cho cấu hình CSI-RS bao gồm antennaPortsCount, subframeConfig, resourceConfig, và tương tự. Các thông số này chỉ

báo số lượng cổng ăng ten mà qua đó CSI-RS được truyền, chu kỳ và độ lệch của khung con trong đó CSI-RS sẽ được truyền, vị trí (tức là, chỉ số tần số và ký hiệu OFDM) của phần tử tài nguyên (Resource Element, RE) trong đó CSI-RS được truyền trong khung con tương ứng, v.v.. Cụ thể, eNB chuyển tiếp thông số/thông tin về nội dung sau đây khi chỉ báo/chuyển tiếp cấu hình CSI-RS cụ thể đến UE.

- antennaPortsCount: Thông số biểu diễn số lượng cổng ăng ten được sử dụng để truyền các tín hiệu chuẩn CSI (ví dụ, 1 cổng CSI-RS port, 2 cổng CSI-RS, 4 cổng CSI-RS, hoặc 8 cổng CSI-RS)

- resourceConfig: Thông số liên quan đến vị trí tài nguyên cấp phát CSI-RS

- subframeConfig: Thông số liên quan đến chu kỳ và độ lệch của khung con trong đó CSI-RS sẽ được truyền

- p-c: Liên quan đến giả định của UE về công suất truyền PDSCH chuẩn đối với hồi tiếp CSI CSI-RS, P_c là tỷ lệ giả định của PDSCH EPRE với CSI-RS EPRE khi UE thu được hồi tiếp CSI và lấy các giá trị nằm trong đoạn $[-8, 15]$ dB với kích thước bước 1 dB

- zeroTxPowerResourceConfigList: Thông số liên quan đến CSI-RS công suất không (zero)

- zeroTxPowerSubframeConfig: Thông số liên quan đến chu kỳ và độ lệch của khung con trong đó CSI-RS công suất không (zero) sẽ được truyền

MIMO lớn

Hệ thống MIMO có nhiều ăng ten có thể được gọi hệ thống MIMO lớn và thu hút sự chú ý như là phương tiện để cải thiện hiệu quả phổ, hiệu suất năng lượng và độ phức tạp xử lý.

Gần đây, hệ thống MIMO lớn đã được thảo luận để đáp ứng các yêu cầu về hiệu quả phổ của các hệ thống truyền thông di động tương lai trong 3GPP. MIMO lớn cũng được gọi là MIMO đa chiều (full-dimension MIMO, FD-MIMO).

Bản phát hành 12 của LTE (LTE release-12) và các hệ thống truyền thông vô tuyến sau đây xem xét việc giới thiệu hệ thống ăng ten chủ động (AAS).

Phân biệt với các hệ thống ăng ten thụ động thông thường trong đó bộ khuếch đại có khả năng điều chỉnh pha và độ lớn của tín hiệu được tách từ ăng ten, AAS được tạo cấu hình theo cách mà mỗi ăng ten bao gồm phần tử chủ động như bộ khuếch đại.

AAS không cần thêm cáp, bộ nối và phần cứng để nối các bộ khuếch đại và các ăng ten và vì vậy có hiệu suất năng lượng cao và các chi phí vận hành thấp. Cụ thể, AAS hỗ trợ việc điều khiển chùm điện tử cho mỗi ăng ten và vì vậy có thể thực hiện MIMO cải tiến để tạo các mẫu hình chùm chính xác xét đến chiều chùm và độ rộng chùm hoặc các mẫu hình chùm 3D.

Cùng với việc giới thiệu các hệ thống ăng ten cải tiến như AAS, MIMO lớn có nhiều ăng ten vào/ra và cấu trúc ăng ten nhiều chiều cũng được xem xét. Ví dụ, khi mảng ăng ten 2D thay vì mảng ăng ten tuyến tính thông thường được tạo ra, mẫu hình chùm 3D có thể được tạo ra nhờ sử dụng các ăng ten chủ động của AAS.

Fig.7 minh họa 2D AAS có 64 phần tử ăng ten trong hệ thống truyền thông vô tuyến mà sáng chế có thể áp dụng được vào đó.

Fig.7 minh họa mảng ăng ten 2D thông thường. Trường hợp trong đó $N_t = N_v \cdot N_h$ ăng ten được bố trí theo hình vuông, như được thể hiện trên Fig.10, có thể được coi là. Ở đây, N_h chỉ báo số lượng cột ăng ten theo chiều ngang và N_v chỉ báo số lượng hàng ăng ten theo chiều thẳng đứng.

Khi mảng ăng ten 2D nêu trên được sử dụng, các sóng radio có thể được điều khiển theo cả chiều thẳng đứng (thẳng góc) và chiều ngang (phương vị) để điều khiển chùm được truyền trong không gian 3D. Cơ chế điều khiển bước sóng của loại này có thể được gọi là tạo chùm sóng 3D.

Fig.8 minh họa hệ thống trong đó eNB hoặc UE có nhiều ăng ten truyền/nhận có khả năng tạo các chùm sóng 3D dựa trên AAS trong hệ thống truyền thông vô tuyến mà sáng chế có thể áp dụng được vào đó.

Fig.8 khái quát hóa ví dụ được mô tả trên đây và minh họa hệ thống MIMO 3D sử dụng mảng ăng ten 2D (tức là, 2D-AAS).

Xét về các ăng ten truyền, sự tạo hình chùm chuẩn tĩnh (quasi-static) hoặc động theo chiều thẳng đứng cũng như chiều ngang của các chùm có thể được thực hiện khi

mẫu hình chùm 3D được sử dụng. Ví dụ, ứng dụng như tạo hình khu vực theo chiều thẳng đứng có thể được xem xét.

Xét về các ăng ten nhận, hiệu quả tăng công suất tín hiệu theo độ lợi mảng ăng ten có thể được mong đợi khi chùm đã nhận được tạo ra nhờ sử dụng ăng ten nhận lớn. Theo đó, trong trường hợp đường lên, eNB có thể nhận các tín hiệu được truyền từ UE qua các ăng ten, và UE có thể thiết lập công suất truyền của nó đến mức rất thấp xét đến độ lợi của ăng ten nhận lớn.

Fig.9 minh họa hệ thống ăng ten 2D có phân cực ngang trong hệ thống truyền thông vô tuyến mà sáng chế có thể áp dụng được vào đó.

Mô hình mảng ăng ten phẳng 2D xem xét sự phân cực có thể được khái quát hóa như được thể hiện trên Fig.9.

Phân biệt với các hệ thống MIMO thông thường sử dụng các ăng ten thụ động, các hệ thống dựa trên các ăng ten chủ động có thể điều khiển động các độ lợi của các phần tử ăng ten bằng cách đặt trọng số cho phần tử chủ động (ví dụ, bộ khuếch đại) được lắp vào (hoặc có trong) mỗi phần tử ăng ten. Do mẫu hình mức xạ phụ thuộc vào cách bố trí ăng ten như số lượng phần tử ăng ten và khoảng cách ăng ten, nên hệ thống ăng ten có thể được tạo mô hình tại mức phần tử ăng ten.

Mô hình bố trí ăng ten như được thể hiện trên Fig.9 có thể được biểu diễn bởi (M, N, P) mà tương ứng với các thông số định rõ đặc điểm cấu trúc cách bố trí ăng ten.

M chỉ báo số lượng phần tử ăng ten có cùng sự phân cực trong mỗi cột (tức là, theo chiều thẳng đứng) (tức là, số lượng phần tử ăng ten có độ dốc $+45^\circ$ trong mỗi cột hoặc số lượng phần tử ăng ten có độ dốc -45° trong mỗi cột).

N chỉ báo số lượng cột theo chiều ngang (tức là, số lượng phần tử ăng ten theo chiều ngang).

P chỉ báo số lượng chiều của sự phân cực. $P=2$ trong trường hợp phân cực ngang như được thể hiện trên Fig.8, trong khi đó $P=1$ trong trường hợp cùng phân cực.

Cổng ăng ten có thể được ánh xạ đến phần tử ăng ten vật lý. Cổng ăng ten có thể được xác định bởi tín hiệu chuẩn liên kết với nó. Ví dụ, cổng ăng ten 0 có thể được liên

kết với tín hiệu chuẩn riêng cho ô (cell-specific reference signal, CRS) và cổng ăng ten 6 có thể được liên kết với tín hiệu chuẩn định vị (PRS) trong hệ thống LTE.

Ví dụ, các cổng ăng ten và các phần tử ăng ten vật lý có thể được ánh xạ một-đến-một. Điều này có thể tương ứng với trường hợp trong đó một phần tử ăng ten phân cực ngang được sử dụng cho đường xuống MIMO hoặc sự phân tập truyền đường xuống. Ví dụ, cổng ăng ten 0 có thể được ánh xạ đến một phần tử ăng ten vật lý, trong khi đó cổng ăng ten 1 có thể được ánh xạ đến một phần tử ăng ten vật lý khác. Trong trường hợp này, có hai hoạt động truyền đường xuống trên phương diện UE. Một hoạt động truyền đường xuống được liên kết với tín hiệu chuẩn dùng cho cổng ăng ten 0 và hoạt động truyền đường xuống còn lại được liên kết với tín hiệu chuẩn cho cổng ăng ten 1.

Theo cách khác, một cổng ăng ten có thể được ánh xạ đến nhiều phần tử ăng ten vật lý. Điều này có thể tương ứng với trường hợp trong đó một cổng ăng ten được sử dụng để tạo chùm sóng. Việc tạo chùm sóng có thể làm cho hoạt động truyền đường xuống được định hướng đến UE cụ thể nhờ sử dụng nhiều phần tử ăng ten vật lý. Điều này có thể đạt được nhờ sử dụng mảng ăng ten bao gồm nhiều cột của nhiều phần tử ăng ten phân cực ngang nói chung. Trong trường hợp này, có một hoạt động truyền đường xuống bắt nguồn từ một cổng ăng ten trên phương diện UE. Một hoạt động truyền đường xuống được liên kết với CRS cho cổng ăng ten 0 và hoạt động truyền đường xuống còn lại được liên kết với CRS cho cổng ăng ten 1.

Điều này có nghĩa là, cổng ăng ten đại diện cho hoạt động truyền đường xuống trên phương diện UE hơn là hoạt động truyền đường xuống thực chất từ phần tử ăng ten vật lý trong eNB.

Theo cách khác, các cổng ăng ten có thể được sử dụng để truyền đường xuống và mỗi cổng ăng ten có thể là nhiều cổng ăng ten vật lý. Điều này có thể tương ứng với trường hợp trong đó cách bố trí ăng ten được sử dụng cho MIMO đường xuống hoặc phân tập đường xuống. Ví dụ, cổng ăng ten 0 có thể được ánh xạ đến nhiều cổng ăng ten vật lý và cổng ăng ten 1 có thể được ánh xạ đến nhiều cổng ăng ten vật lý. Trong trường hợp này, có hai hoạt động truyền đường xuống trên phương diện UE. Một hoạt động truyền đường xuống được liên kết với tín hiệu chuẩn dùng cho cổng ăng ten 0 và

hoạt động truyền đường xuống còn lại được liên kết với tín hiệu chuẩn cho công ăng ten 1.

Trong FD-MIMO, việc tiền mã hóa MIMO của luồng dữ liệu có thể được trải qua việc ảo hóa công ăng ten, ảo hóa bộ phận thu-phát (TXRU) và mẫu hình phân tử ăng ten.

Trong việc ảo hóa công ăng ten, luồng trên công ăng ten được tiền mã hóa trên TXRU. Trong việc ảo hóa TXRU, tín hiệu TXRU được tiền mã hóa trên phân tử ăng ten. Trong mẫu hình phân tử ăng ten, tín hiệu được bức xạ từ phân tử ăng ten có thể có mẫu hình độ lợi hướng tính.

Trong việc tạo mô hình bộ thu-phát thông thường, việc ánh xạ một-đến-một tĩnh giữa công ăng ten và TXRU được giả định và hiệu quả ảo hóa TXRU được tích hợp vào mẫu hình ăng ten (TXRU) bao gồm cả các hiệu quả của việc ảo hóa TXRU và mẫu hình phân tử ăng ten.

Việc ảo hóa công ăng ten có thể được thực hiện qua phương pháp chọn tần số. Trong LTE, công ăng ten được xác định cùng với tín hiệu chuẩn (hoặc hướng dẫn). Ví dụ, để truyền dữ liệu được tiền mã hóa trên công ăng ten, DMRS được truyền trong cùng dải thông với dải thông dùng cho tín hiệu dữ liệu và cả DMRS lẫn tín hiệu dữ liệu đều được tiền mã hóa qua cùng bộ tiền mã hóa (hoặc cùng việc tiền mã hóa ảo hóa TXRU). Để đo CSI, CSI-RS được truyền qua nhiều công ăng ten. Khi truyền CSI-RS, bộ tiền mã hóa mà định rõ đặc điểm việc ánh xạ giữa công CSI-RS và TXRU có thể được thiết kế như là ma trận riêng sao cho UE có thể ước lượng ma trận tiền mã hóa ảo hóa TXRU đối với vector tiền mã hóa dữ liệu.

Việc ảo hóa TXRU 1D và việc ảo hóa TXRU 2D được thảo luận dưới dạng các phương pháp ảo hóa TXRU, mà sẽ được mô tả dưới đây dựa vào các hình vẽ.

Fig.10 minh họa các mô hình bộ phận thu-phát trong hệ thống truyền thông vô tuyến mà sáng chế có thể áp dụng được vào đó.

Trong việc ảo hóa TXRU 1D, M_{TXRU} TXRU được liên kết với M phân tử ăng ten trong cách bố trí ăng ten một cột có cùng sự phân cực.

Trong việc ảo hóa TXRU 2D, mô hình TXRU tương ứng với mô hình bố trí ăng ten (M, N, P) trên FIG.8 có thể được biểu diễn bởi (M_TXRU, N, P) . Ở đây, M_TXRU biểu thị số lượng TXRU 2D có trong cùng cột và cùng sự phân cực, và luôn luôn là $M_TXRU \leq M$. Điều này có nghĩa là, tổng số TXRU là $M_TXRU \times N \times P$.

Các mô hình ảo hóa TXRU có thể được chia thành tùy chọn-1 của mô hình ảo hóa TXRU: mô hình phân chia mảng con như được thể hiện trên Fig.10(a) và tùy chọn-2 của mô hình ảo hóa TXRU: mô hình kết nối đầy đủ như được thể hiện trên Fig.10(b) theo sự tương quan giữa các phần tử ăng ten và TXRU.

Dựa vào Fig.10(a), các phần tử ăng ten được phân chia thành nhiều nhóm phần tử ăng ten và mỗi TXRU được kết nối với một nhóm trong số các nhóm này trong trường hợp mô hình phân chia mảng con.

Dựa vào Fig.10(b), nhiều tín hiệu TXRU được kết hợp và được truyền đến một phần tử ăng ten (hoặc mảng phần tử ăng ten) trong trường hợp mô hình kết nối đầy đủ.

Trên Fig.10, q là vector tín hiệu truyền của M phần tử ăng ten cùng phân cực trong một cột, w là vector trọng số ảo hóa TXRU dải rộng, W là ma trận trọng số ảo hóa TXRU dải rộng, và x là vector tín hiệu của các M_TXRU TXRU.

Ở đây, việc ánh xạ giữa các cổng ăng ten và các TXRU có thể là ánh xạ 1-đến-1 hoặc 1-đến-nhiều.

Fig.10 thể hiện một ví dụ về việc ánh xạ TXRU-đến-phần tử ăng ten và sáng chế không bị giới hạn ở đó. Sáng chế có thể được áp dụng đồng đều vào việc ánh xạ giữa các TXRU và các phần tử ăng ten được thực hiện theo nhiều cách khác nhau trên phương diện phần cứng.

Định nghĩa thông tin trạng thái kênh (Channel-State Information, CSI) – tín hiệu chuẩn (CSI-RS)

Đối với ô phục vụ và UE mà được tạo cấu hình với chế độ truyền 9, UE có thể được tạo cấu hình với một cấu hình tài nguyên CSI-RS. Đối với ô phục vụ và UE mà được tạo cấu hình với chế độ truyền 10, UE có thể được tạo cấu hình với một hoặc nhiều cấu hình tài nguyên CSI-RS. Các thông số sau đây mà UE giả định công suất truyền

khác không (zero) đối với CSI-RS được tạo cấu hình qua báo hiệu lớp cao hơn đối với mỗi cấu hình tài nguyên CSI-RS:

- Định danh cấu hình tài nguyên CSI-RS (khi UE được tạo cấu hình với chế độ truyền 10)
- Số lượng cổng CSI-RS
- Cấu hình CSI RS
- Cấu hình khung con CSI RS ($I_{\text{CSI-RS}}$)
- Việc giả định của UE đối với công suất truyền PDSCH chuẩn P_c để hồi tiếp CSI (khi UE được tạo cấu hình với chế độ truyền 9)
- Việc giả định của UE đối với công suất truyền PDSCH chuẩn P_c để hồi tiếp CSI cho mỗi quy trình CSI, khi UE được tạo cấu hình với chế độ truyền 10. Trong trường hợp các tập hợp khung con CSI $C_{\text{CSI},0}$ và $C_{\text{CSI},1}$ được tạo cấu hình nhờ báo hiệu lớp cao hơn đối với một quy trình CSI, P_c được tạo cấu hình cho mỗi tập hợp trong số các tập hợp khung con CSI của quy trình CSI tương ứng.
- Thông số sinh dãy giả ngẫu nhiên (n_{ID})
- Thông số loại CDM, khi UE được tạo cấu hình với thông số lớp cao hơn CSI-Reporting-Type và CSI-Reporting-Type được thiết lập ở 'CẤP A' ('CLASS A') cho quy trình CSI.
- Thông số lớp cao hơn qcl-CRS-Info-r11, khi UE được tạo cấu hình với chế độ truyền 10, việc giả định của UE về loại QCL B của cổng ăng ten CRS mà có các thông số và các cổng ăng ten CSI-RS sau đây:

- qcl-ScramblingIdentity-r11.
- crs-PortsCount-r11.
- mbsfn-SubframeConfigList-r11.

P_c là tỷ lệ được giả định của PDSCH EPRE so với CSI-RS EPRE khi UE thu được hồi tiếp CSI và lấy một giá trị nằm trong đoạn $[-8, 15]$ dB với kích thước bước 1 dB. Ở đây, PDSCH EPRE tương ứng với số ký hiệu dùng cho tỷ lệ của PDSCH EPRE so với RS EPRE riêng cho ô.

UE không mong đợi cấu hình của CSI-RS và PMCH trong cùng một khung con của ô phục vụ.

Đối với ô phục vụ loại cấu trúc khung 2 và 4 cổng CRS, UE không mong đợi nhận chỉ số cấu hình CSI-RS đã thuộc về tập hợp [20-31] cho trường hợp CP bình thường hoặc tập hợp [16-27] cho trường hợp CP mở rộng.

UE có thể giả định rằng công ăng ten CSI-RS của cấu hình tài nguyên CSI-RS ở trong QCL dùng cho trải trễ (delay spread), trải Doppler (Doppler spread), dịch chuyển Doppler (Doppler shift), độ lợi trung bình (average gain) và trễ trung bình (average delay).

UE được tạo cấu hình với chế độ truyền 10 và loại QCL B có thể giả định rằng các công ăng ten từ 0 đến 3 được liên kết với qcl-CRS-Info-r11 tương ứng với cấu hình tài nguyên CSI-RS và các công ăng ten từ 15 đến 22 tương ứng với cấu hình tài nguyên CSI-RS ở trong QCL dùng cho dịch chuyển Doppler và trải Doppler.

UE được tạo cấu hình với chế độ truyền 10 và thông số lớp cao hơn CSI-Reporting-Type, CSI-Reporting-Type được thiết lập ở ‘cấp B’ (‘class B’) trong đó số lượng tài nguyên CSI được tạo cấu hình được tạo cấu hình cho quy trình CSI là một hoặc nhiều, và loại QCL B được thiết lập, UE không mong đợi nhận cấu hình tài nguyên CSI-RS cho quy trình CSI mà có giá trị khác của thông số lớp cao hơn qcl-CRS-Info-r11.

Trong khung con được xây dựng/tạo cấu hình để truyền CSI-RS, dãy tín hiệu chuẩn $r_{l,n_s}(m)$ có thể được ánh xạ đến các ký hiệu điều biến có giá trị phức $a_{k,l}^{(p)}$ mà được sử dụng làm các ký hiệu chuẩn của công ăng ten p. Việc ánh xạ này phụ thuộc vào thông số lớp cao hơn CDMType.

Trong trường hợp CDMType không tương ứng với CDM4, việc ánh xạ có thể được thực hiện theo phương trình 12 dưới đây.

[Phương trình 12]

$$a_{k,l}^{(p')} = w_{l''} \cdot r_{l,n_s}(m')$$

$$\begin{aligned}
k &= k' + 12m + \begin{cases} -0 & \text{for } p' \in \{15,16\}, \text{tiền tố vòng thông thường} \\ -6 & \text{for } p' \in \{17,18\}, \text{tiền tố vòng thông thường} \\ -1 & \text{for } p' \in \{19,20\}, \text{tiền tố vòng thông thường} \\ -7 & \text{for } p' \in \{21,22\}, \text{tiền tố vòng thông thường} \\ -0 & \text{for } p' \in \{15,16\}, \text{tiền tố vòng mở rộng} \\ -3 & \text{for } p' \in \{17,18\}, \text{tiền tố vòng mở rộng} \\ -6 & \text{for } p' \in \{19,20\}, \text{tiền tố vòng mở rộng} \\ -9 & \text{for } p' \in \{21,22\}, \text{tiền tố vòng mở rộng} \end{cases} \\
l &= l' + \begin{cases} l'' & \text{Các cấu hình tín hiệu chuẩn CSI 0-19, tiền tố vòng thông thường} \\ 2l'' & \text{Các cấu hình tín hiệu chuẩn CSI 20-31, tiền tố vòng thông thường} \\ l'' & \text{Các cấu hình tín hiệu chuẩn CSI 0-27, tiền tố vòng mở rộng} \end{cases} \\
w_{l''} &= \begin{cases} 1 & p' \in \{15,17,19,21\} \\ (-1)^{l''} & p' \in \{16,18,20,22\} \end{cases} \\
l'' &= 0,1 \\
m &= 0,1,\dots, N_{\text{RB}}^{\text{DL}} - 1 \\
m' &= m + \left\lfloor \frac{N_{\text{RB}}^{\text{max,DL}} - N_{\text{RB}}^{\text{DL}}}{2} \right\rfloor
\end{aligned}$$

Trong trường hợp CDMType tương ứng với CDM 4, việc ánh xạ có thể được thực hiện theo phương trình 13 dưới đây.

[Phương trình 13]

$$a_{k,l}^{(p')} = w_{p'}(i) \cdot r_{l,n_s}(m')$$

$$\begin{aligned}
k &= k' + 12m - \begin{cases} k'' & \text{for } p' \in \{15,16,19,20\}, \text{tiền tố vòng thông thường, } N_{\text{ports}}^{\text{CSI}} = 8 \\ k'' + 6 & \text{for } p' \in \{17,18,21,22\}, \text{tiền tố vòng thông thường, } N_{\text{ports}}^{\text{CSI}} = 8 \\ 6k'' & \text{for } p' \in \{15,16,17,18\}, \text{tiền tố vòng thông thường, } N_{\text{ports}}^{\text{CSI}} = 4 \end{cases} \\
l &= l' + \begin{cases} l'' & \text{Các cấu hình tín hiệu chuẩn CSI 0-19, tiền tố vòng thông thường} \\ 2l'' & \text{Các cấu hình tín hiệu chuẩn CSI 20-31, tiền tố vòng thông thường} \end{cases} \\
l'' &= 0,1 \\
k'' &= 0,1 \\
i &= 2k'' + l'' \\
m &= 0,1,\dots, N_{\text{RB}}^{\text{DL}} - 1 \\
m' &= m + \left\lfloor \frac{N_{\text{RB}}^{\text{max,DL}} - N_{\text{RB}}^{\text{DL}}}{2} \right\rfloor
\end{aligned}$$

$w_{p'}(i)$ trong phương trình 13 được xác định bởi bảng 6 dưới đây. Bảng 3 biểu diễn chuỗi $w_{p'}(i)$ đối với CDM 4.

[Bảng 3]

p'		$[w_{p'}(0) \ w_{p'}(1) \ w_{p'}(2) \ w_{p'}(3)]$
$N_{\text{ports}}^{\text{CSI}} = 4$	$N_{\text{ports}}^{\text{CSI}} = 8$	
15	15.17	$[1 \ 1 \ 1 \ 1]$
16	16.18	$[1 \ -1 \ 1 \ -1]$
17	19.21	$[1 \ 1 \ -1 \ -1]$
18	20.22	$[1 \ -1 \ -1 \ 1]$

Tổ hợp số học (numerology) OFDM

Do càng ngày càng nhiều thiết bị truyền thông đòi hỏi khả năng truyền thông lớn hơn, nên nhu cầu về truyền thông dải rộng di động được cải tiến hơn so với kỹ thuật truy cập radiô (Radio Access Technology, RAT) sẵn có đã được đề xuất. Ngoài ra, MTC (Machine Type Communications, truyền thông kiểu máy) lớn mà cung cấp các dịch vụ khác nhau mọi lúc và mọi nơi bằng cách kết nối các thiết bị và các đối tượng cũng là một trong số các vấn đề quan trọng được xem xét trong truyền thông thế hệ tiếp theo. Ngoài ra, điều đã được thảo luận là thiết kế của hệ thống truyền thông trong đó dịch vụ và/hoặc UE nhạy với độ tin cậy và độ trễ. Như vậy, việc giới thiệu RAT thế hệ tiếp theo hiện đã được thảo luận, mà xem xét truyền thông dải rộng di động cải tiến, MTC lớn, truyền thông độ trễ thấp và cực kỳ đáng tin cậy (Ultra-Reliable and Low Latency Communication, URLLC), và tương tự, và kỹ thuật này được gọi chung là ‘RAT mới (new RAT, NR)’.

Hệ thống RAT mới sử dụng sơ đồ truyền OFDM hoặc sơ đồ truyền tương tự, tiêu biểu là, tổ hợp số học OFDM được thể hiện trong bảng 4 dưới đây

[Bảng 4]

Thông số	giá trị
Khoảng cách sóng mang con(Δf)	60kHz
Độ dài ký hiệu OFDM	16,33 μ s
Độ dài tiền tố vòng (Cyclic Prefix, CP)	1,30 μ s/1,17 μ s
Dải thông hệ thống	80MHz
Số lượng các sóng mang con sẵn có	1200
Độ dài khung con	0,25ms
Số lượng ký hiệu OFDM tính trên một khung con	14 ký hiệu

Cấu trúc khung con độc lập

Trong hệ thống TDD, để tối thiểu hóa độ trễ truyền dữ liệu, cấu trúc khung con độc lập mà kênh điều khiển và kênh dữ liệu được ghép kênh chia thời gian (TDM) như được thể hiện trên Fig.11 đã được xem xét trong RAT mới thế hệ thứ 5 (5 Generation new RAT).

Fig.11 minh họa cấu trúc khung con độc lập mà sáng chế có thể được áp dụng vào.

Khu vực phủ bóng trên FIG.11 thể hiện vùng vận chuyển của PDCCH kênh vật lý để chuyển tiếp DCI, và khu vực đậm thể hiện vùng vận chuyển của PUCCH kênh vật lý để chuyển tiếp thông tin điều khiển đường lên (UCI).

Thông tin điều khiển mà eNB chuyển tiếp đến UE qua DCI bao gồm thông tin về cấu hình ô mà UE cần biết, thông tin riêng cho DL như lập lịch DL, và tương tự, và/hoặc thông tin riêng cho UL như cấp UL. Hơn nữa, thông tin điều khiển mà eNB chuyển tiếp đến UE qua UCI bao gồm báo cáo ACK/NACK của HARQ đối với dữ liệu DL, báo cáo CSI đối với trạng thái kênh DL, và/hoặc yêu cầu lập lịch (Scheduling Request, SR), v.v..

Khu vực không được đánh dấu trên FIG.11 có thể được sử dụng cho vùng vận chuyển của PDSCH kênh vật lý dùng cho dữ liệu đường xuống (downlink, DL) và vùng vận chuyển của PUSCH kênh vật lý dùng cho dữ liệu đường lên (uplink, UL). Trong các đặc tính của cấu trúc này, hoạt động truyền DL và hoạt động truyền UL có thể được tiến hành tuần tự trong khung con (subfram, SF), dữ liệu DL có thể được truyền, và ACK/NACK của UL có thể được nhận trong SF tương ứng. Do đó, theo cấu trúc này, thời gian cần để truyền lại dữ liệu được giảm bớt khi lỗi truyền dữ liệu xảy ra, và do đó, trễ cho đến khi việc chuyển tiếp dữ liệu cuối cùng có thể được giảm thiểu.

Trong cấu trúc khung con độc lập này, khe thời gian được đòi hỏi cho quy trình mà eNB và UE chuyển từ chế độ truyền sang chế độ nhận hoặc quy trình mà eNB và UE chuyển từ chế độ nhận sang chế độ truyền. Về việc này, một phần của các ký hiệu OFDM vào thời điểm chuyển từ DL sang UL có thể được thiết lập là GP, và loại khung con này có thể được gọi là 'SF độc lập'.

Tạo chùm sóng tương tự

Trong dải sóng milimet (Millimeter Wave, mmW), bước sóng trở thành ngắn và việc lắp đặt các phần tử ăng ten là khả dụng trong cùng khu vực. Điều này có nghĩa là, bước sóng trong dải 30 GHz là 1 cm, và theo đó, việc lắp đặt tổng cộng 64(8X8) phần tử ăng ten là khả dụng theo hình dạng sắp xếp 2 chiều với các khoảng 0,5 lamda (bước sóng) trong panen 5 nhân 5 cm. Do đó, trong dải mmW, độ lợi tạo chùm sóng (beamforming, BF) được tăng lên bằng cách sử dụng các phần tử ăng ten, và theo đó, vùng phủ sóng được tăng lên hoặc lưu lượng trở thành cao hơn.

Trong trường hợp này, mỗi phần tử ăng ten có bộ phận thu-phát (TXRU) sao cho nó khả dụng để điều chỉnh công suất truyền và pha, và việc tạo chùm sóng độc lập là khả dụng đối với mỗi tài nguyên tần số. Tuy nhiên, có vấn đề là hiệu quả bị giảm sút về khía cạnh chi phí khi các TXRU được lắp đặt trong tổng cộng khoảng 100 phần tử ăng ten. Theo đó, một phương pháp đã được xem xét để ánh xạ các phần tử ăng ten trong một TXRU và để điều chỉnh chiều của chùm sóng bởi bộ dịch pha tương tự. Kỹ thuật tạo chùm sóng tương tự này có thể tạo ra chỉ một chiều chùm trên khắp toàn bộ dải, và có nhược điểm là việc tạo chùm sóng chọn tần số là không khả dụng.

Đối với hình thức trung dung giữa BF số BF và BF tương tự, số lượng B của BF lai có thể được xem xét mà nhỏ hơn số lượng Q của phân tử ăng ten. Trong trường hợp này, các chiều của các chùm sóng mà có thể được truyền đồng thời được giới hạn nhỏ hơn số lượng B; thậm chí nó được thay đổi theo sơ đồ kết nối giữa B TXRU và Q phân tử ăng ten.

Ngoài ra, trong trường hợp nhiều ăng ten được sử dụng trong hệ thống RAT mới, kỹ thuật tạo chùm sóng lai đã xuất hiện, trong đó việc tạo chùm sóng số và việc tạo chùm sóng tương tự được kết hợp. Trong trường hợp này, việc tạo chùm sóng tương tự (hoặc tạo chùm sóng tần số radio (RF)) có nghĩa là công đoạn thực hiện tiền mã hóa (hoặc kết hợp) trong thiết bị đầu cuối RF. Trong kỹ thuật tạo chùm sóng lai, mỗi thiết bị đầu cuối trong số thiết bị đầu cuối dải gốc và thiết bị đầu cuối RF thực hiện tiền mã hóa (hoặc kết hợp), và do đó, có ưu điểm là hiệu năng gần như tạo chùm sóng số có thể đạt được trong khi số lượng chuỗi RF (RF chain) và số lượng bộ chuyển đổi số (D)/tương tự (A) (hoặc A/D) được giảm bớt. Để tiện cho việc mô tả, cấu trúc tạo chùm sóng lai có thể được biểu diễn bởi N bộ phận thu-phát (TXRU) và M ăng ten vật lý. Sau đó, việc tạo chùm sóng số đối với L lớp dữ liệu mà sẽ được truyền trong bộ truyền có thể được biểu diễn bởi ma trận N nhân L. Sau đó, việc tạo chùm sóng tương tự được áp dụng mà N tín hiệu số được biến đổi thành các tín hiệu tương tự qua TXRU, và sau đó được biểu diễn bởi ma trận M nhân N.

Fig.12 là hình vẽ minh họa giản lược cấu trúc tạo chùm sóng lai (hybrid beamforming) theo khía cạnh của TXRU và ăng ten vật lý. Fig.12 lấy ví dụ trường hợp số lượng chùm số là L và số lượng chùm tương tự là N.

Trong hệ thống RAT mới, chiều đã được xem xét: được thiết kế là eNB có thể thay đổi việc tạo chùm sóng tương tự trong khối ký hiệu, và việc tạo chùm sóng hiệu quả hơn được hỗ trợ cho UE nằm trong khu vực cụ thể. Hơn nữa, khi N TXRU cụ thể và M ăng ten RF được thể hiện trên FIG.12 được xác định là một panen ăng ten, trong hệ thống RAT mới, cách giới thiệu nhiều panen ăng ten cũng đã được xem xét, mà việc tạo chùm sóng lai độc lập có thể được áp dụng.

Trong trường hợp eNB sử dụng các chùm tương tự, chùm tương tự có lợi để nhận tín hiệu có thể được thay đổi theo mỗi UE. Theo đó, hoạt động quét chùm sóng đã được

xem xét mà đối với ít nhất tín hiệu đồng bộ hóa, thông tin hệ thống, tìm gọi, và tương tự, các chùm tương tự mà eNB sẽ áp dụng trong khung con (SF) cụ thể được thay đổi cho mỗi ký hiệu sao cho tất cả UE có các sự thay đổi nhận.

Fig.13 là hình vẽ minh họa giản lược tín hiệu đồng bộ hóa trong quy trình truyền DL và hoạt động quét chùm sóng cho thông tin hệ thống.

Tài nguyên vật lý (hoặc kênh vật lý) mà trên đó thông tin hệ thống của hệ thống RAT mới được truyền trên FIG.13 được gọi là kênh phát rộng vật lý x (xPBCH).

Dựa vào Fig.13, các chùm tương tự thuộc về các panen ăng ten khác nhau trong một ký hiệu có thể được truyền đồng thời. Để đo kênh đối với mỗi chùm tương tự, như được thể hiện trên Fig.13, việc giới thiệu RS chùm (beam RS, BRS) đã được thảo luận mà RS chùm (BRS) được giới thiệu, là RS mà một chùm tương tự (tương ứng với panen ăng ten cụ thể) được áp dụng vào và được truyền đến. BRS có thể được xác định đối với các cổng ăng ten, và mỗi cổng ăng ten của BRS có thể tương ứng với một chùm tương tự. Lúc này, khác với BRS, tín hiệu đồng bộ hóa hoặc xPBCH có thể được truyền và tất cả các chùm tương tự trong nhóm chùm tương tự có thể được áp dụng để được nhận tốt bởi UE tùy ý.

