



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

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

(11) 
1-0021372

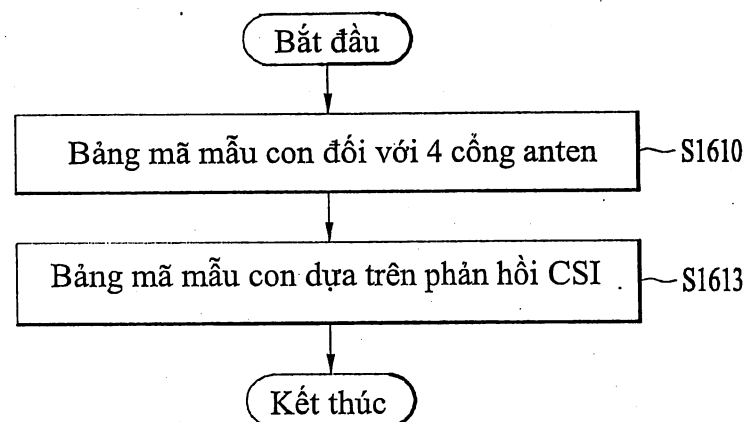
(51)⁷ **H04B 17/00, 7/04**

(13) **B**

(21) 1-2015-03956 (22) 05.06.2014
(86) PCT/KR2014/005001 05.06.2014 (87) WO2014/196823A1 11.12.2014
(30) 61/831,151 05.06.2013 US
(45) 25.07.2019 376 (43) 25.12.2015 333
(73) LG ELECTRONICS INC. (KR)
128, Yeoui-daero Yeongdeungpo-gu, Seoul 150-721 Republic of Korea
(72) KIM, Hyungtae (KR), PARK, Hanjun (KR)
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) **PHƯƠNG PHÁP BÁO CÁO THÔNG TIN TRẠNG THÁI KÊNH VÀ THIẾT BỊ NGƯỜI DÙNG**

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống truyền thông không dây. Phương pháp dùng cho thiết bị đầu cuối dùng để truyền thông tin trạng thái kênh (channel State information - CSI) trong hệ thống truyền thông không dây theo một phương án của sáng chế bao gồm các bước: trong chế độ báo cáo đối với cổng bốn anten, mã hóa liên kết ký hiệu chỉ báo thứ hạng (rank indicator - RI) và ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ nhất (precoding matrix indicator - PMI) thành trị số mã hóa đơn; và truyền thông tin trạng thái kênh bao gồm trị số mã hóa, trong đó nếu RI là 1 thì chỉ số số mã có thể có trị số tương tự như trị số mã hóa, và nếu RI là 2 thì chỉ số số mã có thể thấp hơn trị số mã hóa là 8.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hệ thống truyền thông không dây, và cụ thể hơn là đề cập đến phương pháp và thiết bị truyền thông tin trạng thái kênh nhờ sử dụng việc mã hóa liên kết trong hệ thống truyền thông không dây.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hệ thống truyền thông phát triển dài hạn dự án hợp tác thế hệ thứ ba (3rd Generation Partnership Project Long Term Evolution - 3GPP LTE) dưới đây sẽ được mô tả như hệ thống truyền thông di động ví dụ trong đó sáng chế có thể ứng dụng được.

Fig.1 là sơ đồ thể hiện dưới dạng giản đồ cấu trúc mạng của hệ thống viễn thông di động toàn cầu phát triển (Evolved Universal Mobile Telecommunications System - E-UMTS) như hệ thống truyền thông radio ví dụ. Hệ thống E-UMTS được phát triển từ hệ thống UMTS thông thường và việc chuẩn hóa cơ bản của nó hiện tại đang được thực hiện theo 3GPP. E-UMTS có thể được gọi chung là hệ thống phát triển dài hạn (Long Term Evolution - LTE). Đối với các phần mô tả chi tiết về các đặc điểm kỹ thuật của UMTS và E-UMTS, dựa vào phiên bản 7 và phiên bản 8 của “dự án hợp tác thế hệ thứ ba; mạng truy cập radio nhóm đặc điểm kỹ thuật”.

Dựa vào Fig.1, E-UMTS bao gồm thiết bị người dùng (User Equipment - UE), các eNB (hoặc các eNode B hoặc các trạm cơ sở), và cổng truy cập (Access Gateway - AG) được bố trí tại một đầu của mạng (E-UTRAN) và được kết nối với mạng bên ngoài. Các eNB có thể truyền đồng thời nhiều dòng dữ liệu dùng cho dịch vụ phát rộng, dịch vụ phát đa hướng, và/hoặc dịch vụ phát đơn hướng.

Một hoặc nhiều ô hơn có thể tồn tại ở mỗi eNB. Ô được thiết đặt để sử dụng một trong các dải tần số 1,25, 2,5, 5, 10, 15, và 20 MHz để cung cấp dịch vụ truyền đường lên hoặc đường xuống tới các UE. Các ô khác nhau có thể được

thiết đặt để cung cấp các dải tần khác nhau. eNB điều khiển việc truyền và thu dữ liệu đối với các UE. eNB truyền thông tin lập lịch đường xuống đối với dữ liệu đường xuống để thông báo với UE tương ứng về miền thời gian/tần số trong đó dữ liệu được truyền, việc mã hóa, kích thước dữ liệu, và thông tin yêu cầu và lặp lại tự động lai (HARQ) liên quan (Hybrid Automatic Repeat Và Request - HARQ). Ngoài ra, eNB truyền thông tin lập lịch đường lên đối với dữ liệu UL đến UE tương ứng để truyền dữ liệu UE về miền thời gian/tần số sẵn có, thông tin liên quan đến việc mã hóa, kích thước dữ liệu, và HARQ. Giao diện để truyền lưu lượng người dùng hoặc lưu lượng điều khiển có thể được sử dụng giữa các eNB. Mạng lõi (Core Network - CN) có thể bao gồm AG, nút mạng cho việc đăng ký người dùng của UE và tương tự. AG quản lý tính di động của UE trên cơ sở khu vực theo dõi (Tracking Area - TA), trong đó một TA bao gồm nhiều ô.

Mặc dù công nghệ truyền thông radio đã được phát triển lên đến LTE dựa vào đa truy cập phân chia theo mã dải rộng (Wideband Code Division Multiple Access - WCDMA) nhưng các nhu cầu và những sự mong đợi của những người dùng và các nhà cung cấp ngày càng gia tăng. Ngoài ra, vì các công nghệ truyền thông radio liên tục được phát triển nên kỹ thuật mới cần phải đảm bảo đảm bảo tính cạnh tranh trong tương lai. Chẳng hạn, giảm chi phí mỗi bit, tăng khả năng dịch vụ, sử dụng linh hoạt dải tần số, cấu trúc đơn giản, giao diện mở, và công suất tiêu thụ phù hợp với UE được yêu cầu.

Công nghệ đa đầu vào đa đầu ra (Multiple-Input Multiple-Output - MIMO) đề cập đến phương pháp để nâng cao hiệu quả truyền và thu dữ liệu nhờ sử dụng nhiều anten phát và nhiều anten thu thay vì một anten phát và một anten thu. Nghĩa là, công nghệ MIMO nâng cao dung lượng hoặc cải thiện hiệu suất nhờ sử dụng nhiều anten trong đầu phát hoặc đầu thu của hệ thống truyền thông không dây. Công nghệ MIMO cũng có thể được gọi là công nghệ đa anten.

Để hỗ trợ việc truyền đa anten, ma trận tiền mã hóa dùng để phân phối phù hợp thông tin được truyền theo trạng thái kênh và v.v. có thể được ứng dụng tới mỗi anten.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Mục đích của sáng chế là để giải quyết vấn đề tồn tại trong phương pháp và thiết bị truyền thông tin trạng thái kênh trong hệ thống truyền thông không dây.

Cần hiểu rằng phần mô tả chung nêu trên và phần mô tả chi tiết sau đây của sáng chế chỉ là ví dụ và giải thích và được dự định để đưa ra sự giải thích thêm về sáng chế như được nêu trong phần yêu cầu bảo hộ.

Phương tiện giải quyết vấn đề

Mục đích của sáng chế có thể đạt được bằng cách đề xuất phương pháp để truyền thông tin trạng thái kênh (Channel State Information - CSI) bởi thiết bị người dùng trong hệ thống truyền thông không dây, phương pháp bao gồm bước mã hóa liên kết ký hiệu chỉ báo thứ hạng (Rank Indicator - RI) và ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ nhất (Precoding Matrix Indicator - PMI) thành một trị số mã hóa trong chế độ báo cáo cho 4 cổng anten, và bước truyền thông tin trạng thái kênh bao gồm trị số mã hóa, trong đó, khi RI là 1, chỉ số số mã có cùng trị số với trị số mã hóa, và khi RI là 2, chỉ số số mã có trị số nhỏ hơn trị số mã hóa là 8.

Theo khía cạnh khác của sáng chế, có đề xuất thiết bị người dùng để truyền thông tin trạng thái kênh (CSI) trong hệ thống truyền thông không dây, thiết bị người dùng bao gồm bộ tần số radio (Radio Frequency - RF), và bộ xử lý, trong đó bộ xử lý được tạo cấu hình để mã hóa liên kết ký hiệu chỉ báo thứ hạng (RI) và ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ nhất (PMI) thành một trị số mã hóa trong chế độ báo cáo cho 4 cổng anten và truyền thông tin trạng thái kênh bao gồm trị số mã hóa, khi RI là 1, chỉ số số mã có cùng trị số với trị số mã hóa, và khi RI là 2, chỉ số số mã có trị số nhỏ hơn trị số mã hóa là 8.

Các dấu hiệu sau đây có thể được ứng dụng chung cho các phương án trên của sáng chế.

Khi RI là 1, trị số mã hóa có thể là một trong các số nguyên từ 0 đến 7.

Khi RI là 2, trị số mã hóa có thể là một trong các số nguyên từ 8 đến 15.

Khi RI là 3, trị số mã hóa có thể là 16.

Khi RI là 4, trị số mã hóa có thể là 17.

PMI thứ nhất có thể tương ứng với dải rộng và PMI dài hạn và có thể được sử dụng để xác định PMI cuối cùng cùng với dải phụ và PMI thứ hai ngắn hạn.

Chế độ báo cáo có thể là chế độ phụ thứ nhất của chế độ kênh điều khiển đường lên vật lý 1-1 (Physical Uplink Control Channel - PUCCH) dùng để báo cáo PMI và ký hiệu chỉ báo chất lượng kênh dải rộng (Channel Quality Indicator - CQI).

Cần hiểu rằng phần mô tả chung nêu trên và phần mô tả chi tiết sau đây của sáng chế chỉ là ví dụ và giải thích và được dự định để đưa ra sự giải thích thêm về sáng chế như được nêu trong phần yêu cầu bảo hộ.

Hiệu quả của sáng chế

Theo các phương án của sáng chế, phương pháp và thiết bị dùng để truyền hiệu quả thông tin trạng thái kênh sử dụng bước mã hóa liên kết trong hệ thống truyền thông không dây được đề xuất.

Sáng chế sẽ được hiểu bởi những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật rằng những hiệu quả mà có thể đạt được với sáng chế không bị giới hạn ở những gì được mô tả cụ thể trên đây và các ưu điểm khác của sáng chế sẽ được hiểu rõ hơn từ phần mô tả chi tiết sau đây dựa vào các hình vẽ kèm theo.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các hình vẽ kèm theo, mà được bao gồm để làm rõ thêm sáng chế, minh họa các phương án của sáng chế và cùng với phần mô tả dùng để giải thích nguyên lý của sáng chế.

Trên các hình vẽ:

Fig.1 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện cấu trúc mạng của hệ thống viễn

thông di động toàn cầu phát triển (Evolved Universal Mobile Telecommunications System - E-UMTS) như hệ thống truyền thông radio ví dụ;

Fig.2 là sơ đồ minh họa mặt phẳng điều khiển và mặt phẳng người dùng của giao thức giao diện radio giữa UE và mạng truy cập radio mặt đất toàn cầu phát triển (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network - E-UTRAN) dựa vào tiêu chuẩn mạng truy cập radio dự án hợp tác thế hệ thứ ba (3rd Generation Partnership Project - 3GPP);

Fig.3 là sơ đồ thể hiện các kênh vật lý được sử dụng trong hệ thống 3GPP và phương pháp truyền tín hiệu chung sử dụng các kênh vật lý này;

Fig.4 là sơ đồ minh họa ví dụ về cấu trúc của khung radio được sử dụng trong hệ thống phát triển dài hạn (Long Term Evolution - LTE);

Fig.5 là sơ đồ minh họa kênh điều khiển bao gồm trong vùng điều khiển của khung con trong khung radio đường xuống;

Fig.6 là sơ đồ minh họa cấu trúc khung con đường lên được sử dụng trong hệ thống LTE;

Fig.7 minh họa cấu hình của hệ thống truyền thông đa đầu vào đa đầu ra (MIMO) điển hình;

Các hình vẽ từ Fig.8 đến Fig.11 minh họa bước báo cáo định kỳ về thông tin trạng thái kênh (CSI);

Fig.12 là sơ đồ minh họa bước báo cáo định kỳ về thông tin trạng thái kênh được thảo luận trong hệ thống LTE-A;

Fig.13 là sơ đồ minh họa phản hồi CSI trong chế độ phụ 1 của chế độ 1-1 trên Fig.8;

Fig.14 là sơ đồ minh họa phản hồi CSI trong chế độ phụ 2 của chế độ 1-1 trên Fig.8;

Fig.15 là sơ đồ minh họa phản hồi CSI trong chế độ 2-1 trên Fig.8;

Fig.16 là lưu đồ về phương pháp báo cáo thông tin trạng thái kênh theo

một phương án của sáng chế; và

Fig.17 là sơ đồ minh họa BS và UE trong đó phương án của sáng chế có thể ứng dụng được.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, các cấu trúc, các bước xử lý, và các dấu hiệu khác của sáng chế sẽ được hiểu rõ ràng từ các phương án của sáng chế, các ví dụ được mô tả dựa vào các hình vẽ kèm theo. Các phương án mà sẽ được mô tả dưới đây là các ví dụ trong đó các dấu hiệu kỹ thuật của sáng chế được ứng dụng với hệ thống 3GPP.

Mặc dù các phương án của sáng chế sẽ được mô tả dựa vào hệ thống LTE và hệ thống LTE cải tiến (LTE-Advanced - LTE-A), hệ thống LTE và hệ thống LTE-A chỉ là ví dụ và các phương án của sáng chế có thể được ứng dụng với tất cả hệ thống truyền thông tương ứng với định nghĩa nêu trên. Ngoài ra, mặc dù các phương án của sáng chế sẽ được mô tả trong tài liệu này dựa vào chế độ song công phân chia theo tần số (Frequency Division Duplex - FDD), chế độ FDD chỉ là ví dụ và các phương án của sáng chế có thể được sửa đổi dễ dàng và được ứng dụng với chế độ bán FDD (Half-FDD - H-FDD) hoặc chế độ song công phân chia theo thời gian (Time Division Duplex - TDD).

Fig.2 là hình vẽ minh họa các cấu trúc của mặt phẳng điều khiển và mặt phẳng người dùng trong giao thức giao diện radio giữa UE và E-UTRAN dựa vào đặc điểm kỹ thuật mạng truy cập radio 3GPP. Mặt phẳng điều khiển dựa vào đường dẫn mà qua đó các thông điệp điều khiển được sử dụng bởi thiết bị người dùng (User Equipment - UE) và mạng để quản lý cuộc gọi được truyền. Mặt phẳng người dùng dựa vào đường dẫn mà qua đó dữ liệu được tạo ra trong lớp ứng dụng, ví dụ dữ liệu giọng nói hoặc dữ liệu gói Internet được truyền.

Lớp vật lý của lớp thứ nhất cung cấp dịch vụ truyền thông tin đến lớp thấp hơn sử dụng kênh vật lý. Lớp vật lý được kết nối với lớp điều khiển truy cập môi trường của lớp thấp hơn qua kênh vận chuyển. Dữ liệu được chuyển giữa lớp MAC và lớp vật lý qua kênh vận chuyển. Dữ liệu cũng được chuyển giữa lớp vật

lý của phía truyền và lớp vật lý của phía thu qua kênh vật lý. Kênh vật lý sử dụng thời gian và tần số như các nguồn tài nguyên radio. Cụ thể, kênh vật lý được điều biến sử dụng sơ đồ đa truy cập phân chia tần số trực giao (Orthogonal Frequency Division Multiple Access - OFDMA) trong đường xuống và được điều biến sử dụng sơ đồ đa truy cập phân chia theo tần số sóng mang đơn (Single-Carrier Frequency Division Multiple Access - SC-FDMA) trong đường lên.

Lớp MAC của lớp thứ hai cung cấp dịch vụ cho lớp điều khiển kết nối radio (Radio Link Control - RLC) của lớp thấp hơn qua kênh logic. Lớp RLC của lớp thứ hai hỗ trợ việc truyền dữ liệu xác thực. Chức năng của lớp RLC có thể được thực hiện bởi khối chức năng trong phạm vi MAC. Lớp giao thức hội tụ dữ liệu gói (Packet Data Convergence Protocol - PDCP) của lớp thứ hai thực hiện chức năng nén tiêu đề để giảm thiểu thông tin điều khiển không cần thiết đối với việc truyền hiệu quả của gói giao thức Internet (Internet Protocol - IP) chẳng hạn như gói IPv4 hoặc IPv6 trong giao diện radio có dải tần hẹp tương đối.