Đo RRM trong LTE

Hệ thống LTE hỗ trợ hoạt động RRM để điều khiển công suất, lập lịch, tìm kiếm ô, tìm kiếm lại ô, chuyển giao, liên kết radiô hoặc giám sát kết nối, thiết lập/thiết lập lại kết nối, v.v.. Ô phục vụ có thể yêu cầu thông tin đo RRM, mà là giá trị đo để thực hiện hoạt động RRM đối với UE. Tiêu biểu là, trong hệ thống LTE, UE có thể đo/thu nhận thông tin như công suất nhận tín hiệu chuẩn (reference signal received power, RSRP), chất lượng nhận tín hiệu chuẩn (reference signal received quality, RSRQ), và tương tự và thông báo điều này. Cụ thể, trong hệ thống LTE, UE nhận 'measConfig' như là tín hiệu lớp cao hơn dùng cho việc đo RRM từ ô phục vụ. UE có thể đo RSRP hoặc RSRQ theo thông tin của 'measConfig'. Ở đây, định nghĩa của RSRP, RSRQ và RSSI theo tài liệu TS 36.214 của hệ thống LTE như sau.

[RSRP]

Công suất nhận tín hiệu chuẩn (RSRP) được xác định là trung bình tuyến tính trên các sự đóng góp công suất (theo [W]) của các phần tử tài nguyên mà mang RS riêng cho ô (CRS) trong tần số dải thông đo được xem xét. Để xác định RSRP, CRS R0 theo TS 36.211 [3] sẽ được sử dụng. Trong trường hợp UE có thể phát hiện một cách tin cậy rằng R1 là khả dụng, nó có thể sử dụng R1 ngoài R0 để xác định RSRP.

Điểm chuẩn đối với RSRP sẽ là bộ nối ăng ten của UE.

Trong trường hợp phân tập bộ nhận đang được sử dụng bởi UE, giá trị báo cáo sẽ không nhỏ hơn RSRP tương ứng của nhánh phân tập bất kỳ trong số các nhánh phân tập riêng.

[RSRQ]

Chất lượng nhận tín hiệu chuẩn (RSRQ) được xác định là tỷ lệ $N \times \text{RSRP} / (\text{RSSI}$ sóng mang của E-UTRA) (tức là, RSSI sóng mang của E-UTRA so với $N \times \text{RSRP}$), trong đó N là số lượng RB của dải thông đo RSSI sóng mang của E-UTRA. Các phép đo theo tử số và mẫu số sẽ được thực hiện trên cùng tập hợp của các khối tài nguyên.

Bộ chỉ báo cường độ tín hiệu nhận (Received Signal Strength Indicator, RSSI) sóng mang của E-UTRA có thể bao gồm trung bình tuyến tính của tổng công suất nhận (theo [W]) được theo dõi chỉ trong các ký hiệu OFDM chứa các ký hiệu chuẩn cho công ăng ten 0, trong dải thông đo, qua số lượng N khối tài nguyên bởi UE từ tất cả các nguồn (bao gồm các ô phục vụ cùng kênh và không phục vụ), nhiễu kênh, nhiễu nhiệt, và tương tự. Trong trường hợp báo hiệu lớp cao hơn chỉ báo các khung con nhất định để thực hiện các phép đo RSRQ, RSSI có thể được đo trên tất cả các ký hiệu OFDM trong các khung con được chỉ báo.

Điểm chuẩn dùng cho RSRQ sẽ là bộ nối ăng ten của UE.

Trong trường hợp phân tập bộ nhận đang được sử dụng bởi UE, giá trị báo cáo sẽ không nhỏ hơn RSRQ tương ứng của nhánh phân tập bất kỳ trong số các nhánh phân tập riêng.

[RSSI]

RSSI có thể tương ứng với công suất dải rộng nhận được bao gồm nhiễu nhiệt và nhiễu âm được tạo ra trong bộ nhận trong dải thông được xác định bởi bộ lọc sửa dạng xung của bộ nhận.

Điểm chuẩn để đo sẽ là bộ nối ăng ten của UE.

Trong trường hợp phân tập bộ nhận đang được sử dụng bởi UE, giá trị báo cáo sẽ không nhỏ hơn RSSI sóng mang của UTRA tương ứng của nhánh bất kỳ trong số các nhánh ăng ten nhận riêng.

Theo cách xác định này, UE hoạt động trong hệ thống LTE có thể được phép đo RSRP trong dải thông tương ứng với một trong số 6, 15, 25, 50, 75, và 100 RB (khối tài nguyên), qua phần tử thông tin (information element, IE) liên quan đến dải thông đo được truyền trong loại khối thông tin hệ thống 3 (system information block type 3, SIB3) trong trường hợp đo nội tần số (Intra-frequency), và qua dải thông đo được phép được truyền trong loại khối thông tin hệ thống 5 (SIB5) trong trường hợp đo liên tần số (Inter-frequency). Theo cách khác, trong trường hợp IE không tồn tại, UE có thể đo trong dải tần số của toàn bộ hệ thống DL như mặc định. Lúc này, trong trường hợp UE nhận dải thông đo được phép, UE có thể coi giá trị tương ứng là dải thông đo tối đa và có thể đo giá trị RSRP một cách tự do trong dải thông/giá trị tương ứng. Tuy nhiên, để ô phục vụ truyền IE được xác định là dải rộng (WB)-RSRQ và tạo cấu hình dải thông đo được phép ở 50 RB hoặc nhiều hơn, UE sẽ tính toán giá trị RSRP cho toàn bộ dải thông đo được phép. Trong khi đó, RSSI có thể được đo trong dải tần số mà bộ nhận của UE có theo sự xác định của dải thông RSSI.

Fig.14 minh họa mảng ăng ten dạng panen mà sáng chế có thể được áp dụng vào.

Dựa vào Fig.14, mảng ăng ten dạng panen bao gồm số lượng M_g panen trong miền nằm ngang và số lượng N_g panen trong miền thẳng đứng, và một panen có thể bao gồm M cột và N hàng. Cụ thể, trên hình vẽ này, panen được thể hiện dựa trên ăng ten phân cực ngang (X-pol). Theo đó, tổng số lượng phần tử ăng ten có thể là $2 \cdot M \cdot N \cdot M_g \cdot N_g$.

Đề xuất về sách mã mới

Dưới đây, thiết kế sách mã mới để tiền mã hóa UL được đề xuất trong môi trường giống như RAT mới. Ngoài ra, giới hạn tập con sách mã UL cũng được đề xuất.

Như được thể hiện trên Fig.14, chức năng nhiều panen được hỗ trợ trong RAT mới, nhưng theo sáng chế, thiết kế sách mã được đề xuất bằng cách ưu tiên xem xét một panen để tiện cho việc mô tả.

Chùm biến đổi Fourier rời rạc 2D có thể được xác định như phương trình 14, mà có thể được áp dụng vào mảng ăng ten 2D trong một panen.

[Phương trình 14]

$$\mathbf{W}_{m_1, m_2} = \frac{\mathbf{v}_{m_1} \otimes \mathbf{u}_{m_2}}{\sqrt{N_1 N_2}}$$

$$\mathbf{v}_{m_1} = \left[1 \quad \exp(j \frac{2\pi m_1}{o_1 N_1}) \quad \cdots \quad \exp(j \frac{2\pi m_1 (N_1 - 1)}{o_1 N_1}) \right]^T$$

$$\mathbf{u}_{m_2} = \left[1 \quad \exp(j \frac{2\pi m_2}{o_2 N_2}) \quad \cdots \quad \exp(j \frac{2\pi m_2 (N_2 - 1)}{o_2 N_2}) \right]^T$$

Ở đây, m_1 và m_2 lần lượt tương ứng với các chỉ số sách mã 1D-DFT của các miền thứ nhất và thứ hai. Ngoài ra, N_1 và N_2 lần lượt tương ứng với số lượng công ăng ten đối với mỗi sự phân cực của chiều thứ nhất và chiều thứ hai trong panen, và o_1 và o_2 lần lượt tương ứng với các hệ số dư mẫu (oversampling factor) của chiều thứ nhất và chiều thứ hai trong panen.

Sách mã được đề xuất như trong phương trình 14 tuân theo cấu trúc giai đoạn kép như được biểu diễn trong phương trình 15.

[Phương trình 15]

$$\mathbf{W} = \mathbf{W}_1 \mathbf{W}_2$$

Ở đây, $\mathbf{W}_1$ (PMI thứ nhất) là thuộc tính của dải hạn/dải rộng, và thực hiện vai trò của việc tạo nhóm chùm và/hoặc việc điều khiển công suất dải rộng cho mỗi chùm là chủ yếu. $\mathbf{W}_2$ (PMI thứ hai) là thuộc tính của ngắn hạn/dải con, và thực hiện vai trò của việc chọn chùm trong nhóm chùm được chọn bởi $\mathbf{W}_1$ và làm đồng pha đối với mỗi sự phân cực của các công ăng ten có sự phân cực ngang.

Bảng 5 lấy ví dụ sách mã UL của LTE để truyền trên các công ăng ten {20, 21}.

[Bảng 5]

Chỉ số sách mã	Số lượng lớp	
	$\nu=1$	$\nu=2$
0	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$
1	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$	-
2	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}$	-
3	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix}$	-
4	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	-
5	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$	-

Bảng 6 lấy ví dụ sách mã UL của LTE để truyền trên các công ăng ten {40, 41, 42, 43} với $\nu=1$.

[Bảng 6]

Chỉ số sách mã	Số lượng lớp $\nu=1$							
0 – 7	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ j \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -j \\ -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ j \\ 1 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ j \\ j \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ j \\ -1 \\ -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ j \\ -j \\ -1 \end{bmatrix}$
8 – 15	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ j \\ -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -j \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \\ 1 \\ -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \\ j \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \\ -1 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \\ -j \\ 1 \end{bmatrix}$
16 – 23	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ j \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -j \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ -j \end{bmatrix}$

Bảng 7 lấy ví dụ sách mã UL của LTE để truyền trên các công ăng ten {40, 41, 42, 43} với $\nu=2$.

[Bảng 7]

Chỉ số sách mã	Số lượng lớp $\nu=2$			
0 – 3	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$
4 – 7	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$
8 – 11	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$
12 – 15	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$

Bảng 8 lấy ví dụ sách mã UL của LTE để truyền trên các công ăng ten {40, 41, 42, 43} với $\nu=3$.

[Bảng 8]

Chỉ số sách mã	Số lượng lớp $\nu=3$			
0 – 3	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
4 – 7	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
8 – 11	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

Bảng 9 lấy ví dụ sách mã UL của LTE để truyền trên các công ăng ten {40, 41, 42, 43} với $\nu=4$.

[Bảng 9]

Chỉ số sách mã	Số lượng lớp $\nu=4$
0	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

NR có thể hỗ trợ việc UE có thể báo cáo khả năng đối với một số lượng lớp không gian tối đa (N) đối với hoạt động truyền UL.

Ngoài ra, NR hỗ trợ sách mã UL đối với UE dựa trên hiệu năng được báo cáo, và ít nhất một trong số các vấn đề sau đây có thể được hỗ trợ.

- Alt1: Mạng lần lượt tạo cấu hình nhiều sách mã tương ứng với số lượng công ăng ten.

- Alt2: Mạng tạo cấu hình sách mã thay đổi được/lồng mà hỗ trợ số lượng công ăng ten thay đổi.

- Alt3: Mạng tạo cấu hình sách mã mà giống như khả năng của UE.

- Alt4. UE khuyến nghị tập con của (các) sách mã. Alt này có thể có trong ít nhất một trong số các Alt được mô tả trên đây.

o Sách mã tương ứng với các công ăng ten TX của số đã cho có thể được cố định ở sách mã cụ thể hoặc tạo cấu hình được.

Đối với cấu trúc sách mã UL, ít nhất một trong số hai loại có thể được hỗ trợ.

- Alt 0: Sách mã trạng thái đơn

- Alt 1: Sách mã trạng thái kép

Khi sách mã UL được thiết kế, việc sử dụng lại sách mã LTE, ảnh hưởng đối với nhiều panen, và tương tự sẽ được xem xét.

Trong NR, đối với dạng sóng cho UL, cả ghép kênh chia tần số trực giao tiền tổ vòng (Cyclic Prefix Orthogonal Frequency Division Multiplexing, CP-OFDM) lẫn DFTs-OFDM có thể được sử dụng. Do dạng sóng như DFTs-OFDM được xem xét trong LTE, nên đó là mục đích thiết kế chính để làm giảm tỷ số công suất đỉnh trên công suất

trung bình (peak-to-average power ratio, PAPR) khi xét đến thuộc tính sóng mang đơn. Kết quả là, trong LTE, sách mã có thuộc tính của việc bảo toàn số đo thành phần lập phương (cubic metric) được sử dụng. Sách mã này có thuộc tính là tổng công suất lớp cho mỗi cổng được tạo cấu hình để giống nhau đối với hạng >1 và từ mã (ví dụ, không nhất quán/một phần) được bao gồm, mà có thể ngắt (hoặc không chọn/không kích hoạt) cổng ăng ten cụ thể (phần tử ăng ten trong một số trường hợp, nhưng dưới đây, được gọi chung là ‘cổng’, để tiện cho việc mô tả) đối với hạng $=1$.

Sáng chế đề xuất việc xây dựng/cấu hình/sơ đồ ứng dụng sách mã UL mà có thể được áp dụng vào hệ thống truyền thông vô tuyến mới.

Trước khi mô tả điều này, dựa vào Fig.15, quy trình truyền dữ liệu UL giản lược được mô tả giữa UE và gNB.

Fig.15 minh họa quy trình truyền dữ liệu UL giản lược giữa UE và gNB mà có thể được áp dụng vào sáng chế.

1) UE thực hiện việc báo cáo (hiệu năng) đối với hoạt động truyền tín hiệu chuẩn thăm dò (Sounding Reference Signal, SRS)/cấu hình sách mã của UE. Lúc này, thông tin mà UE có thể báo cáo có thể bao gồm số lượng cổng ăng ten (tối đa) trong panen (hoặc nhóm cổng), số panen (hoặc nhóm cổng, dưới đây, được gọi chung là ‘panen’), công suất tính Rx (ví dụ, liệu có thể tính sách mã phức tạp như sách mã DL loại II hay không, hoặc liệu có hỗ trợ tiền mã hóa phi tuyến hay không, v.v.), số lượng cổng được khuyến nghị của UE cho việc truyền SRS và/hoặc sách mã, thông tin dạng sóng (ví dụ, thông tin về việc liệu đó là CP-OFDM hay DFTs-OFDM) và/hoặc liệu có truyền nhiều panen hay không, và tương tự.

2) gNB có thể chỉ báo thông tin về cấu hình (các) tài nguyên SRS cho UE nhờ sử dụng điều khiển tài nguyên radiô (Radio Resource Control, RRC), DCI và/hoặc MAC CE, v.v. sử dụng thông tin được báo cáo từ UE. Trong trường hợp này, thông tin về cấu hình (các) tài nguyên SRS có thể bao gồm số lượng tài nguyên SRS (N), số lượng cổng vận chuyển (x_i) ($i=0, \dots, N-1$) của SRS thứ i và/hoặc thông tin tạo chùm sóng tương tự của mỗi tài nguyên SRS, và tương tự.

3) UE truyền SRS đến gNB nhờ sử dụng thông tin về cấu hình SRS được nhận từ gNB.

4) gNB có thể thực hiện đo kênh và/hoặc tính CSI (bộ chỉ báo tài nguyên SRS (SRS Resource Indicator, SRS), CQI, RI, bộ chỉ báo ma trận tiền mã hóa truyền (Transmitted Precoding Matrix Indicator, TPMI), v.v.) sử dụng SRS được truyền từ UE, và thông báo thông tin, MCS và/hoặc thông tin công suất UL, và tương tự cho UE qua việc cấp phép UL, và tương tự. Lúc này, ngay cả trong trường hợp gNB nhận SRS qua cổng X, gNB có thể thông báo thông tin về MCS và TPMI/RI v.v., mà được tính nhờ sử dụng TPMI/RI của cổng Y.

5) UE có thể thực hiện hoạt động truyền dữ liệu UL nhờ sử dụng thông tin nhận được.

Trong trường hợp UE có nhiều panen (hoặc nhóm cổng ăng ten, dưới đây, được gọi chung là ‘panen’), các yếu tố sẽ được xem xét đối với thiết kế sách mã như sau:

- Số panen được hỗ trợ trong sách mã UL
- Số lượng cổng hỗ trợ cho mỗi panen
- Liệu UE có thể có số lượng cổng khác nhau đối với mỗi panen hay không

Trong trường hợp sách mã được thiết kế bằng cách xem xét tất cả các thông số, thiết kế sách mã có thể trở thành rất khó. Theo đó, sáng chế đề xuất thiết kế sách mã giả định một panen (được xác định là nhóm của các cổng mà tỷ số tín hiệu trên nhiễu cộng nhiễu âm (signal-to-interference-plus-noise ratio, SINR) của nó là tương tự, dưới đây, được gọi chung là ‘panen’). Mỗi panen có thể được gắn chặt/được liên kết với tài nguyên SRS, và số lượng cổng ăng ten trong mỗi panen có thể được gắn chặt/được liên kết với số lượng cổng SRS trong mỗi tài nguyên SRS.

Theo đó, việc chọn panen có thể được thực hiện bởi một chỉ báo SRI được nhận từ gNB. Trong trường hợp này, PMI/RI/MCS tương ứng với số lượng cổng SRS của SRI được chỉ báo có thể được chỉ báo cho UE. Trong trường hợp nhiều sách mã (ứng viên) được chỉ báo trong UL, gNB cũng có thể chỉ báo cấu hình sách mã cho UE. Và/hoặc, trong trường hợp sách mã thích hợp với CP-OFDM, mà là dạng sóng mặc định, và sách mã thích hợp với DFTs-OFDM được thiết kế khác nhau, UE có thể chỉ báo dạng sóng

để sử dụng và sách mã tương ứng với dạng sóng cho UE theo cách bổ sung, bằng cách xem xét nhiều kênh đo được, và tương tự. Và/hoặc việc sử dụng thông tin MCS (SINR hoặc CQI) được chỉ báo, UE (ví dụ/tức là, UE mà dạng hình học của nó là kém) mà MCS (SINR hoặc CQI) của nó là ngưỡng cụ thể hoặc nhỏ hơn có thể hoạt động dựa trên DFTs-OFDM, và có thể sử dụng sách mã thích hợp.

Dưới đây, trường hợp mà gNB chỉ báo M ($M > 1$) tài nguyên SRS cho UE được mô tả. Trong trường hợp này, gNB có thể chỉ báo các SRI một cách rõ ràng cho UE với sơ đồ như ảnh nhị phân (bitmap), hoặc có thể chỉ báo việc sử dụng M lần cắt giảm/tạo nhóm SRS (tài nguyên) được chọn trong số N SRS (tài nguyên) được tạo cấu hình hoàn toàn cho UE.

Ví dụ, trường hợp mà số lượng tài nguyên SRS được chỉ báo là 2 ($M = 2$) được mô tả. Lúc này, giả sử rằng mỗi tài nguyên lần lượt có X_i ($i=0, 1$) cổng SRS, như được mô tả dưới đây.

- Tài nguyên SRS được tạo cấu hình 0 (cổng X_0) cho Panen 0,
- Tài nguyên SRS được tạo cấu hình 1 (cổng X_1) cho Panen 1

Lúc này, UE có thể khuyến nghị số cổng, và tương tự được biểu diễn bởi X_0, X_1 cho gNB (ví dụ, khi báo cáo hiệu năng). Trong trường hợp hai tài nguyên SRS được tạo cấu hình/áp dụng vào UE, UE có thể nhận dạng là hai panen được sử dụng, và tính toán PMI cuối cùng bằng cách tạo cấu hình sách mã nhiều panen. Trong trường hợp các số cổng X_0 và X_1 là giống nhau, sách mã cuối cùng

$\begin{bmatrix} \mathbf{v}_0 \\ \mathbf{v}_1 \end{bmatrix}$ where $\mathbf{v}_i \in C^{X_i \times 1}$ ($i = 0, 1$), $\mathbf{v}_i^H \mathbf{v}_i = 1$ có thể được tạo cấu hình sử dụng PMI (tức

là, $\mathbf{v}_0, \mathbf{v}_1$ cho hạng 1) được chỉ báo đối với mỗi tài nguyên trong cùng sách mã.

Đối với trường hợp cấu hình panen của UE, để truyền/nhận tín hiệu theo tất cả các chiều, các chiều ngược hướng của cấu hình (ví dụ, trong trường hợp có hai panen ăng ten của UE) có thể được xem xét. Trong trường hợp này, do chiều về phía gNB, góc đi (angle of departure, AoD), góc đến (Angle of Arrival, AoA), thiên đỉnh của góc đi (zenith of departure angle, ZoD) và/hoặc độ trễ có thể được thay đổi, việc hiệu chỉnh panen trở thành được đòi hỏi thêm. Giá trị hiệu chỉnh panen này có thể được biểu diễn

là $\gamma = \alpha \exp(j\theta)$. Ở đây, α (e.g., $\alpha \in \{1, \sqrt{0.5}, \sqrt{0.25}, 0\}$) có thể là biên độ và θ (e.g., QPSK or 8PSK) có thể là pha, và gNB có thể chỉ báo thông tin thêm cho UE. Lúc này, để tiện cho việc báo hiệu, ví dụ, gNB có thể chỉ báo tài nguyên SRS được tạo cấu hình có thứ tự thứ 0 có thể được giả định là tài nguyên chuẩn, và chỉ pha và/hoặc thông tin biên độ $\gamma = \alpha \exp(j\theta)$ dùng cho tài nguyên SRS được tạo cấu hình có thứ tự thứ nhất cho UE. Trong trường hợp này, sách mã cuối cùng có thể được tạo cấu hình dưới dạng $\begin{bmatrix} \mathbf{v}_0 \\ \gamma \mathbf{v}_1 \end{bmatrix}$.

Đối với hạng 2, sách mã cuối cùng có thể được tạo cấu hình là $\begin{bmatrix} \mathbf{v}_0 & \mathbf{v}_0 \\ \gamma \mathbf{v}_1 & -\gamma \mathbf{v}_1 \end{bmatrix}$. Theo cách khác, sách mã cuối cùng được tạo cấu hình là $\begin{bmatrix} \mathbf{V}_0^{(2)} \\ \gamma \mathbf{V}_1^{(2)} \end{bmatrix}$ where $\mathbf{V}_i^{(2)} \in C^{X_i \times 2}$ ($i = 0, 1$), và trong trường hợp này, tốt hơn là $\mathbf{V}_i^{(2)}$ trực giao với nhau cho mỗi lớp. Sách mã được biểu diễn dưới dạng sách mã trong đó sự chuẩn hóa không được thực hiện, và trong trường hợp sự chuẩn hóa cột được thực hiện, $\frac{1}{\sqrt{1+\gamma^2}}$ có thể được nhân vào sách mã. Ví dụ, hạng 2 của sách mã DL của LTE có thể được áp dụng.

Sơ đồ này là cấu trúc của sử dụng cùng một sự đồng pha cho mỗi lớp/mỗi panen, và theo đó, sự giảm sút hiệu năng được lường trước. Theo đó, sáng chế đề xuất tạo cấu hình giá trị hiệu chỉnh kênh $\gamma_i = \alpha_i \exp(j\theta_i)$ ($i = 0, 1$) một cách độc lập cho mỗi lớp để hỗ trợ hạng 2. γ_i bao gồm pha và/hoặc thông tin biên độ. Giá trị hiệu chỉnh kênh sẽ được áp dụng vào chỉ WB, và phần tải dữ liệu có thể được giảm bớt đến mức tối đa. Theo cách khác, giá trị hiệu chỉnh kênh sẽ được áp dụng vào SB, và hiệu năng có thể được tối đa hóa. Theo cách khác, các thành phần biên độ và pha có thể được áp dụng cùng với việc được tách bởi WB/SB (hoặc SB/WB). Theo cách khác, số lượng bit tương ứng với WB và SB được cấp phát/tạo cấu hình khác nhau (ví dụ, WB=2bit, SB=1bit), kích thước phần tải dữ liệu và hiệu năng có thể được cân bằng.

[Phương trình 16]

$$\begin{bmatrix} \mathbf{v}_{00}^{(2)} & \mathbf{v}_{01}^{(2)} \\ \gamma_0 \mathbf{v}_{10}^{(2)} & \gamma_1 \mathbf{v}_{11}^{(2)} \end{bmatrix} \text{ trong đó } \mathbf{V}_i^{(2)} = \begin{bmatrix} \mathbf{v}_{i0}^{(2)} & \mathbf{v}_{i1}^{(2)} \end{bmatrix} \in C^{X_i \times 2} \quad (i = 0, 1)$$

Trong trường hợp thiết kế theo phương trình 16, có vấn đề là giá trị hiệu chỉnh panen được tăng lên khi lớp tăng lên. Để giải quyết vấn đề này, hoạt động truyền được thực hiện dựa trên hoạt động CoMP như truyền dẫn chung (joint transmission, JT) nhất quán và/hoặc không nhất quán, và tương tự, sơ đồ giới hạn hạng truyền ở 2 có thể được đề xuất. Theo cách khác, trong trường hợp sách mã được sử dụng trong hoạt động truyền dựa trên hoạt động CoMP như JT nhất quán và/hoặc không nhất quán, tương tự như ‘sách mã Cấp A DL của LTE - cấu hình 1’, thiết kế sách mã có thể được giới hạn để tạo cấu hình hạng 2 với chỉ sự kết hợp của các chùm sóng đồng nhất. Trong trường hợp này, không quan tâm đến hạng 1 và hạng 2, giá trị hiệu chỉnh panen, $\gamma = \alpha \exp(j\theta)$ có thể được sử dụng.

Các cấu trúc hạng 1 và hạng 2 của sách mã-cấu hình 1 như được biểu diễn trong phương trình 17 dưới đây.

[Phương trình 17]

$$\text{Hạng 1 : } \begin{bmatrix} \mathbf{v}_0 \\ \phi_n \mathbf{v}_0 \end{bmatrix}, \text{ Hạng 2 : } \begin{bmatrix} \mathbf{v}_0 & \mathbf{v}_0 \\ \phi_n \mathbf{v}_0 & -\phi_n \mathbf{v}_0 \end{bmatrix}$$

Trong trường hợp cấu trúc sách mã được sử dụng trong một panen được tạo cấu hình với sách mã giai đoạn kép $W=W1W2$) để tiền mã hóa có lựa chọn tần số, giá trị hiệu chỉnh $\gamma = \alpha \exp(j\theta)$ cho panen có thể được truyền cùng với $W1$. Và/hoặc, đối với trường hợp mà độ chọn lọc tần số là lớn đối với mỗi SB, $\gamma = \alpha \exp(j\theta)$ có thể được truyền cùng với $W2$. Và/hoặc, đối với chỉ báo TMPI hiệu quả, biên độ có thể được chỉ báo bởi $W1$ (khối WB hoặc dải một phần (partial band, PB)), và pha có thể được chỉ báo bởi $W2$ (khối SB).

Sơ đồ được mô tả trên đây cũng có thể được áp dụng vào hoạt động truyền định kỳ và bán cố định cũng như hoạt động truyền phi chu kỳ (dựa trên việc cấp phép UL). Ngoài ra, sơ đồ được đề xuất được mô tả chủ yếu cùng với sách mã UL, nhưng rõ ràng là sơ đồ này cũng có thể được tạo cấu hình/áp dụng giống hệt/tương tự cho sách mã DL có nhiều panen.

Trong trường hợp gNB chỉ báo SRI, MCS và/hoặc TPMI+RI cùng với việc cấp phép UL, các tùy chọn sau đây có thể được xem xét.

1. Phân tải dữ liệu DCI thay đổi theo # của (các) tài nguyên SRS: Các tùy chọn sau đây có thể được xem xét như là một ví dụ về hai SRS được tạo cấu hình được mô tả trên đây.

1-A: (SRI=0) + (TPMI0) + (SRI=1) + (TPMI1) + MCS (ví dụ, dựa trên CQI) + RI: Trong trường hợp phương pháp này, CQI được tính bằng cách xem xét một TPMI kết hợp (TPMI0+TPMI1) xét đến nhiều panen (trong trường hợp này, PMI hiệu chỉnh panen được đề xuất có thể được xem xét thêm), và dựa trên điều này, MCS có thể được tính toán. JT không nhất quán (hoặc JT nhất quán, trong trường hợp PMI hiệu chỉnh panen được xem xét thêm) có thể được xem xét làm trường hợp sử dụng tiêu biểu.

1-B. (SRI=0) + (SRI=1) + TPMI + MCS (ví dụ, dựa trên CQI) + RI: Trong trường hợp phương pháp này, CQI được tính bằng cách chọn/áp dụng TPMI trong sách mã tương ứng với một số cổng SRS kết hợp xét đến nhiều panen (nhiều nhóm cổng), và dựa trên điều này, MCS có thể được tính toán. JT nhất quán có thể được xem xét làm trường hợp sử dụng tiêu biểu.

1-C. (SRI=0+TPMI0+RI0+MCS0 (tương ứng với SINR0))+ (SRI=1+TPMI1+RI1+MCS1 (tương ứng với SINR1)): Trong trường hợp phương pháp này, MCS có thể được tính toán cho mỗi tài nguyên. Về việc này, gNB chỉ báo MCS0 được tính toán cho UE bằng cách sử dụng TPMI0 tương ứng với tài nguyên SRS chuẩn, và MCS1 có thể được chỉ báo cho UE bằng cách sử dụng MCS khác thể hiện sự chênh lệch giữa SINR và SINR0 khi TPMI kết hợp được sử dụng. Lúc này, RI cũng có thể được tạo cấu hình/chỉ báo bởi RI chuẩn và RI khác tương tự như MCS, và chỉ một RI đầy đủ có thể được tạo cấu hình/chỉ báo như trong trường hợp 1-A.

2. Kích thước DCI chung: Trong trường hợp phương pháp này, kích thước DCI đối với chỉ báo SRI, MCS và/hoặc TPMI/RI có thể được thiết lập ở giá trị tối đa, ví dụ, có thể được tạo cấu hình/chỉ báo là định dạng như (mã hóa liên kết của hai chỉ báo SRI) + (mã hóa liên kết của hai chỉ báo TPMI) + MCS + RI + TPMI bổ sung (ví dụ, $(\gamma = \alpha \exp(j\theta))$).

Trong trường hợp nhiều SRI được sử dụng như được mô tả trong phương pháp này, trường SRI có thể được tạo cấu hình như được biểu diễn trong bảng 10, ví dụ. Bảng 10 thể hiện ví dụ cấu hình của trường SRI 2 bit, và giả sử rằng (các tài nguyên SRS 1, 2, 3 và 4) được tồn tại dưới dạng tài nguyên SRS tạo cấu hình được.

[Bảng 10]

Trạng thái	Số tài nguyên SRS
00	1
01	1,2
10	1,3
11	1,2,3,4

Trong bảng 10, điều được giả định là sử dụng SRI 2-bit, ở đây, trạng thái “00” tương ứng với tài nguyên SRS được ưu tiên nhất hoặc một sự lựa chọn tương ứng với panen được ưu tiên nhất, trạng thái “01” hoặc “10” tương ứng với tập con của toàn bộ tập hợp tài nguyên SRS trong đó hai tài nguyên SRS được ưu tiên được truyền theo kiểu hợp tác như JT không nhất quán/nhất quán, và tương tự, và trạng thái “11” tương ứng với toàn bộ tài nguyên SRS trong đó tất cả tài nguyên SRS được tạo cấu hình được truyền theo kiểu hợp tác như JT không nhất quán/nhất quán, và tương tự.

Trong trường hợp mỗi trạng thái được sử dụng chỉ cho việc sử dụng sự lựa chọn tài nguyên cụ thể, mỗi trạng thái có thể được tạo cấu hình/áp dụng với chỉ một giá trị của tài nguyên được tạo cấu hình/chọn như được biểu diễn trong bảng 11.

[Bảng 11]

Trạng thái	Số tài nguyên SRS
00	1
01	2
10	3
11	4

Thông tin về việc chọn tài nguyên SRS tương ứng với trạng thái có thể được tạo cấu hình/áp dụng bằng cách sử dụng MAC CE, và tương tự. Trong trường hợp các tài

nguyên SRS được tạo cấu hình cho UE, kích thước của TPMI có thể được tạo cấu hình/áp dụng thay đổi theo tài nguyên SRS được tạo cấu hình.

Như được mô tả trên đây, định dạng DCI của UL được tạo cấu hình/áp dụng theo số lượng tài nguyên SRS (và/hoặc trạng thái của trường SRI) được chỉ báo qua trường SRI có thể được lấy làm ví dụ như dưới đây, và nó này có thể được liên kết/gắn kết với SRS được chỉ báo hoặc có thể được liên kết/gắn kết với SRI bằng cách báo hiệu riêng lẻ. Và/hoặc ít nhất một phần của thông tin được báo hiệu bởi định dạng DCI của UL có thể được chỉ báo bằng cách báo hiệu riêng lẻ.

1. Ví dụ 1 về định dạng DCI của UL

Định dạng DCI của UL 0 (tối đa 30 bit) – trường hợp mà một tài nguyên SRS (cho việc sử dụng việc thu nhận CSI của UL, ví dụ, mà không quan tâm đến (các) tài nguyên SRS được tạo cấu hình như việc sử dụng việc quản lý chùm sóng UL (và/hoặc cho việc sử dụng việc đo CSI của DL) được tạo cấu hình

- Một trường TPMI (4 bit),
- Một trường TRI (2 hoặc 3 bit),
- RA, và/hoặc
- UL MCS, v.v.

Trong trường hợp này, TPMI và TRI có thể được mã hóa liên kết.

2. Ví dụ 2 về định dạng DCI của UL

Định dạng DCI của UL 1 (tối đa 50 bit) – trường hợp mà các tài nguyên SRS được tạo cấu hình

- Các TPMI + các trường TRI (ví dụ, $4 \times N$ bit) (ở đây, N có thể là số lượng tài nguyên SRS được tạo cấu hình (ví dụ, cho việc sử dụng việc thu nhận UL CSI))

<trường hợp 1> - WB TPMI cho mỗi tài nguyên SRS + một WB TPMI bổ sung (ví dụ, $\gamma = \alpha \exp(j\theta)$) cho TRI và/hoặc hiệu chỉnh liên panen

Trường hợp 1 được tạo cấu hình/chỉ báo với mỗi WB TPMI+TRI theo số lượng cổng trong tài nguyên SRS được tạo cấu hình, và tương ứng với trường hợp mà TPMI

giống như đồng pha panen và tương tự được mô tả trên đây được tạo cấu hình/chỉ báo thêm trong khối WB để được sử dụng cho JT không nhất quán/nhất quán, và tương tự.

<Trường hợp 1a> - WB TPMI cho mỗi tài nguyên SRS + TRI + (các TPMI của khối SB cho đồng pha liên panen)

Trường hợp 1a được tạo cấu hình với mỗi WB TPMI+TRI theo số lượng công trong tài nguyên SRS được tạo cấu hình, và thể hiện trường hợp mà TPMI giống như đồng pha panen và tương tự được mô tả trên đây được tạo cấu hình/chỉ báo thêm trong khối SB (tiền mã hóa chọn tần số) để được sử dụng cho JT không nhất quán/nhất quán, và tương tự. Trong trường hợp đồng pha panen được tạo cấu hình với 'khối SB', việc hiệu chỉnh panen chính xác hơn có thể được thực hiện, nhưng đòi hỏi kích thước trường TPMI lớn hơn.

<Trường hợp 2> - TRI + một WB TPMI + nhiều SB TPMI

Trường hợp 2 tương ứng với sách mã giai đoạn kép (ví dụ, trường hợp mà nó hoạt động giống như sách mã giai đoạn kép bằng cách nhóm dựa trên tính chất cụ thể trong sách mã Cấp A DL của LTE và sách mã một giai đoạn (được mô tả dưới đây). Cụ thể, trường hợp 2 được tạo cấu hình với một WB TPMI theo toàn bộ số lượng công trong tài nguyên SRS được tạo cấu hình, và tương ứng với trường hợp mà mỗi TPMI cho mỗi SB được tạo cấu hình/chỉ báo. Trường hợp 2 thích hợp với trường hợp trong đó mỗi tài nguyên SRS hoặc panen được căn chỉnh tốt giống như JT nhất quán.

<Trường hợp 3> - WB TPMI cho mỗi tài nguyên SRS + TRI + (một TPMI cho đồng pha liên panen) + nhiều SB TPMI cho tài nguyên SRS được chọn (được chọn trước bởi RRC hoặc MAC CE hoặc được chọn bởi SRI của chỉ số thấp nhất)

Trường hợp 3 tương ứng với trường hợp tạo cấu hình WB TPMI cho mỗi tài nguyên và TPMI bổ sung tương ứng (bộ hiệu chỉnh panen). Hiệu năng có thể được tối đa hóa khi nó được tạo cấu hình/áp dụng với khối SB như trong trường hợp 1a hoặc trường hợp 2, nhưng cấu hình của TPMI bổ sung tương ứng với SB cần được áp dụng, và theo đó, phần tải dữ liệu có thể được tăng lên. Theo đó, điều được đề xuất là hoạt động truyền hợp tác được thực hiện chỉ cho WB ở tình huống giống như JT không nhất quán, và SB TPMI được truyền chỉ cho tài nguyên SRS cụ thể (hoặc panen) được tạo

cấu hình trước, được khuyến nghị bởi UE hoặc được tạo cấu hình bởi RRC, MAC CE, và tương tự hoặc tài nguyên SRS (hoặc panen) tương ứng với SRI của chỉ số thấp nhất.

<Trường hợp 3a> - WB TPMI cho mỗi tài nguyên SRS + TRI + (một TPMI cho đồng pha liên panen) + nhiều SB TPMI cho nhiều tài nguyên SRS được chọn

Fig.16 là hình vẽ minh họa việc cấp phát SB TPMI theo một phương án của sáng chế.

Trường hợp 3a tương ứng với trường hợp tạo cấu hình WB TPMI và TPMI bổ sung tương ứng (bộ hiệu chỉnh panen) cho mỗi tài nguyên trong cấu trúc sách mã giai đoạn kép. Để không tăng TPMI cho đồng pha panen trong khối SB, nó có thể được tạo cấu hình/áp dụng để chia SB thành các SB con và tương ứng với các tài nguyên khác nhau cho mỗi SB con, và để truyền SB TPMI (để phản ánh SB TPMI không thay đổi cho mỗi tài nguyên), và điều này tương ứng với Fig.16(a). Như được thể hiện trên Fig.16(a), tất cả bốn tài nguyên SRS (các tài nguyên SRS từ #1 đến #4) được truyền trong mỗi SB.

Fig.16(b) thể hiện một phương án để ánh xạ tài nguyên SRS cho mỗi chỉ số SB và truyền SB TPMI. Như được thể hiện trên Fig.16(b), trong trường hợp số lượng SB lớn hơn số lượng tài nguyên SRS, trước tiên, các chỉ số SB và các chỉ số tài nguyên SRS được ánh xạ 1:1 theo thứ tự tăng, nhưng các tài nguyên SRS có giá trị tạo thành thu được qua phép toán môđun giữa chỉ số đích ánh xạ và số lượng tài nguyên SRS như là các chỉ số của chúng có thể được ánh xạ đến các SB còn lại, mà không được ánh xạ, và SB TPMI có thể được truyền (ví dụ, trong trường hợp phương án trên Fig.16(b), tài nguyên SRS #1 được truyền).

Fig.16(c) tương ứng với phương án mà SB được cấp phát với số lượng nhóm con cụ thể (ví dụ, 2, số này có thể tạo cấu hình được), và trong trường hợp số lượng tài nguyên SRS lớn hơn số lượng nhóm con (hàng thứ tư trong ví dụ này), TPMI được truyền trên toàn bộ các SB liên tiếp. Ngay cả trong trường hợp này, để truyền TPMI đến toàn bộ các SB một cách đồng đều, SB có chỉ số vượt quá (số lượng tài nguyên SRS/số lượng nhóm con, 2 trong ví dụ này) được ánh xạ với tài nguyên SRS qua phép toán môđun. Ví dụ, trong trường hợp phương án trên Fig.16(c), các tài nguyên SRS 1 và 2

được truyền đến các SB 1, 3, 5, v.v. và các tài nguyên SRS 3 và 4 được truyền đến các SB 2, 4, 6, v.v..

Theo một ví dụ khác, phương pháp làm giảm tính phân mảnh của SB có thể được xem xét. Trong phương pháp này, ví dụ, trong trường hợp hệ thống mà số lượng tài nguyên SRS là 2 và một SB là 6 RB, nó được tạo cấu hình/áp dụng sao cho một SB là 12 RB, và nó có thể được tạo cấu hình mà SB TPMI được truyền trong cả hai panen. Bằng cách tạo cấu hình như vậy, có ưu điểm là phân tải dữ liệu của SB TPMI theo việc truyền nhiều panen có thể không tăng lên.

Theo một ví dụ khác, phương pháp có thể được xem xét là kích thước phân tải dữ liệu của SB TPMI được làm giảm bằng cách giới hạn/tạo cấu hình để việc lấy mẫu con sách mã hoặc giới hạn tập con khi truyền nhiều panen. Trong trường hợp lấy mẫu con sách mã, hiệu năng của sách mã cuối cùng có thể bị giảm sút. Theo đó, để tối thiểu hóa sự giảm sút này, UE có thể khuyến nghị sao cho từ mã tương ứng với miền hoặc chiều cụ thể phải được bao gồm cho gNB.

Theo một ví dụ khác, nó có thể được tạo cấu hình/xác định sao cho định dạng DCI của UL 1 bao gồm ít nhất một phần của các loại sau đây.

- Trường SRI (2 hoặc 3 bit),
- Một trường RI (2 hoặc 3 bit)/nhiều trường RI (trường hợp JT không nhất quán),
- RA, và/hoặc
- UL MCS, v.v.

Theo sáng chế, một số phương pháp được đề xuất để truyền TPMI (và/hoặc RI). Trong trường hợp tất cả các phương pháp này hoặc tập con được sử dụng, gNB có thể chỉ báo phương pháp được sử dụng thực tế cho UE rõ ràng hoặc ngầm thông qua việc báo hiệu.

Phương pháp chỉ báo ngầm có các phương án sau đây:

- Số lượng tài nguyên SRS được tạo cấu hình (hoặc được kích hoạt): UE có thể ngầm biết liệu sẽ sử dụng trường hợp cụ thể của định dạng DCI 0 hay 1 theo việc liệu SRS được tạo cấu hình là một tài nguyên SRS đơn lẻ hay nhiều tài nguyên SRS.

- Các thông số liên quan đến tiền mã hóa chọn tần số (ví dụ, ĐÓNG/NGẮT (ON/OFF), số lượng cổng SRS (diễn dịch của các trường PMI có thể được thay đổi theo việc liệu tiền mã hóa chọn tần số có được kích hoạt tự động hay không trong trường hợp số lượng cổng là X cổng hoặc nhiều hơn)): Trong trường hợp số lượng cổng là X cổng (ví dụ, $X=4$) hoặc nhiều hơn, tiền mã hóa chọn tần số được xem xét, và phương pháp truyền hứa hẹn giữa trường hợp 2 và trường hợp 3 từ trước hoặc phương pháp truyền được tạo cấu hình có thể được sử dụng. Trong trường hợp X cổng, thì có thể hiểu được là tổng số tất cả các cổng được tạo cấu hình là X.

- Số lượng lớp (cổng DMRS) hoặc số lượng CW (từ mã) (ví dụ, hai loại là RI và MCS được truyền tương ứng, trong trường hợp phạm vi 2CW): Do trường hợp mà có hai MCS được hiểu với nghĩa là truyền với JT không nhất quán, gNB có thể ngầm chỉ báo phương pháp truyền trong số các phương pháp từ 1 đến 3 được đề xuất (hứa hẹn từ trước hoặc được tạo cấu hình trước) cho UE. Trong trường hợp phạm vi 2CW (ví dụ, đối với JT không nhất quán, v.v.) hoặc trong trường hợp số lượng tài nguyên SRS là số cụ thể (hứa hẹn từ trước hoặc được tạo cấu hình) hoặc lớn hơn, kích thước phần tải dữ liệu cho việc chỉ báo TPMI trở thành lớn hơn, và trong trường hợp này, tiền mã hóa chọn tần số có thể được khởi kích hoạt.

Trong trường hợp định dạng DCI của UL 1 được mô tả trên đây, JT nhất quán/không nhất quán, v.v. trong đó các SRS được truyền theo kiểu hợp tác được mô tả dưới dạng trường hợp sử dụng. Trong trường hợp JT nhất quán, do ảnh hưởng của sự trôi pha xảy ra do các sự chênh lệch bù pha của các bộ dao động của UE, khi khoảng định thời truyền cho mỗi tài nguyên được tách với thời gian định trước hoặc lâu hơn, có khả năng là TPMI tương ứng với bộ hiệu chỉnh panen (pha và/hoặc biên độ) không hoạt động chính xác. Theo đó, trong trường hợp thực hiện/áp dụng hoạt động truyền hợp tác trong các tài nguyên SRS nhằm mục đích JT nhất quán/không nhất quán, khoảng thời gian truyền giữa các tài nguyên SRS có thể được giới hạn trong thời gian định trước. Trong trường hợp điều này không được thực hiện chính xác do khả năng của UE (ví dụ, panen không được căn chỉnh), UE có thể báo cáo điều này như là thông tin khả năng cho gNB. Trong trường hợp này, điều có thể được giới hạn là chỉ một hoạt động truyền SRS được tạo cấu hình/áp dụng cho UE tương ứng.

Phương pháp được mô tả trên đây được lấy làm ví dụ với trường hợp mà RI và PMI được mã hóa và chỉ báo chung. Tuy nhiên, đối với việc chỉ báo TPMI hiệu quả của sách mã giai đoạn kép như DL của LTE, phương pháp được mô tả trên đây cũng có thể được áp dụng vào trường hợp mà RI và PMI được mã hóa riêng rẽ.

Dưới đây, phương pháp tạo cấu hình sách mã với giả định một panen được mô tả.

Trước tiên, trong trường hợp DFTs-OFDM, điều không được đòi hỏi là hỗ trợ tiền mã hóa chọn tần số. Theo đó, sách mã một giai đoạn là thích hợp. Theo khía cạnh này, khi thiết kế sách mã một giai đoạn, 2 cổng và 4 cổng trong sách mã UE LTE có thể được sử dụng mà không có sự thay đổi bất kỳ. Trường hợp sách mã 8 cổng có thể được tạo cấu hình bằng cách sử dụng sách mã 4 cổng UL LTE, và phương án này là như dưới đây:

1. Khi $\mathbf{v}_{4,i}$ được xác định là từ mã có chỉ số thứ i trong 4 cổng UL, sách mã hạng 1 có 8 cổng có thể được tạo cấu hình/xác định là

$$\mathbf{v}_{8,L*i+n} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_{4,i} \\ \phi_n \mathbf{v}_{4,i} \end{bmatrix}, \phi_n = \exp\left(\frac{j2\pi n}{L}\right), n=0, \dots, L-1. \text{ Các đặc tính của sách mã này là nó}$$

được tạo cấu hình dựa trên sách mã 4 cổng, và cụ thể hơn, 4 cổng UL được áp dụng vào 4 cổng trong số 8 cổng, và từ mã 4 cổng UL áp dụng từ mã dịch pha vào 4 cổng còn lại. Lúc này, mức độ quay pha có thể được điều chỉnh bởi giá trị L . Ví dụ, khi giá trị L là 4, mức độ quay pha có thể được tạo cấu hình với QPSK giống như $\phi_n = \{1, j, -1, -j\}$ hoặc được tạo cấu hình với tập con của nó (ví dụ, -1 hoặc $-j$). Lúc này, sách mã hạng 1 có 8 cổng có thể được tạo cấu hình với tổng cộng $16*4$ hoặc 16 sách mã (trong trường hợp này, điều này có thể được sử dụng nhằm mục đích điều chỉnh số với kích thước sách mã 4 cổng), và trong trường hợp độ phân giải cao hơn được đòi hỏi, giá trị cao hơn (ví dụ, 8) có thể được thiết lập là giá trị L . Giá trị L này có thể được tạo cấu hình bởi gNB cho UE.

Trong trường hợp sách mã 8 cổng, điều khác biệt là độ phức tạp thực thi UE được tăng lên bằng cách sử dụng từ mã giống như TPMI 4 cổng, và được thiết kế bằng cách sử dụng giá trị quay pha bổ sung. Sách mã có thể được áp dụng giống hệt vào cấu trúc

giai đoạn kép. Ví dụ, trong cấu trúc của $W=W_1W_2$ ($W_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{v}_{4,i} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{v}_{4,i} \end{bmatrix}$, $W_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ \phi_n \end{bmatrix}$), sách mã 4 cổng có thể được chỉ báo với W_1 và giá trị quay pha có thể được chỉ báo bởi W_2 . Ngoài ra, sách mã này thích hợp với cấu trúc ăng ten X cực (phân cực ngang), và sách mã 4 cổng có thể được áp dụng vào cổng ăng ten được tạo cấu hình với cùng sự phân cực.

Ngoài ra, do ăng ten được đặt ở vị trí tùy ý trong UE, độ mất mát (pass loss) theo vị trí cổng ăng ten có thể được thay đổi. Để phản ánh điều này một cách thực tế, sách mã có thể được tạo cấu hình bằng cách định nghĩa alpha, mà là số hạng/thành phần điều khiển công suất trừ số hạng pha trong sách mã một cách riêng rẽ. Alpha có thể được xác định/biểu diễn dưới dạng α (e.g., $\alpha \in \{1, \sqrt{0.5}, \sqrt{0.25}, 0\}$), và nó có thể được sử dụng làm PMI của W_1 . Kết quả là, sách mã cuối cùng có thể được xác định như phương trình 18.

[Phương trình 18]

$$\mathbf{v}_{8,L*i+n} = \frac{1}{\sqrt{1+\alpha^2}} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_{4,i} \\ \alpha \phi_n \mathbf{v}_{4,i} \end{bmatrix},$$

2. Sách mã cuối cùng có thể được xác định như phương trình 19 như là một phương pháp khác.

[Phương trình 19]

$$\mathbf{v}_{8,Bi+j} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_{4,i} \\ \mathbf{v}_{4,j} \end{bmatrix}, B \text{ là kích thước sách mã của } \mathbf{v}_{4,i} \text{ và } \mathbf{v}_{4,j}$$

Sách mã này phân loại sách mã 8 cổng thành đơn vị 4 cổng (cho X cực, cùng đơn vị phân cực), và được tạo cấu hình bằng cách áp dụng từ mã 4 cổng khác trong mỗi đơn vị 4 cổng được phân loại. Trong trường hợp này, kích thước phần tải dữ liệu sách mã được tạo cấu hình với $16*16$ đối với hạng 1 chẳng hạn. Trong phương pháp tạo cấu hình sách mã với sách mã giai đoạn kép này, $\mathbf{v}_{4,i}$ được chỉ định là sách mã WB và được sử dụng như

dùng như $\mathbf{v}_{8,Bi+j} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_{4,i} \\ \mathbf{v}_{4,j} \end{bmatrix}$, chỉ số sách mã được báo cáo thêm với SB hoặc ngắn hơn,

và $\mathbf{v}_{8,Bi+j} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_{4,i} \\ \mathbf{v}_{4,j} \end{bmatrix}$ có thể được tạo cấu hình. Ngoài ra, ăng ten được bố trí ở vị trí tùy ý trong UE, độ mất mát theo vị trí công ăng ten có thể được thay đổi. Để phản ánh điều này một cách thực tế, sách mã có thể được tạo cấu hình bằng cách định nghĩa alpha, mà là số hạng/thành phần điều khiển công suất trừ số hạng pha trong sách mã một cách riêng rẽ. Alpha có thể được xác định/biểu diễn dưới dạng α (e.g., $\alpha \in \{1, \sqrt{0.5}, \sqrt{0.25}, 0\}$), và nó có thể được sử dụng làm PMI của W1. Kết quả là, sách mã cuối cùng có thể được xác định như phương trình 18.

[Phương trình 20]

$$\mathbf{v}_{8,Bi+j} = \frac{1}{\sqrt{1+\alpha^2}} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_{4,i} \\ \alpha \mathbf{v}_{4,j} \end{bmatrix}$$

Trong sách mã này, để giảm kích thước phân tải dữ liệu của sách mã, chỉ một phần của sách mã UL của LTE có thể được sử dụng. Ví dụ, trong số sách mã hạng 1, 16-23 (ăng ten của sách mã) có thể không được bao gồm. Ngoài ra, nguyên tắc này có thể được áp dụng giống hệt cho hạng cao hơn khác (ví dụ, các hạng 2, 3 và 4). Trong trường hợp này, sách mã có thể được tạo cấu hình/như là mặc định bằng cách sử dụng

$$\mathbf{v}_{8,L*i+n}^{(r)} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_{4,i}^{(r)} \\ \phi_n \mathbf{v}_{4,i}^{(r)} \end{bmatrix}, \phi_n = \exp\left(\frac{j2\pi n}{L}\right), n=0, \dots, L-1 \quad \text{hoặc} \quad \mathbf{v}_{8,B*i+j}^{(r)} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_{4,j}^{(r)} \\ \mathbf{v}_{4,j}^{(r)} \end{bmatrix}, \text{ theo cùng}$$

cách. Ở đây, chỉ số trên r biểu thị hạng. Ngoài ra, sách mã giai đoạn kép được đề xuất có thể được sử dụng để tiền mã hóa chọn tần số, và có thể được áp dụng vào CP-OFDM. Nếu không, điều có thể bị hạn chế là sách mã một giai đoạn được sử dụng cho DFTs-OFDM và sách mã giai đoạn kép được sử dụng cho CP-OFDM. Điều có thể được khuyến nghị bởi UE là liệu có sử dụng sách mã một giai đoạn và/hoặc sách mã giai đoạn kép cho gNB hay không, hay gNB có thể chỉ báo cho UE bằng cách báo hiệu lớp cao hơn (ví dụ, RRC, DCI và/hoặc MAC CE, v.v.).

Ngoài ra, sách mã 4 cổng có thể được tạo cấu hình với

$$\mathbf{v}_{4,L*i+n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_{2,i}^{(1)} \\ \phi_n \mathbf{v}_{2,i}^{(1)} \end{bmatrix}, \phi_n = \exp\left(\frac{j2\pi n}{L}\right), n=0, \dots, L-1 \quad \text{hoặc} \quad \mathbf{v}_{4,B*i+j}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{v}_{2,j}^{(1)} \\ \mathbf{v}_{2,j}^{(1)} \end{bmatrix} \quad \text{cấu trúc chỉ}$$

cho hạng 1.

Dưới đây, thiết kế sách mã để tiền mã hóa chọn tần số được đề xuất trong môi trường như CP-OFDM, và tương tự.

Khi giả sử rằng số lượng cổng mà UE có trong một tài nguyên SRS là X , sự trễ khác được trải qua đối với mỗi X cổng, và điều này có thể được hiểu là hiện tượng pha được dịch trong miền tần số. Trễ này trên trục thời gian được hiểu là sự thay đổi pha ở trục tần số, và sự thay đổi pha trên trục tần số có thể được biểu diễn là hàm tần số. Ví dụ, sự thay đổi pha trên trục tần số có thể được biểu diễn là $\exp(-j2\pi k\delta)$, ở đây, k là chỉ số tương ứng với tần số tương ứng (ví dụ, chỉ số sóng mang con, chỉ số khối tài nguyên vật lý (Physical Resource Block, PRB) (hoặc nhóm tài nguyên tiền mã hóa (Precoding Resource Group, PRG)), và chỉ số SB), và δ là hệ số biểu thị sự dịch pha tần số.

Theo sáng chế, sách mã được đề xuất để tiền mã hóa chọn tần số sử dụng hiện tượng dịch tần số xảy ra do trải qua sự trễ khác nhau cho mỗi cổng SRS của UL.

Cấu trúc sách mã được đề xuất như được biểu diễn trong phương trình 21 cho hạng 1.

[Phương trình 21]

$$\mathbf{v}_{X,i} = \frac{1}{\sqrt{1+p_1+\dots+p_{X-1}}} \begin{bmatrix} 1 \\ \sqrt{p_1} \exp(-j2\pi k\delta_1 + \varepsilon_1) \\ \vdots \\ \sqrt{p_{X-1}} \exp(-j2\pi k\delta_{X-1} + \varepsilon_{X-1}) \end{bmatrix} \in C^{X \times 1}$$

p_l biểu thị công suất chùm tương đối dựa trên công thức nhất. Điều này có thể được hứa hẹn như là giá trị cụ thể (ví dụ, $p_l = \{1, 0.5, 0.25, 0\}$) từ trước, hoặc gNB có thể chỉ báo cho UE bằng cách báo hiệu lớp cao hơn (ví dụ, RRC, DCI và/hoặc MAC CE).

Biến số cho giá trị thay đổi pha trong phương trình 21 có thể được xác định như phương trình 22.

[Phương trình 22]

$$\delta_l = \frac{\lambda_l}{v\eta}, l = 1, \dots, X-1$$

Trong phương trình 22, các biến số tạo ra δ_l có thể được xác định như dưới đây.

Giá trị η có thể được chỉ báo bằng cách báo hiệu lớp cao hơn (ví dụ, RRC và/hoặc MAC CE), hoặc giá trị được tạo cấu hình/hứa hẹn từ trước có thể được sử dụng cho tổ hợp số học. Ví dụ, giá trị η có thể được tạo cấu hình như là giá trị nhỏ nhất thỏa mãn $\eta \geq N_{\text{cRB}}^{\text{UL}} N_{\text{sc}}^{\text{cRB}}$ trong $\{128, 256, 512, 1024, 2048, 4096\}$, và ở đây, $N_{\text{cRB}}^{\text{UL}} N_{\text{sc}}^{\text{cRB}}$ là số lượng sóng mang con trong dải thông (Bandwidth, BW) được tạo cấu hình cho báo cáo CSI. Giá trị v là giá trị dư mẫu (oversampling) (của kích thước biến đổi Fourier nhanh (Fast Fourier Transform, FFT)) và có thể được thiết lập là giá trị nguyên cụ thể (ví dụ, 1, 2, 4, v.v.) (Điều này có thể có các đặc tính của thông số hệ thống không liên quan đến chùm cụ thể). Giá trị v có thể được tạo cấu hình theo tổ hợp số học một cách tự động, hoặc gNB có thể tạo cấu hình nó cho UE. Cuối cùng, λ_l là giá trị liên quan đến tốc độ thay đổi pha trong BW được tạo cấu hình cho mỗi cổng, và ví dụ, khi $\lambda_l = 2$, điều này có thể có nghĩa là pha của cổng thứ hai được thay đổi nhiều bằng 4-phi trong BW được tạo cấu hình. Giá trị λ_l có thể được thiết lập là giá trị nguyên cụ thể (ví dụ, 1, 2, 4, v.v.), và gNB có thể tạo cấu hình nó cho UE hoặc UE có thể chọn/chỉ định giá trị λ_l cho mỗi chùm trong tập hợp trong đó các giá trị ứng viên mà có thể là giá trị λ_l được bao gồm, và có thể phản hồi tiếp nó đến gNB.

Trong trường hợp phương trình 21, bằng cách sử dụng giá trị tương ứng với trễ tối đa cho mỗi cổng dựa trên trục thời gian, giá trị δ_l có thể được tính toán. Ví dụ, trong miền tần số, các mẫu trên một sóng mang con/RB/SB được lấy như là sự hồi đáp kênh đến cổng tương ứng, và FFT được áp dụng vào nó, và sau đó, có thể được biến đổi sang

các mẫu tín hiệu miền thời gian. Trong số các mẫu tín hiệu miền thời gian, chỉ số tương ứng với giá trị tối đa (ví dụ, biên độ) có thể được xác định là giá trị tương ứng với trễ tối đa, và δ_l có thể được tính toán dựa trên giá trị này. Ví dụ, trong trường hợp giá trị

trễ tối đa là a_1 , thì nó có thể được tính toán như $\delta_l = \frac{a_l}{size_{FFT}}$.

Phương trình 21 thể hiện giá trị được tính toán bằng cách giả định rằng có một giá trị tương ứng với trễ tối đa cho mỗi cổng. Tuy nhiên, do đa đường, trong trường hợp trải trễ là lớn, có thể có giới hạn khi giữ lại tất cả các sự biến thiên của kênh miền tần số với một mẫu tín hiệu miền thời gian. Trong trường hợp này, có thể có phương pháp giữ lại các mẫu tín hiệu miền thời gian (K mẫu, K có thể tạo cấu hình được bởi gNB hoặc được khuyến nghị bởi UE (cụ thể, trường hợp DL). Sau đó, phương trình 21 có thể được biểu diễn như phương trình 23.

[Phương trình 23]

$$\mathbf{v}_{X,i} = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum_{k=1}^{K_1} p_{1,k} + \dots + \sum_{k=1}^{K_{X-1}} p_{X-1,k}}} \begin{bmatrix} 1 \\ \sum_{k=1}^{K_1} \sqrt{p_{1,k}} \exp(-j2\pi k \delta_{1,k} + \varepsilon_{1,k}) \\ \vdots \\ \sum_{k=1}^{K_{X-1}} \sqrt{p_{X-1,k}} \exp(-j2\pi k \delta_{X-1,k} + \varepsilon_{X-1,k}) \end{bmatrix} \in C^{X \times 1}$$

Trong phương trình 23, chỉ số dưới k của mỗi thông số có thể được hiểu là mẫu thứ k được xác định bởi quy tắc hứa hẹn từ trước từ mẫu miền thời gian lớn nhất thứ k hoặc mẫu trễ tối đa cho mỗi cổng. Ví dụ, trong trường hợp xác định được rằng $K=3$, kích thước FFT là 64 và trễ tối đa là (điểm nối - tap) thứ 7, phương trình 23 có thể được xây dựng bằng cách sử dụng (điểm nối) thứ 6, thứ 7, và thứ 8, mẫu miền thời gian. Ngoài ra, gNB có thể thiết lập như $K = K_1 = \dots = K_{X-1}$, và có thể chỉ báo điều này cho UE. Trong trường hợp sự tương quan là nhỏ do khoảng giữa các cổng là lớn, gNB có thể thiết lập như $K_1 \neq \dots \neq K_{X-1}$, và chỉ báo điều này cho UE bằng cách báo hiệu lớp cao hơn.

Khi $K=1$, phương trình 23 có thể trở thành phương trình 21, và nó được mô tả với phương trình 21, để tiện cho việc mô tả.

Các thông số còn lại trong phương trình 21 có thể được xác định/tạo cấu hình như dưới đây.

Chỉ số k là giá trị chỉ số tương ứng với tần số, và được tạo cấu hình phù hợp với/theo sóng mang con đã cho hoặc SB, và nó không được cấp trở lại thêm. Giá trị ε_l là giá trị bù pha của cổng thứ nhất, và như trong ví dụ của $\varepsilon_l = \{0, \frac{j\pi}{4}, \frac{j2\pi}{4}, \frac{j3\pi}{4}\}$ or $\varepsilon_l = \{0, \frac{j\pi}{8}, \dots, \frac{j7\pi}{8}\}$, có thể được chỉ báo với thêm với khối cổng, với giá trị được tạo cấu hình sao cho bù pha cho mỗi chùm có giá trị như QPSK, 8PSK, và tương tự. Nếu không, bù pha được bỏ qua, và lượng thông tin thừa hồi tiếp có thể được giảm đi đáng kể bằng cách thiết lập giá trị ε_l ở không (zero).

Trong trường hợp sử dụng phương pháp được đề xuất, UE có thể tính toán SB SINR bằng cách sử dụng phương pháp như lấy trung bình dựa trên TPMI được áp dụng với mức RE (ví dụ), và thông báo điều này cho gNB.

Hoạt động ước lượng PMI cụ thể hơn của UE như dưới đây.

Trước tiên, kênh được biểu diễn bởi mỗi sóng mang con (hoặc PRB hoặc SB) có thể được xác định như $\mathbf{H}(k) \in \mathbb{C}^{N_R \times N_T}$. Ở đây, N_R và N_T lần lượt biểu diễn Rx (hoặc phần tử ăng ten, dưới đây, được gọi chung là ‘cổng ăng ten’) của gNB và cổng ăng ten Tx của UE. UE có thể ước lượng bộ chỉ báo công suất tương đối p_l , cho cấu hình PMI, hệ số thay đổi pha δ_l cho mỗi chùm theo tần số và độ lệch ε_l , sử dụng $\mathbf{H}(k)$ cho mỗi sóng mang con. gNB có thể chỉ báo các hệ số biểu diễn WB cho UE theo cách chung hoặc độc lập, và UE có thể tạo cấu hình TPMI dựa trên thông tin này. Nếu không, gNB có thể chỉ báo chỉ tập con (ví dụ, trừ bộ chỉ báo công suất tương đối p_l , cho cấu hình TPMI) của các hệ số đối với cấu hình TPMI cho UE, và UE có thể tạo cấu hình TPMI dựa trên thông tin này. Lúc này, có thể giả định rằng thông tin còn lại mà không được chỉ báo được xác định trước (ví dụ, $p_l=1$).

Dưới đây, được mô tả là phương pháp tạo cấu hình sách mã lớp cao hơn sử dụng phương pháp này.

Nói chung, trong trường hợp X công, giả sử gNB có nhiều công ăng ten nhận hơn UE, hoạt động truyền là khả dụng theo X lớp, về mặt lý thuyết. Theo đó, gNB có thể tính toán thông số tối ưu cho mỗi lớp sử dụng kênh giữa UE và gNB. Điều này có nghĩa là, gNB có thể tính toán tính toán $p_x, \delta_x, \varepsilon_x$ và tương tự một cách độc lập cho mỗi lớp. Trong trường hợp này, bộ tiền mã hóa cuối cùng $\mathbf{W}_X^R$ có thể được xác định như phương trình 24. Trong phương trình 24, R là lớp giao vận.

[Phương trình 24]

$$\mathbf{v}_X^{(r)} = \frac{1}{\sqrt{1 + p_1^{(r)} + \dots + p_{X-1}^{(r)}}} \begin{bmatrix} 1 \\ \sqrt{p_1^{(r)}} \exp(-j2\pi k \delta_1^{(r)} + \varepsilon_1^{(r)}) \\ \vdots \\ \sqrt{p_{X-1}^{(r)}} \exp(-j2\pi k \delta_{X-1}^{(r)} + \varepsilon_{X-1}^{(r)}) \end{bmatrix} \in C^{X \times 1}, r = 1, \dots, R$$

$$\mathbf{W}_X^R = \frac{1}{\sqrt{R}} [\mathbf{v}_X^{(1)} \quad \dots \quad \mathbf{v}_X^{(R)}] \in C^{X \times R}$$

Trong sách mã trên đây, báo cáo PMI độc lập được thực hiện cho mỗi lớp, và theo đó, vẫn đề có thể xảy ra là kích thước phần tải dữ liệu tăng tuyến tính khi lớp tăng. Để giải quyết vấn đề này, đối với liên kết cụ thể, một giai đoạn, giai đoạn kép, hoặc sách mã cụ thể (ví dụ, sách mã giai đoạn kép DL) có thể được sử dụng. Nếu không, việc sử dụng các mã trực giao được biểu diễn bởi mã Walsh, sách mã mà là trực giao theo lớp 2 có thể được xây dựng. Trong trường hợp này, tất cả các phần liên quan đến công suất tương đối trong phương trình 24 có thể được cố định ở 1. Sau đó, sách mã có hạng 1 và hạng 2 có thể được xây dựng như phương trình 25.

[Phương trình 25]

$$\mathbf{W}_X^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{X}} \begin{bmatrix} 1 \\ \exp(-j2\pi k \delta_1^{(1)} + \varepsilon_1^{(1)}) \\ \vdots \\ \exp(-j2\pi k \delta_{X-1}^{(1)} + \varepsilon_{X-1}^{(1)}) \end{bmatrix} \in C^{X \times 1}$$

$$\mathbf{W}_X^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{2X}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ \vdots & \vdots \\ \exp(-j2\pi k\delta_{X/2-1}^{(1)} + \varepsilon_{X/2-1}^{(1)}) & \exp(-j2\pi k\delta_{X/2-1}^{(1)} + \varepsilon_{X/2-1}^{(1)}) \\ \phi_n \exp(-j2\pi k\delta_{X/2}^{(1)} + \varepsilon_{X/2}^{(1)}) & -\phi_n \exp(-j2\pi k\delta_{X/2}^{(1)} + \varepsilon_{X/2}^{(1)}) \\ \vdots & \vdots \\ \phi_n \exp(-j2\pi k\delta_{X-1}^{(1)} + \varepsilon_{X-1}^{(1)}) & -\phi_n \exp(-j2\pi k\delta_{X-1}^{(1)} + \varepsilon_{X-1}^{(1)}) \end{bmatrix} \in C^{X \times 2}, \phi_n = \{1, j\}$$

Nếu không, trong trường hợp ăng ten X cực, sách mã có hạng 1 và hạng 2 có thể được xây dựng như phương trình 26.

[Phương trình 26]

$$\mathbf{W}_X^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{X}} \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ \exp(-j2\pi k\delta_{X/2-1}^{(1)} + \varepsilon_{X/2-1}^{(1)}) \\ \phi_n \\ \vdots \\ \phi_n \exp(-j2\pi k\delta_{X/2-1}^{(1)} + \varepsilon_{X/2-1}^{(1)}) \end{bmatrix} \in C^{X \times 1}, \phi_n = \{1, j, -1, -j\}$$

$$\mathbf{W}_X^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{2X}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ \vdots & \vdots \\ \exp(-j2\pi k\delta_{X/2-1}^{(1)} + \varepsilon_{X/2-1}^{(1)}) & \exp(-j2\pi k\delta_{X/2-1}^{(1)} + \varepsilon_{X/2-1}^{(1)}) \\ \phi_n & -\phi_n \\ \vdots & \vdots \\ \phi_n \exp(-j2\pi k\delta_{X/2-1}^{(1)} + \varepsilon_{X/2-1}^{(1)}) & -\phi_n \exp(-j2\pi k\delta_{X/2-1}^{(1)} + \varepsilon_{X/2-1}^{(1)}) \end{bmatrix} \in C^{X \times 2}, \phi_n = \{1, j\}$$

Giá trị hiệu chỉnh pha ϕ_n có thể được chỉ báo bởi các giá trị khác nhau cho mỗi WB hoặc SB (ví dụ, một cách độc lập tương hỗ).

Dưới đây, cách có thể áp dụng được của sách mã dựa trên một panen được đề xuất hoặc sách mã UL/DL của LTE hiện có vào nhiều panen được mô tả. Dưới đây, để tiện cho việc mô tả, giả sử rằng cùng số lượng cổng ăng ten được cung cấp cho một panen. Điều này có nghĩa là, dưới đây, trong trường hợp có M panen, giả sử rằng có N cổng ăng ten X cực trong mỗi panen trong mỗi sự phân cực. Trong trường hợp cấu trúc sách mã được đề xuất được đề xuất dưới đây, chức năng của việc chọn cổng và tương tự có thể được xử lý bởi báo hiệu riêng rẽ như SRI, và theo đó, khác biệt là việc chọn cổng và

tương tự (ví dụ, trong trường hợp phần tử sách mã được thiết lập là không (zero)) trong sách mã không được xem xét.

Trước tiên, trong trường hợp cấu hình của ăng ten X cực (2 cổng), giả sử rằng sách mã 2 cổng DL hoặc UL được sử dụng. Trong trường hợp này, sách mã 2 cổng có thể được xây dựng như dưới đây. Do nhóm chùm là không cần thiết đối với 2 cổng, nên W1 (2 x 2) có thể được giả định đơn giản là ma trận đơn vị. Ngoài ra, đồng pha cho mỗi sự phân cực có thể được thực hiện đối với W2 (theo đơn vị của SB và/hoặc ngắn hạn). Điều này có nghĩa là, W2 có thể được xây dựng như $W_{2i} = \begin{bmatrix} 1 \\ \phi_n \end{bmatrix}$, $i = 1, 2$, và có thể được xây dựng bởi $\phi_n = \{1, j, -1, -j\}$ hoặc 8 PSK. Ở đây, i có thể là chỉ số panen. Trong trường hợp này, sách mã cuối cùng có thể được biểu diễn bởi sách mã DL của LTE (giả sử đồng pha QPSK).