Lớp điều khiển tài nguyên radio (Radio Resource Control - RRC) đặt tại vị trí dưới cùng của lớp thứ ba được xác định chỉ trong mặt phẳng điều khiển. Lớp RRC điều khiển các kênh logic, các kênh vận chuyển, và các kênh vật lý có liên quan đến bước cấu hình, cấu hình lại, và phiên bản của các phần tử mang radio. Các phần tử mang radio dựa vào dịch vụ được cung cấp bởi lớp thứ hai để truyền dữ liệu giữa UE và mạng. Để kết thúc điều này, lớp RRC của UE và lớp RRC của các thông điệp RRC chuyển đổi mạng. UE là trong chế độ được kết nối RRC khi kết nối RRC được thành lập giữa lớp RRC của mạng radio và lớp RRC của UE. Nếu không thì UE là trong chế độ RRC rời. Lớp tầng không truy cập (Non - Access Stratum) đặt tại mức cao hơn của lớp RRC thực hiện các chức năng chẳng hạn như quản lý phiên và quản lý tính di động.

Một ô của eNB được thiết đặt để sử dụng một trong các dải tần số chẳng hạn như 1,25, 2,5, 5, 10, 15, và 20 MHz để cung cấp dịch vụ truyền đường lên hoặc đường xuống đến các UE. Các ô khác nhau có thể được thiết đặt để cung cấp các dải tần khác nhau.

Các kênh vận chuyển đường xuống dùng cho việc truyền dữ liệu từ mạng đến UE bao gồm kênh phát rộng (Broadcast Channel - BCH) để truyền thông tin hệ thống, kênh nhắn tin (Paging Channel - PCH) để truyền các thông điệp nhắn tin, và kênh chia sẻ đường xuống (Downlink Shared Channel - SCH) để truyền lưu lượng người dùng hoặc các thông điệp điều khiển. Lưu lượng hoặc các thông điệp điều khiển của dịch vụ phát rộng hoặc phát đa hướng đường xuống có thể được truyền qua SCH đường xuống hoặc có thể được truyền qua kênh phát đa hướng đường xuống bổ sung (Multicast Channel - MCH). Trong khi đó, các kênh vận chuyển đường lên dùng cho việc truyền dữ liệu từ UE đến mạng bao gồm kênh truy cập ngẫu nhiên (Random Access Channel - RACH) để truyền các thông điệp điều khiển ban đầu và SCH đường lên để truyền lưu lượng người dùng hoặc các thông điệp điều khiển. Các kênh logic, mà được bố trí tại mức cao hơn của các kênh vận chuyển và được ánh xạ đến các kênh vận chuyển, bao gồm kênh điều khiển phát rộng (Broadcast Control Channel - BCCH), kênh điều khiển nhắn tin (Paging Control Channel - PCCH), kênh điều khiển thông thường (Common Control Channel - CCCH), kênh điều khiển phát đa hướng (Multicast Control Channel - MCCH), và kênh lưu lượng phát đa hướng (Multicast Traffic Channel - MTCH).

Fig.3 là hình vẽ minh họa các kênh vật lý được sử dụng trong hệ thống 3GPP và phương pháp truyền tín hiệu chung sử dụng các kênh vật lý này.

UE thực hiện tìm kiếm ô ban đầu chẳng hạn như bước thiết lập đồng bộ với eNB khi năng lượng được bật hoặc UE truy nhập ô mới (bước S301). UE có thể thu kênh đồng bộ thứ nhất (Primary Synchronization Channel - P-SCH) và kênh đồng bộ thứ hai (Secondary Synchronization Channel - S-SCH) từ eNB, thiết lập đồng bộ với eNB, và thu được thông tin chẳng hạn như nhận dạng ô (ID). Sau đây, UE có thể thu kênh phát rộng vật lý từ eNB thu được thông tin phát rộng trong phạm vi ô. Trong khi đó, UE có thể thu tín hiệu tham chiếu đường xuống (Downlink Reference Signal - DL RS) trong bước tìm kiếm ô ban đầu để xác nhận trạng thái kênh đường xuống.

Sau khi hoàn tất tìm kiếm ô ban đầu, UE có thể thu kênh điều khiển đường xuống vật lý (Physical Downlink Control Channel - PDCCH) và kênh chia sẻ đường xuống vật lý dựa vào thông tin được mang trên PDCCH để thu được thông tin hệ thống chi tiết hơn (bước S302).

Trong khi đó, nếu UE ban đầu truy cập eNB hoặc nếu các nguồn tài nguyên radio cho việc truyền tín hiệu không được đưa ra thì UE có thể thực hiện thủ tục truy cập ngẫu nhiên (các bước từ S303 đến S306) đối với eNB. Để kết thúc điều này, UE có thể phát chuỗi cụ thể qua kênh truy cập ngẫu nhiên vật lý (Physical Random Access Channel - PRACH) như phần mở đầu (bước S303 và bước S305), và thu tin nhắn hồi đáp với phần mở đầu qua PDCCH và PDSCH tương ứng (các bước S304 và S306). Theo trường hợp RACH trên cơ sở xung đột, thủ tục giải quyết xung đột có thể được thực hiện bổ sung.

UE thực hiện các thủ tục trên có thể thu PDCCH/PDSCH (bước S307) và phát kênh chia sẻ đường lên vật lý (Physical Uplink Shared Channel - PUSCH) hoặc kênh điều khiển đường lên vật lý (Physical Uplink Control Channel - PUCCH) (bước S308) dựa vào thủ tục truyền tín hiệu đường lên/đường xuống chung. Cụ thể, UE thu thông tin điều khiển đường xuống (Downlink Control Information - DCI) qua PDCCH. DCI bao gồm thông tin điều khiển chẳng hạn như thông tin cấp phát tài nguyên đối với UE và có các định dạng khác nhau dựa vào mục đích sử dụng.

Trong khi đó, thông tin điều khiển, được truyền bởi UE đến eNB qua đường lên hoặc được thu bởi UE từ eNB qua đường xuống, bao gồm tín hiệu báo nhận/phủ định báo nhận (ACK/NACK) đường lên/đường xuống, ký hiệu chất lượng kênh (Channel Quality Indicator - CQI), chỉ số ma trận tiền mã hóa (Precoding Matrix Index - PMI), ký hiệu chỉ báo thứ hạng (RI) và tương tự. Theo trường hợp hệ thống 3GPP LTE, UE có thể truyền thông tin điều khiển chẳng hạn như CQI/PMI/RI qua PUSCH và/hoặc PUCCH.

Fig.4 là hình vẽ minh họa cấu trúc của khung radio được sử dụng trong hệ thống LTE.

Dựa vào Fig.4, khung radio có độ dài 10 ms ($327200 T_s$) và bao gồm 10 khung con có kích thước tương đương. Từng khung con có độ dài 1 ms và bao gồm hai khe. Từng khe có độ dài 0,5 ms ($15360 T_s$). Theo trường hợp này, T_s biểu thị thời gian mẫu và được biểu diễn bởi $T_s = 1/(15 \text{ kHz} \times 2048) = 3,2552 \times 10^{-8}$ (khoảng 33 ns). Từng khe bao gồm nhiều ký hiệu OFDM trong miền thời gian và bao gồm nhiều khối tài nguyên (Resource Block - RB) trong miền tần số. Theo hệ thống LTE, một khối tài nguyên bao gồm 12 sóng mang con $\times$ 7 (hoặc 6) ký hiệu OFDM. Khoảng thời gian truyền (Transmission Time Interval - TTI), mà là thời gian đơn vị dùng cho việc truyền dữ liệu, có thể được xác định theo các đơn vị của một hoặc nhiều khung con hơn. Cấu trúc của khung radio được mô tả bên trên chỉ là ví dụ và những sửa đổi khác nhau có thể được tạo ra theo số lượng khung con bao gồm trong khung radio, số lượng khe bao gồm trong khung con, hoặc số lượng của các ký hiệu OFDM bao gồm trong khe.

Fig.5 là hình vẽ minh họa các kênh điều khiển được chứa trong vùng điều khiển của một khung con trong khung radio đường xuống.

Dựa vào Fig.5, một khung con bao gồm 14 ký hiệu OFDM. Từ ký hiệu thứ nhất đến ký hiệu thứ ba trong 14 ký hiệu OFDM có thể được sử dụng như vùng điều khiển và từ 13 đến 11 ký hiệu OFDM còn lại có thể được sử dụng như vùng dữ liệu, dựa vào cấu hình khung con. Theo Fig.5, từ R1 đến R4 biểu diễn các tín hiệu tham chiếu (Reference Signal - RS) hoặc các tín hiệu điều khiển đối với các anten tương ứng từ 0 đến 3. Các RS được cố định với mô hình xác định trước trong phạm vi khung con không kể vùng điều khiển và vùng dữ liệu. Các kênh điều khiển được cấp phát với các tài nguyên trong đó RS không được cấp phát trong vùng điều khiển. Các kênh lưu lượng được cấp phát với các tài nguyên, trong đó RS không được cấp phát, trong vùng dữ liệu. Các kênh điều khiển được cấp phát đến vùng điều khiển bao gồm kênh chỉ báo định dạng điều khiển vật lý (Physical Control Format Indicator Channel - PCFICH), kênh chỉ báo ARQ lai vật lý (Physical Hybrid-ARQ Indicator Channel - PHICH), kênh điều khiển đường xuống vật lý (Physical Downlink Control Channel - PDCCH), v.v..

PCFICH, kênh chỉ báo định dạng điều khiển vật lý, thông báo cho UE về số lượng của các ký hiệu OFDM được sử dụng đối với PDCCH mỗi khung con. PCFICH được đặt theo ký hiệu OFDM thứ nhất và được thành lập trước với PHICH và PDCCH. PCFICH được bao gồm 4 nhóm phần tử tài nguyên (Resource Element Group - REG) và từng REG được phân phối theo vùng điều khiển dựa vào ID ô. Một REG bao gồm 4 phần tử tài nguyên (Resource Element - RE). RE chỉ báo tài nguyên vật lý tối thiểu được xác định bằng một sóng mang con x một ký hiệu OFDM. Trị số PCFICH chỉ báo các trị số từ 1 đến 3 hoặc các trị số từ 2 đến 4 dựa vào dải tần và được điều biến bởi sơ đồ dịch pha vuông góc (Quadrature Phase Shift Keying - QPSK).

PHICH, kênh chỉ báo ARQ lai vật lý, được sử dụng để truyền tín hiệu ACK/NACK HARQ đối với việc truyền đường lên. Nghĩa là, PHICH chỉ báo kênh mà qua đó thông tin ACK/NACK đường xuống đối với HARQ đường lên được truyền. PHICH bao gồm một REG và được xáo trộn ô cụ thể. Tín hiệu ACK/NACK chỉ báo bởi 1 bit và được điều biến bởi sơ đồ dịch pha nhị phân (Binary Phase Shift Keying - BPSK). Tín hiệu ACK/NAK điều biến được trải dài bởi hệ số trải phổ (Spreading Factor - SF) = 2 hoặc 4. Nhiều PHICH được ánh xạ đến cùng tài nguyên cấu tạo nhóm PHICH. Số lượng các PHICH được ghép kênh với nhóm PHICH được xác định dựa vào số lượng SF. PHICH (nhóm PHICH) được lặp lại ba lần thu được độ lợi phân tập trong miền tần số và/hoặc miền thời gian.

PDCCH, kênh điều khiển đường xuống vật lý, được cấp phát với n ký hiệu OFDM thứ nhất của khung con. Theo trường hợp này, n là số nguyên lớn hơn 1 và chỉ báo bởi PCFICH. PDCCH được bao gồm một hoặc nhiều hơn phần tử kênh điều khiển (Control Channel Element - CCE). PDCCH thông báo cho từng UE hoặc nhóm UE về thông tin được kết hợp với việc cấp phát của kênh nhắn tin (PCH) và kênh chia sẻ đường xuống (Downlink-Shared Channel - DL-SCH), chấp nhận lập lịch đường lên, thông tin yêu cầu lặp lại tự động lai (HARQ), v.v.. Do đó, eNB và UE phát và thu dữ liệu khác với thông tin điều khiển cụ thể hoặc dữ liệu dịch vụ cụ thể qua PDSCH.

Thông tin chỉ báo trong đó dữ liệu PDSCH UE hoặc các UE được truyền, thông tin chỉ báo làm thế nào các UE nhận được dữ liệu PDSCH, và thông tin chỉ báo làm thế nào các UE thực hiện được việc mã hóa được chứa trong PDCCH. Chẳng hạn, được giả thiết rằng PDCCH cụ thể được che giấu CRC bằng số nhận dạng tạm thời mạng radio (Radio Network Temporary Identity – RNTI) "A" và thông tin về dữ liệu, nghĩa là được truyền sử dụng các nguồn tài nguyên radio "B" (ví dụ, vị trí tần số) và thông tin định dạng vận chuyển "C" (ví dụ, kích thước khối truyền, sơ đồ điều biến, thông tin mã hóa, v.v.), được truyền qua khung con cụ thể. Theo trường hợp này, UE được bố trí tại ô giám sát PDCCH sử dụng thông tin RNTI của nó. Nếu một hoặc các UE hơn có RNTI 'A' được đưa ra thì các UE thu PDCCH và thu PDSCH chỉ báo bởi 'B' và 'C' qua thông tin PDCCH nhận được.

Fig.6 minh họa cấu trúc của khung con đường lên được sử dụng trong hệ thống LTE.

Dựa vào Fig.6, khung con đường lên được phân chia thành vùng trong đó PUCCH được cấp phát để truyền thông tin điều khiển và vùng trong đó PUSCH được cấp phát để truyền dữ liệu người dùng. PUSCH được cấp phát đến chính giữa khung con, còn PUCCH được cấp phát đến tất cả các đầu cuối của vùng dữ liệu trong miền tần số. Thông tin điều khiển được truyền trên PUCCH bao gồm ACK/NACK, CQI biểu diễn trạng thái kênh đường xuống, RI đối với đa đầu vào và đa đầu ra (MIMO), yêu cầu lập lịch (Scheduling Request – SR) chỉ báo yêu cầu đối với việc cấp phát của các tài nguyên đường lên, v.v.. PUCCH của UE chiếm giữ một RB theo tần số khác nhau trong từng khe của khung con. Nghĩa là, hai RB được cấp phát với bước nhảy tần số PUCCH qua khe biên. Cụ thể, Fig.6 minh họa ví dụ trong đó các PUCCH với $m=0$, $m=1$, $m=2$, và $m=3$ được cấp phát đến khung con.

Hệ thống MIMO

Sau đây, hệ thống MIMO sẽ được mô tả. MIMO nói đến phương pháp sử dụng nhiều anten truyền và nhiều anten thu để cải thiện hiệu quả việc truyền/thu

dữ liệu. Cụ thể, nhiều anten được sử dụng tại đầu phát hoặc đầu thu của hệ thống truyền thông không dây do đó dung lượng có thể được tăng và hiệu suất có thể được cải thiện. MIMO cũng có thể được gọi là ‘đa anten’ trong sáng chế.

Công nghệ MIMO không dựa vào đường dẫn anten để thu toàn bộ thông điệp. Thay vào đó, công nghệ MIMO thu thập các mảnh dữ liệu được thu qua nhiều anten, gộp các mảnh dữ liệu, và hình thành dữ liệu hoàn chỉnh. Cách sử dụng của công nghệ MIMO có thể tăng vùng phủ sóng hệ thống trong khi cải thiện tốc độ chuyển tải dữ liệu trong phạm vi khu vực ô về kích thước cụ thể hoặc đảm bảo tốc độ chuyển tải dữ liệu cụ thể. Công nghệ MIMO có thể được sử dụng rộng rãi trong các thiết bị đầu cuối truyền thông di động và các nút hồi đáp. Công nghệ MIMO có thể khắc phục các giới hạn về lượng hạn chế dữ liệu truyền của một anten trên cơ sở các hệ thống truyền thông không dây.

Cấu hình của hệ thống truyền thông MIMO chung được thể hiện trên Fig.7. Đầu phát được trang bị với N_T anten truyền (transmission - Tx) và đầu thu được trang bị với N_R anten thu (reception - Rx). Nếu nhiều anten được sử dụng cả ở đầu phát và ở đầu thu thì dung lượng truyền kênh theo lý thuyết tăng không giống với trường hợp trong đó hoặc chỉ đầu phát hoặc đầu thu sử dụng nhiều anten. Tăng theo dung lượng kênh truyền là theo tỷ lệ với số lượng các anten, bằng cách cải thiện tốc độ chuyển tải và hiệu suất tần số. Nếu tốc độ chuyển tải tối đa sử dụng anten tín hiệu là R_0 thì tốc độ chuyển tải sử dụng nhiều anten có thể được tăng theo lý thuyết bằng tích của tốc độ chuyển tải tối đa R_0 với số gia tốc độ R_i . Số gia tốc độ R_i được biểu diễn bởi phương trình 1 sau đây trong đó R_i nhỏ hơn N_T và N_R .

Phương trình 1

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

Chẳng hạn, trong hệ thống truyền thông MIMO sử dụng bốn anten Tx và bốn anten Rx, có khả năng thu được theo lý thuyết tốc độ chuyển tải gấp bốn lần hệ thống một anten. Sau khi tăng theo lý thuyết dung lượng của hệ thống MIMO

được chứng minh lần đầu tiên vào giữa năm 1990, các kỹ thuật khác nhau đối với việc cải thiện tốc độ chuyển tải dữ liệu thực tế đã đang phát triển. Một vài kỹ thuật này đã được kết hợp thành hàng loạt những tiêu chuẩn truyền thông không dây bao gồm, chẳng hạn, truyền thông di động thế hệ thứ ba và các mạng khu vực cục bộ không dây thế hệ kế tiếp.

Hoạt động nghiên cứu từ trước đến nay có liên quan đến công nghệ MIMO đã tập trung vào một số khía cạnh khác nhau, bao gồm việc nghiên cứu về lý thuyết thông tin liên quan đến việc tính toán dung lượng truyền thông MIMO trong các môi trường kênh khác nhau và trong nhiều môi trường truy cập, việc nghiên cứu về đo lường kênh không dây và thuyết tiến hóa của các hệ thống MIMO, và việc nghiên cứu về các kỹ thuật xử lý tín hiệu không thời gian để cải thiện tính ổn định của việc truyền và tốc độ chuyển tải.

Để mô tả phương pháp truyền thông trong hệ thống MIMO theo chi tiết, mô hình toán học của nó được đưa ra dưới đây. Như thể hiện trên Fig.7, được giả thiết rằng N_T anten Tx và N_R anten Rx được đưa ra. Theo trường hợp tín hiệu truyền, số lượng tối đa của các đoạn thông tin có khả năng truyền là N_T dưới điều kiện N_T anten Tx được sử dụng, do đó thông tin truyền có thể được biểu diễn bởi vector biểu diễn bằng phương trình 2 sau đây :

Phương trình 2

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

Trong khi đó, các đoạn thông tin truyền riêng lẻ $s_1, s_2, \dots, s_{N_T}$ có thể có các công suất truyền khác nhau. Theo trường hợp này, nếu các công suất truyền riêng lẻ được biểu thị bởi $P_1, P_2, \dots, P_{N_T}$ thì thông tin truyền đã điều chỉnh các công suất truyền có thể được biểu diễn bởi vector đã thể hiện theo phương trình 3 sau đây:

Phương trình 3

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

Vector thông tin truyền được điều khiển công suất truyền $\hat{\mathbf{s}}$ có thể được biểu diễn như sau, sử dụng ma trận chéo $\mathbf{P}$ của công suất truyền:

Phương trình 4

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

N_T tín hiệu truyền $x_1, x_2, \dots, x_{N_T}$ được truyền theo thực tại có thể được tạo cấu hình bằng cách nhân vector thông tin truyền được điều khiển công suất truyền $\hat{\mathbf{s}}$ bằng ma trận trọng số $\mathbf{W}$. Theo trường hợp này, ma trận trọng số được tương thích để phân phối chính xác thông tin truyền đến các anten riêng lẻ dựa vào các trạng thái kênh truyền. Các tín hiệu truyền $x_1, x_2, \dots, x_{N_T}$ có thể được biểu diễn bởi phương trình 5 sau đây sử dụng vector $\mathbf{x}$. Theo phương trình 5, w_{ij} là trọng số giữa anten Tx thứ i và thông tin thứ j và $\mathbf{W}$ là ma trận trọng số cũng có thể được gọi là ma trận tiền mã hóa.

Phương trình 5

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

Thông thường, ý nghĩa vật lý về thứ hạng của ma trận kênh có thể là số lượng tối đa của các đoạn thông tin khác nhau mà có thể được truyền theo kênh được đưa ra. Do đó, vì thứ hạng của ma trận kênh được xác định là số nhỏ hơn

của số lượng dòng và cột nên không bị phụ thuộc lẫn nhau, thứ hạng của ma trận không lớn hơn số lượng dòng và cột. Thứ hạng của ma trận kênh H , thứ hạng (H) $\{\text{rank}(H)\}$, bị hạn chế như sau.

Phương trình 6

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

Từng đơn vị thông tin khác nhau được truyền sử dụng công nghệ MIMO được xác định là “dòng truyền” ('transmission stream') hoặc 'luồng' đơn giản. “Dòng” ('stream') có thể được gọi là “lớp” ('layer'). Số lượng dòng truyền không lớn hơn thứ hạng của kênh số lượng tối đa của các đoạn khác nhau của thông tin có khả năng truyền. Do đó, ma trận kênh H có thể được ràng buộc bởi phương trình 7 sau đây:

Phương trình 7

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

trong đó '# of streams' biểu thị số lượng dòng. Cần được lưu ý rằng một dòng có thể được truyền qua một hoặc nhiều anten hơn.

Có thể có các phương pháp khác nhau về việc cho phép một hoặc nhiều dòng hơn tương ứng với nhiều anten. Những phương pháp này có thể được mô tả như sau dựa vào kiểu công nghệ MIMO. Trường hợp trong đó một dòng được truyền qua nhiều anten có thể được gọi là phân tập không gian, và trường hợp trong đó nhiều dòng được truyền qua nhiều anten có thể được gọi là ghép kênh không gian. Điều đó cũng có khả năng lập cấu hình hỗn hợp của phân tập không gian và ghép kênh không gian.

Phản hồi CSI

Hiện nay, việc mô tả báo cáo thông tin trạng thái kênh (CSI) được đưa ra. Theo tiêu chuẩn LTE hiện tại, sơ đồ truyền MIMO được phân loại thành MIMO vòng lặp mở (open-loop MIMO) hoạt động không cần CSI và MIMO vòng lặp kín (closed-loop MIMO) hoạt động dựa vào CSI. Cụ thể, dựa vào hệ thống MIMO mạch kín, từng eNB và UE có thể có khả năng thực hiện việc tạo chùm

tia dựa vào CSI thu được độ lợi ghép kênh của các anten MIMO. Để thu được CSI từ UE, eNB cấp phát PUCCH hoặc PUSCH ra lệnh UE phản hồi CSI đối với tín hiệu đường xuống.

CSI được phân chia thành ba kiểu thông tin: ký hiệu chỉ báo thứ hạng (RI), chỉ số ma trận tiền mã hóa (Precoding Matrix Index - PMI), và ký hiệu chất lượng kênh (Channel Quality Indicator - CQI). Thứ nhất, RI là thông tin dựa vào chỉ số kênh như đã mô tả ở trên và chỉ báo số lượng dòng có thể được thu qua tài nguyên thời gian tần số tương tự. Vì RI được xác định bằng cách làm mờ kênh dài hạn nên có thể được phản hồi theo cách thông thường tại chu kỳ dài hơn dài hơn của PMI hoặc CQI.

Thứ hai, PMI là trị số phản ánh đặc tính không gian của kênh và chỉ báo chỉ số ma trận tiền mã hóa của eNB được ưu tiên bởi UE dựa vào hệ mét của tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu và tạp âm (Signal-to-Interference plus Noise Ratio - SINR). Cuối cùng, CQI là thông tin chỉ báo cường độ của kênh và chỉ báo việc thu SINR có thể đạt được khi eNB sử dụng PMI.

Theo hệ thống truyền thông cải tiến chẳng hạn như hệ thống LTE-A, phân tập đa người dùng sử dụng MIMO đa người dùng (Multi-User MIMO - MU-MIMO) thu được theo cách bổ sung. Vì nhiễu giữa các UE được ghép kênh theo miền anten hiện có trong sơ đồ MU-MIMO nên độ chính xác CSI có thể ảnh hưởng lớn không những nhiễu ở UE được báo cáo CSI mà còn nhiễu ở các UE đã ghép kênh khác. Do đó, để thực hiện đúng thao tác MU-MIMO, cần phải báo cáo CSI có độ chính xác cao hơn của sơ đồ MIMO một người dùng (Single User-MIMO - SU-MIMO).

Do đó, tiêu chuẩn LTE-A đã xác định rằng PMI cuối cùng nên được thiết kế riêng thành W1 là PMI dải rộng và/hoặc dài hạn, và W2 là PMI dải phụ và/hoặc ngắn hạn.

Ví dụ về sơ đồ chuyển đổi bảng mã phân cấp cấu hình một PMI cuối cùng từ giữa W1 và W2 có thể sử dụng ma trận hiệp phương sai dài hạn của kênh như được cho biết theo phương trình 8:

Phương trình 8

$$\mathbf{W} = \text{norm} (\mathbf{W}_1 \mathbf{W}_2)$$

Theo phương trình 8, $\mathbf{W}_2$ của PMI ngắn hạn chỉ báo mã ký tự của bảng mã được tạo cấu hình để phản ánh thông tin kênh ngắn hạn, $\mathbf{W}$ biểu thị mã ký tự của bảng mã cuối cùng, và $\text{norm}(\mathbf{A})$ chỉ báo ma trận trong đó chuẩn của mỗi cột trong ma trận $\mathbf{A}$ được định mức là 1.

Các cấu hình chi tiết của $\mathbf{W}_1$ và $\mathbf{W}_2$ được thể hiện theo phương trình 9:

Phương trình 9

$$\mathbf{W}_1(i) = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_i & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_i \end{bmatrix}, \text{ trong đó } \mathbf{X}_i \text{ là } N_t/2 \text{ với ma trận } M$$

$$\mathbf{W}_2(j) = \begin{bmatrix} \mathbf{e}_M^k & \mathbf{e}_M^l & \mathbf{e}_M^m \\ \alpha_j \mathbf{e}_M^k & \beta_j \mathbf{e}_M^l & \gamma_j \mathbf{e}_M^m \end{bmatrix} \text{ (nếu thứ hạng } = r), \text{ trong đó } 1 \leq k, l, m \leq M \text{ và } k, l, m \text{ là số nguyên.}$$

Trong đó N_t là số lượng anten Tx, M là số lượng cột của ma trận $\mathbf{X}_i$, chỉ báo ma trận $\mathbf{X}_i$ bao gồm tổng của M vector cột dự phòng. $\mathbf{e}_M^k$, $\mathbf{e}_M^l$, và $\mathbf{e}_M^m$ biểu thị các vector cột thứ k , thứ l , thứ m trong ma trận $\mathbf{X}_i$ trong đó chỉ các phần tử thứ k , thứ l , thứ m giữa M phần tử là 1 và các phần tử khác tương ứng là 0. α_j , β_j , và γ_j là các trị số phức từng trị số có chuẩn đơn vị và chỉ báo khi các vector cột thứ k , thứ l , thứ m trong ma trận $\mathbf{X}_i$ được chọn, sự quay pha được ứng dụng với các vector cột. Lúc này, i là số nguyên lớn hơn 0, biểu thị chỉ số PMI chỉ báo $\mathbf{W}_1$ và j là số nguyên lớn hơn 0, biểu thị chỉ số PMI chỉ báo $\mathbf{W}_2$.

Theo phương trình 9, các cấu hình bảng mã được thiết kế để phản ánh các đặc tính tương quan kênh được tạo ra khi anten phân cực chéo được sử dụng và khi không gian giữa các anten dày đặc, chẳng hạn, khi khoảng cách giữa các anten kế cận ngắn hơn một nửa độ dài bước sóng tín hiệu. Anten phân cực chéo có thể được phân loại thành nhóm anten ngang và nhóm anten dọc. Từng nhóm anten có đặc tính của hệ anten mảng tuyến tính đồng nhất (Uniform Linear Array - ULA) và hai nhóm cùng được định vị.

Do đó, sự tương quan giữa các anten của từng nhóm có các đặc tính của

độ lớn pha tuyến tính và sự tương quan giữa các nhóm anten có các đặc tính của sự quay pha. Do đó, vì bảng mã là trị số thu được bằng cách lượng tử hóa kênh nên cần phải thiết kế bảng mã chẳng hạn các đặc tính của kênh được phản ánh. Để phù hợp với phần mô tả, mã ký tự hạng 1 được tạo ra bằng các cấu hình nêu trên được thể hiện như sau:

Phương trình 10

$$\mathbf{W}_1(i) * \mathbf{W}_2(j) = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_i(k) \\ \alpha_j \mathbf{X}_i(k) \end{bmatrix}$$

Theo phương trình 10, mã ký tự được biểu diễn như vector $N_T \times 1$ (trong đó N_T là số lượng anten Tx) và được cấu trúc với vector $\mathbf{X}_i(k)$ trên và vector $\alpha_j \mathbf{X}_i(k)$ dưới mà thể hiện tương ứng các đặc tính tương quan của nhóm anten ngang và nhóm anten dọc. $\mathbf{X}_i(k)$ được ưu tiên biểu diễn như vector có các đặc tính của độ lớn pha tuyến tính bằng cách phản ánh các đặc tính tương quan giữa các anten của từng nhóm anten và có thể là ma trận DFT như ví dụ dùng để biểu diễn.

Như đã mô tả ở trên, CSI trong hệ thống LTE bao gồm, nhưng không giới hạn, CQI, PMI, và RI. Dựa vào chế độ truyền của từng UE, tất cả hoặc một vài CQI, PMI, và RI được truyền. Bước truyền có tính chu kỳ của CSI được gọi là bước báo cáo định kỳ và bước truyền của CSI theo yêu cầu của eNB được gọi là bước báo cáo không có tính chu kỳ. Theo bước báo cáo không có tính chu kỳ, bit yêu cầu bao gồm trong thông tin lập lịch đường lên được truyền bởi eNB được truyền đến UE. Sau đó, UE truyền CSI cân nhắc chế độ truyền của nó đến eNB qua kênh dữ liệu đường lên (PUSCH). Theo bước báo cáo định kỳ, chu kỳ của CSI và độ dịch vị theo chu kỳ được báo hiệu theo đơn vị của các khung con bởi sơ đồ bán ổn định qua tín hiệu lớp cao hơn mỗi UE. UE truyền CSI cân nhắc chế độ truyền đến eNB qua kênh điều khiển đường lên (PUCCH). Nếu có dữ liệu đường lên theo khung con trong đó CSI được truyền thì CSI được truyền qua kênh dữ liệu đường lên (PUSCH) cùng với dữ liệu đường lên. eNB truyền thông

tin định thời truyền phù hợp đối với từng UE đến UE theo việc cân nhắc trạng thái kênh của từng UE và UE phân phối trạng thái theo ô. Thông tin định thời truyền bao gồm chu kỳ và độ dịch vị cần thiết để truyền CSI và có thể được truyền đến từng UE qua thông điệp RRC.

Các hình vẽ từ Fig.8 đến Fig.11 minh họa bước báo cáo định kỳ của CSI trong hệ thống LTE.

Dựa vào Fig.8, có bốn chế độ báo cáo CQI trong hệ thống LTE. Cụ thể, các chế độ báo cáo CQI có thể được phân chia thành chế độ theo CQI dải rộng (Wideband -WB) và chế độ theo CQI dải phụ (SubBand – SB) dựa vào kiểu phản hồi CQI. Chế độ báo cáo CQI cũng có thể được phân chia thành chế độ theo No PMI và chế độ theo PMI đơn dựa vào liệu PMI có được truyền hay không. Từng UE được thông báo về thông tin gồm có chu kỳ và độ dịch vị qua bước báo hiệu RRC để báo cáo theo chu kỳ CQI.

Fig.9 minh họa ví dụ về bước truyền CSI khi UE thu thông tin chỉ báo {chu kỳ '5' và độ dịch vị '1'} qua bước báo hiệu. Dựa vào Fig.9, bước nhận thông tin chỉ báo chu kỳ '5' và độ dịch vị '1' ở trên, UE truyền CSI theo đơn vị của 5 khung con với độ dịch vị của một khung con theo bước tăng thứ tự của chỉ số khung con được đếm từ 0 bắt đầu từ khung con thứ nhất. Mặc dù CSI được truyền cơ bản qua PUCCH, nếu PUSCH dùng cho việc truyền dữ liệu được đưa ra tại điểm thời gian truyền tương tự thì CSI được truyền qua PUSCH cùng với dữ liệu. Chỉ số khung con được đưa ra như bước kết hợp của số khung hệ thống (hoặc chỉ số khung radio) nf và chỉ số khe ns (từ 0 đến 19). Vì một khung con bao gồm hai khe nên chỉ số khung con có thể được xác định bằng $10 \times nf + \text{floor}(ns/2)$ trong đó $\text{floor}()$ chỉ báo hàm phần nguyên.

Các kiểu truyền CQI bao gồm kiểu của bước truyền chỉ CQI WB và kiểu của bước truyền cả CQI WB và CQI SB. Theo kiểu của bước truyền chỉ CQI WB, thông tin CQI đối với tất cả các dải được truyền theo các khung con tương ứng với mọi chu kỳ truyền CQI. Trong khi đó, theo trường hợp trong đó thông tin PMI cũng nên được truyền theo kiểu phản hồi PMI như đã minh họa trên

Fig.8, thông tin PMI được truyền cùng với thông tin CQI. Theo kiểu của bước truyền cả CQI WB và CQI SB, CQI WB và CQI SB được truyền lần lượt.

Fig.10 minh họa hệ thống trong đó dải tần hệ thống chứa 16 RB. Được giả thiết rằng dải tần hệ thống bao gồm hai phần dải tần (Bandwidth Part - BP) BP0 và BP1 từng phần dải tần chứa hai dải phụ (SubBand - SB) SB0 và SB1 và từng SB bao gồm 4 RB. Điều kiện giả thiết bên trên được dùng làm ví dụ và số lượng BPs và kích thước của từng SB có thể thay đổi với kích thước của dải tần hệ thống. Số lượng các SB cấu thành từng BP có thể phân biệt dựa vào số lượng các RB, số lượng các BP, và kích thước của từng SB.

Theo CQI kiểu truyền của bước truyền cả CQI WB và CQI SB, CQI WB được truyền theo khung con truyền CQI thứ nhất và CQI SB trong trạng thái SB tốt hơn của SB0 và SB1 theo BP0 được truyền trong khung con truyền CQI kế tiếp cùng với và chỉ số của SB tương ứng (ví dụ ký hiệu lựa chọn dải phụ (Subband Selection Indicator - SSI)). Sau đây, CQI SB trong trạng thái SB tốt hơn của SB0 và SB1 theo BP1 và chỉ số của SB tương ứng được truyền trong khung con truyền CQI kế tiếp. Vì vậy, CQI của từng BP được truyền theo chuỗi sau khi bước truyền của CQI WB. CQI của từng BP có thể được truyền theo chuỗi từ một đến bốn lần trong suốt khoảng ở giữa các khoảng truyền của hai CQI WB. Chẳng hạn, nếu CQI của từng BP được truyền một lần trong suốt suốt khoảng thời gian giữa hai CQI WB thì các CQI có thể được truyền theo thứ tự CQI WB $\Rightarrow$ CQI BP0 $\Rightarrow$ CQI BP1 $\Rightarrow$ CQI WB. Nếu CQI của từng BP được truyền gấp bốn lần trong suốt suốt khoảng thời gian giữa hai CQI WB, các CQI có thể được truyền theo thứ tự CQI WB $\Rightarrow$ CQI BP0 $\Rightarrow$ CQI BP1 $\Rightarrow$ CQI BP0 $\Rightarrow$ CQI BP1 $\Rightarrow$ CQI BP0 $\Rightarrow$ CQI BP1 $\Rightarrow$ CQI WB. Thông tin như là có bao nhiêu lần từng CQI BP được truyền được báo hiệu bằng lớp cao hơn (lớp RRC).