[Bảng 12]

Chỉ số sách mã	Số lượng lớp v	
	1	2
0	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$
1	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$
2	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{bmatrix}$
3	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix}$	-

Nhờ sử dụng bảng 12, sách mã được xây dựng trong đó các tài nguyên SRS được kết hợp có thể được biểu diễn như dưới đây.

Đối với 4 cổng, như JT không nhất quán, hai ăng ten được bố trí cho mỗi tài nguyên (panen) và sách mã 2 cổng được sử dụng, và pha giữa các tài nguyên (các panen) và/hoặc giá trị hiệu chỉnh biên độ có thể được xem xét. Điều này có nghĩa là, nó được biểu diễn bởi biểu thức toán học, phương trình 27.

[Phương trình 27]

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} \mathbf{W}_{11} & \\ & \alpha \mathbf{W}_{12} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{W}_{21} \\ \beta \mathbf{W}_{22} \end{bmatrix}$$

Ở đây, $\mathbf{W}_{1i} \in \mathbf{I}_2$, $\mathbf{W}_{2i} = \begin{bmatrix} 1 \\ \phi_n \end{bmatrix}$, và α, β là các giá trị hiệu chỉnh của việc hiệu chỉnh biên độ và pha giữa các tài nguyên (các panen) (ví dụ, $\alpha = \{0, \sqrt{0.25}, \sqrt{0.5}, 1\}$, $\beta = \{1, j, -1, -j\}$). α, β có thể được tạo cấu hình/áp dụng chung vào một trong số hai giá trị ($\alpha * \beta$) đối với WB hoặc SB. Lúc này, để thay đổi hiệu quả phân tải dữ liệu, các kích thước bit khác nhau (ví dụ, WB=2bit, SB=1bit) có thể được tạo cấu hình/áp dụng vào WB và SB. Ngoài ra, việc áp dụng hiệu quả cho mỗi lớp, như α^1, β^1 for rank1, α^2, β^2 for rank2, α, β có thể được áp dụng một cách độc lập cho mỗi lớp. Tuy nhiên, do cấu hình hạng 2 của sách mã 2 cổng có cấu trúc mà cùng một chùm được sử dụng cho mỗi sự phân cực, nên để tiết kiệm kích thước phân tải dữ liệu, có thể ưu tiên sử dụng cùng một α, β . Điều này có thể được áp dụng giống hệt vào sách mã trong đó nhóm chùm W1 được tạo cấu hình với 1 chùm sóng cũng như sách mã 2 cổng.

Theo một phương án khác, bằng cách tạo cấu hình như $\alpha = \{0, 1\}$, điều có thể được tạo cấu hình là thành phần biên độ thực hiện chỉ chức năng chọn panen. Trong trường hợp này, do kích thước của TPMI được thay đổi phụ thuộc vào giá trị alpha (tức là, trong trường hợp alpha=1, kích thước của TPMI được gấp đôi), nên có thể ưu tiên là TPMI và giá trị hiệu chỉnh và/hoặc RI được mã hóa liên kết theo khía cạnh của phân tải dữ liệu TPMI.

Sách mã được mở rộng và được áp dụng vào sách mã 8 cổng, mà có thể được biểu diễn như phương trình 28.

[Phương trình 28]

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} \mathbf{W}_{11} & & & \\ & \alpha_2 \mathbf{W}_{12} & & \\ & & \alpha_3 \mathbf{W}_{13} & \\ & & & \alpha_4 \mathbf{W}_{14} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{W}_{21} \\ \beta_2 \mathbf{W}_{22} \\ \beta_3 \mathbf{W}_{23} \\ \beta_4 \mathbf{W}_{24} \end{bmatrix}$$

Điều này có nghĩa là, mỗi trong số bốn tài nguyên (các panen) sử dụng sách mã 2 cổng, và giá trị hiệu chỉnh cho mỗi panen có thể tăng lên theo số lượng panen. Để giải

quyết vấn đề này, đối với pha, thông qua phép toán như $\beta_2 = \beta^2, \beta_3 = \beta^3, \beta_4 = \beta^4$ or $\beta_2 = \beta, \beta_3 = 2\beta, \beta_4 = 3\beta$, nó có thể được tạo cấu hình/áp dụng để được biểu diễn bởi một giá trị. Lúc này, gNB có thể được tạo cấu hình đối với UE mà trên đó giá trị hiệu chỉnh panen được sử dụng, và do giá trị hiệu chỉnh panen có thể được thay đổi theo việc thực thi ăng ten của UE, UE có thể thông báo nó qua báo cáo khả năng cho gNB. Các phần tử còn lại của thiết kế 8 cổng có thể được tạo cấu hình/áp dụng giống hệt như trường hợp 4 cổng được mô tả trên đây. Số hạng chuẩn hóa của sách mã có thể được tính toán như $\frac{1}{\sqrt{1 + \alpha_2^2 + \alpha_3^2 + \alpha_4^2}}$.

Dưới đây, sách mã theo trường hợp mà một panen được tạo cấu hình với 4 cổng (hoặc trường hợp mà số lượng cổng kết hợp là 4 trong trường hợp JT nhất quán). Trong trường hợp sách mã 4 cổng, khi sách mã giai đoạn kép được tạo cấu hình, sách mã Cấp A của LTE-A có thể được mở rộng và được sử dụng hoặc Rel-12 eDL-MIMO 4Tx có thể được tạo cấu hình và được sử dụng. Trong trường hợp sách mã Cấp A được sử dụng, cấu trúc sách mã có thể được giới hạn ở cấu trúc mà W1 được tạo cấu hình với một chùm sóng (ví dụ, được biểu diễn như là cấu hình (Config) 1, v.v.) để làm giảm phần tải dữ liệu của TPMI (ví dụ, kích thước phần tải dữ liệu của SB), và W2 có thể thực hiện tiền mã hóa chọn tần số cùng với đồng pha.

Bảng 13 lấy ví dụ sách mã 4 cổng (4 cổng DL LTE).

[Bảng 13]

Chỉ số sách mã	u_n	Số lượng lớp ν			
		1	2	3	4
0	$u_0 = [1 \ -1 \ -1 \ -1]^T$	$W_0^{\{1\}}$	$W_0^{\{14\}}/\sqrt{2}$	$W_0^{\{124\}}/\sqrt{3}$	$W_0^{\{1234\}}/2$
1	$u_1 = [1 \ -j \ 1 \ j]^T$	$W_1^{\{1\}}$	$W_1^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_1^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_1^{\{1234\}}/2$
2	$u_2 = [1 \ 1 \ -1 \ 1]^T$	$W_2^{\{1\}}$	$W_2^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_2^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_2^{\{3214\}}/2$
3	$u_3 = [1 \ j \ 1 \ -j]^T$	$W_3^{\{1\}}$	$W_3^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_3^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_3^{\{3214\}}/2$
4	$u_4 = [1 \ (-1-j)/\sqrt{2} \ -j \ (1-j)/\sqrt{2}]^T$	$W_4^{\{1\}}$	$W_4^{\{14\}}/\sqrt{2}$	$W_4^{\{124\}}/\sqrt{3}$	$W_4^{\{1234\}}/2$
5	$u_5 = [1 \ (1-j)/\sqrt{2} \ j \ (-1-j)/\sqrt{2}]^T$	$W_5^{\{1\}}$	$W_5^{\{14\}}/\sqrt{2}$	$W_5^{\{124\}}/\sqrt{3}$	$W_5^{\{1234\}}/2$
6	$u_6 = [1 \ (1+j)/\sqrt{2} \ -j \ (-1+j)/\sqrt{2}]^T$	$W_6^{\{1\}}$	$W_6^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_6^{\{134\}}/\sqrt{3}$	$W_6^{\{1324\}}/2$
7	$u_7 = [1 \ (-1+j)/\sqrt{2} \ j \ (1+j)/\sqrt{2}]^T$	$W_7^{\{1\}}$	$W_7^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_7^{\{134\}}/\sqrt{3}$	$W_7^{\{1324\}}/2$
8	$u_8 = [1 \ -1 \ 1 \ 1]^T$	$W_8^{\{1\}}$	$W_8^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_8^{\{124\}}/\sqrt{3}$	$W_8^{\{1234\}}/2$
9	$u_9 = [1 \ -j \ -1 \ -j]^T$	$W_9^{\{1\}}$	$W_9^{\{14\}}/\sqrt{2}$	$W_9^{\{134\}}/\sqrt{3}$	$W_9^{\{1234\}}/2$
10	$u_{10} = [1 \ 1 \ 1 \ -1]^T$	$W_{10}^{\{1\}}$	$W_{10}^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_{10}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{10}^{\{1324\}}/2$
11	$u_{11} = [1 \ j \ -1 \ j]^T$	$W_{11}^{\{1\}}$	$W_{11}^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_{11}^{\{134\}}/\sqrt{3}$	$W_{11}^{\{1324\}}/2$
12	$u_{12} = [1 \ -1 \ -1 \ 1]^T$	$W_{12}^{\{1\}}$	$W_{12}^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_{12}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{12}^{\{1234\}}/2$
13	$u_{13} = [1 \ -1 \ 1 \ -1]^T$	$W_{13}^{\{1\}}$	$W_{13}^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_{13}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{13}^{\{1324\}}/2$
14	$u_{14} = [1 \ 1 \ -1 \ -1]^T$	$W_{14}^{\{1\}}$	$W_{14}^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_{14}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{14}^{\{3214\}}/2$
15	$u_{15} = [1 \ 1 \ 1 \ 1]^T$	$W_{15}^{\{1\}}$	$W_{15}^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_{15}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{15}^{\{1234\}}/2$

Trong bảng 13, $W_n = I - 2u_n u_n^H / u_n^H u_n$, I là ma trận đơn vị 4×4 .

Theo một phương án khác, có sơ đồ tạo cấu hình tiền mã hóa chọn tần số bằng cách sử dụng sách mã một giai đoạn DL của LTE. Trong sơ đồ này, sách mã 4 công trên Fig.13 được nhóm lại thành một khối có L chỉ số (ví dụ, $L=2, 3, 4$, và L có thể tạo cấu hình được bởi gNB hoặc UE) và $W1$ được tạo cấu hình, và việc chọn chùm có thể được chọn thông qua $W2$ (trong nhóm $W1$). Ví dụ, trong trường hợp $L=2$, sách mã hạng 1 có thể được xây dựng dưới dạng $W_1 = [W_i^{(r)} \ W_{i+1}^{(r)}]$, $W_2 = e_j$. Thông tin về việc chọn chùm có thể được báo hiệu bổ sung/độc lập. Ví dụ, thông tin chọn chùm có thể được báo hiệu với $L*4$ bit đối với sách mã hoặc được chỉ báo liên kết bằng cách sử dụng các chùm được chọn để hoán vị hoặc tổ hợp để làm giảm lượng thông tin thừa, được mô tả dưới đây. Trong sách mã, $e_j \in C^{L \times 1}$ là vector chọn, và vector mà chỉ phần tử thứ j của nó là '1' và các phần tử còn lại là '0'. Ngoài ra, trong sách mã, chỉ số trên r tương ứng với hạng.

Phương án trên đây là sơ đồ mà L chùm được nhóm lại theo phương pháp cụ thể, và chỉ số nhóm được chọn/chỉ báo với W1 và việc chọn/chỉ báo chùm được thực hiện với W2. Tuy nhiên, phương án được đề xuất dưới đây là sơ đồ mà các chỉ số khác nhau được cấp phát cho mỗi chùm trong số L chùm, và chỉ số của chùm được chọn được chỉ báo rõ ràng (ví dụ, với $L=2$, chỉ số chùm (11, 5) được chỉ báo). Trong trường hợp này, số lượng trường hợp cần để chỉ báo có thể là ${}^{16}P_L, {}^{16}C_L$ (hoán vị và tổ hợp). Trong trường hợp số lượng trường hợp được tính toán bởi phép toán hoán vị, không có sự không rõ ràng về thứ tự chùm mà xây dựng W1 giữa UE và gNB, nhưng có nhược điểm là số lượng bit báo hiệu tăng lên. Trong trường hợp phương pháp nhóm được xây dựng bởi tổ hợp được sử dụng, có thể giả định rằng việc nhóm luôn được sắp xếp dựa trên chỉ số sách mã thấp (hoặc cao). Trong trường hợp không hứa hẹn từ trước như ví dụ, sự xoay vòng bộ tiền mã hóa như vòng lặp hở (OL) một nửa cho UE nhanh có thể được sử dụng, và nó có thể tạo cấu hình được phương pháp nhóm nào được sử dụng, và gNB có thể chỉ báo điều này (hoặc UE có thể khuyến nghị điều này). Hiệu năng của tiền mã hóa chọn tần số qua việc tạo nhóm chùm có ưu điểm lớn về khía cạnh lượng thông tin báo hiệu thừa.

Theo một phương pháp khác, phương pháp nhóm sách mã 4Tx Householder với $L=4$ là như dưới đây.

Bảng 13 được biểu thị bởi mỗi chỉ số sách mã và được sắp xếp như được biểu diễn trong bảng 14.

[Bảng 14]

Chỉ số(k)	$W_k^{\{1234\}}$	Hạng			
		1	2	3	4
0	$[b_0 \ b_6 \ b_5 \ b_7]$	b_0	$[b_0 \ b_7] \{14\}$	$[b_0 \ b_6 \ b_7] \{124\}$	$[b_0 \ b_6 \ b_5 \ b_7] \{1234\}$
2	$[b_5 \ -b_7 \ b_0 \ -b_6]$	b_5	$[b_5 \ -b_7] \{12\}$	$[b_5 \ -b_7 \ b_0] \{123\}$	$[b_5 \ -b_7 \ b_0 \ -b_6] \{1234\}$
8	$[b_6 \ b_0 \ -b_7 \ -b_5]$	b_6	$[b_6 \ b_0] \{12\}$	$[b_6 \ b_0 \ -b_5] \{124\}$	$[b_6 \ b_0 \ -b_7 \ -b_5] \{1234\}$
10	$[b_7 \ -b_5 \ -b_6 \ b_0]$	b_7	$[b_7 \ -b_6] \{13\}$	$[b_7 \ -b_5 \ -b_6] \{123\}$	$[b_7 \ -b_5 \ -b_6 \ b_0] \{1324\}$
12	$[b_1 \ b_2 \ b_3 \ b_4]$	b_1	$[b_1 \ b_2] \{12\}$	$[b_1 \ b_2 \ b_3] \{123\}$	$[b_1 \ b_2 \ b_3 \ b_4] \{1234\}$
13	$[b_2 \ b_1 \ b_4 \ b_3]$	b_2	$[b_2 \ b_4] \{13\}$	$[b_2 \ b_1 \ b_4] \{123\}$	$[b_2 \ b_4 \ b_1 \ b_3] \{1324\}$
14	$[b_3 \ b_4 \ b_1 \ -b_2]$	b_3	$[b_3 \ b_1] \{13\}$	$[b_3 \ b_4 \ b_1] \{123\}$	$[b_1 \ b_4 \ b_3 \ b_2] \{3214\}$
15	$[-b_4 \ -b_3 \ -b_2 \ -b_1]$	$-b_4$	$[-b_4 \ -b_3] \{12\}$	$[-b_4 \ -b_3 \ -b_2] \{123\}$	$[-b_4 \ -b_3 \ -b_2 \ b_1] \{1234\}$
1	$[\bar{q}_0 \ j\bar{q}_1 \ -q_0 \ -j\bar{q}_1]$	$\bar{q}_0$	$[\bar{q}_0 \ j\bar{q}_1] \{12\}$	$[\bar{q}_0 \ j\bar{q}_1 \ -q_0] \{123\}$	$[\bar{q}_0 \ j\bar{q}_1 \ -q_0 \ -j\bar{q}_1] \{1234\}$
3	$[q_0 \ -j\bar{q}_1 \ -\bar{q}_0 \ j\bar{q}_1]$	q_0	$[q_0 \ -j\bar{q}_1] \{12\}$	$[q_0 \ -j\bar{q}_1 \ -\bar{q}_0] \{123\}$	$[-\bar{q}_0 \ -j\bar{q}_1 \ q_0 \ j\bar{q}_1] \{3214\}$
9	$[q_1 \ j\bar{q}_0 \ \bar{q}_1 \ j\bar{q}_0]$	q_1	$[q_1 \ j\bar{q}_0] \{14\}$	$[q_1 \ \bar{q}_1 \ j\bar{q}_0] \{134\}$	$[q_1 \ j\bar{q}_0 \ \bar{q}_1 \ j\bar{q}_0] \{1234\}$
11	$[\bar{q}_1 \ -j\bar{q}_0 \ q_1 \ -j\bar{q}_0]$	$\bar{q}_1$	$[\bar{q}_1 \ q_1] \{13\}$	$[\bar{q}_1 \ q_1 \ -j\bar{q}_0] \{134\}$	$[\bar{q}_1 \ q_1 \ -j\bar{q}_0 \ -j\bar{q}_0] \{1324\}$
4	$[e_0 \ \bar{e}_3 \ j\bar{e}_1 \ -j\bar{e}_2]$	e_0	$[e_0 \ -j\bar{e}_2] \{14\}$	$[e_0 \ \bar{e}_3 \ -j\bar{e}_2] \{124\}$	$[e_0 \ \bar{e}_3 \ j\bar{e}_1 \ -j\bar{e}_2] \{1234\}$
7	$[\bar{e}_0 \ e_3 \ -j\bar{e}_1 \ j\bar{e}_2]$	$\bar{e}_0$	$[\bar{e}_0 \ -j\bar{e}_1] \{13\}$	$[\bar{e}_0 \ -j\bar{e}_1 \ j\bar{e}_2] \{134\}$	$[\bar{e}_0 \ -j\bar{e}_1 \ e_3 \ j\bar{e}_2] \{1324\}$
5	$[\bar{e}_1 \ e_2 \ -j\bar{e}_0 \ j\bar{e}_3]$	$\bar{e}_1$	$[\bar{e}_1 \ j\bar{e}_3] \{14\}$	$[\bar{e}_1 \ e_2 \ j\bar{e}_3] \{124\}$	$[\bar{e}_1 \ e_2 \ -j\bar{e}_0 \ j\bar{e}_3] \{1234\}$
6	$[e_1 \ \bar{e}_2 \ j\bar{e}_0 \ -j\bar{e}_3]$	e_1	$[e_1 \ j\bar{e}_0] \{13\}$	$[e_1 \ j\bar{e}_0 \ -j\bar{e}_3] \{134\}$	$[e_1 \ j\bar{e}_0 \ \bar{e}_2 \ -j\bar{e}_3] \{1324\}$

Số trong ngoặc nhọn {} trong bảng 14 là vị trí của vectơ/từ mã cơ sở được chọn trong số các vectơ/các từ mã cơ sở. Ví dụ, trong bảng 14, {14} có hạng 2 có chỉ số sách mã 0 có thể được hiểu là vectơ/từ mã cơ sở thứ nhất (b_0) và thứ tư (b_7) trong số các vectơ/các từ mã cơ sở $[b_0, b_5, b_6, b_7]$.

Các vectơ được thể hiện trong bảng 14 có thể được xác định như phương trình 29.

[Phương trình 29]

$$\mathbf{b}_0 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{b}_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{b}_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{b}_3 = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{b}_4 = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{b}_5 = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{b}_6 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{b}_7 = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{q}_0 = \begin{bmatrix} 1 \\ j \\ -1 \\ -j \end{bmatrix}, \quad \mathbf{q}_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ -j \\ 1 \\ -j \end{bmatrix}, \quad \bar{\mathbf{q}}_0 = \begin{bmatrix} 1 \\ -j \\ -1 \\ j \end{bmatrix}, \quad \bar{\mathbf{q}}_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ j \\ 1 \\ j \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{e}_0 = \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{1-j}{\sqrt{2}} \\ -j \\ \frac{-1-j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}, \quad \bar{\mathbf{e}}_0 = \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{1+j}{\sqrt{2}} \\ j \\ \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{e}_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \\ -j \\ \frac{1+j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}, \quad \bar{\mathbf{e}}_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{-1-j}{\sqrt{2}} \\ j \\ \frac{1-j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{e}_2 = \begin{bmatrix} \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \\ 1 \\ \frac{1+j}{\sqrt{2}} \\ -j \end{bmatrix}, \quad \bar{\mathbf{e}}_2 = \begin{bmatrix} \frac{-1-j}{\sqrt{2}} \\ 1 \\ \frac{1-j}{\sqrt{2}} \\ j \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{e}_3 = \begin{bmatrix} \frac{1-j}{\sqrt{2}} \\ 1 \\ \frac{-1-j}{\sqrt{2}} \\ -j \end{bmatrix}, \quad \bar{\mathbf{e}}_3 = \begin{bmatrix} \frac{1+j}{\sqrt{2}} \\ 1 \\ \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \\ j \end{bmatrix}$$

Bảng 14 biểu diễn phương án mà nó được nhóm với các sách mã có cùng vectơ/từ mã cơ sở. Ví dụ, dựa vào bảng 14, các chỉ số sách mã 0, 2, 8 và 10 được tạo cấu hình với cùng vectơ/từ mã cơ sở $[\mathbf{b}_0, \mathbf{b}_5, \mathbf{b}_6, \mathbf{b}_7]$ có thể được nhóm lại thành một nhóm. Trong trường hợp được biểu diễn như bảng 14, sách mã Householder 4-Tx DL của LTE có thể được phân loại/nhóm dựa trên cùng từ mã cơ sở (tất nhiên, qua pha hoặc phép toán liên hợp, các sách mã khác được áp dụng). Điều này có nghĩa là, sách mã 4Tx Householder có thể được chia/nhóm thành nhóm chùm 1 $\{0, 2, 8, 10\}$, nhóm chùm 2 $\{12, 13, 14, 15\}$, nhóm chùm 3 $\{1, 3, 9, 11\}$, và nhóm chùm 4 $\{4, 7, 5, 6\}$ dựa trên chỉ số sách mã như được biểu diễn trong bảng 15.

[Bảng 15]

Nhóm chùm 1	0, 2, 8, 10
Nhóm chùm 2	12, 13, 14, 15
Nhóm chùm 3	1, 3, 9, 11
Nhóm chùm 4	4, 5, 6, 7

Theo đó, chỉ số được cấp phát trong mỗi nhóm chùm có thể được chỉ báo bởi WB (và/hoặc dài hạn), và chùm tối ưu trong mỗi nhóm chùm có thể được chỉ báo bởi SB (và/hoặc ngắn hạn).

Số hạng được chuẩn hóa không được phản ánh trên phương trình 29. Sự chuẩn hóa có thể được thực hiện bằng cách nhân $\frac{1}{2\sqrt{R}}$ với từ mã của mỗi chỉ số sách mã (tương ứng với k và hạng), ở đây, 2 có nghĩa là mỗi sự chuẩn hóa cột, $\sqrt{R}$ có nghĩa là sự chuẩn hóa cho mỗi hạng, và ở đây R là hạng.

Phương pháp phân loại/nhóm sách mã có thể được phân loại/nhóm theo khoảng cách/mức độ cách xa giữa giữa các cổng (ví dụ, được phân loại/nhóm theo giá trị x trong khoảng cổng $x\lambda$). Nếu không, phương pháp phân loại/nhóm sách mã có thể được phân loại/nhóm theo mức độ phân mảnh của việc dịch pha giữa các cổng (tức là, mỗi nhóm sách mã được phân loại có thể có tính phân mảnh dịch pha khác nhau/được chia/độc lập) (ví dụ, các nhóm chùm 1 và 2 được dịch chuyển với khóa dịch pha nhị phân (Binary phase shift keying, BPSK), nhóm chùm 3 được dịch chuyển với khóa dịch pha vuông góc (Quadrature Phase Shift Keying, QPSK), và nhóm chùm 4 được dịch chuyển với 8-PSK (khóa dịch pha 8 mức)), và theo đó, sách mã WB được chia. Theo đó, ngay cả trong trường hợp sách mã mở rộng trong đó nhóm chùm cụ thể được mở rộng theo tính chất, tiền mã hóa chọn tần số dựa trên sách mã có thể được thực hiện. Ví dụ, trong trường hợp nhóm chùm 3 được mở rộng, điều này có nghĩa là, ví dụ sách mã về việc xây dựng sách mã bằng cách thay thế q0 và q1 vào q2 và q3 được xác định trong phương trình 30 một cách tương ứng.

[Phương trình 30]

$$\mathbf{q}_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ j \\ -j \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{q}_3 = \begin{bmatrix} 1 \\ -j \\ j \\ -1 \end{bmatrix}, \quad \bar{\mathbf{q}}_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ -j \\ j \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \bar{\mathbf{q}}_3 = \begin{bmatrix} 1 \\ j \\ -j \\ -1 \end{bmatrix}$$

Trong ví dụ trên đây, việc báo hiệu lượng thông tin thừa là 2 bit cho mỗi trong số WB và SB được đòi hỏi để chỉ báo TPMI. Do hạng 4 tương ứng với hạng đầy đủ của 4TX, nên điều có thể được hứa hẹn/được tạo cấu hình để sử dụng ma trận đơn vị $\frac{1}{2}\mathbf{I}_4$ một cách đơn giản, hoặc sử dụng sách mã hạng 4 đại diện cho mỗi nhóm. Nếu không, để làm giảm lượng thông tin thừa báo hiệu đối với SB, phương pháp nhóm lại nhóm chùm 1, 2, 3, 4 để $L=2$ có thể được xem xét. Ví dụ, nhóm chùm 1, 2, 3, 4 được nhóm trên đây có thể được phân loại/nhóm thành nhóm chùm 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (tức là, được phân loại/nhóm thành các chỉ số sách mã $\{0, 2\}$, $\{8, 10\}$, $\{12, 13\}$, $\{14, 15\}$, $\{1, 3\}$, $\{9, 11\}$, $\{4, 7\}$, $\{5, 6\}$, v.v.), và trong trường hợp này, TPMI có thể được chỉ báo bởi 1 bit đối với mỗi SB.

Phương pháp nhóm có thể được đề xuất bằng cách sử dụng khoảng cách giữa các từ mã cho mỗi hạng hoặc mức độ tương quan như là một phương pháp nhóm khác. Về việc này, như một ví dụ về chuẩn đo sử dụng được, khoảng cách cung ($d(A, B)$) hoặc sự tương quan ma trận (vector) ($\text{Corr}(A, B)$) có thể có, và điều này có thể được biểu diễn bởi phương trình 31.

[Phương trình 31]

$$d(A, B) = \frac{1}{\sqrt{2}} \|AA^H - BB^H\|_F$$

$$\text{Corr}(A, B) = \|AB^H\|_F$$

Ở đây, A và B là các ma trận (các vector) tùy ý có cùng kích thước, và chỉ số trên “H” là chuyển vị liên hợp (Hecmit), và $\|\cdot\|_F$ là chuẩn Frobenius (Frobenius norm).

Bằng cách sử dụng chuẩn đo này, ví dụ về việc nhóm có các hạng rank 1 và 2 trong bảng 13 có thể bao gồm bảng 16.

[Bảng 16]

	Hạng 1	Hạng 2
Nhóm chùm 1	0, 2, 9, 11	0, 3, 7, 11
Nhóm chùm 2	1, 3, 8, 10	1, 2, 8, 10
Nhóm chùm 3	4, 7, 12, 15	4, 5, 6, 12
Nhóm chùm 4	5, 6, 13, 14	9, 13, 14, 15

Mỗi chỉ số trong bảng 16 tương ứng với chỉ số của từ mã trong bảng 13. Đây là ví dụ mà việc nhóm được thực hiện dựa trên mức độ tương quan giữa các từ mã. Điều này có thể có nghĩa là sự tương quan giữa WB-SB TPMI được duy trì và tiền mã hóa chọn tần số có thể được thực hiện trong trường hợp mức độ tương quan nhất định tồn tại giữa các từ mã. Ngoài ra, như được biểu diễn trong ví dụ trong bảng 16, nhóm chùm có thể là khác nhau đối với mỗi hạng. Điều này là do chuẩn đo này có thể được thay đổi bởi chùm trực giao có trong W1, khi lớp tăng lên.

Dưới đây, kỹ thuật giảm lượng thông tin thừa TPMI được đề xuất.

- Đề xuất 1: Thông tin về các phương pháp nhóm được mô tả trên đây có thể được chỉ báo bởi TPMI qua DCI. Tuy nhiên, theo khía cạnh giảm lượng thông tin thừa, phương pháp tạo nhóm chùm hoặc thông tin về nhóm chùm được chỉ báo tùy ý từ gNB có thể được chỉ báo qua báo hiệu lớp cao hơn như MAC CE, và tương tự, và TPMI liên quan đến WB/SB có thể được chỉ báo bằng cách sử dụng các chùm trong nhóm chùm được chỉ báo/lựa chọn/chọn qua TRI và MAC CE như là DCI.

- Đề xuất 2: Trong ví dụ trên đây, các độ rộng bit của WB và SB được thiết lập giống hệt. Trong trường hợp này, độ rộng bit lớn hơn được cấp phát cho WB so với độ rộng bit của SB, nhưng SB được giới hạn ở độ rộng bit cụ thể (ví dụ, sự chỉ báo 1 bit, v.v.), và lượng thông tin thừa cũng có thể được giảm bớt.

- Đề xuất 3: Trong trường hợp báo cáo trong khối SB, kích thước của TPMI trở thành lớn hơn khi số lượng SB tăng. Để giải quyết vấn đề này, nó có thể được hứa hẹn/tạo cấu hình từ trước để thực hiện việc lấy mẫu con khi truyền chế độ SB. Lúc này, thông tin về việc lấy mẫu con có thể được hứa hẹn giữa UE và gNB từ trước, hoặc được chỉ báo cho UE qua lớp cao hơn như MAC CE, và tương tự hoặc phương pháp giới hạn tập con sách mã mà sẽ được mô tả dưới đây.

- Đề xuất 3-1: Do việc lấy mẫu con có thể làm giảm hiệu năng UL đáng kể, nên điều có thể là được hứa hẹn/tạo cấu hình là việc lấy mẫu con được thực hiện khi số lượng SB mà sẽ được lập lịch cho UE là N cụ thể (ví dụ, $N=3$), nhưng nếu không thì không được thực hiện.

Phương pháp được đề xuất có thể được sử dụng/áp dụng nhằm mục đích giảm lượng thông tin thừa của hoạt động truyền UL/DL dựa trên cấu trúc sách mã kép.

Trong trường hợp TRI+ TPMI được chỉ báo với một DCI và kích thước của TPMI được thay đổi phụ thuộc vào TRI, để giảm lượng thông tin thừa, TRI+ TPMI có thể được mã hóa liên kết và được truyền.

TPMI có thể được chia thành TPMI1 (tương ứng với W1) và TPMI2 (tương ứng với W2) (dưới đây, được gọi chung là 'TPMI1' và 'TPMI2'). Lúc này, TRI/TRI+TPMI1 có thể được chỉ báo bởi một DCI và TPMI2 (và/hoặc thông tin vị trí của Sb tương ứng) có thể được chỉ báo bởi MAC CE, và tương tự. Theo phương án này, có ưu điểm là tiền mã hóa chọn tần số có thể được thực hiện mà không báo hiệu lượng thông tin thừa của DCI lớn ngay cả trong trường hợp kích thước của SB tiền mã hóa là lớn.

Theo cách khác, ngược lại, TRI/TRI+TPMI1 có thể được chỉ báo bởi MAC CE, và tương tự và TPMI2 có thể được chỉ báo bởi DCI. Phương án này có thể được áp dụng hữu ích vào trường hợp mà số lượng SB là nhỏ (ví dụ, 2) hoặc RI hoặc TPMI đang thay đổi động ít tương đối so với trường hợp chế độ truyền WB.

Trong trường hợp nó được chỉ báo bởi DCI kép, DCI có thể được tạo cấu hình/được phân loại thành DCI thứ nhất và DCI thứ hai. Trong trường hợp DCI thứ nhất có mức ưu tiên cao hơn DCI thứ hai và/hoặc DCI thứ hai được chỉ báo với dài hạn tương đối so với DCI thứ nhất, TRI có thể có trong DCI thứ nhất và được mã hóa riêng rẽ cho sự bảo vệ cao hơn hoặc được mã hóa liên kết cùng với TPMI1, và TPMI2 có thể có trong DCI thứ hai.

Thông tin TRI, TPMI1 và TPMI2 liên quan đến tiền mã hóa có thể có sự phụ thuộc lẫn nhau, và theo đó, ngay cả trong trường hợp UE không thể giải mã ít nhất một phần của thông tin tương ứng, UE có thể hiểu/giải mã TRI, TPMI1 và/hoặc TPMI2 được chỉ báo dựa trên thông tin nhận được trước đó. Nếu không, theo cách xử lý mặc định, hoạt

động truyền với hạng 1 và/hoặc chế độ WB có thể được hứa hẹn/tạo cấu hình từ trước giữa gNB và UE.

Trong trường hợp sách mã 8 cổng, sách mã 4 cổng có thể được áp dụng vào mỗi panen (tài nguyên), và cấu trúc sách mã tương ứng như được biểu diễn trong phương trình 32.

[Phương trình 32]

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} \mathbf{W}_{11} & \\ & \alpha \mathbf{W}_{12} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{W}_{21} \\ \beta \mathbf{W}_{22} \end{bmatrix}, \mathbf{W}_{1i} = \begin{bmatrix} \mathbf{v}_1 & 0 \\ 0 & \mathbf{v}_1 \end{bmatrix} \in C^{4 \times 2}, \mathbf{v}_1 \in C^{2 \times 1}, \mathbf{W}_{2i} = \begin{bmatrix} 1 \\ \phi_n \end{bmatrix}$$

Dưới đây, khi truyền UL (hoặc DL) trong BW rất rộng (ví dụ, 40 MHz) trong NR, trường hợp mà tiền mã hóa chọn tần số được áp dụng/thực hiện được mô tả.

Nói chung, khi tiền mã hóa chọn tần số, bằng cách sử dụng chùm có trong nhóm chùm của W1 (hoặc đối với chùm), việc chọn chùm và đồng pha trong theo hướng SB được thực hiện, trong sách mã giai đoạn kép cấu trúc. Trong trường hợp L chùm mà tạo thành nhóm chùm của W1, để phản ánh tốt tiền mã hóa chọn tần số trong trường hợp tính chất chọn tần số có ưu thế hoặc trong trường hợp BW là rất rộng, thì có thể ưu tiên tạo cấu hình giá trị L lớn. Theo đó, giá trị L có thể được tạo cấu hình theo/dựa trên BW (ví dụ, BW ~ 10 MHz (L=1), ~ 40 MHz (L=4), v.v.). Và/hoặc gNB có thể chỉ báo giá trị L cho giá trị L của UE xét đến độ chọn lọc tần số, hoặc UE có thể khuyến nghị giá trị L mà UE ưu tiên.

Ngoài sách mã được mô tả trên đây, điều có thể được xem xét là sách mã LTE khác, ví dụ, sách mã Cấp A được sử dụng làm sách mã UL. Trong trường hợp này, do TPMI được chỉ báo bởi DCI tăng tuyến tính theo số lượng SB, nên để hạn chế điều này, điều có thể được giới hạn là chỉ ‘Config 1’ (‘Cấu hình 1’) trong đó kích thước phân tải dữ liệu SB là nhỏ nhất được sử dụng.

Đối với DFT-S-OFDM, trong trường hợp WB TPMI được sử dụng cho 2Tx, bộ tiền mã hóa hạng 1 được thể hiện trong bảng 17 dưới đây có thể được sử dụng. Trong bảng dưới đây, “chỉ số sách mã” có thể được gọi là “chỉ số TPMI”.