Fig.11(a) minh họa ví dụ về bước truyền cả CQI WB và CQI SB khi UE thu thông tin chỉ báo {chu kỳ '5' và độ dịch vị '1'} qua bước báo hiệu. Dựa vào Fig.11(a), CQI có thể chỉ được truyền theo các khung con tương ứng với chu kỳ

được báo hiệu và độ dịch vị bất kể kiểu nào.

Fig.11(b) minh họa ví dụ về bước truyền RI ngoài ví dụ đã thể hiện trên Fig.11(a). RI có thể được báo hiệu như bước kết hợp của nhiều chu kỳ truyền CQI WB và độ dịch vị tại chu kỳ truyền từ lớp cao hơn (ví dụ lớp RRC). Độ dịch vị của RI được báo hiệu sử dụng trị số liên quan đến độ dịch vị của CQI. Chẳng hạn, nếu độ dịch vị của CQI là '1' và độ dịch vị của RI là '0', RI có độ dịch vị tương tự như CQI. Trị số độ dịch vị của RI được xác định là 0 hoặc số âm. Cụ thể hơn, được giả thiết trên Fig.11(b) rằng, trong môi trường đồng nhất với điều đó trên Fig.11(a), chu kỳ truyền RI là bội số của 1 trong chu kỳ truyền CQI WB và độ dịch vị RI là '-1'. Vì chu kỳ truyền RS là bội số của 1 trong chu kỳ truyền CQI WB nên chu kỳ truyền RS và chu kỳ truyền CQI WB về căn bản là giống nhau. Vì độ dịch vị của RI là '-1' nên RI được truyền dựa trên trị số '-1' (tức là chỉ số khung con 0) liên quan đến độ dịch vị '1' của CQI trên Fig.11(a). Nếu độ dịch vị của RI là '0' thì các khung con truyền của CQI WB và RI phủ chồng nhau. Theo trường hợp này, CQI WB giảm và RI được truyền.

Fig.12 là sơ đồ minh họa bước báo cáo định kỳ về thông tin trạng thái kênh được thảo luận trong hệ thống LTE-A. Khi eNB có 8 anten phát, theo trường hợp của chế độ 2-1, thông số chỉ báo kiểu bộ mã hóa trước (Precoder Type Indication - PTI) như là ký hiệu 1 bit có thể được thiết đặt, và chế độ báo cáo định kỳ được chia nhỏ thành hai kiểu có thể được cân nhắc dựa vào trị số PTI, như thể hiện trên Fig.12. Theo hình vẽ, W1 và W2 chỉ báo bảng mã phân cấp đã mô tả dựa vào các phương trình 8 và 9 bên dưới. Khi cả W1 và W2 được xác định, W1 và W2 được kết hợp để xác định mẫu hoàn thiện của ma trận tiền mã hóa W.

Dựa vào Fig.12, theo trường hợp bước báo cáo định kỳ, các mục thông tin khác nhau tương ứng với báo cáo 1, báo cáo 2, và báo cáo 3 được báo cáo với phép lặp có tính chu kỳ khác nhau. Báo cáo 1 báo cáo RI và trị số PTI 1 bit. Báo cáo 2 báo cáo W1 dải rộng (WB) (theo trường hợp PTI=0) hoặc W2 WB và CQI WB (theo trường hợp PTI=1). Báo cáo 3 báo cáo W2 WB và CQI WB (theo

trường hợp PTI=0) hoặc W2 dải phụ (subband - SB) và CQI SB (theo trường hợp PTI=1).

Theo báo cáo 2 và báo cáo 3, chỉ số khung con được truyền theo khung con (để phù hợp, gọi là tập khung con thứ nhất) thỏa mãn $(10 \cdot n_f + \text{floor}(n_s/2) \{N_{\text{offset}}, \text{CQI}\}) \bmod (N_c) = 0$. $\{N_{\text{offset}}, \text{CQI}\}$ tương ứng với trị số độ dịch vị dùng cho bước truyền PMI/CQI được minh họa trên Fig.9. Ngoài ra, N_c chỉ báo khoảng khung con giữa báo cáo 2 hoặc báo cáo 3 kế cận. Fig.12 minh họa trường hợp $\{N_{\text{offset}}, \text{CQI}\} = 1$ và $N_c = 2$, và tập khung con thứ nhất được tạo cấu hình với các khung con có chỉ số lẻ. n_f chỉ báo số khung hệ thống (hoặc chỉ số khung radio), và n_s chỉ báo chỉ số khe trong khung radio. $\text{floor}()$ chỉ báo hàm làm tròn xuống, và $\{A \bmod B\}$ chỉ báo số dư thu được bằng cách chia A cho B.

Báo cáo 2 xác định vị trí một vài khung con trong tập khung con thứ nhất, và báo cáo 3 xác định vị trí các khung con còn lại. Cụ thể là, báo cáo 2 xác định vị trí khung con trong đó chỉ số khung con thỏa mãn $(10 \cdot n_f + \text{floor}(n_s/2) \{N_{\text{offset}}, \text{CQI}\}) \bmod (H \cdot N_c) = 0$. Do đó, báo cáo 2 được truyền mọi khoảng $H \cdot N_c$, và bước truyền báo cáo 3 được điền theo một hoặc nhiều khung con thứ nhất hơn giữa báo cáo 2 kế cận. Theo trường hợp PTI=0, $H=M$ và M được xác định qua bước báo hiệu lớp cao hơn. Fig.12 minh họa trường hợp $M=2$. Khi PTI=1, $H=J \cdot K + 1$, K được xác định qua bước báo hiệu lớp cao hơn, và J là số lượng các phân dải tần (BPs). Fig.12 minh họa trường hợp $J=3$ và $K=1$.

Báo cáo 1 được truyền theo khung con trong đó chỉ số khung con thỏa mãn $(10 \cdot n_f + \text{floor}(n_s/2) \{N_{\text{offset}}, \text{CQI}\} \{N_{\text{offset}}, \text{RI}\}) \bmod (M \cdot R \cdot (J \cdot K + 1) \cdot N_c) = 0$, và $M \cdot R$ được xác định qua bước báo hiệu lớp cao hơn. Độ dịch vị N , RI chỉ báo trị số độ dịch vị tương đối đối với RI , và Fig.12 minh họa trường hợp $M \cdot R = 2$ và $\{N_{\text{offset}}, \text{RI}\} = -1$. Theo $\{N_{\text{offset}}, \text{RI}\} = -1$, các điểm thời gian truyền của báo cáo 1 và báo cáo 2 không được xếp chồng lẫn nhau. Khi UE tính RI , $W1$, và $W2$ thì RI , $W1$, và $W2$ được kết hợp và được tính toán. Chẳng hạn, $W1$ và $W2$ được tính dựa vào RI , và $W2$ được tính dựa vào $W1$. Khi cả báo cáo 2 và báo cáo 3 được báo cáo theo sau với báo cáo 1, eNB có thể biết

như W cuối cùng từ W1 và W2.

Fig.13 là sơ đồ minh họa phản hồi CSI trong chế độ phụ 1 của chế độ 1-1 trên Fig.8.

Khi chế độ phản hồi PUCCH 1-1 sử dụng bảng mã kép, chế độ phụ 1 và chế độ phụ 2 được đưa ra. Fig.13 minh họa chế độ phụ 1. W2 dải rộng và CQI dải rộng được thiết đặt với độ dịch vị 1 và tính chu kỳ 2 và RI và W1 được thiết đặt với độ dịch vị 0 và tính chu kỳ 16.

Theo bảng mã 8Tx, như thể hiện trong bảng 1 dưới đây, RI và W1 được mã hóa liên kết theo 5 bit và theo trường hợp này, và W1 là mẫu con như thể hiện trong bảng 1 dưới đây để giảm thiểu các kích thước của các phần tải dữ liệu của RI và W1 để báo cáo thông tin với tốc độ mã hóa thấp. Vì RI được gọi bằng PMI và CQI còn lại nên bước mã hóa cần được thực hiện với tốc độ mã hóa thấp để ngăn lỗi mã hóa trong RI khỏi việc xuất hiện.

Bảng 1

Các giả thiết	RI	Các trị số
0-7	1	{0,2,4,6,8,10,12,14}
8-15	2	{0,2,4,6,8,10,12,14}
16-17	3	{0,2}
18-19	4	{0,2}
20-21	5	{0,2}
22-23	6	{0/2}
24-25	7	{0,2}
26	8	{0}
27-31	dự phòng	NA

Fig.14 là sơ đồ minh họa phản hồi CSI trong chế độ phụ 2 của chế độ 1-1 trong Fig.8.

Như đã nêu trên, khi chế độ phản hồi PUCCH 1-1 sử dụng cấu trúc bảng mã kép, chế độ phụ 1 và chế độ phụ 2 được đưa ra. Fig.14 minh họa ví dụ về chế

độ phụ 2. W1/W2 dải rộng và CQI dải rộng được thiết đặt với độ dịch vị 1 và tính chu kỳ 2. RI được thiết đặt với độ dịch vị 0 và tính chu kỳ 16.

Thông tin CSI với eNB qua PUCCH dạng 2. Nghĩa là, thông tin CSI có thể được truyền theo 11 bit như kích thước phần tải dữ liệu của PUCCH dạng 2. Do đó, bảng mã cần là mẫu con chẳng hạn phần tải dữ liệu của kiểu 2c không được vượt quá tổng của 11 bit. Để kết thúc điều này, theo bảng mã 8Tx, W1 và W2 là mẫu con để báo cáo kiểu 2c, như thể hiện trong bảng 2 dưới đây.

Bảng 2

RI	PMI cho W1		PMI cho W2		Tổng # bits
	# bits	Các trị số	# bits	Các trị số	
1	3	{0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14},	1	{0, 2}	4
2	3	{0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14}	1	{0, 1}	4
3	1	{0, 2}	3	{0, 1, 2, 3, 8, 9, 10, 11}	4
4	1	{0, 1}	3	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}	4
5	2	{0, 1, 2, 3}	0	{0}	2
6	2	{0, 1, 2, 3}	0	{0}	2
7	2	{0, 1, 2, 3}	0	{0}	2
8	0	{0}	0	{0}	0

W1 8Tx với thứ hạng 1 và W1 8Tx với thứ hạng 2 là giống nhau. Ngoài ra, PMI thứ i và PMI thứ (i+1) của W1 dùng chung hai vectơ DFT xếp chồng. Do đó, hai vectơ DFT có thể được xếp chồng giữa các PMI kế cận, bằng cách cung cấp lại kênh chính xác hơn. Tuy nhiên, do tài nguyên PUCCH giới hạn, PMI của W1 được đánh số chẵn có thể bị giới hạn với số chẵn và được lấy mẫu con như thể hiện trong bảng 2 ở trên. Các vectơ DFT xếp chồng giữa các PMI được đánh số chẵn không được đưa ra, nhưng UE có thể biểu diễn tổng của 32 vectơ DFT sử dụng W1 mẫu con, bằng cách giảm thiểu việc suy giảm công suất.

Fig.15 là sơ đồ minh họa phản hồi CSI trong chế độ 2-1 trong Fig.8.

Khi chế độ phản hồi PUCCH 2-1 sử dụng cấu trúc bảng mã kép, hai phương pháp được xác định dựa vào trị số PTI. Fig.15(a) minh họa trường hợp trong đó PTI là 0 và Fig.15(b) minh họa trường hợp trong đó PTI là 1. Dựa vào Fig.15(a), W1 dải rộng được báo cáo với tính chu kỳ của 8 khung con theo tài nguyên phản hồi PUCCH với độ dịch vị 1 và tính chu kỳ 2, và W2 dải rộng và CQI được báo cáo theo tài nguyên còn lại. RI và PTI được thiết đặt với tính chu kỳ 16 và độ dịch vị 0. Theo Fig.15(b), khi PTI được thiết đặt với 1, W2 dải phụ và CQI dải phụ và L bit thông tin chỉ báo chỉ số dải phụ được báo cáo.

Trên Fig.15(b), theo báo cáo kiểu 1a trong đó W2 dải phụ và CQI dải phụ và L bit thông tin chỉ báo chỉ số dải phụ được báo cáo cùng nhau, W2 bảng mã 8Tx là mẫu con như thể hiện trong bảng 3 dưới đây. Thông tin theo 11 bit như kích thước phân tải dữ liệu của PUCCH dạng 2 có thể được truyền qua bước lấy mẫu con. Theo bảng 2, mã ký tự W2 của thứ hạng 2 chỉ báo cáo 0, 2, 4, và 6. Những trị số này thực hiện chức năng đối với bước lựa chọn một thanh từ nhóm thanh cấu thành W1 để khái quát bảng mã cuối cùng. Chẳng hạn, khi W1 được tạo cấu hình dựa vào phương trình sau đây, nếu mã ký tự 0 của W2 được lựa

chọn thì bảng mã cuối cùng W được xác định như sau
$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{11} \\ w_{11} & -w_{11} \end{bmatrix}$$
 chỉ sử dụng w_{11} . Theo phương trình 11 dưới đây, w_{11} , w_{12} , w_{13} , và w_{14} chỉ báo vector cột 4x1.

Phương trình 11

$$W1 = \begin{bmatrix} [w_{11} & w_{12} & w_{13} & w_{14}] & 0 \\ 0 & [w_{11} & w_{12} & w_{13} & w_{14}] \end{bmatrix}$$

Tương tự, khi mã ký tự 2 của W2 được lựa chọn thì bảng mã cuối cùng W được xác định chỉ sử dụng w_{12} , khi mã ký tự 4 của W2 được lựa chọn thì bảng mã cuối cùng W được xác định chỉ sử dụng w_{13} , và khi mã ký tự 6 của W2 được lựa chọn thì bảng mã cuối cùng W được xác định chỉ sử dụng w_{14} .

Bảng 3 dưới đây thể hiện bước lấy mẫu bảng mã theo PUCCH chế độ 2-1.

mod chỉ báo phép toán môđun.

Bảng 3

RI	Mối liên hệ giữa trị số PMI thứ hai và chỉ số số mã i2	
	Trị số của PMI thứ hai I_{PMI2}	Chỉ số số mã i2
1	0-15	I_{PMI2}
2	0-3	$2I_{PMI2}$
3	0-3	$8 \cdot [I_{PMI2}/2] + (I_{PMI2} \bmod 2) + 2$
4	0-3	$2I_{PMI2}$
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0

Kiểu báo cáo CSI có thể được thiết đặt với một trong các kiểu khác nhau. Chẳng hạn, kiểu báo cáo CSI được xác định theo LTE phiên bản 10 sẽ được mô tả. Báo cáo theo kiểu 1 hỗ trợ phản hồi CQI đối với các dải phụ lựa chọn UE. báo cáo theo kiểu 1a hỗ trợ CQI dải phụ và phản hồi PMI thứ hai. Báo cáo theo kiểu 2, kiểu 2b và kiểu 2c hỗ trợ CQI dải rộng và phản hồi PMI. Báo cáo theo kiểu 2a hỗ trợ phản hồi PMI dải rộng. Báo cáo theo kiểu 3 hỗ trợ phản hồi RI. Báo cáo theo kiểu 4 hỗ trợ CQI dải rộng. Báo cáo theo kiểu 5 hỗ trợ RI và phản hồi PMI dải rộng. Báo cáo theo kiểu 6 hỗ trợ RI và phản hồi PTI.

Bảng mã 4Tx

Bảng mã 4Tx có thể được biểu diễn bởi phép nhân của hai ma trận như sau.

Phương trình 12

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

Ở đây, bộ mã hóa bên trong $\mathbf{W}_1$ và bộ mã hóa bên ngoài $\mathbf{W}_2$ có thể biểu diễn tương ứng các thuộc tính kênh dải rộng/dài hạn và các thuộc tính kênh dải phụ/ngắn hạn. $\mathbf{W}_1$ có thể được thiết đặt như sau.

Phương trình 13

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_n & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_n \end{bmatrix}, \quad n = 0, 1, \dots, 15$$

Ở đây, $\mathbf{X}_n$ có thể được thiết đặt như

sau.

Phương trình 53

$$\mathbf{X}_n = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ q_1^n & q_1^{n+8} & q_1^{n+16} & q_1^{n+24} \end{bmatrix} \text{ trong đó } q_1 = e^{j2\pi/32}$$

Bảng mã $\mathbf{W}_2$ với thứ hạng 1 có thể được thiết đặt như sau.

Phương trình 14

$$\mathbf{W}_{2,n} \in \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ \alpha(i)\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ j\alpha(i)\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ -\alpha(i)\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ -j\alpha(i)\mathbf{Y} \end{bmatrix} \right\},$$

$$\mathbf{Y} = \mathbf{e}_i \in \{\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3, \mathbf{e}_4\} \text{ và } \alpha(i) = q_1^{2(i-1)}$$

Bảng mã $\mathbf{W}_2$ với thứ hạng 2 có thể được thiết đặt như sau.

Phương trình 15

$$\mathbf{W}_{2,n} \in \left\{ \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\},$$

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) = (\mathbf{e}_i, \mathbf{e}_k) \in \{(\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_1), (\mathbf{e}_2, \mathbf{e}_2), (\mathbf{e}_3, \mathbf{e}_3), (\mathbf{e}_4, \mathbf{e}_4), (\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2), (\mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3), (\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_4), (\mathbf{e}_2, \mathbf{e}_4)\}.$$

Ở đây, $\mathbf{e}_n$ là vector lựa chọn 4 phần tử với tất cả 0 loại trừ phần tử thứ n với 1.

Theo phương trình 14, $\mathbf{W}_2$ được tạo cấu hình bằng cách ghép nối dọc hai vector $\mathbf{Y}$, và vector $\mathbf{Y}$ thấp hơn được nhân với một trong 1, -1, j, và -j để làm cân bằng đối với sự quay pha giữa nhóm thanh ngang và nhóm thanh dọc trong anten X-pol. Thông thường, 1, -1, j, và -j được gọi là hệ số cùng cường độ và góc pha (co-phasor factor). Tương tự, theo phương trình 15, (1, -1) và (j, -j) được cân nhắc như hệ số cùng cường độ và góc pha (co-phasor factor).

Sau đây, chỉ số của $\mathbf{W}_1$ được xác định bằng i_1 , và i_1 giống như chỉ số n của $\mathbf{W}_1$ theo phương trình trong bảng mã 4Tx nêu trên.

Chỉ số của $\mathbf{W}_2$ được xác định như thể hiện theo bảng sau.

Bảng 4

Chỉ số của W2	W2 với thứ hạng 1	W2 với thứ hạng 2
0	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 \\ q_1^0 \mathbf{e}_1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 & \mathbf{e}_1 \\ \mathbf{e}_1 & -\mathbf{e}_1 \end{bmatrix}$
1	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 \\ jq_1^0 \mathbf{e}_1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 & \mathbf{e}_1 \\ j\mathbf{e}_1 & -j\mathbf{e}_1 \end{bmatrix}$
2	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 \\ -q_1^0 \mathbf{e}_1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_2 & \mathbf{e}_2 \\ \mathbf{e}_2 & -\mathbf{e}_2 \end{bmatrix}$
3	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 \\ -jq_1^0 \mathbf{e}_1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_2 & \mathbf{e}_2 \\ j\mathbf{e}_2 & -j\mathbf{e}_2 \end{bmatrix}$
4	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_2 \\ q_1^2 \mathbf{e}_2 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_3 & \mathbf{e}_3 \\ \mathbf{e}_3 & -\mathbf{e}_3 \end{bmatrix}$
5	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_2 \\ jq_1^2 \mathbf{e}_2 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_3 & \mathbf{e}_3 \\ j\mathbf{e}_3 & -j\mathbf{e}_3 \end{bmatrix}$
6	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_2 \\ -q_1^2 \mathbf{e}_2 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_4 & \mathbf{e}_4 \\ \mathbf{e}_4 & -\mathbf{e}_4 \end{bmatrix}$
7	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_2 \\ -jq_1^2 \mathbf{e}_2 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_4 & \mathbf{e}_4 \\ j\mathbf{e}_4 & -j\mathbf{e}_4 \end{bmatrix}$
8	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_3 \\ q_1^4 \mathbf{e}_3 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 & \mathbf{e}_2 \\ \mathbf{e}_1 & -\mathbf{e}_2 \end{bmatrix}$
9	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_3 \\ jq_1^4 \mathbf{e}_3 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 & \mathbf{e}_2 \\ j\mathbf{e}_1 & -j\mathbf{e}_2 \end{bmatrix}$
10	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_3 \\ -q_1^4 \mathbf{e}_3 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_2 & \mathbf{e}_3 \\ \mathbf{e}_2 & -\mathbf{e}_3 \end{bmatrix}$
11	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_3 \\ -jq_1^4 \mathbf{e}_3 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_2 & \mathbf{e}_3 \\ j\mathbf{e}_2 & -j\mathbf{e}_3 \end{bmatrix}$
12	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_4 \\ q_1^6 \mathbf{e}_4 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 & \mathbf{e}_4 \\ \mathbf{e}_1 & -\mathbf{e}_4 \end{bmatrix}$
13	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_4 \\ jq_1^6 \mathbf{e}_4 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 & \mathbf{e}_4 \\ j\mathbf{e}_1 & -j\mathbf{e}_4 \end{bmatrix}$
14	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_4 \\ -q_1^6 \mathbf{e}_4 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_2 & \mathbf{e}_4 \\ \mathbf{e}_2 & -\mathbf{e}_4 \end{bmatrix}$
15	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_4 \\ -jq_1^6 \mathbf{e}_4 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_2 & \mathbf{e}_4 \\ j\mathbf{e}_2 & -j\mathbf{e}_4 \end{bmatrix}$

Phương án thứ nhất

Phương án thứ nhất của sáng chế đề cập đến phương pháp lấy mẫu con của bảng mã trong chế độ phụ 1 của chế độ phản hồi PUCCH 1-1.

Dựa vào phương án thứ nhất của sáng chế, phương pháp mã hóa liên kết của RI và W1 mẫu con theo báo cáo kiểu 5 có thể được ứng dụng như thể hiện trong bảng 5 dưới đây. Tổng 17 giả thiết được đưa ra và vì vậy có thể được biểu diễn theo 5 bit, và chỉ số của RI và W1 đối với từng giả thiết được thể hiện theo bảng 5 dưới đây. Chẳng hạn, giả thiết thứ 0 dựa vào RI=1 và chỉ số W1 0 và giả thiết thứ nhất dựa vào RI=1 và chỉ số W1 1. Bảng mã W1 với các thứ hạng 3 và 4 là ma trận đơn vị, và vì vậy bước báo hiệu tách rời đối với W1 không cần tìm. Theo bảng 5 dưới đây, trường hợp trong đó RI là 2 có thể được biểu diễn bởi trị số thu được bằng cách trừ 8 từ các giả thiết.

Bảng 5

Các giả thiết	RI	Chỉ số của W1
0-7	1	{0,1,2,3,4,5,6,7}
8-15	2	{0,1,2,3,4,5,6,7}
16	3	không có (W1 là ma trận đơn vị)
17	4	không có (W1 là ma trận đơn vị)

Tương tự với bảng mã W1 8Tx, bảng mã của bảng mã W1 4Tx đưa ra theo phương trình 13 có một vài trị số trùng lặp. Chẳng hạn, bước so sánh mã ký tự W1 thứ 0 và mã ký tự W1 thứ 8, X_n của từng mã ký tự được tạo cấu hình với tập vector tương tự. Chẳng hạn, X_n của mã ký tự W1 thứ 0 là

$$\mathbf{X}_0 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ q_1^0 & q_1^8 & q_1^{16} & q_1^{24} \end{bmatrix} \quad \text{và} \quad \mathbf{X}_n \quad \text{của} \quad \text{mã} \quad \text{ký} \quad \text{tự} \quad \text{W1} \quad \text{thứ} \quad 8 \quad \text{là}$$

$$\mathbf{X}_8 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ q_1^8 & q_1^{16} & q_1^{24} & q_1^0 \end{bmatrix}, \quad \text{và} \quad \text{vì} \quad \text{vậy} \quad \text{được} \quad \text{thấy} \quad \text{rằng} \quad \mathbf{X}_n \quad \text{của} \quad \text{từng} \quad \text{mã} \quad \text{ký} \quad \text{tự} \quad \text{được}$$

tạo cấu hình với vector cột tương tự. Dấu hiệu này là giống như theo trường hợp mã ký tự W1 thứ i và mã ký tự W1 thứ $(i+8)$. Do đó, khi W1 là mẫu con theo 3 bit thì hữu hiệu để loại bỏ W1 xếp chồng. Theo phương pháp lấy mẫu con của bảng 5, chỉ các mã ký tự từ 0 đến 7 là mẫu con như vậy không xếp chồng W1

theo việc cân nhắc đặc điểm này.

Điều đó có thể có khả năng thực hiện bước lấy mẫu chỉ sử dụng các mã ký tự từ thứ 8 đến thứ 15 thay vì từ thứ 0 đến thứ 7 trong bảng 5 sử dụng nguyên lý tương tự. Do nguyên lý lấy mẫu con tương tự, chỉ các chỉ số là khác nhau còn hiệu suất bảng mã là không đổi.

Theo như phương pháp khác, phân tải dữ liệu 4 bit có thể được truyền theo báo cáo kiểu 5 như vậy để nâng cao xác suất mã hóa thu phát. Theo trường hợp này, phương pháp mã hóa liên kết của RI và W1 mẫu con có thể được ứng dụng với bảng 6 dưới đây. Tổng 9 giả thiết được đưa ra và vì vậy có thể được biểu diễn theo 4 bit, và chỉ số của RI và W1 đối với từng giả thiết được thể hiện theo bảng 6 dưới đây. Chẳng hạn, giả thiết thứ 0 dựa vào RI=1 và chỉ số W1 0 và giả thiết thứ nhất dựa vào RI=1 và chỉ số W1 2. Bảng mã W1 với các thứ hạng 3 và 4 là ma trận đơn vị, và vì vậy bước báo hiệu tách rời đối với W1 không cần tìm.

Bảng 6

Các giả thiết	RI	Chỉ số của W1
0-3	1	{0,2,4,6}
4-7	2	{0,2,4,6}
8	3	không có (W1 là ma trận đơn vị)
9	4	không có (W1 là ma trận đơn vị)

Phương pháp lấy mẫu con trong bảng 6 có thể được mô tả xét về hai bước. Thứ nhất, giống như trong bảng 5, các mã ký tự W1 xếp chồng được loại bỏ. Sau đó bước lấy mẫu được thực hiện như vậy để phân phối các trị số bao gồm trong dòng thứ hai của X_n từ {0,1,2,3,4,5,6,7} còn lại với khoảng tương đương theo $(q_1)^k = e^{j2\pi k/32}$, trong đó $k = 0,1,2,...,31$. Do đó, bước lấy mẫu được thực hiện như vậy để phân phối các trị số với khoảng tương đương theo $(q_1)^k$, bằng cách ngăn các thanh của W1 khỏi bị tập trung vào hướng cụ thể trên không gian của bảng mã. Do đó, việc suy giảm công suất bảng mã gây ra bởi bước lấy mẫu có thể được giảm xuống.

Điều đó có thể có khả năng thực hiện bước lấy mẫu chỉ sử dụng mã ký tự $\{1,3,5,7\}$ thay vì $\{0,2,4,6\}$ trong bảng 6 sử dụng nguyên lý tương tự. Do nguyên lý lấy mẫu con tương tự, chỉ các chỉ số là khác nhau còn hiệu suất bảng mã là không đổi.

Theo bảng 5, các chỉ số W1 theo các thứ hạng 1 và 2 là giống nhau. Tương tự, trong bảng 6, các chỉ số W1 theo các thứ hạng 1 và 2 là giống nhau. Ngoài ra, các phương pháp lấy mẫu con trong các bảng 5 và 6 có thể được trộn lẫn và được tạo cấu hình. Chẳng hạn, W1 trong thứ hạng 1 có thể sử dụng các trị số trong bảng 5 và W1 trong thứ hạng 2 có thể sử dụng các trị số trong bảng 6. Theo trường hợp này, các thứ hạng 1 và 2 có tương ứng 8 và 4 giả thiết, và bước truyền của báo cáo kiểu 5 có thể có khả năng sử dụng 4 bit.

Phương án thứ hai

Phương án thứ hai của sáng chế đề cập đến phương pháp lấy mẫu con của bảng mã trong chế độ phụ 2 của chế độ phản hồi PUCCH 1-1.

Dựa vào phương án thứ hai của sáng chế, phương pháp lấy mẫu con của W1/W2 theo kiểu báo cáo 2c có thể được ứng dụng như thể hiện trong bảng 7 dưới đây. Chẳng hạn, chỉ một trong $\{0,1,2,3,4,5,6,7\}$ có thể được báo cáo là chỉ số W1 theo thứ hạng 1 và chỉ một trong $\{0,2\}$ có thể được báo cáo là chỉ số W2. Bảng mã W1 với các thứ hạng 3 và 4 là ma trận đơn vị, và vì vậy bước báo hiệu tách rời đối với W1 không cần tìm.

Bảng 7

RI	PMI đối với W1		PMI đối với W2		Tổng #bits
	#bits	Các trị số	#bits	Các trị số	
1	3	$\{0,1,2,3,4,5,6,7\}$	1	$\{0, 2\}$	4
2	3	$\{0,1,2,3,4,5,6,7\}$	1	$\{0, 1\}$	4
3	0	không có (W1 là ma trận	4	$\{0,1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,$	4

		đơn vị)		11, 12, 13, 14, 15}	
4	0	không có (W1 là ma trận đơn vị)	4	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8; 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15}	4

Theo bảng 7, W1 là mẫu con sử dụng phương pháp tương tự như trong bảng 5 ở trên. Phương pháp lấy mẫu con của W2 là giống như theo trường hợp 8Tx. W2 là mẫu con như thể hiện trong bảng 7 chẳng hạn vector lựa chọn của W2 có thể được cố định với e^1 và chỉ hệ số cùng cường độ và góc pha (co-phasor factor) của W2 có thể được lựa chọn. Theo trường hợp này, thậm chí nếu W1 được tạo cấu hình với {0,1,2,3,4,5,6,7} thì vector lựa chọn của W2 được cố định với chỉ e^1 . Do đó, ma trận tiền mã hóa cuối cùng được tạo ra bằng cách nhân W1 và W2 chỉ sử dụng trị số phần tử đầu từ vector 0 đến vector thứ 7 giữa 32 vector của ma trận DFT 2 x 32 đã tăng tần số lấy mẫu 16 lần.

Khi bước lấy mẫu được thực hiện như thể hiện trong bảng 7, ma trận tiền mã hóa được tập trung vào hướng cụ thể trên không gian của bảng mã, bằng cách gây ra việc suy giảm công suất. Để khắc phục lỗi, bảng 8 dưới đây có thể được ứng dụng.

Bảng 8

RI	PMI đối với W1		PMI đối với W2		Tổng #bits
	#bits	Các trị số	#bits	Các trị số	
1	3	{0, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28}	1	{0, 2}	4
2	3	{0, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28}	1	{0, 1}	4
3	0	không có (W1 là ma trận đơn vị)	4	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15}	4
4	0	không có (W1 là ma trận đơn vị)	4	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15}	4

Theo như phương pháp khác, theo kiểu báo cáo 2c, phương pháp lấy mẫu con của W1/W2 có thể được ứng dụng như thể hiện trong bảng 9 dưới đây. Theo các bảng 7 và 8, W1 và W2 được biểu diễn tương ứng theo 3 bit và 1 bit, nhưng trong bảng 9, W1 và W2 được biểu diễn tương ứng theo 2 bit và 2 bit chẳng hạn W2 đảm bảo độ tự do đối với bước lựa chọn vector lựa chọn cũng như hệ số cùng

cường độ và góc pha (co-phasor factor). Nghĩa là, e_3 cũng như e_1 có thể được lựa chọn như vector lựa chọn. Vector của W_1 được lựa chọn như e_1 và vector của W_1 được lựa chọn như e_3 vuông góc với từng vector khác. Khi độ lựa chọn tần số cao, e_1 hoặc e_3 có thể được lựa chọn trong W_2 như thông tin dải phụ như vậy phản hồi chính xác hướng kênh nếu có khả năng.

Bảng 9

RI	PMI đối với W_1		PMI đối với W_2		Tổng #bits
	#bits	Các trị số	#bits	Các trị số	
1	2	{0, 2, 4, 6}	2	{0, 2, 8, 10}	4
2	2	{0, 2, 4, 6}	2	{0, 1, 4, 5}	4
3	0	không có (W_1 là ma trận đơn vị)	4	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15}	4
4	0	không có (W_1 là ma trận đơn vị)	4	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15}	4

Theo bảng 9, W_1 là mẫu con sử dụng phương pháp tương tự như trong bảng 6. W_2 là mẫu con như thể hiện trong bảng 9 như vậy lựa chọn e_1 và e_3 như vector lựa chọn của W_2 . Theo trường hợp này, thậm chí nếu W_1 được tạo cấu hình với {0,2,4,6} thì chỉ e_1 và e_3 thay vì e_1, e_2, e_3 , và e_4 có thể được lựa chọn là vector lựa chọn của W_2 . Do đó, ma trận tiền mã hóa cuối cùng được tạo ra bằng cách nhân W_1 và W_2 chỉ sử dụng vector được phân phối không đồng đều giữa 32 vector của ma trận DFT 2×32 đã tăng tần số lấy mẫu 16 lần. Nghĩa là, chỉ vector DFT thứ {0, 2, 4, 6, 16, 18, 20, 22} được sử dụng.

Khi bước lấy mẫu được thực hiện như thể hiện trong bảng 9, ma trận tiền mã hóa có thể được tập trung vào hướng cụ thể trên không gian của bảng mã để giảm hiệu suất. Để khắc phục lỗi này, bước lấy mẫu có thể được thực hiện như thể hiện trong bảng 10 dưới đây. Theo bảng 19 dưới đây, ma trận tiền mã hóa cuối cùng được tạo ra bằng cách nhân W_1 và W_2 có thể sử dụng các vector thứ {0,4,8,12,16,20,24,28} với các trị số phân phối đồng đều giữa 32 vector của ma

trận DFT 2 x 32 đã tăng tần số lấy mẫu 16 lần.