[Bảng 17]

Chỉ số sách mã	Số lượng lớp	
	1	2
0	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$
1	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{bmatrix}$
2	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$
3	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix}$	
4	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	
5	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$	

Đối với CP-OFDM, các chỉ số TPMI từ 0 đến 3 cho hạng 1 và các chỉ số TPMI 0 và 1 cho hạng 2 có thể được sử dụng. Ngoài ra, một trong số hai cơ chế chọn công ăng ten có thể được hỗ trợ.

- Cách 1: Trong bảng 17, các chỉ số TPMI từ 4 đến 5 cho hạng 1 và chỉ số TPMI 2 cho hạng 2 được sử dụng trong CP-OFDM.

- Cách 2: SRI chỉ báo công ăng ten được chọn.

Đối với 2Tx, TPMI, SRI và TRI của Rel-15 có thể được chuyển tiếp bằng cách sử dụng DCI một giai đoạn có kích thước được tạo cấu hình bán tĩnh. Kích thước DCI có trong TPMI, SRI và TRI không được thay đổi theo sự cấp phát tài nguyên PUSCH của DCI một giai đoạn. Khả năng của UE có thể được cụ thể hóa, mà nhận dạng liệu UE có khả năng UL MIMO có thể hỗ trợ hoạt động truyền nhất quán qua chuỗi truyền của chính nó hay không.

Đối với 4Tx của CP-OFDM, các phương pháp sau đây có thể được xem xét như là phương pháp xử lý việc chọn công trong sách mã.

1. Sách mã cấu hình được

A. Sách mã kết hợp công và sách mã chọn công được phân biệt, và mỗi sách mã có thể được báo hiệu bởi lớp cao hơn. Điều này có nghĩa là, giống như sách mã chọn công của chức năng ngắt ăng ten được biểu diễn bởi sách mã LTE của UL (hoặc tập con của nó) và sách mã được biểu diễn bởi sách mã Household/CSI của NR DL Type I, nó có thể được báo hiệu bởi lớp cao hơn giống như RRC để sử dụng sách mã trong số các

cổng kết hợp các sách mã trong đó hệ số khác không (zero) tồn tại trong tất cả cổng được sử dụng. Các UE tạo cấu hình với SRS được tạo chùm (trong trường hợp mở rộng đến UL tương tự như Cấp B của LTE eFD-MIMO) có thể sử dụng sách mã chọn cổng.

2. Sách mã đơn

A. Đây là sách mã được biểu diễn bởi sự kết hợp của sách mã kết hợp cổng và sách mã chọn cổng, giống như trường hợp 1.

3. Khi sách mã được tạo cấu hình với các phương pháp 1 và 2 được sử dụng, TRI và TPMI có thể được mã hóa hoặc được mã hóa liên kết một cách độc lập. Trong trường hợp TRI và TPMI được mã hóa liên kết, để giảm lượng thông tin thừa của DCI, việc chọn cổng được phép chỉ cho hạng cụ thể hoặc nhỏ hơn (ví dụ, hạng 1 hoặc hạng 2). Trong trường hợp phương pháp A được sử dụng, nó được tạo cấu hình với sách mã chọn cổng, và TRI được chỉ báo bởi 3 hoặc 4, UE có thể nhận dạng TPMI được chỉ báo dưới dạng TPMI tương ứng với các hạng 3 và 4 của sách mã kết hợp cổng.

Dưới đây, trong trường hợp sách mã UL được mô tả trên đây được sử dụng (ví dụ, chu kỳ bộ tiền mã hóa), phương pháp chỉ báo giới hạn tập con sách mã trong gNB nhằm mục đích kiểm soát nhiễu được đề xuất. Điều này có thể được sử dụng nhằm mục đích giảm lượng thông tin báo hiệu thừa của báo hiệu lớp cao hơn (ví dụ, DCI). Điều này có nghĩa là, phương pháp này có mục đích làm giảm lượng thông tin thừa khi chuẩn bị cho trường hợp mà kích thước TPMI trở thành lớn hơn do tiền mã hóa chọn tần số/hoạt động nhiều panen và tương tự được mô tả trên đây. Theo đó, trong phương pháp này, trường hợp có thể được xem xét là sách mã được xây dựng lại/lấy mẫu con như là sách mã bao gồm góc cụ thể được ưu tiên bởi UE, và miền. Trong trường hợp này, do kích thước sách mã được xây dựng lại và/hoặc được lấy mẫu con là nhỏ hơn sách mã hiện có, có hiệu quả là kích thước phân tải dữ liệu được giảm bớt.

1. Khối (chùm) từ mã: Đây là phương pháp chỉ báo từ mã đầy đủ xây dựng sách mã UL với sơ đồ như bản đồ bit (bitmap), để chỉ báo chuẩn riêng cho ô (Cell-Specific Reference, CSR). Theo đó, số lượng bit được sử dụng cho CSR là $L_1+L_2+...+L_X$. Ở đây, L_i là số từ mã lớp i .

A. Trong trường hợp sách mã dựa trên 2D DFT được sử dụng trong CP-OFDM, toàn bộ lưới của chùm (GoB) có thể được chỉ báo bởi giá trị là $N_1N_2O_1O_2$. Ở đây, mỗi giá trị trong số N_1 , N_2 , O_1 , và O_2 là số lượng công ăng ten trong các miền thứ nhất và thứ hai và số lượng dư mẫu.

B. CSR cho miền cụ thể hoặc CSR cho góc cụ thể: Ví dụ, trong trường hợp trải theo góc cho miền thẳng đứng là rất nhỏ, sách mã cho thành phần thẳng đứng có thể không ảnh hưởng đến hiệu năng. gNB có thể biết điều này thông qua việc đo/giám sát kênh giữa UE và gNB, hoặc UE có thể khuyến nghị điều này cho gNB.

2. Khối cấu hình sách mã: Trong trường hợp UE sử dụng nhiều cấu hình sách mã, UE có thể khuyến nghị sách mã ưu tiên hoặc sách mã không ưu tiên cho gNB nhằm mục đích CSR.

3. Khối hạng: Khi nhận chỉ báo về CSR với hạng cụ thể, UE không sử dụng sách mã tương ứng với hạng tương ứng.

A. Với mỗi hạng, phương pháp 1 và/hoặc phương pháp 2 có thể được kết hợp và CSR có thể được chỉ báo. Điều này có nghĩa là, với mỗi hạng, chùm/nhóm chùm (ví dụ, do khả năng truyền nhất quán UE, v.v.) mà giới hạn tập con sách mã được áp dụng vào có thể được chỉ báo một cách độc lập. Ví dụ, trong trường hợp sách mã 2 công như được biểu diễn trong bảng 18 dưới đây, bản đồ bit của B_rank1 có thể được tạo cấu hình với 2 bit, và điều có thể được hứa hẹn/tạo cấu hình là khi bản đồ bit là “11”, các chỉ số từ 0 đến 5 được sử dụng, và khi bản đồ bit là “01”, các chỉ số 4 và 5 được sử dụng. Ngoài ra, điều có thể được hứa hẹn/tạo cấu hình là bản đồ bit 2 bit của B_rank2 sử dụng các chỉ số sách mã từ 0 đến 2, khi bản đồ bit là “11”, và sử dụng chỉ chỉ số sách mã 2, khi bản đồ bit là “01”.

[Bảng 18]

Chỉ số sách mã	Số lượng lớp	
	1	2
0	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -1 \end{bmatrix}$
1	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{bmatrix}$
2	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$
3	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix}$	
4	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	
5	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$	

Để làm giảm báo hiệu, chùm/nhóm chùm có thể được chỉ báo bởi định dạng mã hóa chung, mà không phải là định dạng bản đồ bit. Ví dụ, kích thước 1 bit được xác định để chỉ báo, nó có thể được xác định là bit này chỉ báo “01” trong ví dụ bản đồ bit 2 bit, khi bit này là “0”, và chỉ báo “11” trong ví dụ bản đồ bit 2 bit, khi bit này là “1”.

Trong phương pháp này, chỉ báo độc lập cho mỗi hạng được biểu diễn, nhưng trong trường hợp kích thước bản đồ bit xác định được là giống nhau đối với mỗi hạng, tất cả các hạng có thể được giới hạn ở một bản đồ bit (tức là, tất cả giới hạn hạng có thể được chỉ báo qua bản đồ bit tương ứng).

4. Khối W2: Trong trường hợp sách mã giai đoạn kép, sách mã giống như đồng pha hoặc Cấp B LTE DL cụ thể, W2 tương ứng với từ mã W2 có thể được giới hạn nhằm mục đích giới hạn việc sử dụng công cụ thể. Trong trường hợp này, UE có thể giả định giới hạn hạng-1 hoặc thông tin tương ứng với hạng có thể được chỉ báo cho UE cùng nhau.

5. Khối panen: Trong trường hợp chỉ báo panen có trong sách mã, nhằm mục đích giới hạn hoạt động truyền của panen cụ thể, gNB có thể chỉ báo giới hạn của việc sử dụng sách mã tương ứng với panen cụ thể cho UE với CSR (tức là, chỉ báo đóng/ngắt panen với giới hạn tập con sách mã).

Tất nhiên, gNB chỉ báo hầu hết CSR cho UE. Tuy nhiên, trong suốt quá trình mà UE thực hiện hoạt động CoMP giống như JT hoặc nhận liên kết (Joint Reception, JR), trong trường hợp các chùm cho mỗi panen gây nhiễu cho nhau, nhằm mục đích kiểm soát việc này, UE có thể khuyến nghị CSR về phương pháp được đề xuất cho mỗi gNB.

Như một ví dụ cụ thể hơn, trong trường hợp UE có hai panen và panen Rx tương ứng tốt nhất là khác nhau đối với mỗi panen (trong trường hợp panen/TRP ưu tiên là khác nhau đối với mỗi panen), điều được xem xét là liên kết giữa hai panen/TRP và UE bị hỏng. Điều này có nghĩa là, ví dụ, khi ưu tiên là liên kết giữa TRP1 và panen UE 1 là liên kết 1 và liên kết giữa TRP2 và panen UE 2 là liên kết 2, thì điều được xem xét là liên kết 2 bị hỏng. Trong trường hợp này, như là một hoạt động làm ví dụ, UE từ bỏ 2 và kết hợp công của 2 cho liên kết 1, và hoạt động truyền tốt hơn có thể được xem xét. Trong trường hợp này, khi chùm được truyền trong TRP2 sẵn có của panen 2 được sử dụng, nhiều có thể được giảm đáng kể với TRP2, và theo đó, khi panen được kết hợp, UE có thể khuyến nghị việc tránh/cấm sử dụng chùm tương ứng cho gNB. Ví dụ này cũng có thể được sử dụng ngay cả trong trường hợp hỏng liên kết cặp chùm do tắc nghẽn, và tương tự. Điều này có nghĩa là, nhằm mục đích giảm nhiễu của TRP/panen khác, UE có thể khuyến nghị không sử dụng TPMI, chùm số và/hoặc tương tự mà gây nhiễu cho TRP/panen khác một cách đáng kể.

Trong trường hợp 4Tx mà sử dụng TPMI dải rộng, ít nhất DCI một giai đoạn có thể được sử dụng. Đối với TPMI dải rộng và sách mã NR 4Tx cho CP-OFDM, một trong số các cách có thể được chọn.

- Alt 1: Rel-10 UL, có thể cùng với các mục nhập bổ sung:
- Alt 2: Rel-15 DL, có thể cùng với các mục nhập bổ sung:
- Alt 3: Rel-8 DL, có thể cùng với các mục nhập bổ sung:

NR hỗ trợ 3 mức độ của khả năng của UE đối với hoạt động truyền MIMO của UL:

- Nhất quán hoàn toàn: Tất cả các cổng có thể được truyền một cách nhất quán.
- Nhất quán một phần: Các cặp cổng có thể được truyền một cách nhất quán.
- Không nhất quán: Không có cặp cổng nào có thể được truyền một cách nhất quán.

Các từ mã TPMI từ sách mã được sử dụng bởi gNB theo đó.

Đối với 1 tài nguyên SRS,

- Nhất quán hoàn toàn: Tất cả các cổng tương ứng với các cổng trong tài nguyên SRS có thể được truyền một cách nhất quán.

- Không nhất quán: Tất cả các cổng tương ứng với các cổng trong tài nguyên SRS không được truyền một cách nhất quán.

- Nhất quán một phần: Các cặp cổng tương ứng với các cổng trong tài nguyên SRS có thể được truyền một cách nhất quán.

Ngoài hoạt động truyền dựa trên sách mã sử dụng một tài nguyên SRS, hoạt động truyền dựa trên sách mã sử dụng nhiều tài nguyên SRS bao gồm hoạt động truyền liên tài nguyên SRS không nhất quán có thể được hỗ trợ.

- Hoạt động truyền liên tài nguyên SRS không nhất quán: Hai DCI có thể được sử dụng, và một TPMI cho một DCI có thể được sử dụng. Ngoài ra, một TPMI/TRI cho một tài nguyên SRS có thể được báo hiệu, và việc chọn nhiều tài nguyên SRS có thể được chỉ báo.

Ít nhất một tài nguyên SRS được tạo cấu hình và đối với DFT-S-OFDM, sách mã hạng 1 4Tx bổ sung có thể được hỗ trợ như được biểu diễn trong bảng 19 dưới đây.

[Bảng 19]

Chỉ số sách mã	Số lượng lớp $\nu=1$							
16 – 23	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ j \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -j \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ -j \end{bmatrix}$
24 – 27	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$	-	-	-	-

Đối với DFT-S-OFDM, sách mã UL hạng 1 LTE 4Tx cho TPMI từ 0 đến 15 có thể được hỗ trợ. Lúc này, các từ mã bổ sung để chọn cổng ăng ten cũng có thể được hỗ trợ.

Xét đến các vấn đề được mô tả trên đây, UE có thể báo cáo thông tin khả năng liên quan đến hoạt động truyền nhất quán cho gNB theo cách bổ sung. Trong trường hợp này, để gNB tạo cấu hình sách mã cho UE, thông tin khả năng có thể được xem xét thêm ngoài thông tin về cấu hình ăng ten, sự phân cực ăng ten, và tương tự, như số (tối đa) cổng ăng ten trong panen (hoặc nhóm cổng), số lượng panen. Các khả năng này của UE có thể có các giá trị khác nhau theo việc thực thi UE, và nó đòi hỏi nhiều nỗ lực để cụ thể hóa nó.

Theo đó, sáng chế đề xuất báo cáo giới hạn tập con sách mã UL được ưu tiên bởi UE cho gNB với khả năng này. Giới hạn tập con sách mã UL này có thể là sách mã mà giới hạn tập con sách mã được áp dụng vào các sách mã được mô tả trên đây. Ví dụ, báo cáo khả năng 3 bit có thể được cung cấp như bảng 20. Bảng 20 lấy ví dụ giới hạn tập con sách mã, và bảng 21 lấy ví dụ sách mã 2 cổng được sử dụng cho việc xác định của bảng 20.

[Bảng 20]

Trạng thái	Xây dựng sách mã
000	2 cổng với các chỉ số TPMI từ 0 đến 5 cho hạng 1 và từ 0 đến 3 cho hạng 2
001	2 cổng với các chỉ số TPMI từ 4 đến 5 cho hạng 1 và 3 cho hạng 2
010	4 cổng với các chỉ số TPMI từ 0 đến 27 cho hạng 1 TBD cho hạng từ 2 đến 4
011	4 cổng với các chỉ số TPMI từ 16 đến 27 cho hạng 1 TBD cho hạng từ 2 đến 4
100	4 cổng với các chỉ số TPMI từ 24 đến 27 cho hạng 1 TBD cho hạng từ 2 đến 4
101	Được dành riêng
110	Được dành riêng
111	Được dành riêng

[Bảng 21]

Chỉ số sách mã	Số lượng lớp		ν
	1	2	
0	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$	
1	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{bmatrix}$	
2	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	
3	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix}$		
4	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$		
5	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$		

Đối với việc xác định của bảng 20, sách mã 2 công trên bảng 21 và sách mã 4 công sẽ được mô tả dưới đây được sử dụng. Trạng thái “000” hoặc “001” lấy ví dụ một báo cáo chung cho mỗi hạng. Trong trường hợp khả năng được chỉ báo cho mỗi hạng một cách độc lập, trường báo cáo cho mỗi hạng có thể được xác định/tạo cấu hình một cách độc lập.

Nếu không, trong trường hợp loại dạng sóng của sách mã được hỗ trợ là khác nhau, khả năng của UE có thể được báo cáo với trường khả năng độc lập (theo loại dạng sóng). Trong trường hợp sách mã hạng 1 là giống nhau mà không quan tâm đến dạng sóng (ví dụ, đối với 2 công), cùng một sách mã hạng 1 được sử dụng mà không quan tâm đến dạng sóng, và theo đó, khả năng có thể được báo cáo với cùng trạng thái trong cùng trường, và gNB có thể phản ánh điều này đối với tất cả các dạng sóng. Đối với 4 công, do các sách mã khác nhau có thể được sử dụng cho dạng sóng, có thể ưu tiên ở khía cạnh linh hoạt là khả năng của UE được báo cáo với trường báo cáo khả năng độc lập.

Theo cách khác, trường khả năng của UE có thể được chia thành các trường độc lập theo việc liệu nó là WB TPMI hoặc SB TPMI.

Để có khả năng linh hoạt cao hơn, một phương pháp có thể được xem xét là khả năng của UE được chỉ báo với định dạng bản đồ bit. B_DFT-s-OFDM có thể được chỉ báo với bản đồ bit (bản đồ bit liên quan đến DFT-s-OFDM). Ví dụ, đối với 2 công, nó có thể được chỉ báo bởi bản đồ bit 2 bit có 1 bit tương ứng với các chỉ số TPMI từ 0 đến 3 và 1 bit tương ứng với các chỉ số TPMI 4 và 5. Ví dụ, khi bản đồ bit 2 bit là ‘11’, điều này chỉ báo rằng UE có thể sử dụng tất cả các chỉ số TPMI từ 0 đến 5 làm khả năng của

UE, và khi nó là ‘01’, điều này chỉ báo rằng UE có thể sử dụng chỉ các chỉ số TPMI 4 và 5 như là khả năng của UE, và sách mã có thể được xây dựng dựa trên điều này. Ngoài ra, 4 cổng, khả năng của UE được chỉ báo với bản đồ bit 3 bit. Khi bản đồ bit 3 bit là ‘111’, điều này chỉ báo rằng UE có thể sử dụng các chỉ số TPMI từ 0 đến 27, khi bản đồ bit 3 bit là ‘011’, điều này chỉ báo rằng UE có thể sử dụng các chỉ số TPMI từ 16 đến 27, và khi bản đồ bit 3 bit là ‘001’, điều này chỉ báo rằng UE có thể sử dụng các chỉ số TPMI từ 24 đến 27.

Đối với B_CP-OFDM, bản đồ bit cho mỗi hạng có thể được bổ sung. Kích thước bản đồ bit cho mỗi hạng có thể khác nhau. Điều này có nghĩa là, B_CP-OFDM có thể được xây dựng bởi sự kết hợp của mỗi bản đồ bit hạng. Ví dụ, B_CP-OFDM có thể được tạo cấu hình/chỉ báo bởi sơ đồ bản đồ bit như {B_CP-OFDM_rank1, B_CP-OFDM_rank2, B_CP-OFDM_rank3, B_CP-OFDM_rank4}, ở đây B_CP-OFDM_rank là bản đồ bit cho mỗi hạng. Trong trường hợp CP-OFDM và DFT-s-OFDM chia sẻ cùng một sách mã hạng 1, UE có thể báo cáo khả năng với một bản đồ bit, tức là, B_CP-OFDM. Ở đây, khả năng theo số lượng cổng có thể được báo cáo với bản đồ bit độc lập, và bản đồ bit được báo cáo (cụ thể hơn, số lượng bản đồ bit độc lập) có thể được tạo cấu hình theo số cổng tối đa được hỗ trợ. Ví dụ, trong trường hợp số cổng tối đa được hỗ trợ = 4, UE có thể báo cáo tất cả khả năng của các sách mã 2 cổng và 4 cổng, nhưng trong trường hợp số cổng tối đa được hỗ trợ = 2, UE có thể báo cáo chỉ khả năng đối với sách mã 2 cổng trong định dạng bản đồ bit.

TRI trong LTE có thể được chỉ báo với DCI có từ 5 đến 6 bit cùng với việc được mã hóa kết hợp với TPMI. Tuy nhiên, NR hỗ trợ CP-OFMD, để chỉ báo thông tin về DMRS, (các) cổng ăng ten, tính đồng nhất xáo trộn và số lớp có thể được chỉ báo như bảng 22 qua DCI liên quan đến DL.

[Bảng 22]

Một từ mã: Từ mã 0 được phép, Từ mã 1 không được phép		Hai từ mã: Từ mã 0 được phép, Từ mã 1 được phép	
Giá trị	Tin nhắn	Giá trị	Tin nhắn
0	1 lớp, cổng 7, nSCID=0	0	2 lớp, các cổng 7-8, nSCID=0

1	1 lớp, cổng 7, nSCID=1	1	2 lớp, các cổng 7-8, nSCID=1
2	1 lớp, cổng 8, nSCID=0	2	3 lớp, các cổng 7-9
3	1 lớp, cổng 8, nSCID=1	3	4 lớp, các cổng 7-10
4	2 lớp, các cổng 7-8	4	5 lớp, các cổng 7-11
5	3 lớp, các cổng 7-9	5	6 lớp, các cổng 7-12
6	4 lớp, các cổng 7-10	6	7 lớp, các cổng 7-13
7	Được dành riêng	7	8 lớp, các cổng 7-14

Theo đó, trong UL của NR, tương tự như thông tin, thông tin về (các) cổngăng ten, tính đồng nhất xáo trộn và số lớp có thể được chỉ báo trong DCI liên quan đến UL. Trong trường hợp này, trong trường hợp UE hỗ trợ hoạt động truyền dựa trên sách mã UL, chỉ báo về thông tin về lớp (ví dụ, thông tin về TRI) được chồng chéo, và theo đó, DCI có thể bị lãng phí. Theo đó, trong trường hợp thông tin về (các) cổngăng ten, tính đồng nhất xáo trộn và số lớp được chỉ báo trong DCI liên quan đến UL, TRI có thể được chỉ báo với trường này và TPMI có thể được mã hóa với trường đơn lẻ/độc lập và được chỉ báo. Lúc này, do kích thước TPMI của hạng 1 là lớn nhất, nên kích thước TPMI có thể được tạo cấu hình theo hạng 1. Sách mã được thiết kế để được so khớp với kích thước TPMI được tạo cấu hình đến mức tối đa cho TPMI tương ứng với các hạng từ 2 đến 4, hoặc trong trường hợp số TPMI của hạng tương ứng nhỏ hơn kích thước TPMI (ví dụ, đối với hạng 4 của 4 cổng, so nó là hạng đầy đủ, số TPMI vào khoảng từ 1 đến 3, ví dụ, và trong trường hợp kích thước TPMI hạng 1 là 5 bit), $(32-3=)$ 29 trạng thái còn lại có thể được sử dụng cho việc sử dụng để kiểm tra lỗi.

Trong trường hợp hoạt động truyền UL dựa trên sách mã được thực hiện từ các tài nguyên SRS như được mô tả trên đây, cụ thể, trong trường hợp hoạt động truyền không nhất quán được biểu diễn bởi JT không nhất quán, tùy chọn khác nhau có thể có như được mô tả trên đây, và nó có thể được sắp xếp như ví dụ dưới đây:

Tiếp theo là các ví dụ về việc thực hiện hoạt động truyền UL dựa trên sách mã dựa trên hai tài nguyên SRS. Ở đây, TPMI_i và TRI_i lần lượt là TPMI và TRI của tài nguyên SRS thứ i.

A. $(SRI=0)+(TPMI0) + (SRI=1)+(TPMI1) + TRI$: Trong tùy chọn này, chỉ một TRI được chỉ báo chung cho hai tài nguyên SRS, và TPMI có thể được chỉ báo một cách độc lập cho mỗi tài nguyên được chỉ báo bởi mỗi SRI.

B. $(SRI=0)+(SRI=1)+TPMI + TRI$: Tùy chọn này biểu diễn trường hợp mà các công SRS trong hai tài nguyên SRS được kết hợp và được truyền bằng cách sử dụng một TPMI, và ở đây, TRI có thể được chỉ báo dưới dạng đơn lẻ.

C. $(SRI=0+TPMI0 + TRI0) + (SRI=1+TPMI1 + TRI1)$: Tùy chọn này tuân theo tùy chọn của A, nhưng tương ứng với trường hợp mà TRI được chỉ báo cho mỗi tài nguyên.

Như được mô tả trên đây, TRI có thể được chỉ báo trong bảng DMRS. Khi tùy chọn A được sử dụng, TRI có thể được hiểu là tổng hạng mà UE thực hiện hoạt động truyền UL. Lúc này, trong trường hợp lớp được chỉ báo bằng cách sử dụng các tài nguyên, có thể khó hiểu là số lượng lớp được chỉ báo/ánh xạ đến tài nguyên cụ thể. Ví dụ, trong trường hợp hoạt động truyền UL được thực hiện trong hai tài nguyên, tổng hạng là 3 và nó được chỉ báo trong bảng DMRS với $TRI=3$, có thể khó hiểu là liệu hạng được truyền trong mỗi tài nguyên là $(TRI0, TRI1)=(1,2)$ hay $(2,1)$. Theo đó, bộ chỉ báo bổ sung (ví dụ, bộ chỉ báo 1 bit) để làm rõ điều này có thể được sử dụng/xác định. Và/hoặc, trong trường hợp nó được chỉ báo bởi TRI cụ thể (ví dụ, $TRI=3$), nó có thể được chỉ báo hạng trong đó (các) tài nguyên tương ứng được truyền trong trường SRI. Ví dụ, khi tổng hạng là 3, điều có thể được hứa hẹn giữa UE và gNB là tài nguyên cho hoạt động truyền hạng 2 luôn được chỉ báo trước tiên. Điều này có nghĩa là, như được biểu diễn trong bảng 23 dưới đây, trong trường hợp $TRI=3$, trạng thái “01” có nghĩa là tài nguyên thứ 0 là hạng 2, và “10” có nghĩa là tài nguyên thứ nhất là hạng 2.

[Bảng 23]

Trạng thái	Số tài nguyên SRS
00	0
01	0,1
10	1,0
11	0,1,2,3

Ngay cả trong trường hợp $TRI=1$, tương tự như trường hợp mà $TRI=3$, việc tài nguyên trong đó hạng 1 được truyền có thể được chỉ báo rõ ràng với bộ chỉ báo bổ sung hoặc hoặc được chỉ báo ngầm. Nếu không, trong trường hợp $TRI=1$, do hoạt động truyền hạng 1 được thực hiện trong chỉ một tài nguyên, chỉ một tài nguyên có thể được chỉ báo trong trạng thái SRI.

Trong trường hợp $TRI=1$, hoạt động truyền hạng 2 được thực hiện trong một tài nguyên được chọn, hoặc hoạt động truyền hạng 1 có thể được thực hiện trong mọi tài nguyên. Trong trường hợp đầu, giống như hạng 1, ở trạng thái SRI, chỉ một tài nguyên (tài nguyên được chọn trong đó hoạt động truyền hạng 2 được thực hiện), và trong trường hợp sau, cần hiểu rằng hoạt động truyền hạng 1 được thực hiện trong mỗi tài nguyên, và theo đó, không có sự không rõ ràng.

Trong trường hợp $TRI=4$, có thể hiểu rằng mỗi tài nguyên thực hiện hoạt động truyền hạng 2.

Ví dụ này đại diện cho trường hợp, trong trường hợp số lượng cổng được sử dụng cho tổng hoạt động truyền UL là 4, hai cổng SRS lần lượt được bố trí trong mỗi hai tài nguyên.

Trong trường hợp số lượng cổng được sử dụng cho tổng hoạt động truyền UL là 4 hoặc lớn hơn, trường hợp được mô tả là hoạt động truyền UL nhất quán/không nhất quán được thực hiện qua hai tài nguyên, và bốn cổng SRS được sử dụng cho mỗi tài nguyên chẳng hạn. Ngoài ra, trong trường hợp này, giả sử rằng tổng hạng truyền là 4. Sau đó, trong trường hợp hoạt động truyền không nhất quán, hạng cho mỗi tài nguyên có thể được chỉ báo mà không bị không rõ ràng với tùy chọn/phương pháp được đề xuất theo trường hợp $TRI \leq 3$. Tuy nhiên, trong trường hợp nó được chỉ báo bởi $TRI=4$ và hoạt động truyền hạng 4 được thực hiện trong một tài nguyên, tài nguyên SRS được truyền trong trường SRI được chỉ báo riêng rẽ, và theo đó, sự không rõ ràng có thể được loại bỏ. Tuy nhiên, do có thể có sự không rõ ràng về việc liệu $(TRI_0, TRI_1)=(1,3), (2,2)$ hay $(3,1)$ có thể tồn tại, nên bộ chỉ báo để phân biệt điều này có thể được báo hiệu riêng rẽ. Nếu không, tổng TRI có thể được chỉ báo bằng DMRS, và TRI_i được truyền trong mỗi tài nguyên có thể được mã hóa liên kết với TPMI trong trường TPMI và được chỉ báo.

Điều này có nghĩa là, DCI có thể được tạo cấu hình với ít nhất một trong số các loại sau đây.

- SRI
- Một TRI được nhúng trong DMRS
- $TPMI_i + TRI_i$ cho mỗi tài nguyên SRS thứ i

Trong trường hợp hoạt động truyền sử dụng các tài nguyên SRS và trong trường hợp mỗi trong số TPMI cho mỗi tài nguyên và/hoặc TRI được chỉ báo, một trường TPMI (và/hoặc TRI) có thể được mã hóa dưới dạng các $TPMI_i$ (và/hoặc TRI_i) cho mỗi tài nguyên được ghép, và trong trường hợp kích thước mã hóa không thể lấp đầy toàn bộ kích thước phần tải dữ liệu của trường đã cho, các bit còn lại có thể được đệm không (zero-padded). Trong trường hợp này, UE không mong đợi là tổng giá trị TRI khác với tổng của tất cả các TRI_i được chỉ báo bởi tài nguyên SRS thứ i trong trường TPMI (và/hoặc TRI). Điều này có nghĩa là, điều được thỏa mãn là $TRI = TRI_0 + TRI_1 + \text{v.v.}$

Nhờ sử dụng phương pháp trên đây, việc giải mã DCI có thể được thực hiện theo thứ tự: Trường DMRS $\rightarrow$ TPMI.

Như được đề xuất trên đây, trong trường hợp TRI được nhúng trong bảng DMRS, thì không yêu cầu bộ chỉ báo cho TRI. Do đó, TPMI được sử dụng một mình, và số lượng từ mã không bị hạn chế đáng kể cho hạng cao hơn cũng như lượng thông tin thừa của DCI được giảm bớt, và theo đó, hiệu năng của hạng cao hơn có thể được nâng cao.

Một trong số các phương pháp khác để làm giảm lượng thông tin thừa của DCI, một phương pháp có thể được xem xét là TRI và TPMI được mã hóa liên kết và có trong một trường riêng lẻ, và bảng DMRS (bảng 24 dưới đây) được hiểu bởi RI được chỉ báo trong trường này.

Ví dụ, giả sử rằng cấu hình DMRS được thể hiện trong bảng 24 được sử dụng trong hoạt động truyền dựa trên sách mã UL. Trong trường hợp này, đối với nhóm công, như được biểu diễn trong bảng 24, mỗi trong số các chỉ số từ 0 đến 5 cho hoạt động truyền hạng 1 (một hạng đơn lẻ), các chỉ số từ 6 đến 9 cho hoạt động truyền hạng 2, chỉ số 10 cho hoạt động truyền hạng 3, và chỉ số 11 cho hoạt động truyền hạng 4 có thể được sử dụng. Theo đó, độ rộng bit của trường DMRS có tối đa 3 bit (do chỉ số tương ứng với

hạng 1 là 6, là lớn nhất) được đòi hỏi. Điều này có thể có hiệu quả làm giảm kích thước/độ rộng nhiều đến 1 bit so với trường hợp mà kích thước/độ rộng bit của bảng DMRS sẵn có được lấy ví dụ trong bảng 24 dưới đây được sử dụng mà không có sự thay đổi bất kỳ, không được giảm bớt (điều này có nghĩa là, trường DMRS 4-bit được sử dụng mà không có sự thay đổi bất kỳ, tất cả 11 các chỉ số được báo hiệu).

[Bảng 24]

Chỉ số	ID cổng DMRS (+1000)	# (Các) nhóm CDM không có dữ liệu	Đánh chỉ số lại
0	0	1	0
1	0	2	1
2	1	1	2
3	1	2	3
4	2	2	4
5	3	2	5
6	0,1	1	0
7	0,1	2	1
8	2,3	2	2
9	0,2	2	3
10	0,1,2	2	0
11	0,1,2,3	2	0
12-15	được dành riêng	được dành riêng	được dành riêng

Như được đề xuất trên đây, nhờ TRI được chỉ báo trong trường TRI+TPMI, trạng thái của trường DMRS 3 bit có thể được đánh chỉ số lại cho mỗi hạng như được biểu diễn trong cột thứ 4 của bảng 24, và UE có thể dịch lại bảng DMRS (ví dụ, bảng 24) dựa trên TRI được chỉ báo. Ví dụ, trong trường hợp TRI=2 (hạng 2) được chỉ báo trong trường TRI+TPMI và trạng thái 1 (tức là, giá trị đánh chỉ số lại '1' trong bảng 24) được chỉ báo trong trường DMRS 3 bit, UE có thể hiểu/nhận dạng rằng chỉ số '7' được chỉ báo trong bảng DMRS của bảng 24. Ngoài ra, UE không mong đợi rằng UE được chỉ báo với trạng thái mà vượt quá phạm vi chỉ số của bảng DMRS trong đó bộ chỉ báo được chỉ báo trong trường 3 bit hoặc không tồn tại. Ví dụ, trong trường hợp UE được chỉ báo với TRI=2, UE không mong đợi rằng UE được chỉ báo với trạng thái 5 trong trường DMRS 3 bit.

Theo phương án này, việc giải mã DCI có thể được thực hiện theo thứ tự: TRI+TPMI -> trường DMRS.

Các cách sau đây có thể được xem xét để thiết kế nó theo chiều tăng tính phân mảnh hoặc tính linh hoạt lựa chọn của sách mã đến mức tối đa theo kích thước TPMI.

Đối với TPMI dải rộng, cho sách mã NR 4 Tx đối với CP-OFDM:

Alt 1: Rel-10 UL, có thể cùng với các mục nhập bổ sung:

Alt 2: Rel-15 DL, có thể cùng với các mục nhập bổ sung:

Alt 3: Rel-8 DL, có thể cùng với các mục nhập bổ sung

Ví dụ, do Alt 1 sử dụng sách mã UL mà không có sự thay đổi bất kỳ, trong trường hợp hạng 1, điều có thể được xem xét là sử dụng sách mã (ví dụ, bảng 19) được đề xuất trên đây mà không có sự thay đổi bất kỳ. Sau đó, tổng kích thước TPMI trở thành 5 bit, và tối đa 32 từ mã có thể được xem xét cho mỗi hạng.

Sau đó, sách mã cho hạng 2 có thể được xác định như là bảng 25.

[Bảng 25]

Chỉ số sách mã	Số lượng lớp $\nu=2$			
0 – 3	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$
4 – 7	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$
8 – 11	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$
12 – 15	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$

Các chỉ số từ mã từ 0 đến 15 được xác định trong bảng 25 là từ mã (tức là, từ mã nhất quán một phần) mà là thích hợp khi hoạt động truyền nhất quán một phần được thực hiện, trong đó bốn cổng được ghép cặp với hai và được truyền.

Nếu không, trong trường hợp 16 từ mã được bổ sung, tổ hợp như được biểu diễn trong bảng 26 có thể thu được.