Bảng 10

RI	PMI đối với W1		PMI đối với W2		Tổng #bits
	#bits	Các trị số	#bits	Các trị số	
1	2	{0, 4, 8, 12}	2	{0, 2, 8, 10}	4
2	2	{0, 4, 8, 12}	2	{0, 1, 4, 5}	4
3	0	không có (W1 là ma trận đơn vị)	4	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15}	4
4	0	không có (W1 là ma trận đơn vị)	4	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15}	4

Theo bảng 10 ở trên, khi thứ hạng là 1 và 2, {0, 4, 8, 12} là chỉ số số mã của W1 có thể được suy ra bằng cách nhân chỉ số PMI thứ nhất I_{PMI1} với một trong các chỉ số từ 0 đến 3 với bốn.

Ngoài ra, trong bảng 10, khi thứ hạng là 1, {0, 2, 8, 10} là chỉ số số mã của W2 có thể được suy ra bằng cách gán chỉ số PMI thứ hai I_{PMI2} với một trong các chỉ số từ 0 đến 3 theo phương trình sau.

Phương trình 15

$$2I_{PMI2} + 4 \cdot \lfloor I_{PMI2} / 2 \rfloor$$

Ngoài ra, trong bảng 10, khi thứ hạng là 2, {0, 1, 4, 5} là chỉ số số mã của W2 có thể được suy ra bằng cách gán chỉ số PMI thứ hai I_{PMI2} với một trong các chỉ số từ 0 đến 3 theo phương trình sau.

Phương trình 16

$$I_{PMI2} + 2 \cdot \lfloor I_{PMI2} / 2 \rfloor$$

Phương án thứ ba

Phương án thứ ba của sáng chế đề cập đến ví dụ khác về bảng mã 4Tx nêu trên có các phương trình từ 12 đến 15, và thậm chí nếu bảng mã thuộc phương án

thứ ba của sáng chế được sử dụng thì các phương án thứ nhất và thứ hai theo sáng chế có thể được ứng dụng. Bảng mã nêu trên có các phương trình từ 12 đến 15 và bảng mã dựa vào phương án thứ ba của sáng chế là giống nhau loại trừ một vài mã ký tự (9, 10, 11, 12, 13, 14, 15) của W2 theo thứ hạng 2. Do đó, khi bảng mã dựa vào phương án thứ ba của sáng chế là mẫu con dựa vào phương án thứ nhất hoặc thứ hai của sáng chế, các bảng mã mẫu con là giống nhau.

Bảng mã 4Tx dựa vào phương án thứ ba của sáng chế có thể được biểu diễn bởi phép nhân của hai ma trận như sau.

Phương trình 17

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

Ở đây, bộ mã hóa bên trong $\mathbf{W}_1$ và bộ mã hóa bên ngoài $\mathbf{W}_2$ có thể biểu diễn tương ứng các thuộc tính kênh dải rộng/dài hạn và các thuộc tính kênh dải phụ/ngắn hạn. $\mathbf{W}_1$ có thể được thiết đặt như sau.

Phương trình 18

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_n & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_n \end{bmatrix}, \quad n = 0, 1, \dots, 15$$

Ở đây, $\mathbf{X}_n$ có thể được thiết đặt như sau.

Phương trình 53

$$\mathbf{X}_n = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ q_1^n & q_1^{n+8} & q_1^{n+16} & q_1^{n+24} \end{bmatrix} \text{ trong đó } q_1 = e^{j2\pi/32}$$

Bảng mã $\mathbf{W}_2$ với thứ hạng 1 có thể được thiết đặt như sau.

Phương trình 19

$$\mathbf{W}_{2,n} \in \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ \alpha(i)\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ j\alpha(i)\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ -\alpha(i)\mathbf{Y} \end{bmatrix}, \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{Y} \\ -j\alpha(i)\mathbf{Y} \end{bmatrix} \right\},$$

$$\mathbf{Y} = \mathbf{e}_i \in \{\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3, \mathbf{e}_4\} \text{ và } \alpha(i) = q_1^{2(i-1)}$$

Bảng mã $\mathbf{W}_2$ với thứ hạng 2 có thể được thiết đặt như sau.

Phương trình 20

$$\mathbf{W}_{2,n} \in \left\{ \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ -\mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\} (\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \{(e_2, e_4)\}$$

và

$$\mathbf{W}_{2,n} \in \left\{ \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_1 & -\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ j\mathbf{Y}_1 & -j\mathbf{Y}_2 \end{bmatrix} \right\} (\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \{(e_1, e_1), (e_2, e_2), (e_3, e_3), (e_4, e_4)\}$$

và

$$\mathbf{W}_{2,n} \in \left\{ \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_1 & \mathbf{Y}_2 \\ \mathbf{Y}_2 & -\mathbf{Y}_1 \end{bmatrix} \right\} (\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) \in \{(e_1, e_3), (e_2, e_4), (e_3, e_1), (e_4, e_2)\}$$

Ở đây, $\mathbf{e}_n$ là vector lựa chọn 4 phần tử với tất cả 0 loại trừ phần tử thứ n với 1.

Chỉ số của W1 được xác định bằng i1, và i1 là giống như chỉ số n của W1 theo phương trình trong bảng mã 4Tx nêu trên.

Ngoài ra, chỉ số của W2 được xác định như thể hiện theo bảng sau.

Bảng 4

Chỉ số của W2	W2 với thứ hạng 1	W2 với thứ hạng 2
0	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 \\ q_1^0 \mathbf{e}_1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 & \mathbf{e}_1 \\ \mathbf{e}_1 & -\mathbf{e}_1 \end{bmatrix}$
1	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 \\ jq_1^0 \mathbf{e}_1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 & \mathbf{e}_1 \\ j\mathbf{e}_1 & -j\mathbf{e}_1 \end{bmatrix}$
2	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 \\ -q_1^0 \mathbf{e}_1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_2 & \mathbf{e}_2 \\ \mathbf{e}_2 & -\mathbf{e}_2 \end{bmatrix}$
3	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 \\ -jq_1^0 \mathbf{e}_1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_2 & \mathbf{e}_2 \\ j\mathbf{e}_2 & -j\mathbf{e}_2 \end{bmatrix}$
4	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_2 \\ q_1^2 \mathbf{e}_2 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_3 & \mathbf{e}_3 \\ \mathbf{e}_3 & -\mathbf{e}_3 \end{bmatrix}$
5	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_2 \\ jq_1^2 \mathbf{e}_2 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_3 & \mathbf{e}_3 \\ j\mathbf{e}_3 & -j\mathbf{e}_3 \end{bmatrix}$

6	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_2 \\ -q_1^2 \mathbf{e}_2 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_4 & \mathbf{e}_4 \\ \mathbf{e}_4 & -\mathbf{e}_4 \end{bmatrix}$
7	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_2 \\ -jq_1^2 \mathbf{e}_2 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_4 & \mathbf{e}_4 \\ j\mathbf{e}_4 & -j\mathbf{e}_4 \end{bmatrix}$
8	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_3 \\ q_1^4 \mathbf{e}_3 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_2 & \mathbf{e}_4 \\ \mathbf{e}_2 & \mathbf{e}_4 \end{bmatrix}$
9	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_3 \\ jq_1^4 \mathbf{e}_3 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_2 & \mathbf{e}_4 \\ \mathbf{e}_2 & -\mathbf{e}_4 \end{bmatrix}$
10	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_3 \\ -q_1^4 \mathbf{e}_3 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_2 & \mathbf{e}_4 \\ -\mathbf{e}_2 & \mathbf{e}_4 \end{bmatrix}$
11	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_3 \\ -jq_1^4 \mathbf{e}_3 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_2 & \mathbf{e}_4 \\ -\mathbf{e}_2 & -\mathbf{e}_4 \end{bmatrix}$
12	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_4 \\ q_1^6 \mathbf{e}_4 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_1 & \mathbf{e}_3 \\ \mathbf{e}_3 & -\mathbf{e}_1 \end{bmatrix}$
13	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_4 \\ jq_1^6 \mathbf{e}_4 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_2 & \mathbf{e}_4 \\ \mathbf{e}_4 & -\mathbf{e}_2 \end{bmatrix}$
14	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_4 \\ -q_1^6 \mathbf{e}_4 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_3 & \mathbf{e}_1 \\ \mathbf{e}_1 & -\mathbf{e}_3 \end{bmatrix}$
15	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_4 \\ -jq_1^6 \mathbf{e}_4 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{e}_4 & \mathbf{e}_2 \\ \mathbf{e}_2 & -\mathbf{e}_4 \end{bmatrix}$

Dựa vào Fig.16, phương pháp báo cáo thông tin trạng thái kênh sẽ được mô tả theo một phương án của sáng chế.

Theo bước xử lý S161, UE báo cáo RI và PMI thứ nhất cùng nhau và mã hóa liên kết RI và PMI thứ nhất thành một trị số mã hóa trong chế độ báo cáo cho 4 cổng anten.

Phương pháp mã hóa liên kết chi tiết là giống như phương pháp mã hóa liên kết được mô tả theo phương án thứ nhất của sáng chế, và vì vậy phần mô tả chi tiết của nó sẽ được bỏ qua.

Theo bước xử lý S163, thông tin trạng thái kênh bao gồm trị số mã hóa được báo cáo.

Ở đây, khi RI là 1, chỉ số số mã có cùng trị số với trị số mã hóa, và khi RI là 2, chỉ số số mã có trị số nghĩa là nhỏ hơn chỉ số mã hóa là 8. Cụ thể, khi RI là 1, trị số mã hóa có thể là một trong các số nguyên từ 0 đến 7, khi RI là 2, trị số

mã hóa có thể là một trong các số nguyên từ 8 đến 15, khi RI là 3, trị số mã hóa có thể là 16, và khi RI là 4, trị số mã hóa có thể là 17.

Liên quan đến phương pháp truyền thông tin trạng thái kênh, các phương án của sáng chế khác nhau nêu trên được ứng dụng độc lập hoặc hai hoặc nhiều phương án hơn được ứng dụng đồng thời và các phần mô tả dài dòng được bỏ qua để làm rõ.

Ngoài ra, mục đích tương tự được đề xuất bởi sáng chế có thể cũng được ứng dụng với việc truyền MIMO đường lên và việc thu đối với việc truyền MIMO giữa BS và thiết bị chuyển tiếp (theo đường lên mạng trực và đường xuống mạng trực) và việc truyền MIMO giữa thiết bị chuyển tiếp và UE (theo đường lên truy cập và đường xuống truy cập).

BS và UE trong đó các phương án của sáng chế được ứng dụng

Fig.17 là sơ đồ minh họa BS 110 và UE 120 trong đó phương án của sáng chế có thể ứng dụng được.

Khi thiết bị chuyển tiếp được bao gồm trong hệ thống truyền thông không dây, truyền thông theo mạng trực (backhaul) được thực hiện giữa BS và thiết bị chuyển tiếp, và truyền thông theo liên kết truy cập được thực hiện giữa thiết bị chuyển tiếp và UE. Do đó, BS hoặc UE được minh họa theo hình vẽ có thể được thay thế bởi thiết bị chuyển tiếp là cần thiết.

Dựa vào Fig.17, hệ thống truyền thông không dây bao gồm BS 1710 và UE 1720. BS 1710 bao gồm bộ xử lý 1712, bộ nhớ 1714, và bộ tần số radio (RF) 1716. Bộ xử lý 1712 có thể được tạo cấu hình bao gồm các thủ tục và/hoặc các phương pháp đề xuất bởi sáng chế. Bộ nhớ 1714 được kết nối với bộ xử lý 1712 và lưu trữ thông tin khác nhau liên quan đến bước xử lý của bộ xử lý 1712. Bộ RF 1716 được kết nối với bộ xử lý 1712 và truyền và/hoặc thu tín hiệu radio. UE 1720 bao gồm bộ xử lý 1722, bộ nhớ 1724, và bộ RF 1726. Bộ xử lý 1722 có thể được tạo cấu hình bao gồm các thủ tục và/hoặc các phương pháp đề xuất bởi sáng chế. Bộ nhớ 1724 được kết nối với bộ xử lý 1722 và lưu trữ thông tin khác nhau liên quan đến bước xử lý của bộ xử lý 1722. Bộ RF 1726 được kết nối với

bộ xử lý 1722 và truyền và/hoặc thu tín hiệu radio. BS 1710 và/hoặc UE 1720 có thể có một anten hoặc nhiều anten. Các phương án của sáng chế được mô tả dưới đây là các bước kết hợp của các yếu tố và các dấu hiệu của sáng chế. Các yếu tố hoặc các dấu hiệu có thể được cân nhắc lựa chọn trừ khi cách khác được nêu ra. Từng yếu tố hoặc dấu hiệu có thể được thực hiện không cần được kết hợp với các yếu tố hoặc các dấu hiệu khác. Hơn nữa, phương án của sáng chế có thể được xây dựng bằng cách kết hợp các phần của các yếu tố và/hoặc các dấu hiệu. Các thứ tự của bước xử lý được mô tả theo các phương án của sáng chế có thể được sắp xếp lại. Một vài cách thức thực hiện của một phương án bất kỳ có thể được bao gồm trong phương án khác và có thể được thay thế với các cách thức thực hiện tương ứng với phương án khác. Sáng chế là rõ ràng với những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật mà các điểm yêu cầu bảo hộ không được trích dẫn rõ ràng lẫn nhau trong các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo có thể được kết hợp đưa ra dưới dạng phương án của sáng chế hoặc là đưa vào yêu cầu bảo hộ mới bằng cách sửa đổi bổ sung sau khi đơn được nộp.

Theo các phương án của sáng chế, bước xử lý cụ thể được mô tả là được thực hiện bởi BS có thể được thực hiện bằng nút trên của BS. Cụ thể, rõ ràng rằng, trong mạng gồm có nhiều nút mạng bao gồm BS, các bước xử lý khác nhau được thực hiện để truyền thông với UE có thể được thực hiện bởi BS, hoặc các nút mạng khác với BS. Thuật ngữ 'BS' có thể được thay thế với trạm cố định (fixed station), Node B, eNode B (eNB), điểm truy cập, v.v..

Các phương án theo sáng chế có thể được thực hiện bằng các cách khác nhau, chẳng hạn, phần cứng, vi chương trình, phần mềm, hoặc sự kết hợp của chúng. Trong cấu hình phần cứng, các phương án của sáng chế có thể được thực hiện bởi một hoặc nhiều hơn mạch tích hợp ứng dụng cụ thể (Application Specific Integrated Circuit - ASIC), các bộ xử lý tín hiệu số (Digital Signal Processor - DSP), các thiết bị xử lý tín hiệu số (Digital Signal Processing Device - DSPD), các thiết bị logic có khả năng lập trình (Programmable Logic Device - PLD), các mảng cổng có khả năng lập trình dạng trường (Field Programmable Gate Array - FPGA), các bộ xử lý, các bộ điều khiển, các bộ vi điều khiển, các

bộ vi xử lý, v.v..

Trong cấu hình vi chương trình hoặc phần mềm, các phương án của sáng chế có thể được thực hiện bởi kiểu môđun, thủ tục, hoặc chức năng mà thực hiện các chức năng hoặc các bước xử lý được mô tả ở trên. Mã phần mềm có thể được lưu trữ trong đơn vị bộ nhớ và sau đó có thể được thực thi bởi bộ xử lý.

Đơn vị bộ nhớ có thể được đặt bên trong hoặc bên ngoài bộ xử lý truyền và thu dữ liệu đến và từ bộ xử lý qua các cách khác nhau được biết đến.

Sáng chế sẽ rõ ràng với những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật những sửa đổi và những thay đổi khác nhau có thể được tạo ra theo sáng chế mà không trệch khỏi tinh thần hoặc phạm vi của sáng chế. Vì vậy, được dự định rằng sáng chế bao hàm những sửa đổi và những thay đổi trong sáng chế đã đề cập miễn là chúng nằm trong phạm vi lĩnh vực của các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo và các phần tương đương của chúng.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Các phương án của sáng chế được mô tả ở trên có thể được ứng dụng với hệ thống truyền thông không dây chẳng hạn như thiết bị người dùng (user equipment - UE), thiết bị chuyển tiếp (relay), trạm cơ sở (base station - BS), v.v..

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp báo cáo thông tin trạng thái kênh, CSI, bởi thiết bị người dùng trong hệ thống truyền thông không dây, phương pháp này bao gồm các bước:

mã hóa liên kết ký hiệu chỉ báo thứ hạng, RI, và ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ nhất, PMI, với một trị số mã hóa cho chế độ báo cáo CSI cụ thể với 4 cổng anten,

trong đó trường báo cáo dùng cho trị số mã hóa có 5 bit, và trị số mã hóa chỉ là một trong số các số nguyên từ 0 đến 17 trong số các số nguyên từ 0 đến 31 được thể hiện bởi trường báo cáo; và

báo cáo trị số mã hóa,

trong đó khi trị số mã hóa là một trong số các số nguyên từ 0 đến 7, RI là 1 và chỉ số số mã dùng cho PMI thứ nhất có trị số giống như trị số mã hóa,

trong đó khi trị số mã hóa là một trong số các số nguyên từ 8 đến 15, RI là 2 và chỉ số số mã có trị số thu được bằng cách trừ 8 từ trị số mã hóa,

trong đó khi trị số mã hóa là 16, RI là 3 và ma trận tiền mã hóa thứ nhất tương ứng với PMI thứ nhất được xem xét như một ma trận đơn vị, và

trong đó khi trị số mã hóa là 17, RI là 4 và ma trận tiền mã hóa thứ nhất tương ứng với PMI thứ nhất được xem xét như một ma trận đơn vị.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó các số nguyên từ 18 đến 31 trong số các số nguyên từ 0 đến 31 được thể hiện bởi trường báo cáo không được sử dụng.

3. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó khi trị số mã hóa là một trong số các số nguyên từ 0 đến 15, chỉ số số mã dùng cho PMI thứ nhất bị giới hạn được chọn chỉ trong 8 chỉ số số mã trong số 16 chỉ số số mã kết hợp với PMI thứ nhất.