[Bảng 26]

Chỉ số sách mã	Số lượng lớp $\nu=2$			
16-19	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ j & -j \\ j & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & j \\ 1 & -1 \\ j & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & j \\ j & -j \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$
20 – 23	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -1 \\ j & -j \\ -j & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -j & -j \\ 1 & -1 \\ -j & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -j & -j \\ j & -j \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$
24 – 27	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$
28 – 29	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	-	-

Từ mã của các chỉ số sách mã từ 16 đến 32 là từ mã kết hợp cổng (tức là, từ mã nhất quán hoàn toàn) mà sử dụng toàn bộ bốn cổng, và một phần của sách mã DL của LTE hoặc NR, và từ mã của các chỉ số sách mã từ 24 đến 29 là từ mã (tức là, từ mã không nhất quán) mà là thích hợp khi toàn bộ bốn cổng thực hiện hoạt động truyền không nhất quán. Như vậy, trong trường hợp TRI và TPMI được tạo cấu hình chung, tính phân mảnh của TPMI được giảm đi khi đang đến hạng cao hơn xét đến tổng phân tải dữ liệu, nhưng trong trường hợp TRI được chỉ báo trong trường DMRS riêng rẽ, có ưu điểm là sách mã có thể được tạo cấu hình phong phú hơn ngay cả ở hạng cao hơn. Điều này có liên quan đến hoạt động truyền nhất quán của cổng UL TX, nhiều từ mã

hơn được cấp phát cho hoạt động truyền một phần và tương tự, và điều này có thể hữu ích khi tăng hiệu năng của UE có khả năng tương ứng.

Theo cùng cách, trong trường hợp hạng 3, sách mã có thể được tạo cấu hình với bảng 27.

[Bảng 27]

Chỉ số sách mã	Số lượng lớp $\nu=3$			
0 – 3	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
4 – 7	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
8 – 11	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
Chỉ số sách mã	Số lượng lớp $\nu=3$			
12 – 15	$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 \\ j & -j & j \\ j & -j & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ j & j & -j \\ 1 & -1 & 1 \\ j & -j & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ j & j & -j \\ j & -j & j \\ -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$
16 – 19	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

Trong bảng này, các chỉ số từ mã từ 12 đến 15 là các từ mã kết hợp công mà sử dụng toàn bộ bốn công, và một phần của sách mã DL của LTE hoặc NR, và một ví dụ về từ mã (tức là, từ mã nhất quán hoàn toàn) mà là thích hợp khi bốn công được truyền một cách nhất quán. Các chỉ số từ mã từ 16 đến 19 là một ví dụ về từ mã (tức là, từ mã không nhất quán) mà là thích hợp khi toàn bộ bốn công được truyền một cách không nhất quán. Và/hoặc, trong bảng này, các chỉ số từ mã từ 0 đến 11 là một ví dụ về từ mã (tức là, từ mã nhất quán một phần) mà là thích hợp khi bốn công được truyền một cách

nhất quán một phần. Lúc này, việc ngắt ăng ten được xem xét đối với bội suất công suất (power scaling factor), và ví dụ, $\sqrt{3}$ cũng có thể được xem xét như là bội suất khác. Ngoài ví dụ này, để tăng tính phân mảnh của các trạng thái còn lại, một phần của hoặc toàn bộ sách mã house-hold DL của LTE Rel-8 có thể được bao gồm/sử dụng.

Một ví dụ về sách mã hạng 4 như được biểu diễn trong bảng 28.

[Bảng 28]

Chỉ số sách mã	Số lượng lớp $\nu=4$			
0 – 3	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ j & -j & j & -j \\ j & -j & -j & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ j & j & -j & -j \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ j & -j & -j & j \end{bmatrix}$
4	$\frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ j & j & -j & -j \\ j & -j & j & -j \\ -1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$	-	-	-

Trong bảng này, các chỉ số từ mã từ 1 đến 4 là các từ mã kết hợp công (tức là, từ mã nhất quán hoàn toàn) mà sử dụng toàn bộ bốn công, và một phần của sách mã DL của LTE hoặc NR, và ví dụ là bốn công được truyền một cách nhất quán. Ngoài ví dụ này, để tăng tính phân mảnh của các trạng thái còn lại, một phần của hoặc toàn bộ sách mã house-hold DL của LTE Rel-8 có thể được bao gồm/sử dụng. Cụ thể, do hạng 4 là hoạt động truyền toàn hạng, và điều được lường trước là hiệu năng có thể không được cải thiện lớn ngay cả trong trường hợp tăng tính phân mảnh. Theo đó, để làm giảm độ phức tạp UE, nó có thể được tạo cấu hình với số lượng từ mã cụ thể (ví dụ, 3) (ví dụ, được tạo cấu hình với 0, 1 và 3 từ mã).

Trong trường hợp sách mã 4Tx cho CP-OFDM, phân tải dữ liệu của TPMI có thể được thay đổi do giới hạn tập con sách mã được chỉ báo bởi báo cáo khả năng nhất quán (ví dụ, nhất quán hoàn toàn, nhất quán một phần, và không nhất quán) của UE hoặc báo hiệu lớp cao hơn. Lúc này, trong trường hợp TRI và TPMI được mã hóa liên kết, hiệu quả giảm phân tải dữ liệu có thể tương ứng với trường hợp mà tổng số TPMI cho mỗi hạng theo mỗi khả năng nhất quán được giảm đi. Trong trường hợp TRI và TPMI được

mã hóa riêng rẽ, giá trị tối đa của kích thước TPMI cho mỗi hạng sẽ được giảm đi để giảm phần tải dữ liệu của TPMI. Theo đó, điều được đề xuất là hạn chế kích thước TPMI tối đa theo từng khả năng nhất quán. Ví dụ, ví dụ sau đây có thể được xem xét.

1. Nhất quán hoàn toàn – 5 bit

1-1. Đối với hạng 1, sách mã có thể được xác định như được thể hiện trong bảng 29.

[Bảng 29]

0 – 7	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ j \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -j \\ -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ j \\ 1 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ j \\ j \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ j \\ -1 \\ -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ j \\ -j \\ -1 \end{bmatrix}$
8 – 15	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ j \\ -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -j \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \\ 1 \\ -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \\ j \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \\ -1 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \\ -j \\ 1 \end{bmatrix}$

Chỉ số sách mã	Số lượng lớp $v=1$							
16 – 23	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ j \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -j \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ j \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ -j \\ -j \end{bmatrix}$
24 – 27	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$	-	-	-	-

Để lấp đầy thêm 32 trạng thái trong bảng 29, nhờ xem xét 8 PSK với pha của mỗi trong số các phần tử này, từ mã như được biểu diễn trong phương trình 33 có thể được xem xét thêm.

[Phương trình 33]

$$\mathbf{e}_0 = \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{1-j}{\sqrt{2}} \\ -j \\ \frac{-1-j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}, \quad \bar{\mathbf{e}}_0 = \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{1+j}{\sqrt{2}} \\ j \\ \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{e}_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \\ -j \\ \frac{1+j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}, \quad \bar{\mathbf{e}}_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{-1-j}{\sqrt{2}} \\ j \\ \frac{1-j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$$

1-2. Đối với hạng 2, sách mã có thể được biểu diễn trong bảng 30.

[Bảng 30]

Chỉ số sách mã	Số lượng lớp $\nu=2$			
0-3	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$
4-7	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$
8-11	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$
12-15	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$
16-19	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & -1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ j & -j \\ j & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & j \\ 1 & -1 \\ j & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & j \\ j & -j \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$
20-23	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -1 \\ j & -j \\ -j & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -j & -j \\ 1 & -1 \\ -j & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -j & -j \\ j & -j \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$
24-27	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$
28-29	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	-	-

Và/hoặc, theo một ví dụ khác, sách mã có thể được tạo cấu hình bằng cách chọn bốn chỉ số từ mã (ví dụ, từ 24 đến 27) trong số các chỉ số từ mã từ 24 đến 29 của sách mã hạng 2 của bảng 30 trên đây. Sau đó, bốn trạng thái bổ sung để điều chỉnh đến kích thước 5 bit có thể được tạo cấu hình như được biểu diễn trong phương trình 34 hoặc có thể được chọn trong số tám trạng thái được xác định trong phương trình 35.

[Phương trình 34]

$$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \\ \frac{1-j}{\sqrt{2}} & -j \\ -j & \frac{-1-j}{\sqrt{2}} \\ \frac{-1-j}{\sqrt{2}} & 1 \end{bmatrix}, \quad \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & -j \\ \frac{1+j}{\sqrt{2}} & \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \\ j & 1 \\ \frac{-1+j}{\sqrt{2}} & \frac{1-j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}, \quad \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & \frac{1+j}{\sqrt{2}} \\ \frac{-1+j}{\sqrt{2}} & j \\ j & \frac{1-j}{\sqrt{2}} \\ \frac{1-j}{\sqrt{2}} & 1 \end{bmatrix}, \quad \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & j \\ \frac{-1+j}{\sqrt{2}} & \frac{1+j}{\sqrt{2}} \\ -j & 1 \\ \frac{1+j}{\sqrt{2}} & \frac{1-j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$$

[Phương trình 35]

$$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ \frac{1+j}{\sqrt{2}} & \frac{1+j}{\sqrt{2}} \\ 1 & -1 \\ \frac{1+j}{\sqrt{2}} & \frac{-1-j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}, \quad \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ \frac{1+j}{\sqrt{2}} & \frac{1+j}{\sqrt{2}} \\ j & -j \\ \frac{-1+j}{\sqrt{2}} & \frac{1-j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}, \quad \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ \frac{1-j}{\sqrt{2}} & \frac{1-j}{\sqrt{2}} \\ 1 & -1 \\ \frac{1-j}{\sqrt{2}} & \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}, \quad \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ \frac{1-j}{\sqrt{2}} & \frac{1-j}{\sqrt{2}} \\ j & -j \\ \frac{1+j}{\sqrt{2}} & \frac{-1-j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix},$$

$$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ \frac{-1+j}{\sqrt{2}} & \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \\ 1 & -1 \\ \frac{-1+j}{\sqrt{2}} & \frac{1-j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}, \quad \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ \frac{-1+j}{\sqrt{2}} & \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \\ j & -j \\ \frac{1-j}{\sqrt{2}} & \frac{1+j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}, \quad \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ \frac{-1-j}{\sqrt{2}} & \frac{-1-j}{\sqrt{2}} \\ 1 & -1 \\ \frac{-1-j}{\sqrt{2}} & \frac{1+j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}, \quad \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ \frac{-1-j}{\sqrt{2}} & \frac{-1-j}{\sqrt{2}} \\ j & -j \\ \frac{1-j}{\sqrt{2}} & \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$$

Và/hoặc, toàn bộ tám hạng 2 8-PSK được sử dụng, nhưng 12 từ mã (ví dụ, sách mã/từ mã từ #0 đến #11) được chọn trong số sách mã từ #0 đến #15, và tổng cộng 32 trạng thái có thể được tạo cấu hình.

1-3. Đối với hạng 3, sách mã có thể được biểu diễn trong bảng 31.

[Bảng 31]

Chỉ số sách mã	Số lượng lớp $\nu=3$
----------------	----------------------

0 – 3	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
4 – 7	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
8 – 11	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
12 – 15	$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 \\ j & -j & j \\ j & -j & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ j & j & -j \\ 1 & -1 & 1 \\ j & -j & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ j & j & -j \\ j & -j & j \\ -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$
16 – 19	$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 \\ j & -j & -j \\ j & -j & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ j & j & -j \\ 1 & -1 & -1 \\ j & -j & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ j & j & -j \\ j & -j & -j \\ -1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$
20 – 23	$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \frac{1+j}{\sqrt{2}} & \frac{1+j}{\sqrt{2}} & \frac{-1-j}{\sqrt{2}} \\ 1 & -1 & 1 \\ \frac{1+j}{\sqrt{2}} & \frac{-1-j}{\sqrt{2}} & \frac{-1-j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \frac{1+j}{\sqrt{2}} & \frac{1+j}{\sqrt{2}} & \frac{-1-j}{\sqrt{2}} \\ j & -j & j \\ \frac{-1+j}{\sqrt{2}} & \frac{1-j}{\sqrt{2}} & \frac{1-j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \frac{-1+j}{\sqrt{2}} & \frac{-1+j}{\sqrt{2}} & \frac{1-j}{\sqrt{2}} \\ 1 & -1 & 1 \\ \frac{-1+j}{\sqrt{2}} & \frac{1-j}{\sqrt{2}} & \frac{1-j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \frac{-1+j}{\sqrt{2}} & \frac{-1+j}{\sqrt{2}} & \frac{1-j}{\sqrt{2}} \\ j & -j & j \\ \frac{-1-j}{\sqrt{2}} & \frac{1+j}{\sqrt{2}} & \frac{1+j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$
24 – 27	$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \frac{1+j}{\sqrt{2}} & \frac{1+j}{\sqrt{2}} & \frac{-1-j}{\sqrt{2}} \\ 1 & -1 & -1 \\ \frac{1+j}{\sqrt{2}} & \frac{-1-j}{\sqrt{2}} & \frac{1+j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \frac{1+j}{\sqrt{2}} & \frac{1+j}{\sqrt{2}} & \frac{-1-j}{\sqrt{2}} \\ j & -j & -j \\ \frac{-1+j}{\sqrt{2}} & \frac{1-j}{\sqrt{2}} & \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \frac{-1+j}{\sqrt{2}} & \frac{-1+j}{\sqrt{2}} & \frac{1-j}{\sqrt{2}} \\ 1 & -1 & -1 \\ \frac{-1+j}{\sqrt{2}} & \frac{1-j}{\sqrt{2}} & \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \frac{-1+j}{\sqrt{2}} & \frac{-1+j}{\sqrt{2}} & \frac{1-j}{\sqrt{2}} \\ j & -j & -j \\ \frac{-1-j}{\sqrt{2}} & \frac{1+j}{\sqrt{2}} & \frac{-1+j}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$
28 – 31	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

Và/hoặc, một phần của các từ mã từ 20 đến 27 được xác định trong bảng 31 có thể được thay thế bằng ít nhất một phần của các sách mã ở dạng như được biểu diễn trong bảng 36 dưới đây.

[Phương trình 36]

$$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{2} & 0 \\ 1 & 0 & \sqrt{2} \\ 1 & -\sqrt{2} & 0 \\ 1 & 0 & -\sqrt{2} \end{bmatrix}, \quad \frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{2} & 0 \\ 1 & 0 & \sqrt{2} \\ j & -\sqrt{2}j & 0 \\ -j & 0 & -\sqrt{2}j \end{bmatrix}, \quad \frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{2} & 0 \\ 1 & 0 & \sqrt{2} \\ -1 & \sqrt{2} & 0 \\ -1 & 0 & \sqrt{2} \end{bmatrix}, \quad \frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{2} & 0 \\ -j & 0 & \sqrt{2} \\ j & -\sqrt{2}j & 0 \\ 1 & 0 & -\sqrt{2}j \end{bmatrix}$$

$$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{2} & 0 \\ j & -\sqrt{2}j & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ -j & 0 & \sqrt{2}j \end{bmatrix}, \frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{2} & 0 \\ j & -\sqrt{2}j & 0 \\ -j & 0 & \sqrt{2} \\ -1 & 0 & -\sqrt{2}j \end{bmatrix}, \frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{2} & 0 \\ j & -\sqrt{2}j & 0 \\ -1 & 0 & \sqrt{2} \\ j & 0 & \sqrt{2}j \end{bmatrix}, \frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{2} & 0 \\ -j & \sqrt{2}j & 0 \\ -1 & 0 & \sqrt{2} \\ -j & 0 & -\sqrt{2}j \end{bmatrix}$$

$$\frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{2} & 0 \\ -1 & 0 & \sqrt{2} \\ 1 & 0 & \sqrt{2} \\ -1 & \sqrt{2} & 0 \end{bmatrix}, \frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{2} & 0 \\ -1 & 0 & \sqrt{2} \\ j & 0 & \sqrt{2}j \\ j & -\sqrt{2}j & 0 \end{bmatrix}, \frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{2} & 0 \\ -1 & 0 & \sqrt{2} \\ -1 & 0 & -\sqrt{2} \\ 1 & -\sqrt{2} & 0 \end{bmatrix}, \frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{2} & 0 \\ -1 & 0 & \sqrt{2} \\ -j & 0 & -\sqrt{2}j \\ -j & \sqrt{2}j & 0 \end{bmatrix}$$

Đối với sách mã hạng 3, điều được xác định là công suất truyền tương ứng với mỗi cổng ăng ten là giống nhau khi được thấy như là tổng (=0,25) của mỗi lớp, và tất cả cổng ăng ten được truyền qua lớp thứ nhất, và chỉ nhóm cổng cụ thể được truyền qua các lớp thứ hai và thứ ba, và có thể thấy được là nó có thuộc tính của việc chọn cổng và kết hợp cổng một cách chính xác.

1-4. Đối với hạng 4, sách mã có thể được biểu diễn trong bảng 32.

[Bảng 32]

0 — 3	$\frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ j & -j & j & -j \\ j & -j & -j & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ j & j & -j & -j \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ j & -j & -j & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ j & j & -j & -j \\ j & -j & j & -j \\ -1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$
4 — 7	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ j & -j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & j & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & j & j \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -j & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & j & j \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}$
8- 11	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -1 \\ j & -j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -j & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -j & -j \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & j & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -j & -j \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}$
12	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$			

Trong sách mã hạng 4, có thể hiểu được là hoạt động truyền lớp 2 được thực hiện trong hai panen cho các từ mã từ 4 đến 7. Điều này có nghĩa là, bảng 32 biểu diễn sách mã cho hoạt động truyền lớp 2 của mỗi trong số các cổng ăng ten {1, 3}, {2, 4}, và có thể được sử dụng nhằm mục đích bao hàm sách mã nhiều panen.

Nói chung, khi lớp tăng lên, độ lợi thu được từ tính phân mảnh của sách mã là không quá lớn. Ví dụ, trong ví dụ truyền tổng hạng, trường hợp hoạt động truyền hạng 4 có thể thể hiện hiệu năng mà không kém quá nhiều so với trường hợp sử dụng các sách mã khác nhau, ngay cả trong trường hợp chỉ 1 hoặc 2 từ mã được sử dụng. Theo đó, trong trường hợp sách mã được tạo cấu hình với một sự kết hợp hoặc tập con của các sách mã được đề xuất, không phải tất cả kích thước TPMI được tạo cấu hình (5 bit đối với phương án này) có thể được sử dụng khi lớp tăng lên, và bit/trạng thái mà không được sử dụng có thể được sử dụng để phát hiện lỗi. Ngoài ra, có ưu điểm là độ phức tạp tính toán TPMI giảm khi bit/trạng thái giảm theo khía cạnh của gNB.

2. Nhất quán một phần – 4 bit

Sách mã nhất quán một phần có thể được tạo cấu hình với ít nhất một phần trong số các từ mã (tức là, từ mã (truyền) nhất quán một phần, từ mã (truyền) không nhất quán) được chọn từ hoạt động truyền nhất quán hoàn toàn trong sách mã nhất quán hoàn toàn được đề xuất. Ví dụ, từ mã nhất quán một phần có thể được tạo cấu hình với các từ mã của các chỉ số từ 16 đến 27 cho hạng 1, các từ mã của các chỉ số từ 0 đến 11 và từ 28 đến 31 cho hạng 2, các từ mã của các chỉ số từ 0 đến 11 và từ 28 đến 31 cho hạng 3, và các từ mã của các chỉ số từ 4 đến 12 cho hạng 4, trong sách mã nhất quán hoàn toàn được đề xuất. Trong trường hợp này, số lớn nhất của các từ mã là 16, và 4 bit có thể được cấp phát.

3. Không nhất quán – 2 bit

Sách mã không nhất quán có thể được tạo cấu hình với ít nhất một phần của các từ mã (tức là, sách mã (truyền) không nhất quán) được chọn từ sách mã (truyền) nhất quán hoàn toàn (hoặc một phần) trong sách mã nhất quán hoàn toàn (hoặc một phần) được đề xuất. Ví dụ, sách mã không nhất quán có thể được tạo cấu hình với các từ mã của các chỉ số từ 24 đến 27 cho hạng 1, các từ mã của các chỉ số từ 28 đến 31 cho hạng 2, các từ mã của các chỉ số từ 28 đến 31 cho hạng 3, và các từ mã của chỉ số 12 cho hạng 4, trong sách mã nhất quán hoàn toàn được đề xuất. Trong trường hợp này, số lớn nhất của các từ mã là 4, và 2 bit có thể được cấp phát.

Điều này có nghĩa là, tóm lược các nội dung được mô tả trên đây, sách mã nhất quán hoàn toàn có thể được tạo cấu hình với sách mã truyền nhất quán hoàn toàn, sách

mã truyền nhất quán một phần và sách mã truyền không nhất quán. Sách mã nhất quán một phần có thể được tạo cấu hình với sách mã truyền nhất quán một phần và sách mã truyền không nhất quán, và sách mã không nhất quán có thể được tạo cấu hình với sách mã truyền không nhất quán.

Theo đó, các loại sách mã UL có thể bao gồm sách mã nhất quán hoàn toàn, sách mã nhất quán một phần và sách mã không nhất quán, và sách mã UL (tức là, sách mã nhất quán hoàn toàn) có thể được tạo cấu hình với sách mã truyền nhất quán hoàn toàn, sách mã truyền nhất quán một phần và sách mã truyền không nhất quán.

Theo sáng chế, từ mã có thể được gọi là ‘ma trận tiền mã hóa’.

Trong trường hợp DFT-s-OFDM và CP-OFDM được tạo cấu hình với các định dạng DCI riêng rẽ, đề xuất này có thể được áp dụng vào cấu hình định dạng DCI đối với CP-OFDM. Trong trường hợp DFT-s-OFDM và CP-OFDM hỗ trợ chuyển mạch động, điều có thể ưu tiên là thiết kế trường DCI là thiết kế được tích hợp vào dạng sóng. Theo đó, trong trường hợp CP-OFDM được thay đổi thành DFT-s-OFDM, các trường chỉ báo thông tin như (các) công suất, sự nhận biết xáo trộn và số lớp có thể được hiểu bởi bảng 33 theo cách thay đổi được trong DCI liên quan đến UL. Bảng 33 là bảng ánh xạ trường dịch vòng trong định dạng DCI liên quan đến UL đến $n_{\text{DMRS},\lambda}^{(2)}$ và $[w^{(\lambda)}(0) \ w^{(\lambda)}(1)]$.

[Bảng 33]

Trường dịch vòng trong định dạng DCI liên quan đến đường lên [3]	$n_{\text{DMRS},\lambda}^{(2)}$				$[w^{(\lambda)}(0) \ w^{(\lambda)}(1)]$			
	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$
000	0	6	3	9	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]
001	6	0	9	3	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]
010	3	9	6	0	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]
011	4	10	7	1	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]
100	2	8	5	11	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]
101	8	2	11	5	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]

110	10	4	1	7	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]
111	9	3	0	6	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]

Trong bảng 33, do lam đa (λ) là thông số liên quan đến hạng, nên chỉ cột cho lam đa = 0 có thể được áp dụng vào DFT-s-OFDM.

Trong sách mã, việc định tỷ lệ công suất được tạo cấu hình bằng cách giả sử ăng ten bị ngắt. Điều này có nghĩa là, khi công suất truyền của UE theo công suất đã cho được gọi là P , công suất này được phân phối đều cho tất cả các cổng, và công suất truyền của mỗi cổng được xác định bởi P/N (ở đây, N là số lượng cổng) mà không quan tâm đến lớp. Lúc này, trong trường hợp hoạt động truyền được thực hiện bằng cách sử dụng chỉ một cổng trong số 4 cổng, công suất truyền được giảm còn $P/4$, điều này có nghĩa là, 6 dB, và vấn đề xảy ra là vùng phủ sóng trở thành bị giảm bớt. Việc chia công suất cho toàn bộ số lượng cổng có ưu điểm về khía cạnh chi phí chuỗi Tx của UE cũng như ưu điểm về tiết kiệm pin của UE. Điều này có nghĩa là, bằng cách cho phép tăng công suất, việc truyền công suất được thực hiện với $P/2$ hoặc P , không phải $P/4$, cho trường hợp 4 cổng, có vấn đề là phạm vi động của công suất truyền của chuỗi Tx sẽ trở thành lớn hơn, điều này có thể làm tăng chi phí. Mặt khác, UE đầu trên (high-end UE) có thể có chuỗi Tx mà phạm vi động của nó lớn, và có thể báo cáo điều này như là một khả năng. Điều này có nghĩa là, trong hoạt động truyền UL, UE có thể báo cáo khả năng liên quan đến việc liệu có truyền với X dB cụ thể (ví dụ, 3 dB) hoặc nhỏ hơn từ công suất truyền tối đa, và điều này có thể được xem xét khi xác định hệ số chuẩn hóa của hoạt động truyền không nhất quán. Ví dụ, trong trường hợp các chỉ số TPMI hạng 1 từ 24 đến 27, hệ số chuẩn hóa có thể được thiết lập ở $\sqrt{2}$ hoặc 1, không phải 2, hoặc được hứa hẹn/xác định từ trước là giá trị cụ thể s (ví dụ, $\sqrt{2}$) từ trước.

Trong trường hợp sách mã được đề xuất được sử dụng cho SB TPMI, từ mã được sử dụng cho mỗi SB có thể được thay đổi. Ví dụ, TPMI của SB cụ thể có thể dựa trên sách mã (ví dụ, sách mã nhất quán hoàn toàn) mà sử dụng tất cả các cổng, và một SB cụ thể khác có thể dựa trên sách mã (ví dụ, sách mã nhất quán một phần) mà sử dụng một phần của các cổng. Trong trường hợp này, khi số lượng cổng được thay đổi cho mỗi SB, trường hợp mà việc điều khiển công suất UL trở thành rất phức tạp xảy ra. Theo đó, số

lượng công được sử dụng trong SB có thể được xác định với WB (điều này có thể được báo hiệu với định dạng sách mã chọn công hoặc định dạng bản đồ bit), và điều có thể được đề xuất là SB TPMI xem xét chỉ sách mã mà sử dụng tất cả số lượng công được chỉ báo với WB. Điều này có nghĩa là, khi mô tả với khía cạnh của bội suất công suất, giả sử rằng công suất của TPMI mà sử dụng tất cả công suất P được sử dụng trong toàn bộ hoạt động truyền TPMI được chuẩn hóa là 1. Số công, việc định tỷ lệ công suất và/hoặc p ($0 < p \leq 1$) được sử dụng khi truyền SB TPMI được xác định bởi phương pháp như WB TPMI, và SB TPMI được chuẩn hóa như là bội suất công suất 1 tất yếu để không thay đổi giá trị p .

Hoạt động truyền dựa trên sách mã cho UL được hỗ trợ bằng cách cấp phép UL như dưới đây, ít nhất:

- SRI + TPMI + TRI, ở đây, TPMI được sử dụng để biểu diễn bộ tiền mã hóa được ưu tiên qua công SRS của tài nguyên SRS được chọn bởi SRI. Khi một tài nguyên SRS được thiết lập, SRI có thể không tồn tại. TPMI được sử dụng để chỉ báo bộ tiền mã hóa được ưu tiên qua công SRS của một tài nguyên SRS mà được thiết lập.

- Chỉ báo hỗ trợ cho các sự lựa chọn tài nguyên SRS

Trong trường hợp hoạt động truyền dựa trên sách mã cho UL dựa trên CP-OFDM, UE được tạo cấu hình với tiền mã hóa chọn tần số UL, và trong trường hợp phương pháp báo hiệu SB TPMI được hỗ trợ, một trong số các cách sau đây có thể được hỗ trợ:

- Alt 1: Chỉ đối với PRB được cấp phát cho hoạt động truyền PUSCH đã biết, SB TPMI được báo hiệu cho UE qua DCI.

- Alt 2: Không quan tâm đến RA thực tế cho hoạt động truyền PUSCH đã biết, SB TPMI được báo hiệu cho UE qua DCI đối với tất cả PRB của UE.

Tuy nhiên, các cách khác cũng không bị loại trừ. Trong trường hợp sách mã giai đoạn kép được hỗ trợ, SB TPMI có thể tương ứng với W2.

WB TPMI có thể được báo hiệu cùng với TPMI dải con hoặc không.

Trong trường hợp thiết kế sách mã UL, một trong số hai cấu trúc sau đây có thể được hỗ trợ trong NR.

- Alt 0: Sách mã một giai đoạn
- Alt 1: Sách mã giai đoạn kép

Trong LTE, để hỗ trợ SC-OFDM mà đòi hỏi hạn chế thiết kế như duy trì PAPR và CM, sách mã UL một giai đoạn đối với 2 cổng và 4 cổng đã được sử dụng (tức là, CM sẽ không được tăng lên do hoạt động truyền nhiều lớp). Theo đó, trong trường hợp hạng lớn hơn 1, sách mã UL của LTE bao gồm các mục nhập không (zero) cho mỗi từ mã.

Tuy nhiên, do CP-OFDM được sử dụng cho hoạt động truyền UL trong NR, nên giới hạn duy trì CM có thể không phải là mục tiêu thiết kế trung tâm của sách mã UL. Ngoài ra, việc hỗ trợ tiền mã hóa chọn tần số UL cho CP-OFMD đã được thỏa thuận. Theo đó, đối với việc tham khảo thiết kế để giải quyết vấn đề lượng thông tin thừa của kênh điều khiển để lập lịch UL-MIMO chọn tần số, hiển nhiên là phải xem xét sách mã giai đoạn kép UL (tức là, $W1W2$ tương tự như DL).

Theo đó, theo sáng chế, cấu trúc sách mã giai đoạn kép ($W = W1W2$) để tiền mã hóa chọn tần số UL đối với ít nhất CP-OFMD có thể được xem xét.

Trong sách mã giai đoạn kép, bộ tiền mã hóa natural cuối cùng W cho mỗi SB có thể được chia thành thành phần WB PMI $W1$ và thành phần SB PMI $W2$ tương ứng. Trong cấu trúc này, thành phần WB PMI $W1$ có thể bao gồm chùm/nhóm chùm, và thành phần SB PMI $W2$ có thể bao gồm bộ chọn chùm và/hoặc thành phần đồng pha (ví dụ, cho ăng ten X cực). Trong sách mã giai đoạn kép, $W1$ có thể bao gồm (các) chùm DFT mà hiệu năng của nó là tốt, một cách đặc biệt. Điều này là do gNB được trang bị phần tử ăng ten/panel mảng tuyến tính (hoặc phẳng) đều. Khác với TRP, UE có thể có phần tử ăng ten/panel riêng rẽ tùy ý, và theo đó, sự tương quan ăng ten thấp có thể được mong đợi. Vì lý do này, sách mã UL NR nên được thiết kế bằng cách xem xét cách bố trí ăng ten và cấu trúc của UE. Điều này có nghĩa là sách mã UL sẽ được thực hiện tốt cho cách bố trí và cấu trúc ăng ten UE tùy ý. Trong ngữ cảnh này, sách mã household 4Tx DL có thể được xem xét. Tuy nhiên, để tiền mã hóa có lựa chọn tần số, lượng thông tin báo hiệu thừa TPMI có thể tăng lên theo số lượng SB được tạo cấu hình. Theo đó, để làm giảm tổng số lượng thông tin báo hiệu thừa một cách hiệu quả, sách mã household có cấu trúc giai đoạn kép có thể được xem xét. Theo thiết kế này, $W1$ có thể bao gồm nhóm chùm L (ví dụ, $L = 2, 4$, L có thể tạo cấu hình được) trong đó mỗi chùm có thể

được chọn bởi gNB từ sách mã household. W2 có thể thực hiện việc chọn chùm đòi hỏi chỉ $\log_2 L$ bit cho một SB.

Điều này có nghĩa là, do đó, do sách mã UL của NR sẽ được thiết kế để thực hiện tốt cho cách bố trí ăng ten và cấu trúc UE, sách mã household DL bao gồm việc tạo nhóm chùm cho sách mã UL có thể được xem xét.

Trong trường hợp UE có nhiều panen, việc chọn và/hoặc kết hợp panen có thể được xem xét để truyền mạnh đối với trường hợp quay UE nhanh, tắc nghẽn, và tương tự. Các loại chức năng chọn và/hoặc kết hợp panen này có thể được hỗ trợ bởi W1 hoặc W2. Trong trường hợp này, ba yếu tố sau đây cần được xem xét cho thiết kế sách mã UL.

- Số lượng panen được hỗ trợ trong sách mã UL
- Số lượng cổng được hỗ trợ cho mỗi panen
- Liệu UE có số lượng cổng khác nhau theo từng panen hay không

Ba yếu tố trên đây có thể được đơn giản hóa nhưng cấu trúc sách mã có thể vẫn phức tạp. Theo đó, do cổng ăng ten của các panen khác nhau trong UE có thể có giá trị RSRP trung bình khác nhau, nên SRI có thể được sử dụng cho việc chọn panen hoặc việc chọn nhóm cổng ăng ten. Điều này có nghĩa là cổng ăng ten của panen khác có thể được hỗ trợ một cách độc lập bởi tài nguyên khác. Tóm lại, sách mã UL được thiết kế bằng cách giả sử một panen, và SRI có thể được sử dụng cho chức năng chọn panen.

Trong NR, việc chỉ báo cho một số sự lựa chọn tài nguyên SRS có thể được hỗ trợ. Trong trường hợp nhiều tài nguyên SRS mà có thể được chỉ báo bởi trường SRI, chức năng kết hợp panen có thể được xem xét. Việc kết hợp panen đóng vai trò quan trọng để làm tăng độ lợi tạo chùm sóng bằng áp dụng bộ hiệu chỉnh liên panen thích hợp với pha và/hoặc biên độ. Theo đó, trong trường hợp một số tài nguyên SRS được chỉ báo cho chức năng kết hợp panen, TPMI bổ sung đối với bộ hiệu chỉnh panen cần được giới thiệu.

Điều này có nghĩa là, sách mã UL có thể được thiết kế bằng cách giả sử một panen, và SRI có thể được sử dụng làm chức năng chọn panen. Ngoài ra, trong trường hợp một

số tài nguyên SRS được chỉ báo cho chức năng kết hợp panen, TPMI bổ sung sẽ được giới thiệu cho bộ hiệu chỉnh pha/biên độ liên panen.

SRI có thể chỉ báo nhiều sự lựa chọn của tài nguyên SRS mà có thể hỗ trợ việc truyền dẫn chung nhiều panen trong UL. Ngoài ra, mỗi hoạt động truyền panen được liên kết với mỗi trong số các tài nguyên SRS được chỉ báo có thể được hướng tới điểm nhận UL khác nhau trong ngữ cảnh UL-CoMP. Để hỗ trợ điều này một cách đúng đắn, mạng NR sẽ tính toán ít nhất MCS chính xác cho mỗi trong các nhóm lớp khác nhau tương ứng với các tài nguyên SRS khác nhau bằng cách sử dụng quy trình điều khiển công suất được tách riêng cho mỗi tài nguyên SRS. Nói chung, điều được đòi hỏi là hỗ trợ nhiều quy trình ULPC cho UE, và mỗi trong số các quy trình ULPC có thể được liên kết với ít nhất một tài nguyên SRS mà được tạo cấu hình cho UE. Ví dụ, các ID tài nguyên SRS được tạo cấu hình #1 và #2 có thể được liên kết với cùng quy trình ULPC A, và ID tài nguyên SRS được tạo cấu hình khác #3 có thể được liên kết với quy trình ULPC khác B. Các quy trình ULPC A và B có thể được hướng đến là các điểm nhận khác nhau, và các tài nguyên SRS #1 và #2 tuân theo cùng quy trình ULPC A có thể được chọn động bởi chỉ báo SRI mà được thỏa thuận trong việc cấp phép UL. Ví dụ, trong trường hợp các tài nguyên SRS #1 (bao gồm TPMI/TRI tương ứng) và #3 (bao gồm TPMI/TRI tương ứng) được chỉ báo chung bởi trường SRI khi cấp phép UL, ví dụ, điều này có thể được hiểu là hoạt động nhận chung UL-CoMP khi truyền nhiều panen UL và gNB mà được phân biệt như là nhóm lớp.

Trong NR, để áp dụng tiền mã hóa chọn tần số cho UL-MIMO, lượng thông tin thừa kênh điều khiển tăng lên do chỉ báo SB PMI có thể là vấn đề nghiêm trọng. Để giải quyết vấn đề này, DCI 2 mức có thể được xem xét là một trong số các cách, ưu điểm và nhược điểm có thể là khác nhau theo các yếu tố chi tiết của DCI 2 mức. Đối với vấn đề trễ, vấn đề lỗi giải mã DCI và lượng thông tin thừa DCI, DCI 2 mức có ba loại phiên bản có thể được thảo luận như dưới đây, từng loại một.

Tùy chọn 1:

- DCI thứ nhất: Việc cấp phép UL như LTE DCI 0/4
- DCI thứ hai: Các SB PMI cho các RB được cấp phát

- Định thời truyền DCI: 2 DCI được truyền tại cùng một khung con.

Tùy chọn 2:

- DCI thứ nhất: Các SB PMI cho tất cả các RB

- DCI thứ hai: Việc cấp phép UL như LTE DCI 0/4

- Định thời truyền DCI: một hoặc nhiều DCI thứ hai tham chiếu DCI thứ nhất được truyền trên/sau khung con truyền DCI thứ nhất.

Liên quan đến vấn đề lão hóa (aging) kênh, tùy chọn 2 có thể không mong muốn do thông tin cấp phép UL có thể được truyền sau khi truyền các SB PMI vài khung con. Động cơ giới thiệu các bộ tiền mã hóa UL chọn tần số này là để cũng đạt được sự thích ứng liên kết UL chính xác lợi dụng miền tần số, sao cho tập hợp đầy đủ thông tin lập lịch được mong muốn được truyền ngay lập tức đến UE khi nó được lập lịch để truyền UL. Đối với tùy chọn 1, không có vấn đề độ trễ và 2 DCI được truyền tại cùng một khung con.

Đối với tất cả các tùy chọn, thông tin đầy đủ về việc lập lịch UL được chia thành hai DCI, vì vậy dường như là UE có thể không truyền dữ liệu UL trong trường hợp nó không giải mã một trong số hai DCI. Đối với tùy chọn 2, trong trường hợp UE không giải mã DCI thứ nhất, một số DCI thứ hai tham chiếu DCI thứ nhất có thể bị lãng phí. Để giải quyết vấn đề này, cơ chế thích hợp để báo cáo kết quả giải mã của DCI thứ nhất cho gNB có thể được đòi hỏi.

Trên phương diện lượng thông tin thừa DCI, hai tùy chọn này giúp làm giảm lượng thông tin thừa. Đối với tùy chọn 1, các SB PMI chỉ cho các SB được lập lịch, không phải cho tất cả các SB, được chỉ báo qua DCI thứ hai sao cho trong trường hợp các RB nhỏ được cấp phát cho UE, kích thước phần tải dữ liệu DCI thứ hai được làm giảm một cách thích ứng. Đối với tùy chọn 2, các SB PMI cho tất cả các SB sẽ được chỉ báo qua DCI thứ nhất do DCI thứ hai bao gồm việc cấp phép UL có thể được báo hiệu sau khi truyền DCI thứ nhất. Theo thiết kế này, việc tiết kiệm lượng thông tin thừa có thể đạt được theo thời gian. Nói cách khác, DCI thứ nhất được truyền chỉ một lần cho cho nhiều lần cấp phép UL sao cho lượng thông tin thừa DCI được tiết kiệm.

Tùy chọn khác DCI một mức như sau:

Tùy chọn 3:

- Một DCI: (Các) SB PMI cho (các) RB được cấp phát và việc cấp phép UL giống như LTE DCI 0/4

Tùy chọn 4:

- Một DCI: (Các) SB PMI cho tất cả (các) RB, và việc cấp phép UL giống như LTE DCI 0/4

Trong các tùy chọn 3 và 4, không có các vấn đề lão hóa kênh hoặc lỗi giải mã mà DCI 2 mức có, nhưng nó có thể cần phải chứa nhiều phần tải dữ liệu hơn trong một DCI. Ngay cả trong tùy chọn 3, điều mong muốn là giữ cùng một kích thước phần tải dữ liệu mà không quan tâm đến kích thước RB được cấp phát để không làm tăng lượng thông tin thừa DCI BD. Kết quả là, kích thước DCI cho tùy chọn 3 được quyết định dựa trên trường hợp khi RB được cấp phát là dải rộng và kích thước DCI cho các tùy chọn 3 và 4 là giống nhau.

Để tối thiểu hóa lượng thông tin thừa DCI, việc nén đối với chỉ báo SB PMI có tính quyết định. Để giải quyết vấn đề lượng thông tin thừa kênh điều khiển để lập lịch UL-MIMO chọn tần số, phương pháp nén đối với phần tải dữ liệu SB PMI sẽ được nghiên cứu cùng với cấu trúc sách mã. Cấu trúc sách mã kép, bộ tiền mã hóa UL cuối cùng W cho một dải con có thể được phân tích thành thành phần PMI dải rộng W1 và thành phần PMI dải con tương ứng W2. Sau đó, DCI lập lịch UL chứa một dải rộng W1 và nhiều SB W2. Để làm giảm kích thước phần tải dữ liệu của SB W2, việc lấy mẫu con sách mã có thể được xem xét. Trong trường hợp cấu trúc sách mã đơn như sách mã LTE Rel-8, phần tải dữ liệu SB PMI cũng có thể được nén theo cách tương tự. Cụ thể hơn, tập con sách mã cho SB PMI được hạn chế dựa trên WB PMI theo cách mà tập con bao gồm các PMI tương quan cao với WB PMI.

Thiết kế UL DCI để lập lịch chọn tần số sẽ được nghiên cứu trên phương diện vấn đề độ trễ, vấn đề lỗi giải mã DCI, và lượng thông tin thừa DCI. Ngoài ra, để làm giảm lượng thông tin thừa DCI, SB PMI sẽ được chỉ báo từ tập con của toàn bộ sách mã.

Fig.17 là lưu đồ minh họa hoạt động truyền PUSCH của UE theo một phương án của sáng chế. Liên quan đến lưu đồ này, phần mô tả/các phương án được mô tả trên đây có thể được áp dụng giống hệt/tương tự, và phần mô tả lặp lại sẽ được bỏ qua.

Trước tiên, UE có thể nhận DCI để lập lịch truyền UL (bước, S1710). Lúc này, DCI có thể bao gồm TPMI như là thông tin tiền mã hóa, mà là thông tin về chỉ số của ma trận tiền mã hóa được chọn để truyền PUSCH của UE. Hơn nữa, DCI có thể còn bao gồm RI mà là thông tin về lớp được sử dụng để truyền PUSCH của UE, và trong trường hợp này, RI có thể được mã hóa liên kết với TPMI và có trong DCI. Ngoài ra, để quyết định công DMRS, kích thước của trường/bảng DMRS định trước (trong DCI) có thể được quyết định khác nhau theo RI mà được mã hóa liên kết với TPMI. Điều này có nghĩa là, trường/bảng DMRS có thể được mã hóa/giải mã/dịch/xác định/tạo cấu hình khác nhau dựa trên/theo RI.

Như một phương án, TPMI được chỉ báo cho mỗi tài nguyên SRS được tạo cấu hình cho UE, và RI có thể được chỉ báo chung cho các tài nguyên SRS được tạo cấu hình. Theo cách khác, theo một ví dụ khác, TPMI và RI có thể được chỉ báo chung cho tất cả các tài nguyên SRS được tạo cấu hình cho UE. Theo cách khác, một phương án khác, TPMI và RI có thể được chỉ báo cho mỗi tài nguyên SRS được tạo cấu hình cho UE.

Tiếp theo, UE có thể thực hiện hoạt động truyền PUSCH dựa trên sách mã dựa trên thông tin tiền mã hóa (bước, S1720). Lúc này, trong trường hợp PUSCH được truyền nhờ sử dụng bốn công ăng ten, sách mã có thể bao gồm nhóm thứ nhất bao gồm các ma trận tiền mã hóa không nhất quán để chọn chỉ một công cho mỗi lớp, nhóm thứ hai bao gồm các ma trận tiền mã hóa nhất quán một phần để chọn hai công trong ít nhất một lớp và/hoặc nhóm thứ ba bao gồm các ma trận tiền mã hóa nhất quán hoàn toàn để chọn tất cả các công cho mỗi lớp. Ở đây, ma trận tiền mã hóa không nhất quán có thể biểu diễn ma trận bao gồm một vector có giá trị khác không (zero) trong mỗi cột, ma trận tiền mã hóa nhất quán một phần có thể biểu diễn ma trận bao gồm hai vector có giá trị khác không (zero) trong ít nhất một cột, và ma trận tiền mã hóa nhất quán hoàn toàn có thể biểu diễn ma trận bao gồm chỉ các vector có giá trị khác không (zero). Ngoài ra, sách mã có thể là sách mã dựa trên dạng sóng CP-OFDM.

Ngoài ra, mặc dù không được thể hiện trong lưu đồ, nhưng UE có thể nhận thông tin giới hạn về số lượng lớp được sử dụng khi truyền PUSCH. Ví dụ, UE có thể nhận thông tin giới hạn về số lượng lớp lớn nhất có thể sử dụng được khi truyền PUSCH từ gNB qua báo hiệu lớp cao hơn (ví dụ, RRC). Trong trường hợp này, UE không sử dụng sách mã tương ứng với lớp được giới hạn khi truyền PUSCH. Ngoài ra, dựa trên thông tin giới hạn về số lượng lớp, kích thước của trường trong đó TPMI và RI được mã hóa liên kết.

Ngoài ra, mặc dù không được thể hiện trên lưu đồ, nhưng UE có thể nhận thông tin giới hạn của ma trận tiền mã hóa sử dụng được khi truyền PUSCH trong sách mã. Lúc này, thông tin giới hạn về ma trận tiền mã hóa có thể được báo hiệu/tạo ra để chỉ báo ma trận tiền mã hóa có thể sử dụng được khi truyền PUSCH trong đơn vị nhóm (ví dụ, các nhóm từ thứ nhất đến thứ ba) hoặc đơn vị ma trận tiền mã hóa riêng. Dựa trên thông tin giới hạn về ma trận tiền mã hóa, kích thước của trường trong đó TPMI và RI được mã hóa liên kết được xác định. Điều này có nghĩa là, trường/bảng trong đó TPMI và RI được mã hóa liên kết có thể được mã hóa/giải mã/dịch/xác định/tạo cấu hình khác nhau dựa trên/theo thông tin giới hạn về ma trận tiền mã hóa.

Thiết bị chung mà sáng chế có thể được áp dụng

Fig.18 là sơ đồ khối của thiết bị truyền thông vô tuyến theo một phương án của sáng chế.

Dựa vào Fig.18, hệ thống truyền thông vô tuyến bao gồm trạm gốc (BS) (hoặc eNB) 1810 và các thiết bị đầu cuối (hoặc các UE) 1820 nằm trong vùng phủ sóng của eNB 1810.

eNB 1810 bao gồm bộ xử lý 1811, bộ nhớ 1812, và bộ phận tần số radio (RF) 1813. Bộ xử lý 1811 thực thi các chức năng, các quy trình và/hoặc các phương pháp được đề xuất trên đây. Các lớp của các giao thức giao tiếp radio có thể được thực hiện bởi bộ xử lý 1811. Bộ nhớ 1812 có thể được nối với bộ xử lý 1811 để lưu trữ các loại thông tin khác nhau để điều khiển bộ xử lý 1811. Bộ phận RF 1813 có thể được nối với bộ xử lý 1811 để truyền và/hoặc nhận tín hiệu vô tuyến.

UE 1820 bao gồm bộ xử lý 1821, bộ nhớ 1822, và bộ phận tần số radiô (RF) 1823. Bộ xử lý 1821 thực thi các chức năng, các quy trình và/hoặc các phương pháp được đề xuất trên đây. Các lớp của các giao thức giao tiếp radiô có thể được thực hiện bởi bộ xử lý 1821. Bộ nhớ 1822 có thể được nối với bộ xử lý 1821 để lưu trữ các loại thông tin khác nhau để điều khiển bộ xử lý 1821. Bộ phận RF 1823 có thể được nối với bộ xử lý 1821 để truyền và/hoặc nhận tín hiệu vô tuyến.

Bộ nhớ 1812 hoặc 1822 có thể nằm trong hoặc ngoài bộ xử lý 1811 hoặc 1821 và có thể được nối với bộ xử lý 1811 hoặc 1821 qua các bộ phận được biết đến rộng rãi khác nhau. Ngoài ra, eNB 1810 và/hoặc UE 1820 có thể có một ăng ten hoặc nhiều ăng ten.

Fig.19 là hình vẽ minh họa một ví dụ về môđun RF của thiết bị truyền thông vô tuyến mà phương pháp được đề xuất theo sáng chế có thể được áp dụng.

Cụ thể, Fig.19 thể hiện một ví dụ về môđun RF mà có thể được thực hiện trong hệ thống song công chia tần số (Frequency Division Duplex, FDD).

Thứ nhất, trong đường truyền, bộ xử lý được mô tả trên đây xử lý dữ liệu cần được truyền và cung cấp tín hiệu đầu ra tương tự cho bộ truyền 1910.

Trong bộ truyền 1910, tín hiệu đầu ra tương tự được lọc bởi bộ lọc thông thấp (LPF) 1911 để loại bỏ các ảnh không mong muốn được gây ra bởi việc chuyển đổi từ số sang tương tự (digital-to-analog conversion, DAC) trước đó, được chuyển đổi lên (upconverted) từ dải gốc sang RF bởi bộ chuyển đổi lên (bộ trộn) 1912, và được khuếch đại bởi bộ khuếch đại có hệ số thay đổi (variable gain amplifier, VGA) 1913, và tín hiệu khuếch đại được lọc bởi bộ lọc 1914, được khuếch đại thêm bởi bộ khuếch đại công suất (PA) 1915, được định tuyến qua (các) bộ song công 1950/(các) bộ chuyển mạch ăng ten 1960, và được truyền qua ăng ten 1970.

Ngoài ra, trong đường nhận, ăng ten 1970 nhận các tín hiệu từ bên ngoài và cung cấp các tín hiệu nhận được, mà được định tuyến qua (các) bộ chuyển mạch ăng ten 1960/(các) bộ song công 1950 và được cung cấp cho bộ nhận 1920.

Trong bộ nhận 1920, tín hiệu nhận được được khuếch đại bởi bộ khuếch đại tạp âm thấp (LNA) 1923, được lọc bởi bộ lọc thông dải 1924, và được chuyển đổi xuống (downconverted) từ RF sang dải gốc bởi bộ chuyển đổi xuống (bộ trộn) 1925.

Tín hiệu được chuyển đổi xuống được lọc bởi bộ lọc thông thấp (LPF) 1926, và được khuếch đại bởi VGA 1927 để thu được tín hiệu đầu vào tương tự, mà được cung cấp cho bộ xử lý được mô tả trên đây.

Hơn nữa, máy phát có bộ dao động cục bộ (local oscillator, LO) 1940 tạo ra và cung cấp các tín hiệu LO truyền và nhận cho bộ chuyển đổi lên 1912 và bộ chuyển đổi xuống 1925 một cách tương ứng.

Ngoài ra, vòng khóa pha (phase locked loop, PLL) 1930 có thể nhận thông tin điều khiển từ bộ xử lý và cung cấp các tín hiệu điều khiển cho máy phát LO 1940 để tạo các tín hiệu LO truyền và nhận tại các tần số thích hợp.

Các mạch được thể hiện trên Fig.19 có thể được sắp xếp khác với cấu hình được thể hiện trên Fig.19.

Fig.20 là hình vẽ minh họa một ví dụ khác về môđun RF của thiết bị truyền thông vô tuyến mà phương pháp được đề xuất theo sáng chế có thể được áp dụng.

Cụ thể, Fig.20 thể hiện một ví dụ về môđun RF có thể được thực hiện trong hệ thống song công chia thời gian (Time Division Duplex, TDD).

Bộ truyền 2010 và bộ nhận 2031 của môđun RF trong hệ thống TDD giống như các cấu trúc của bộ truyền và bộ nhận của môđun RF trong hệ thống FDD.

Dưới đây, chỉ cấu trúc của môđun RF của hệ thống TDD được mô tả, mà nó khác với môđun RF của hệ thống FDD, và cấu trúc giống như vậy được tham chiếu đến phần mô tả trên Fig.10.

Tín hiệu được khuếch đại bởi bộ khuếch đại công suất (PA) 2015 của bộ truyền được định tuyến qua bộ chuyển mạch chọn dải 2050, bộ lọc thông dải (BPF) 2060 và (các) bộ chuyển mạch ăng ten 2070, và được truyền qua ăng ten 2080.

Hơn nữa, trong đường nhận, ăng ten 2080 nhận các tín hiệu từ bên ngoài và cung cấp các tín hiệu nhận được, mà được định tuyến qua (các) bộ chuyển mạch ăng ten 2070,

bộ lọc thông dải (BPF) 2060, và bộ chuyển mạch chọn dải 2050, và được cung cấp cho bộ nhận 2020.

Các phương án nêu trên thu được nhờ sự kết hợp của các thành phần cấu trúc và các dấu hiệu của sáng chế theo cách định trước. Mỗi trong số các thành phần cấu trúc hoặc các dấu hiệu sẽ được xem xét có chọn lọc trừ khi được quy định riêng. Mỗi trong số các thành phần cấu trúc hoặc các dấu hiệu có thể được thực hiện mà không được kết hợp với các thành phần cấu trúc hoặc các dấu hiệu khác. Ngoài ra, một số thành phần cấu trúc và/hoặc các dấu hiệu có thể được kết hợp với nhau để tạo thành các phương án của sáng chế. Thứ tự của các công đoạn được mô tả trong các phương án của sáng chế có thể được thay đổi. Một số thành phần cấu trúc hoặc các dấu hiệu của một phương án có thể có trong một phương án khác, hoặc có thể được thay thế bằng các thành phần cấu trúc hoặc các dấu hiệu tương ứng của một phương án khác. Hơn nữa, rõ ràng là một số điểm yêu cầu bảo hộ tham chiếu đến các điểm yêu cầu bảo hộ cụ thể có thể được kết hợp với các điểm yêu cầu bảo hộ khác tham chiếu đến các điểm yêu cầu bảo hộ khác khác phải là các điểm yêu cầu bảo hộ cụ thể đó để tạo thành phương án hoặc bổ sung các điểm yêu cầu bảo hộ mới bằng cách sửa đổi sau khi đơn được nộp.

Theo sáng chế, 'A và/hoặc B' có thể được hiểu với ý nghĩa là ít nhất một trong số A và/hoặc B.

Các phương án của sáng chế có thể thu được bởi các phương tiện khác nhau, ví dụ, phần cứng, phần sụn, phần mềm, hoặc sự kết hợp của chúng. Trong cấu hình phần cứng, các phương pháp này theo các phương án của sáng chế có thể thu được nhờ một hoặc nhiều ASIC (mạch tích hợp chuyên dụng), DSP (bộ xử lý tín hiệu số), DSPD (thiết bị xử lý tín hiệu số), PLD (thiết bị logic lập trình được), FPGA (mảng cổng lập trình được dạng trường), bộ xử lý, bộ điều khiển, bộ vi điều khiển, bộ vi xử lý, v.v.

Trong cấu hình phần sụn hoặc phần mềm, các phương án của sáng chế có thể được thực hiện dưới dạng môđun, thủ tục, hàm, v.v. Mã phần mềm có thể được lưu trữ trong bộ nhớ và được thực hiện bởi bộ xử lý. Bộ nhớ có thể được bố trí ở bên trong hoặc bên ngoài của bộ xử lý và có thể truyền dữ liệu đến và nhận dữ liệu từ bộ xử lý qua các phương tiện đã biết khác nhau.

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực tương ứng sẽ hiểu rõ rằng các sự cải biến và thay đổi khác nhau có thể được thực hiện trong sáng chế mà không nằm ngoài mục đích hoặc phạm vi của sáng chế. Vì vậy, sáng chế được dự định bao trùm các sự cải biến và thay đổi của sáng chế miễn là chúng nằm trong phạm vi của yêu cầu bảo hộ kèm theo và các phản tương đương.

Hình thức của sáng chế

Các hình thức khác nhau đối với các phương án của sáng chế đã được mô tả trong phần mô tả chi tiết sáng chế.

Khả năng áp dụng công nghiệp

Sáng chế, được áp dụng vào hệ thống 3GPP LTE/LTE-A/5G, chủ yếu được mô tả dưới dạng ví dụ, nhưng có thể được áp dụng vào các hệ thống truyền thông vô tuyến khác nhau ngoài hệ thống 3GPP LTE/LTE-A/5G.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp truyền dựa trên sách mã kênh chia sẻ đường lên vật lý (Physical Uplink Shared Channel, PUSCH) trong hệ thống truyền thông vô tuyến, phương pháp này được thực hiện trong thiết bị người dùng (UE) (1820) bao gồm các bước:

nhận thông tin hạn chế hạng, từ nút mạng (1810);

nhận, từ nút mạng, thông tin điều khiển đường xuống (downlink control information, DCI) để truyền PUSCH;

chọn bộ tiền mã hóa dựa trên trường bit của DCI và thông tin hạn chế hạng đã nhận; và

thực hiện hoạt động truyền PUSCH nhờ sử dụng bộ tiền mã hóa.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó thông tin hạn chế hạng được nhận từ nút mạng (1810) với thông tin hạn chế tập con sách mã, và

trong đó bộ tiền mã hóa được chọn nhờ sử dụng trường bit của DCI và thông tin hạn chế tập con sách mã đã nhận và thông tin hạn chế hạng.

3. Phương pháp theo điểm 2, trong đó khi PUSCH được truyền nhờ sử dụng bốn cổng ăng ten, bộ tiền mã hóa được chọn, sử dụng trường bit của DCI và thông tin hạn chế tập con sách mã đã nhận và thông tin hạn chế hạng, trong sách mã bao gồm:

nhóm thứ nhất bao gồm các ma trận tiền mã hóa không nhất quán để chọn chỉ một cổng cho mỗi lớp,

nhóm thứ hai bao gồm các ma trận tiền mã hóa nhất quán một phần để chọn hai cổng trong ít nhất một lớp, và

nhóm thứ ba bao gồm các ma trận tiền mã hóa nhất quán hoàn toàn để chọn tất cả các cổng cho mỗi lớp trong số các lớp.

4. Phương pháp theo điểm 3,

trong đó các ma trận tiền mã hóa không nhất quán có một giá trị khác không (zero) trong mỗi cột,

trong đó các ma trận tiền mã hóa nhất quán một phần có hai giá trị khác không

(zero) trong mỗi cột, và

trong đó các ma trận tiền mã hóa nhất quán hoàn toàn chỉ có các giá trị khác không (zero).

5. Phương pháp theo điểm 4, trong đó sách mã là sách mã dựa trên dạng sóng ghép kênh chia tần số trực giao tiền tố vòng (Cyclic Prefix Orthogonal Frequency Division Multiplexing, CP-OFDM).

6. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm trên đây, trong đó trường bit của DCI bao gồm bộ chỉ báo ma trận tiền mã hóa truyền (Transmitted Precoding Matrix Indicator, TPMI), mà là thông tin về chỉ số của bộ tiền mã hóa được chọn để truyền PUSCH.

7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó TPMI được mã hóa kết hợp với bộ chỉ báo hạng (Rank Indicator, RI) mà là thông tin về số lượng lớp được sử dụng khi truyền PUSCH.

8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó TPMI và RI được chỉ báo chung cho tất cả các tài nguyên tín hiệu chuẩn thăm dò (Sounding Reference Signal, SRS) được tạo cấu hình cho UE (1820).

9. Phương pháp theo điểm 7, trong đó TPMI và RI được chỉ báo cho mỗi tài nguyên SRS được tạo cấu hình cho UE (1820).

10. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 7 đến 9, trong đó kích thước của trường tín hiệu chuẩn giải điều biến (Demodulation Reference Signal, DMRS) trong DCI được xác định khác nhau theo RI được mã hóa kết hợp với TPMI.

11. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 7 đến 10, trong đó kích thước của trường trong đó TPMI và RI được mã hóa liên kết được quyết định dựa trên thông tin hạn chế hạng.

12. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 7 đến 11, trong đó thông tin hạn chế hạng được nhận từ nút mạng (1810) với thông tin hạn chế tập con sách mã, và trong đó kích thước của trường trong đó TPMI và RI được mã hóa liên kết được quyết định dựa trên thông tin hạn chế tập con sách mã.

13. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm trên đây, phương pháp này còn bao

gồm bước

báo cáo, cho nút mạng (1810), khả năng của UE đối với cấu hình sách mã cho hoạt động truyền PUSCH, trước khi nhận thông tin hạn chế hạn.

14. Bộ xử lý dùng cho thiết bị người dùng (UE) trong hệ thống truyền thông vô tuyến, trong đó bộ xử lý (1821), khi được ghép nối với bộ phận tần số radiô (RF) (1823) của UE (1820), được tạo cấu hình để điều khiển truyền dựa trên sách mã kênh chia sẻ đường lên vật lý (PUSCH) theo phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm trên đây.

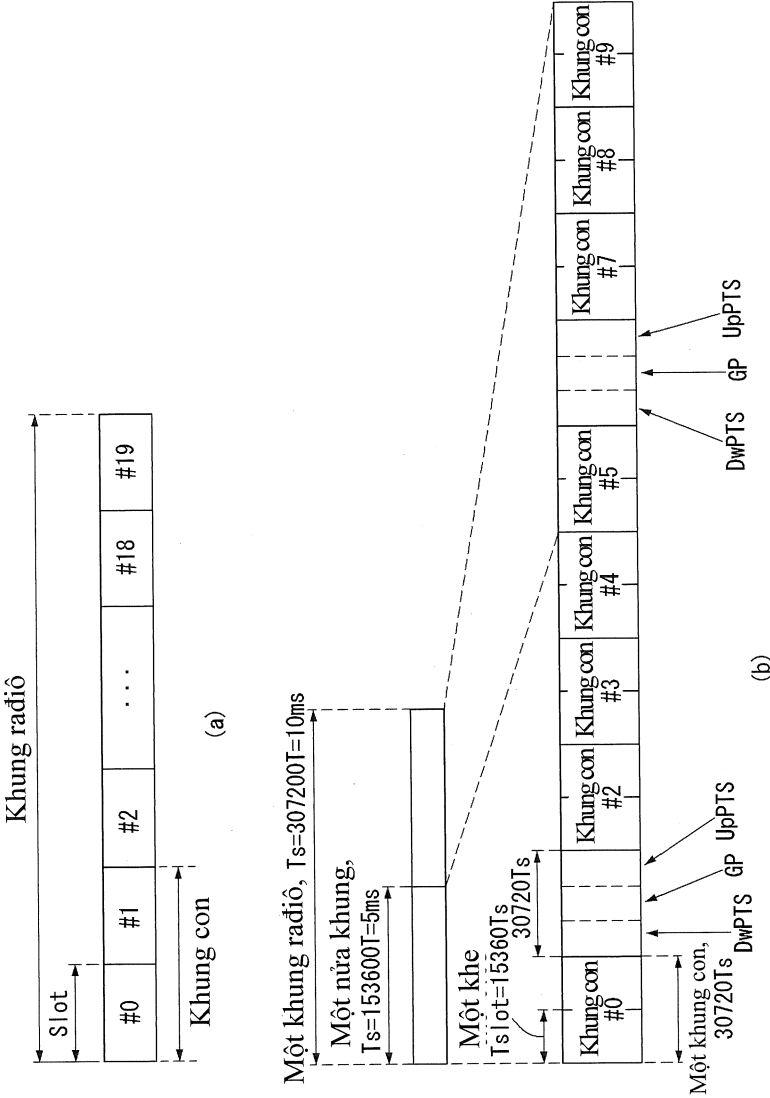
15. Thiết bị người dùng (UE) dùng cho hoạt động truyền dựa trên sách mã của kênh chia sẻ đường lên vật lý (Physical Uplink Shared Channel, PUSCH) trong hệ thống truyền thông vô tuyến, UE (1820) bao gồm:

bộ phận tần số radiô, RF (1823) để truyền và nhận tín hiệu radiô; và

bộ xử lý (1821) để điều khiển bộ phận RF (1823),

trong đó bộ xử lý (1821) được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 13.

FIG.1



2/20

FIG.2

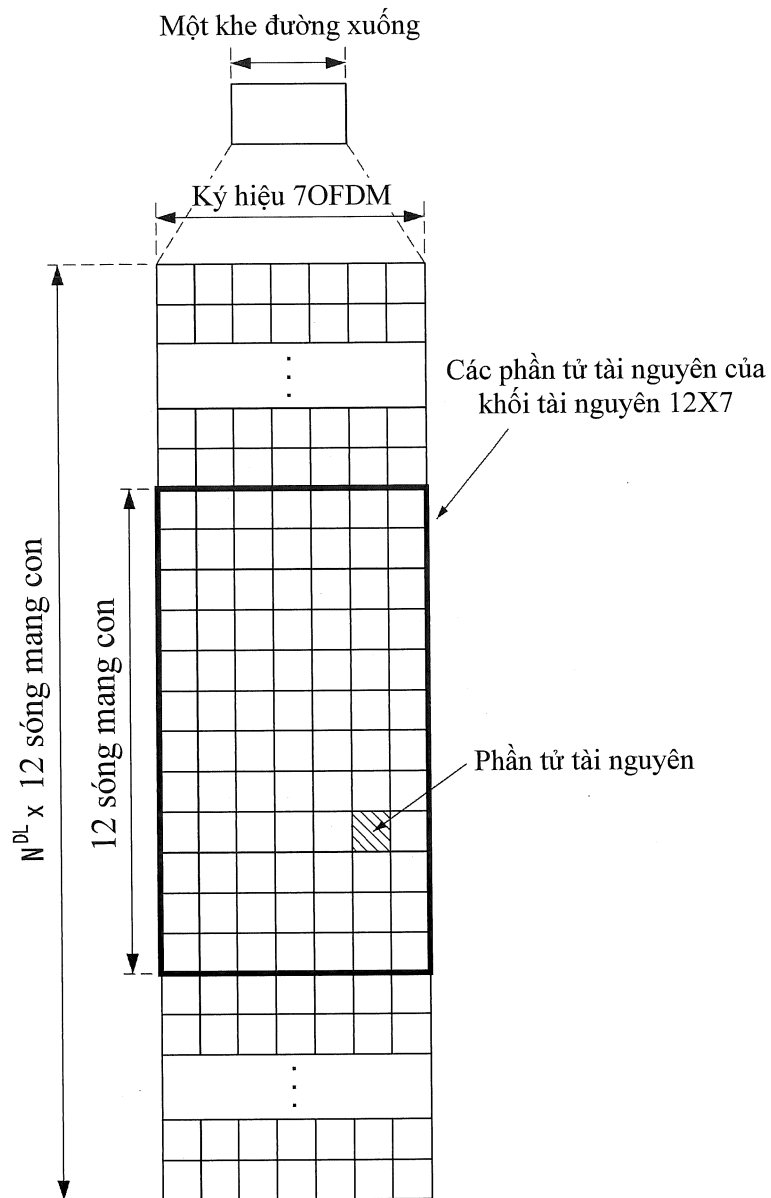
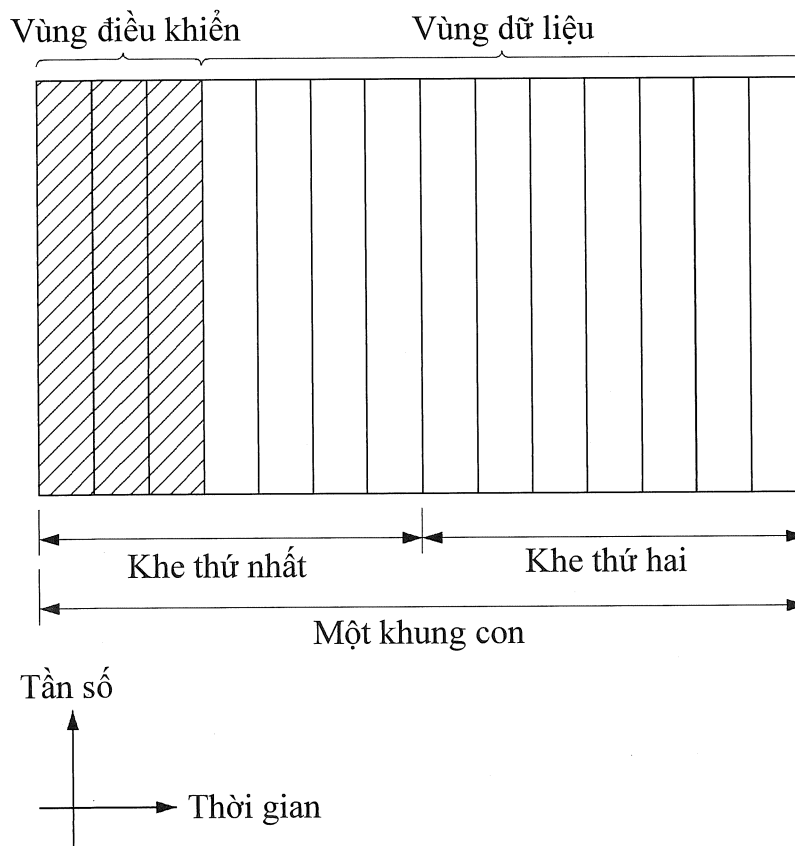
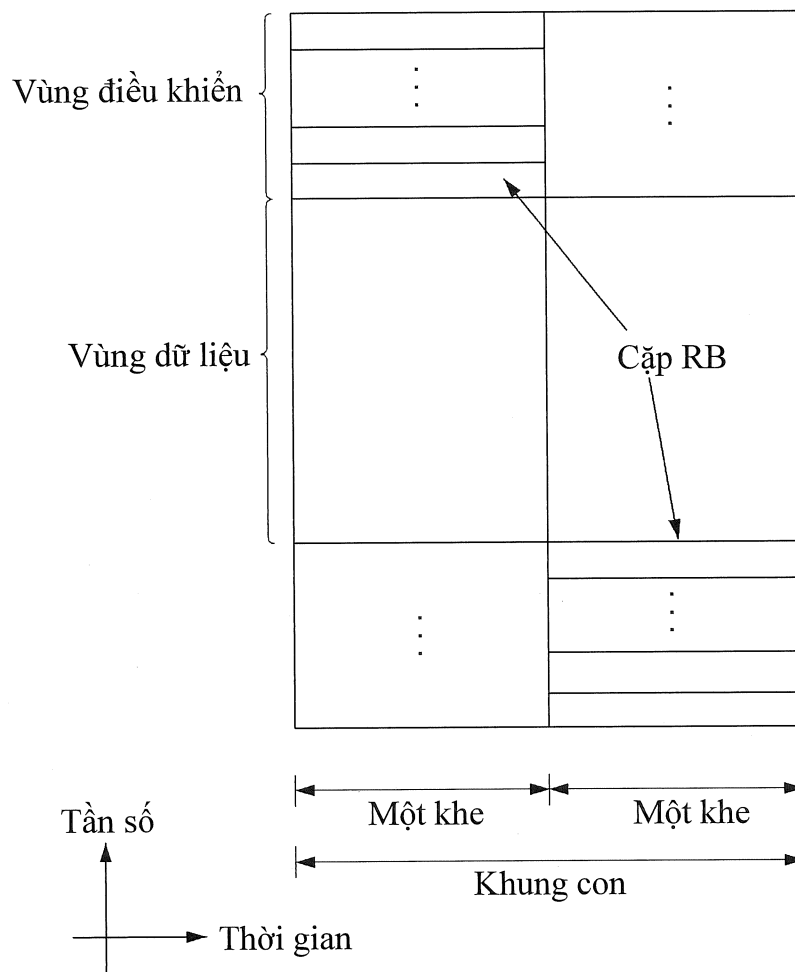