4. Phương pháp theo điểm 3, trong đó 8 chỉ số số mã tương ứng với các số nguyên từ 0 đến 7.

5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó chế độ báo cáo CSI cụ thể là chế độ phụ riêng biệt của chế độ báo cáo CSI định kỳ,

trong đó RI và PMI thứ nhất được báo cáo trong cùng khung con trong chế độ phụ riêng biệt của chế độ báo cáo CSI định kỳ.

6. Phương pháp theo điểm 5, trong đó còn bao gồm bước:

báo cáo PMI thứ hai và ký hiệu chỉ báo chất lượng kênh dải rộng, CQI, trong khung con khác khác với cùng khung con đó.

7. Phương pháp theo điểm 6, PMI thứ nhất và PMI thứ hai được báo cáo để xác định ma trận tiền mã hóa cuối cùng.

8. Thiết bị người dùng, UE, để thông báo thông tin trạng thái kênh, CSI, trong hệ thống truyền thông không dây, thiết bị người dùng này bao gồm:

bộ tần số radio, RF; và

bộ xử lý được ghép nối thao tác được với bộ RF và được tạo cấu hình để:

mã hóa liên kết ký hiệu chỉ báo thứ hạng, RI, và ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ nhất, PMI, đến một trị số mã hóa dùng cho chế độ báo cáo CSI cụ thể với 4 cổng anten, trong đó trường báo cáo cho trị số mã hóa có 5 bit, và trị số mã hóa chỉ là một trong số các số nguyên từ 0 đến 17 trong số các số nguyên từ 0 đến 31 được thể hiện bởi trường báo cáo, và

báo cáo trị số mã hóa trong khung con,

trong đó khi trị số mã hóa là một trong số các số nguyên từ 0 đến 7, RI là 1 và chỉ số số mã dùng cho PMI thứ nhất có trị số giống như trị số mã hóa,

trong đó khi trị số mã hóa là một trong số các số nguyên từ 8 đến 15, RI là 2 và chỉ số số mã có trị số thu được bằng cách trừ 8 từ trị số mã hóa,

trong đó khi trị số mã hóa là 16, RI là 3 và ma trận tiền mã hóa thứ nhất tương ứng với PMI thứ nhất được xem xét như một ma trận đơn vị, và

trong đó khi trị số mã hóa là 17, RI là 4 và ma trận tiền mã hóa thứ nhất tương ứng với PMI thứ nhất được xem xét như một ma trận đơn vị.

9. Thiết bị người dùng theo điểm 8, trong đó bộ xử lý được làm thích ứng để thực hiện phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 2 đến 7.

FIG. 1

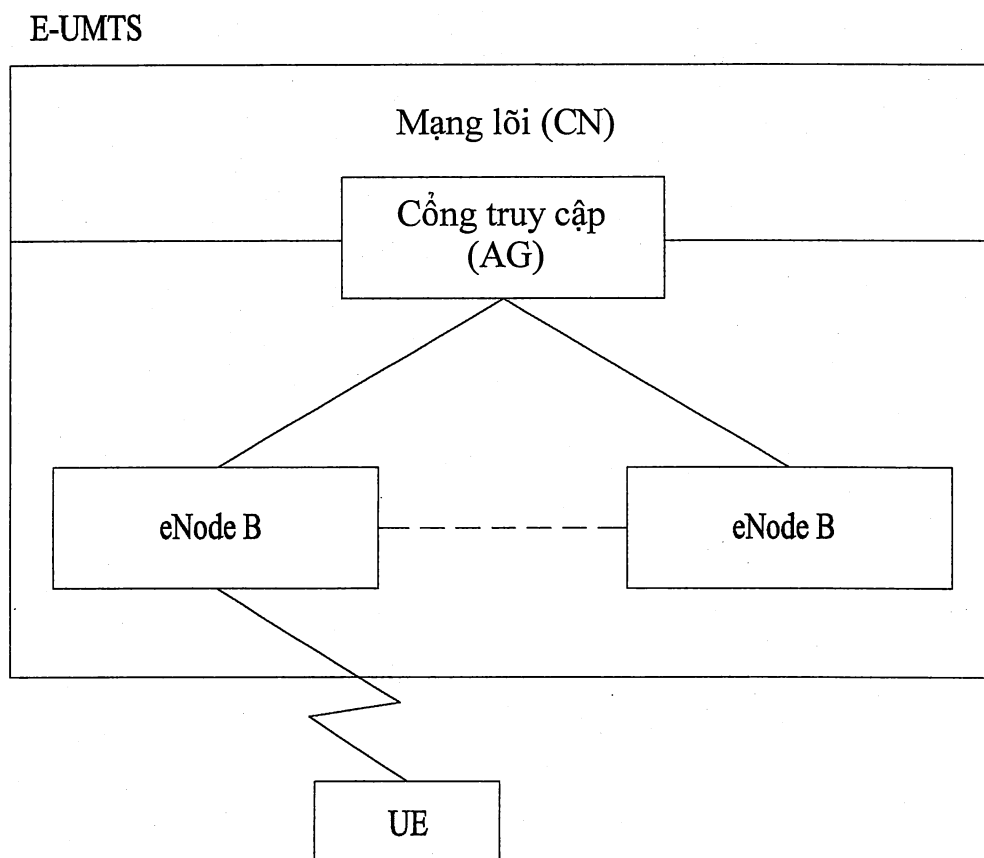
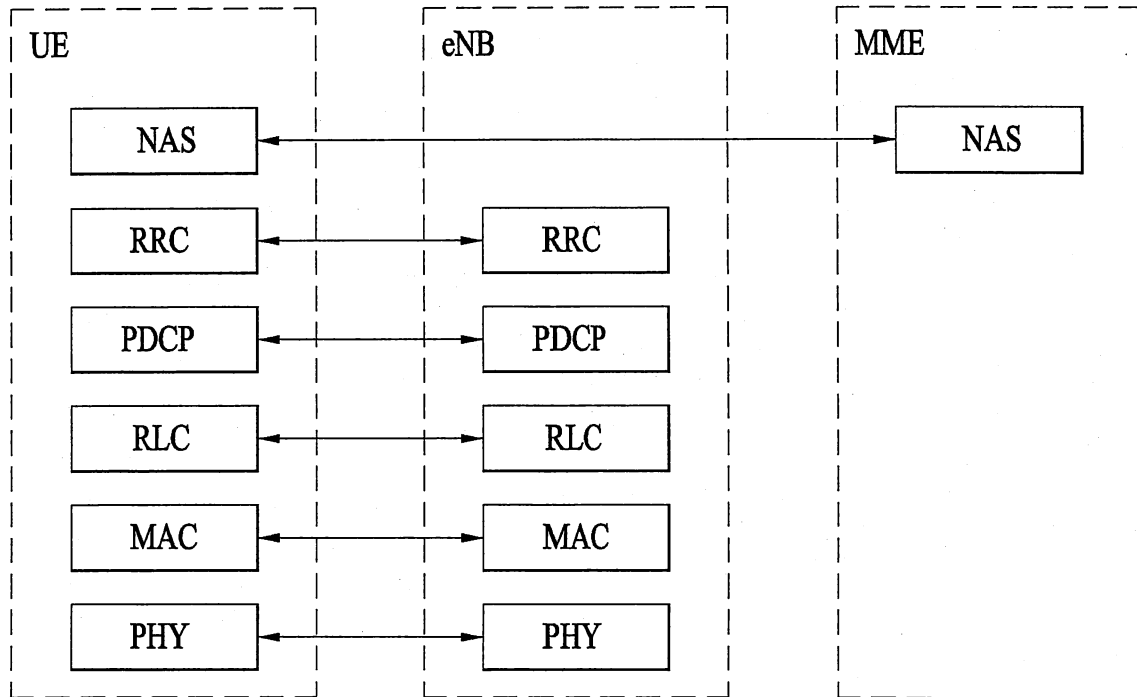
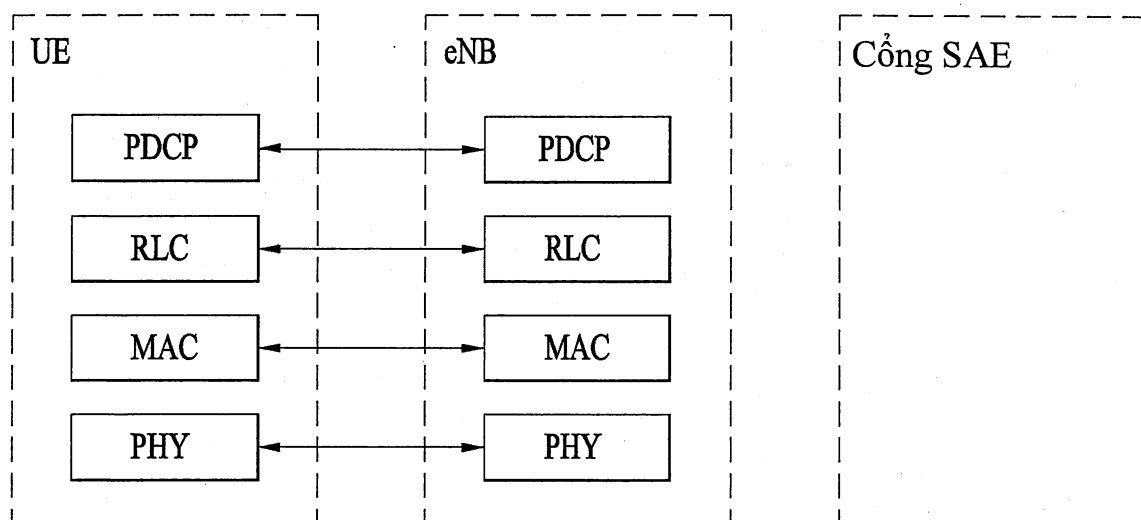