FIG.3



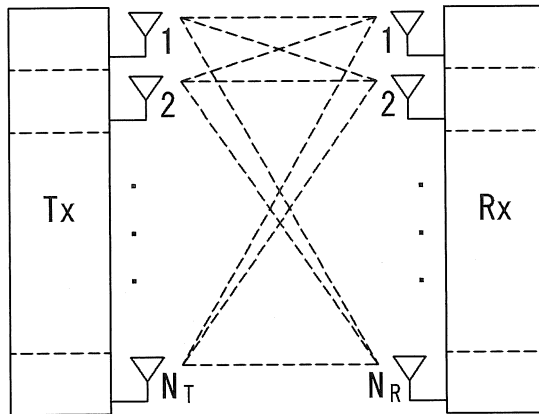
4/20

FIG.4



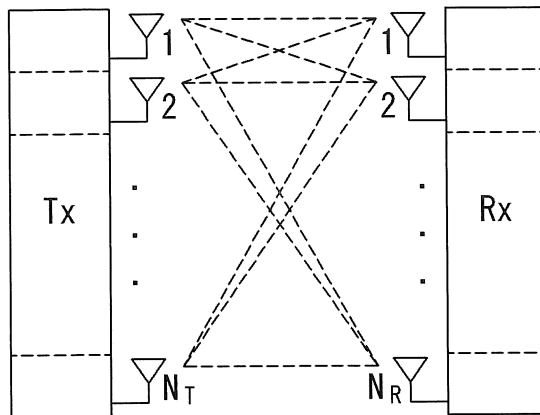
5/20

FIG.5



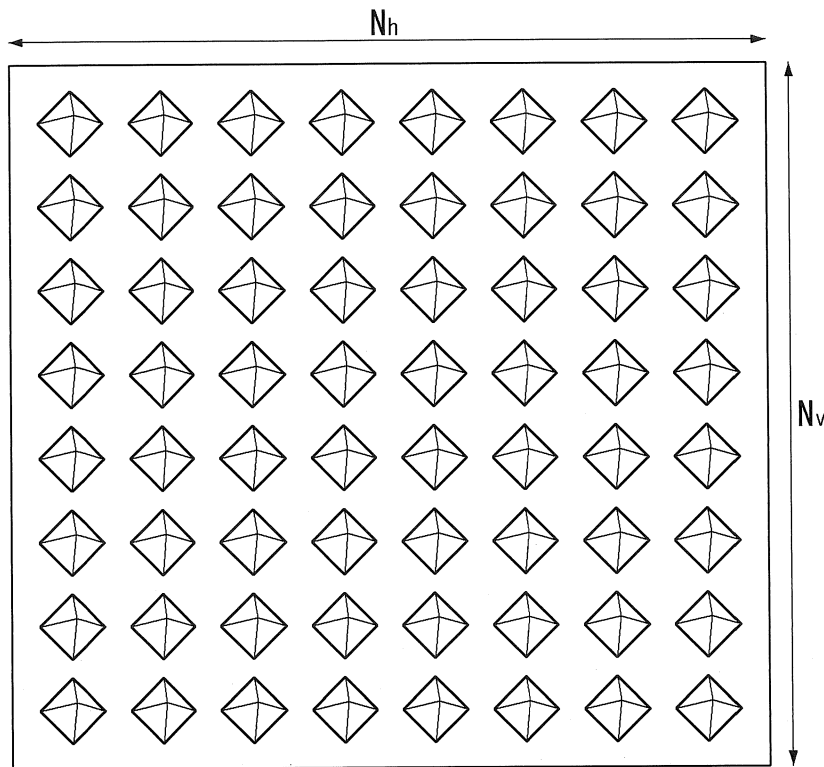
6/20

FIG.6



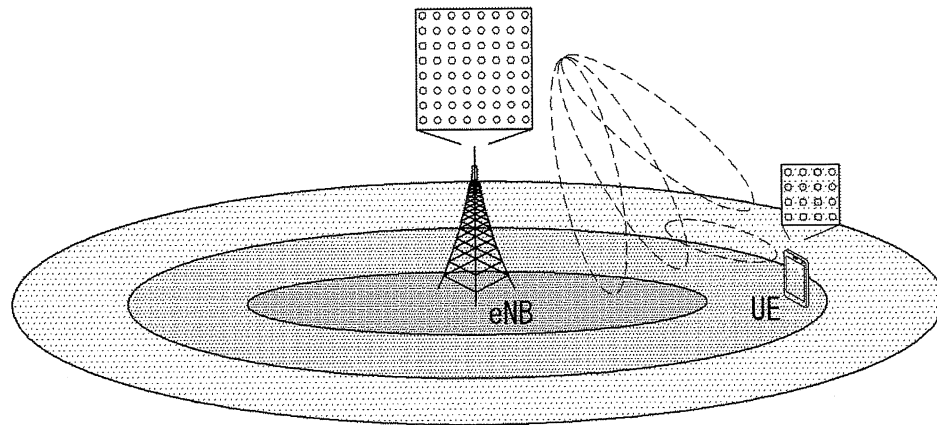
7/20

FIG.7



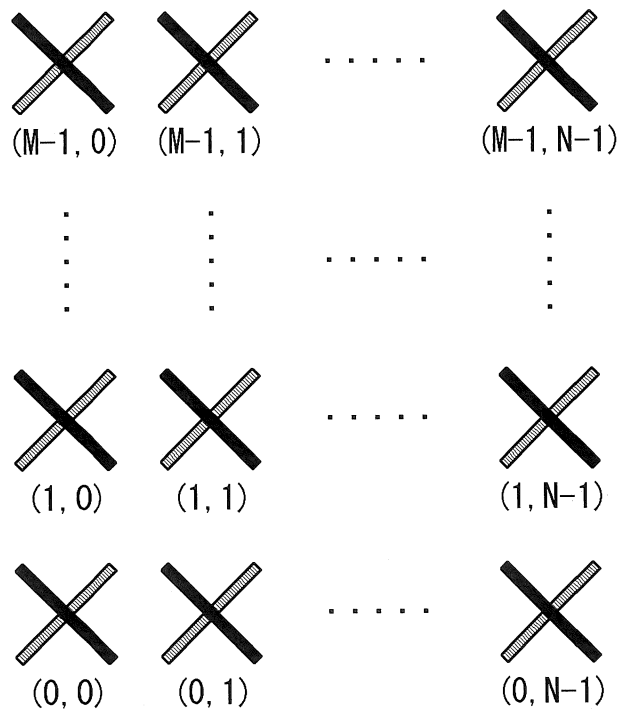
8/20

FIG.8



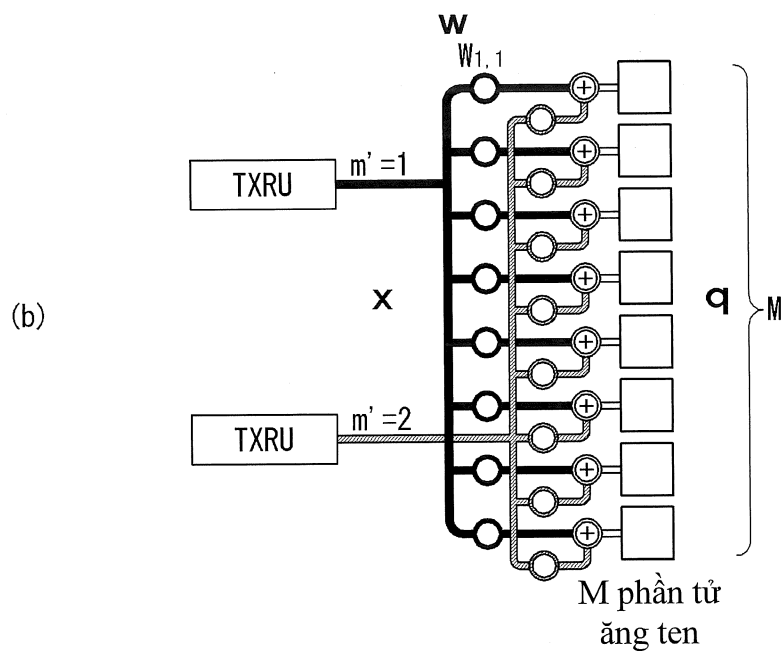
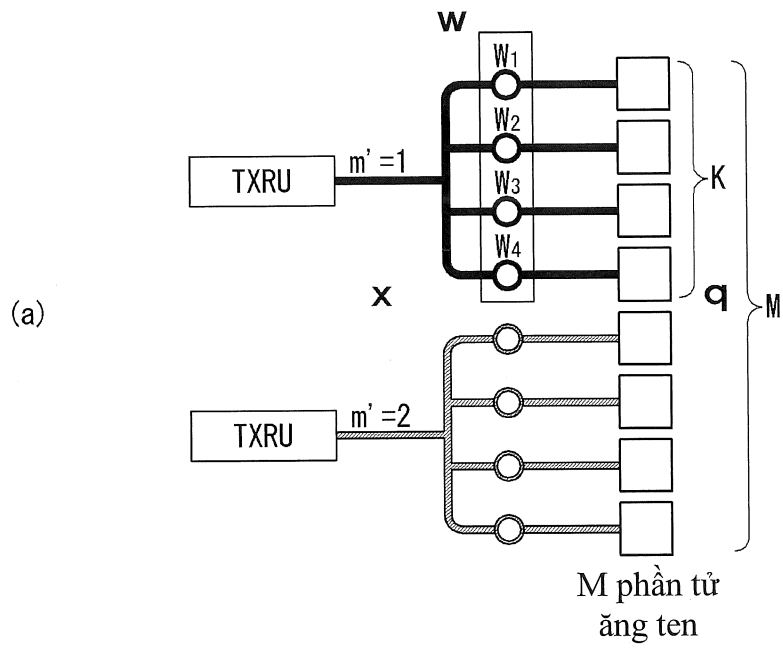
9/20

FIG.9



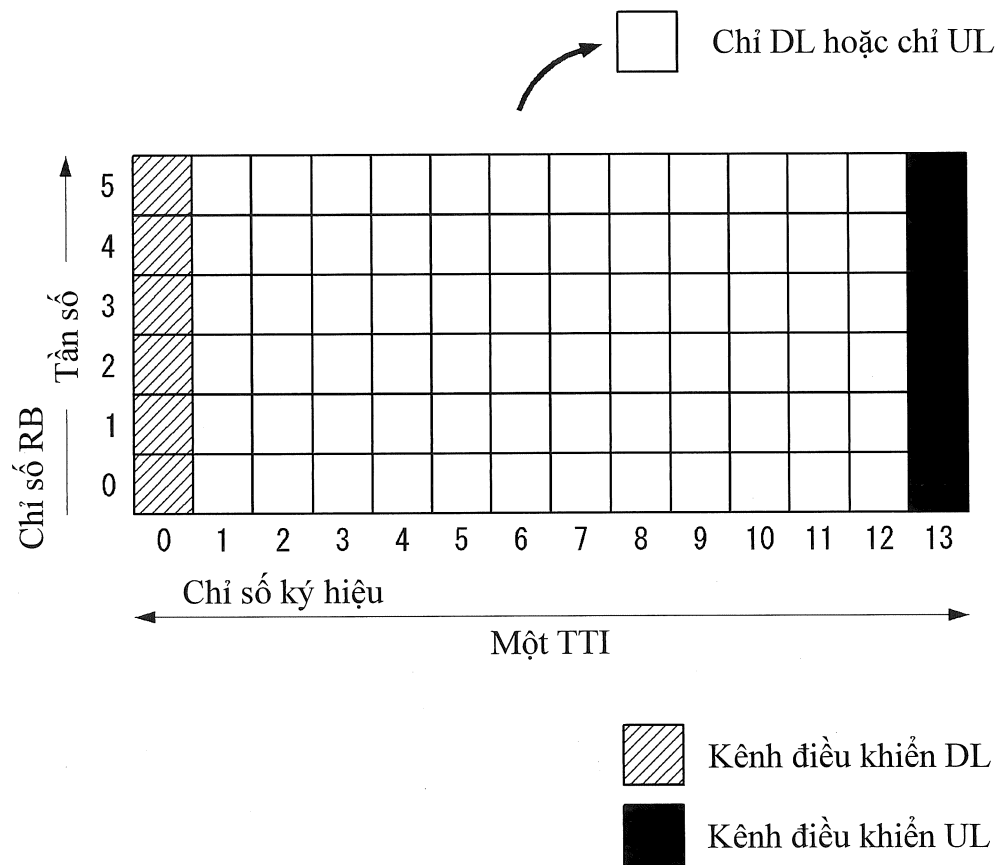
10/20

FIG.10



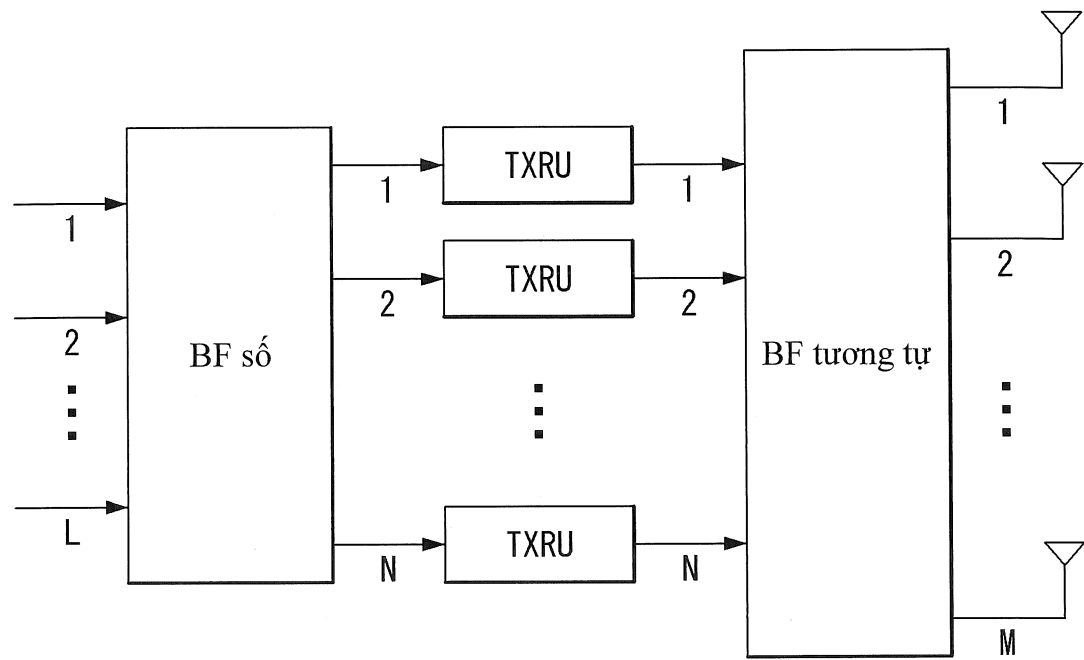
11/20

FIG.11



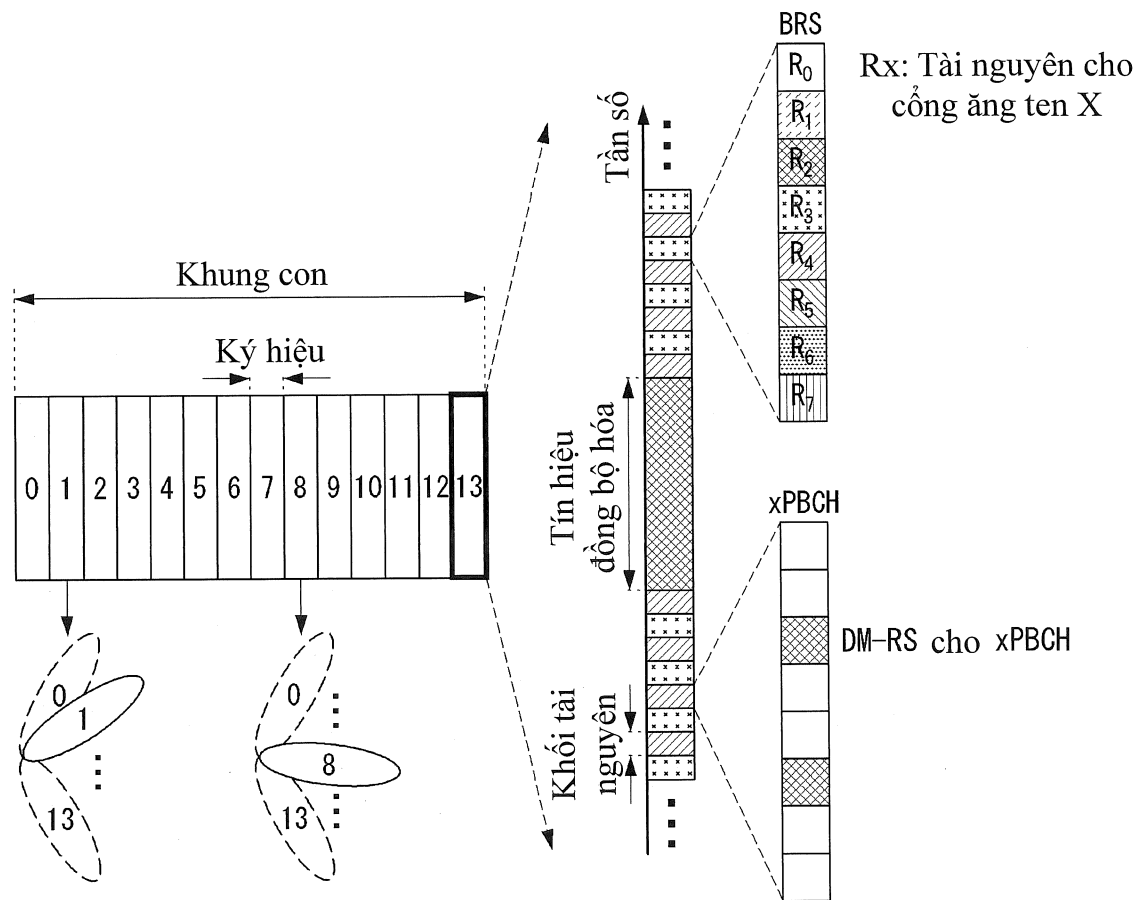
12/20

FIG.12



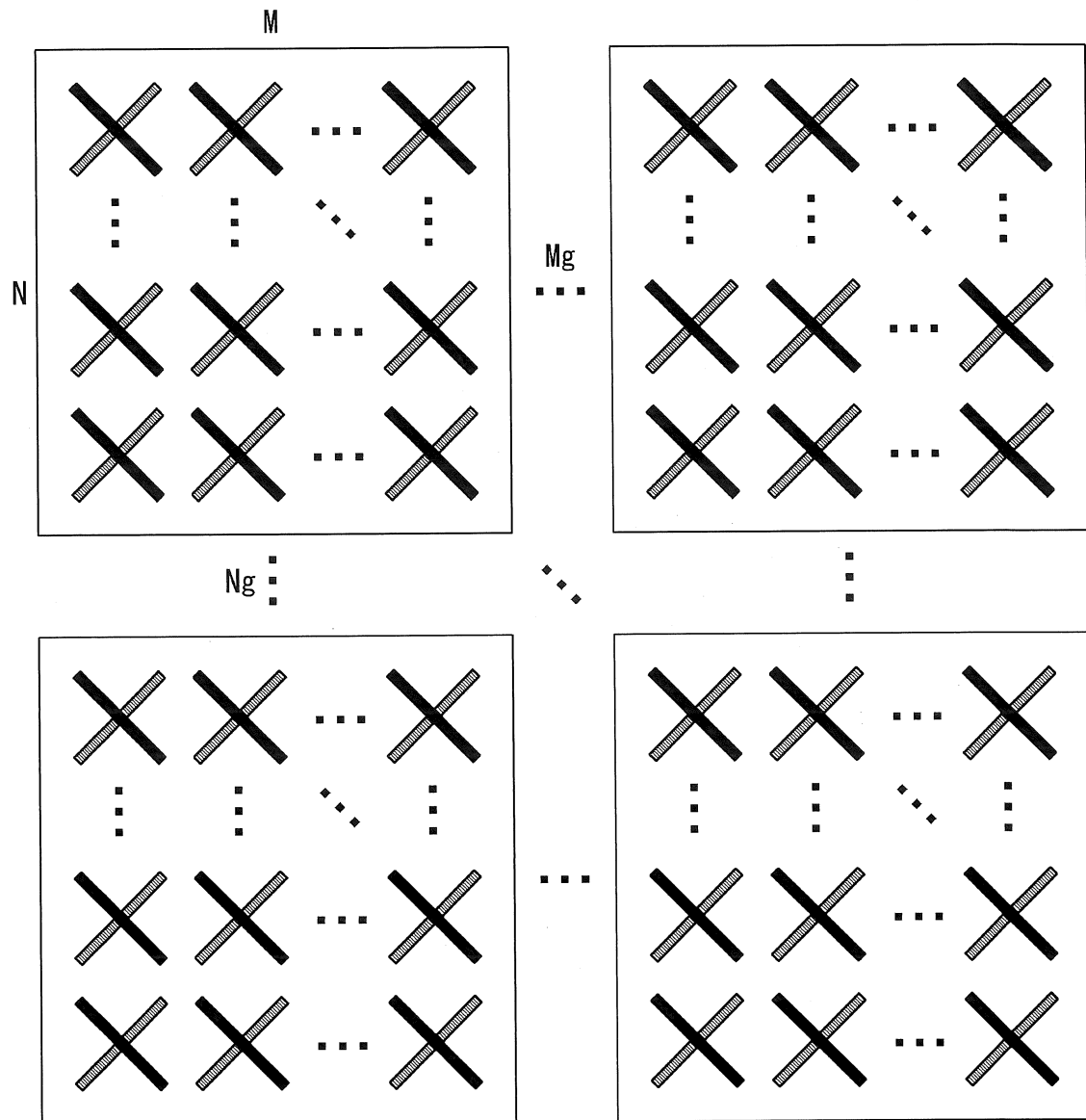
13/20

FIG.13



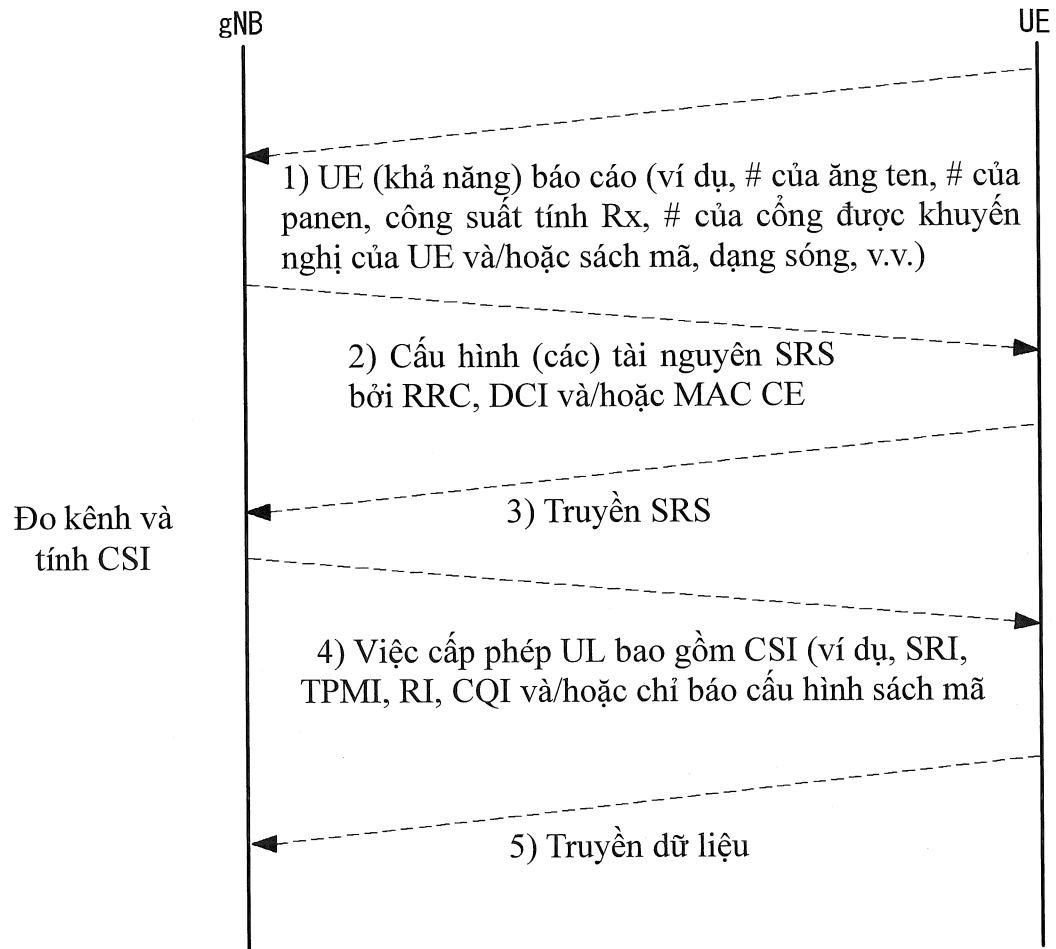
14/20

FIG.14



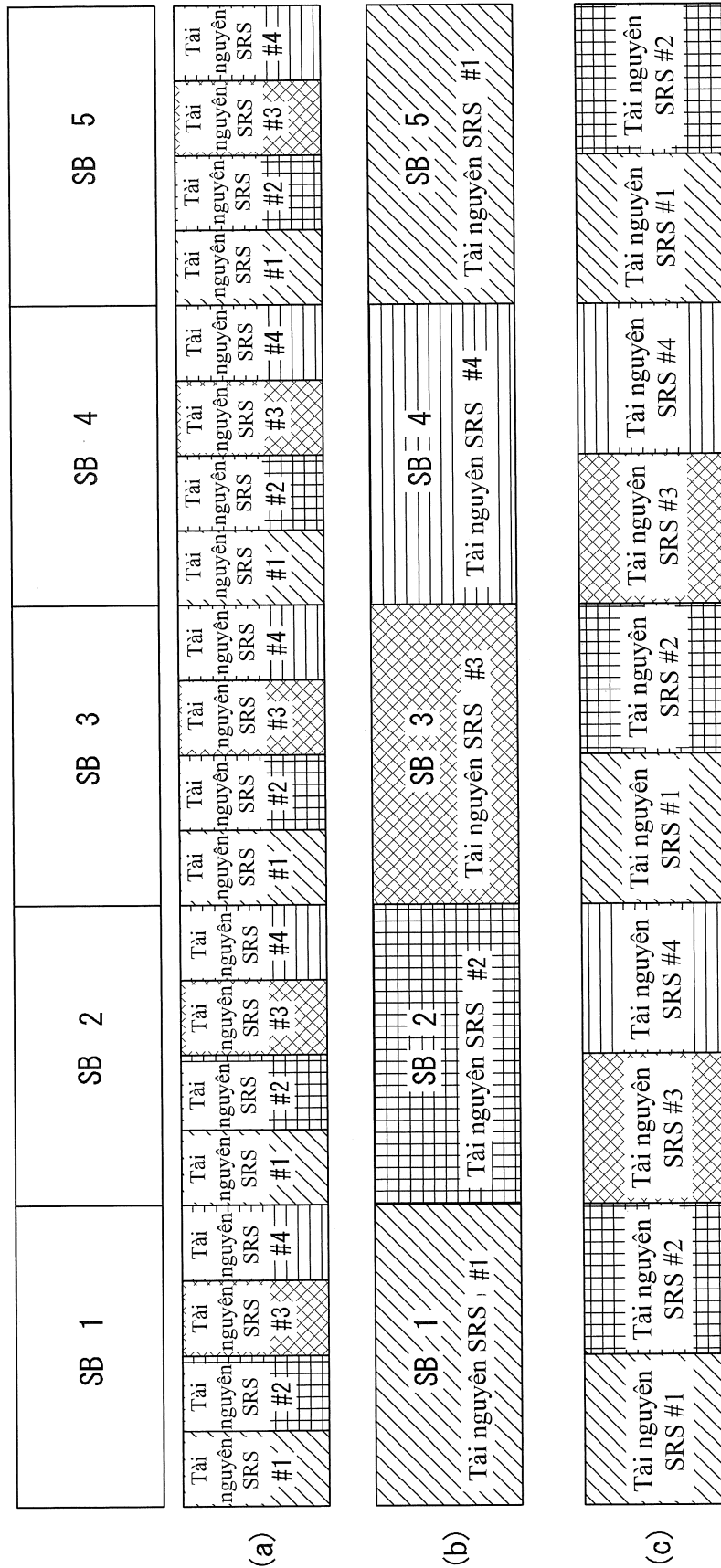
15/20

FIG.15



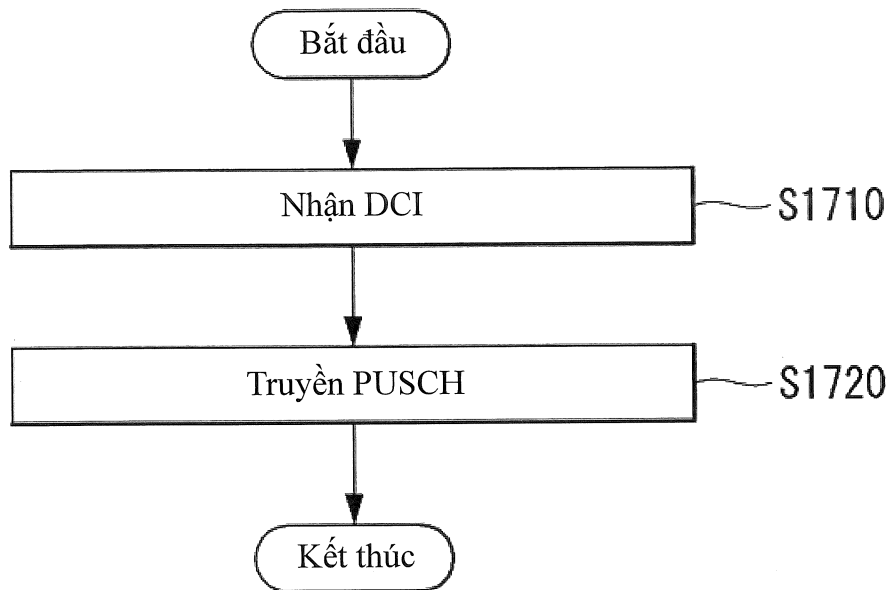
16/20

FIG.16



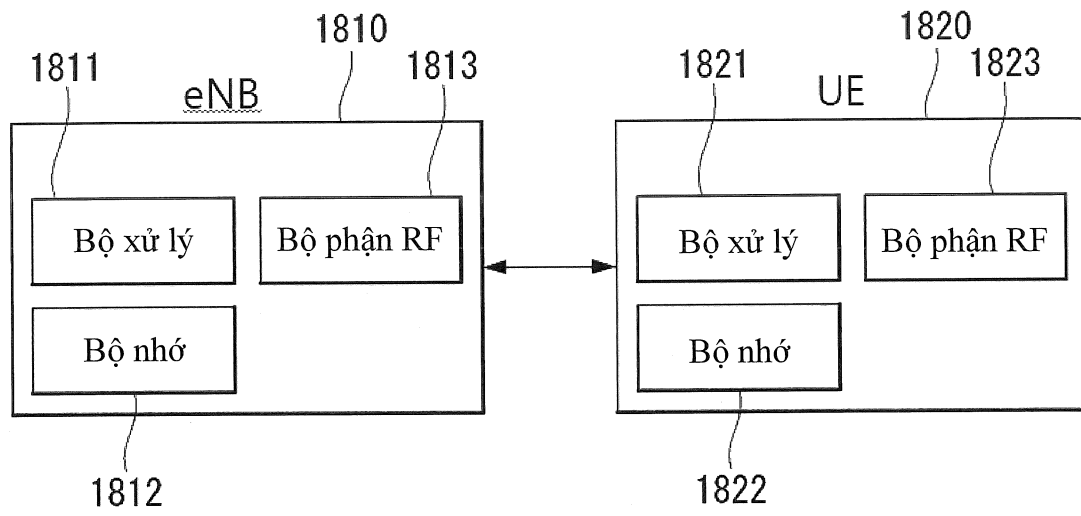
17/20

FIG.17



18/20

FIG.18



19/20

FIG.19

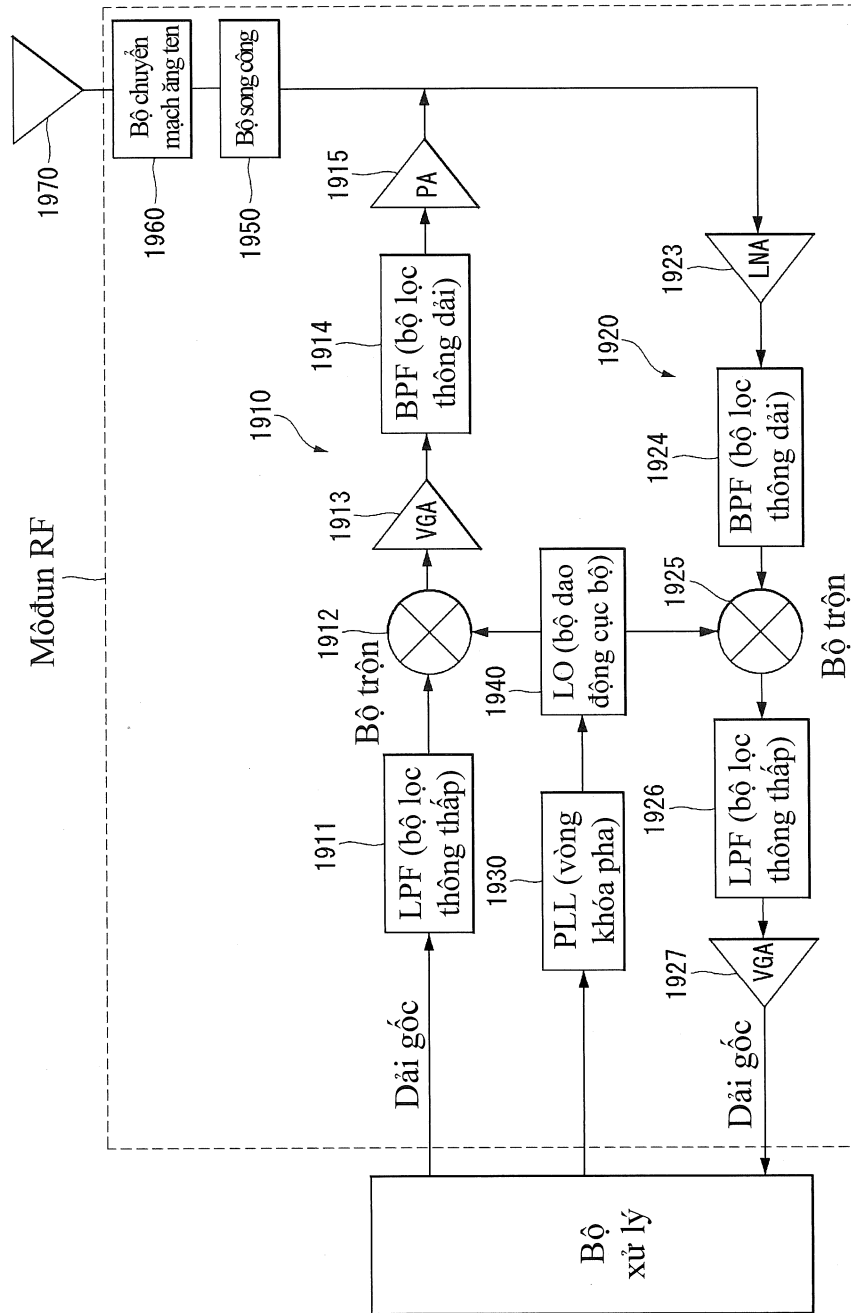


FIG.20