FIG. 2



(a) Giá giao thức mặt phẳng - điều khiển



(b) Giá giao thức mặt phẳng - người dùng

FIG. 3

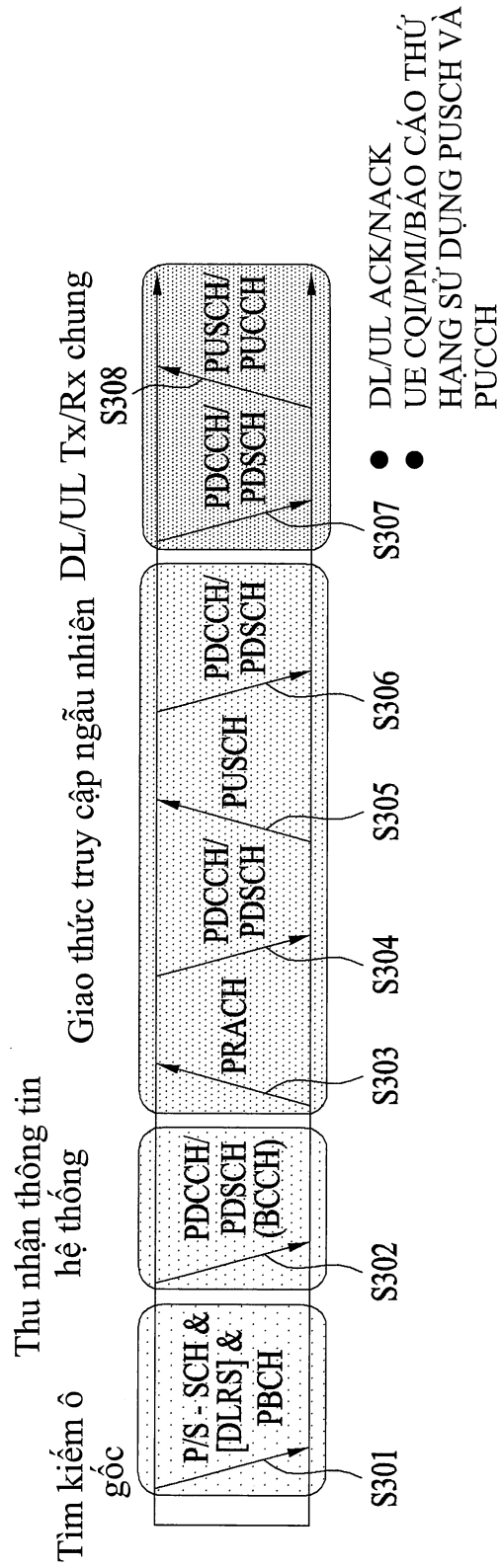


FIG. 4

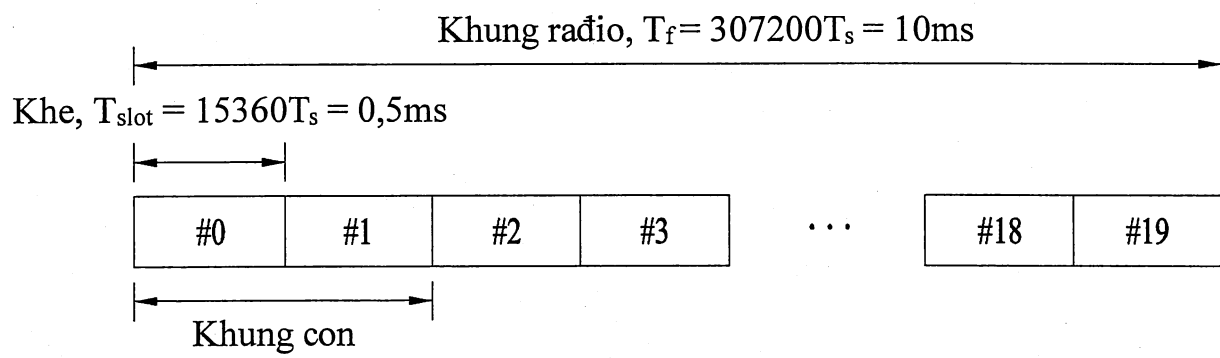


FIG. 5

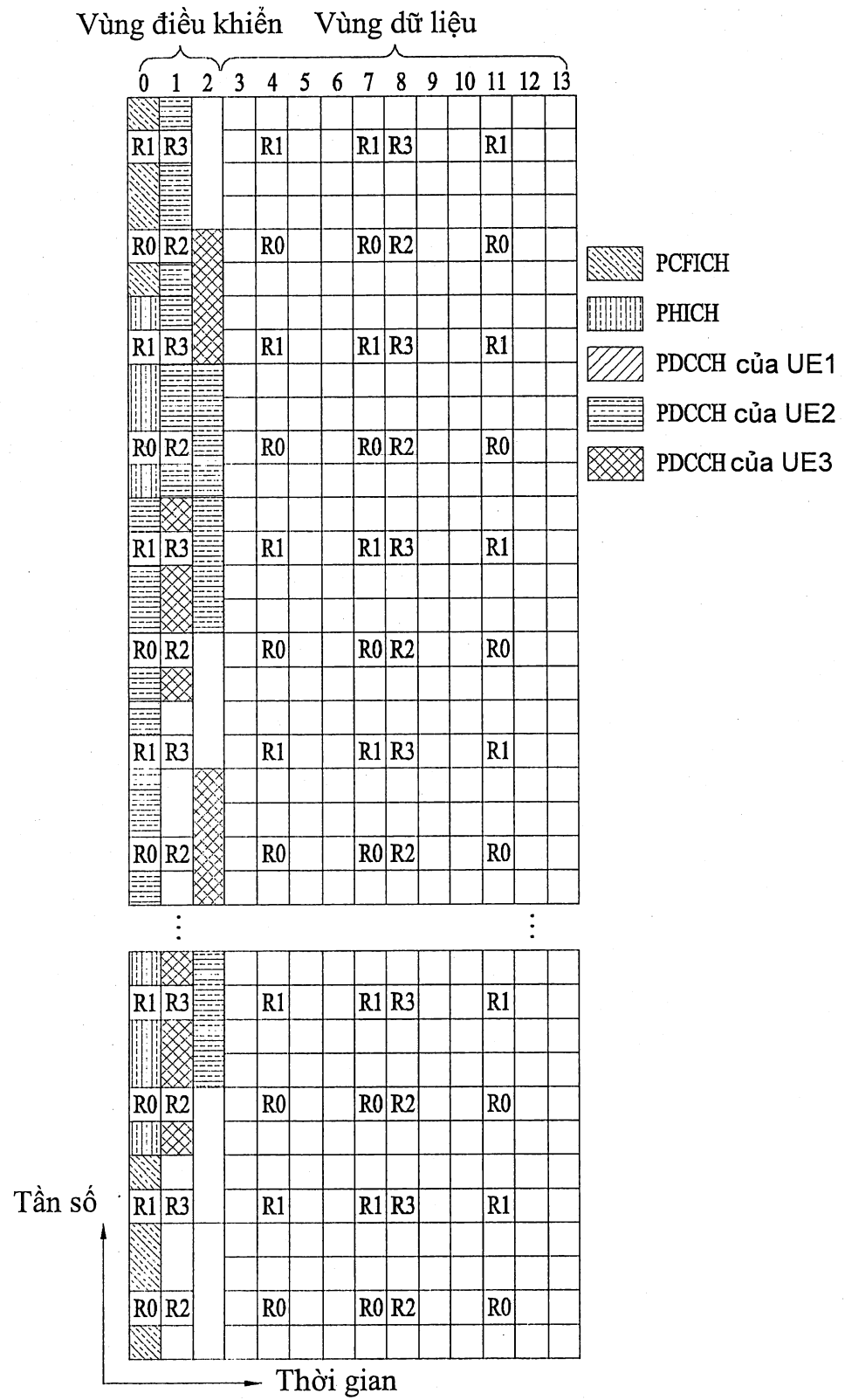


FIG. 6

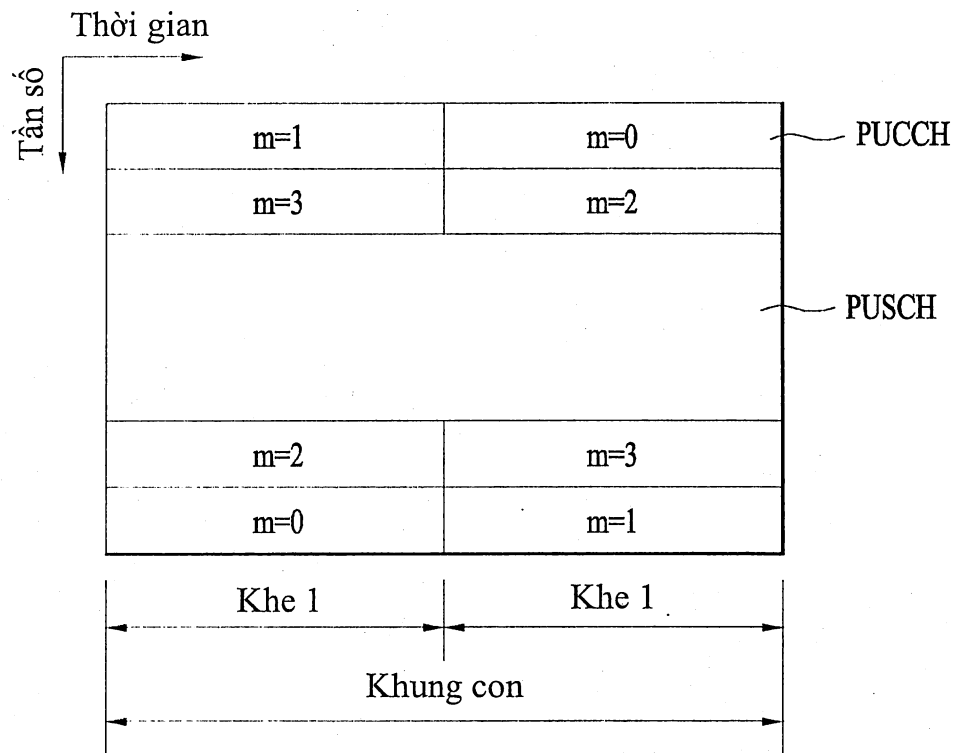


FIG. 7

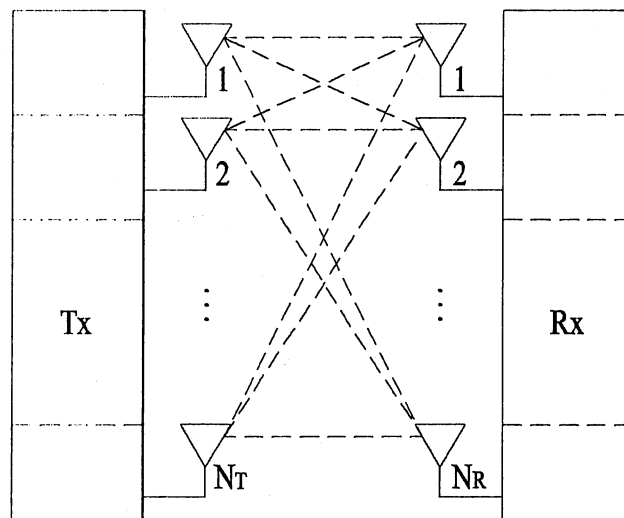


FIG. 8

Chế độ báo cáo CQI		Kiểu phản hồi PMI	
		NO PMI	PMI đơn
Kiểu phản hồi PUCCH CQI	Dải rộng (Dải rộng CQI)	MODE 1-0	MODE 1-1
	UE được chọn (Dải phụ CQI)	MODE 2-0	MODE 2-1

FIG. 9

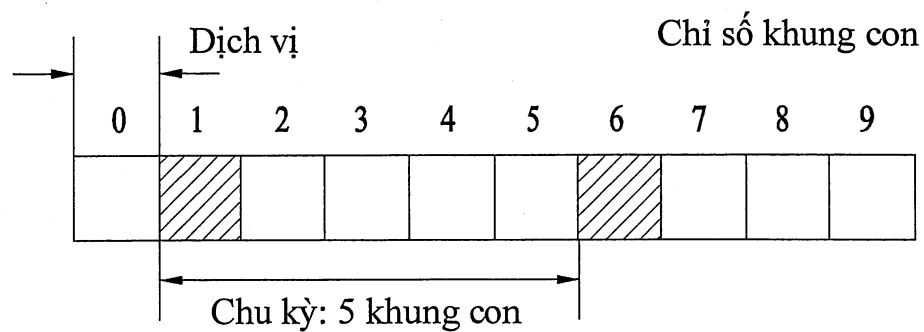


FIG. 10

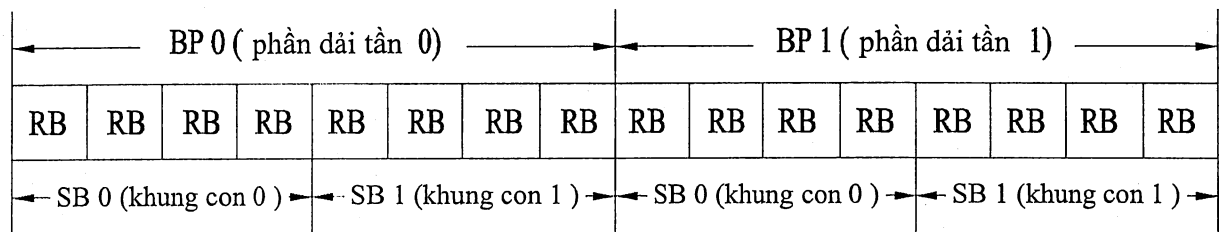
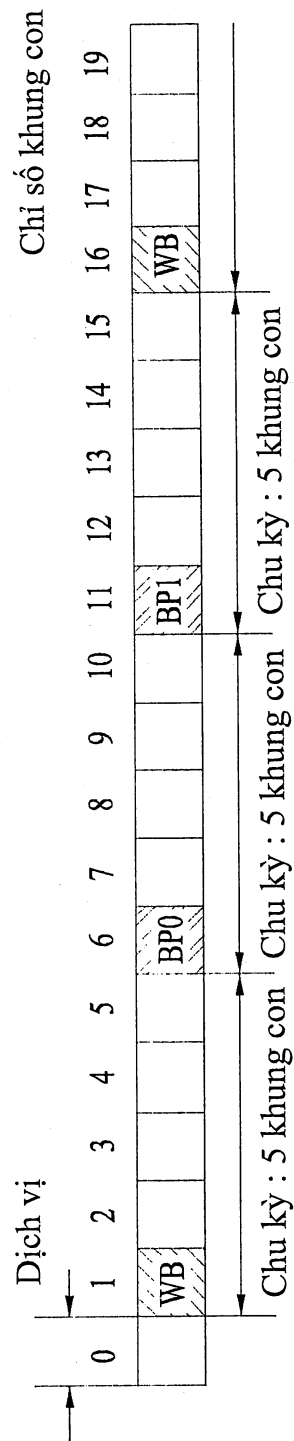
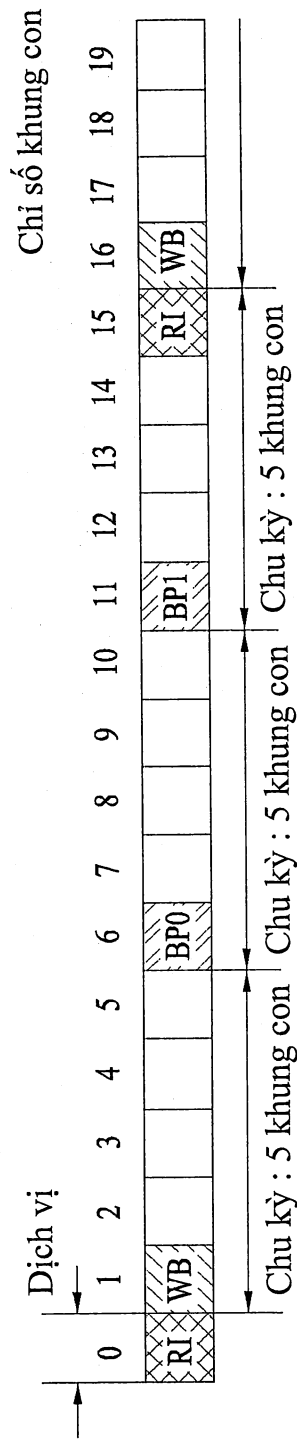


FIG. 11

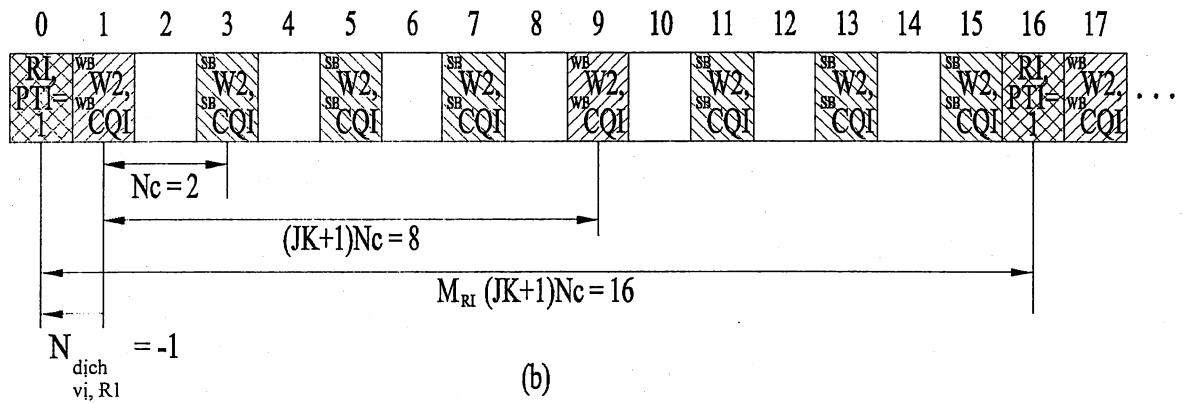
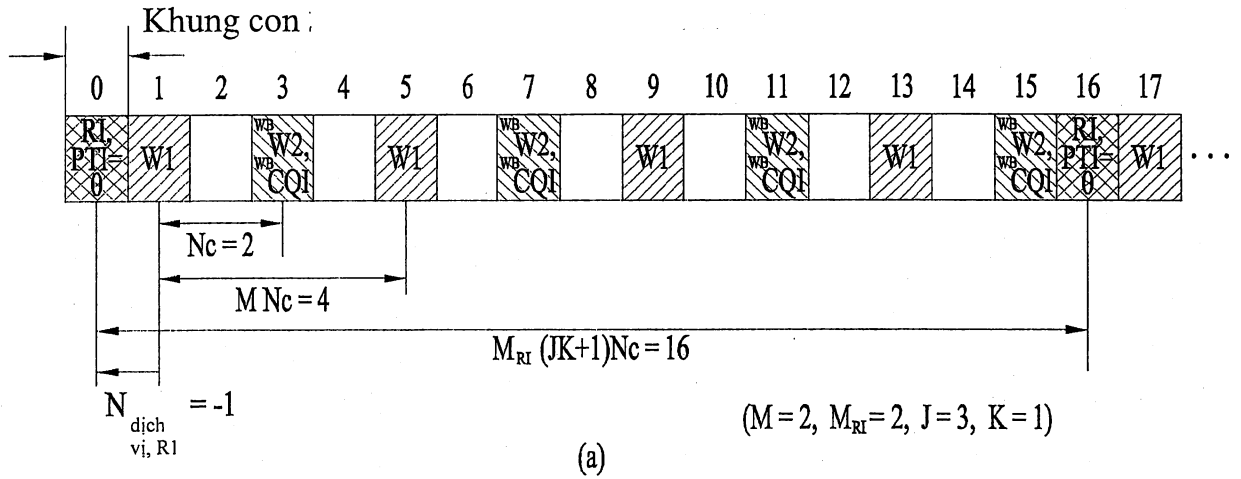


(a) Ký hiệu chỉ báo chất lượng kênh (CQI) duy nhất



(b) Ký hiệu chỉ báo thứ hạng và CQI

FIG. 12



Báo cáo 1



Báo cáo 2 w/ PTI=0



Báo cáo 3 w/ PTI=0



Báo cáo 2 w/ PTI=1



Báo cáo 3 w/ PTI=1

FIG. 13

Khung con

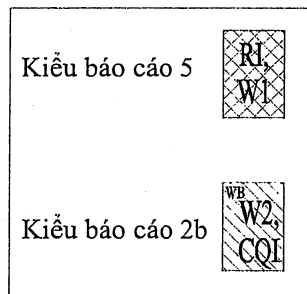
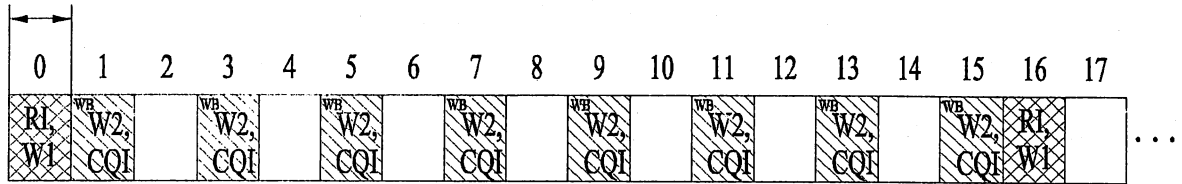


FIG. 14

Khung con

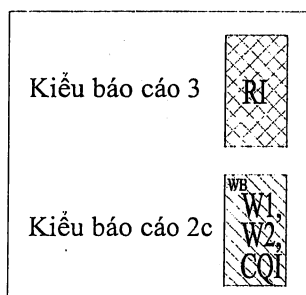
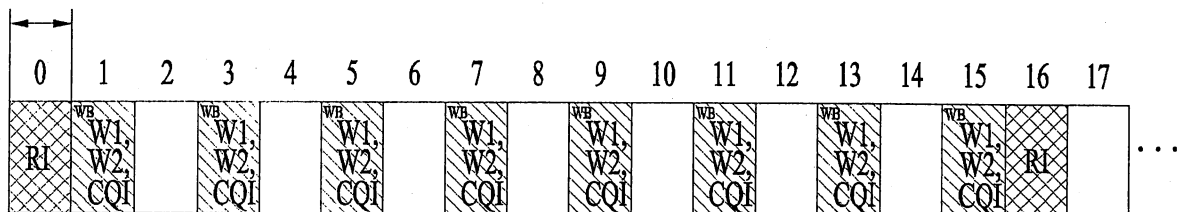
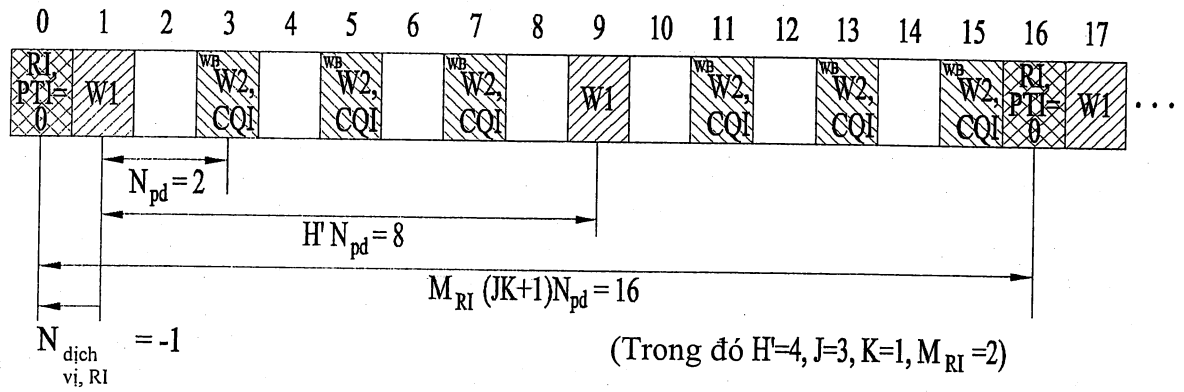
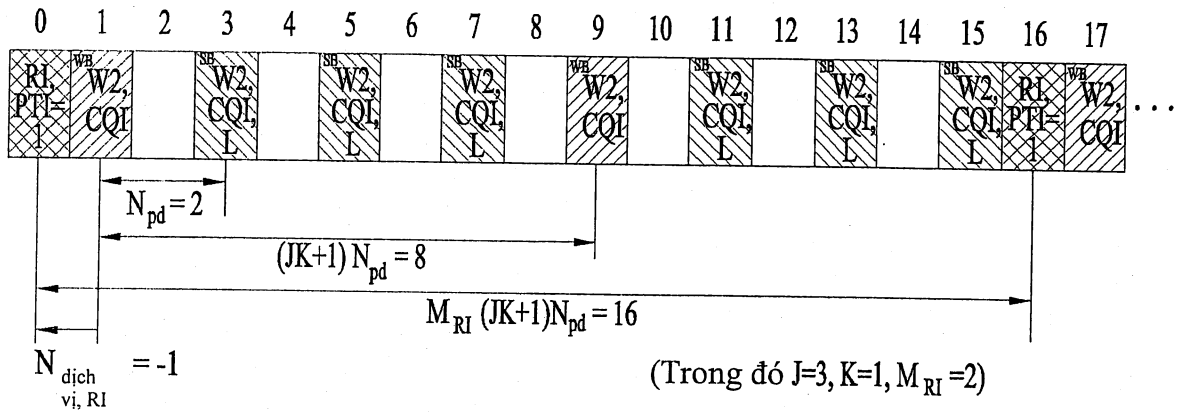


FIG. 15



(a)



(b)

FIG. 16

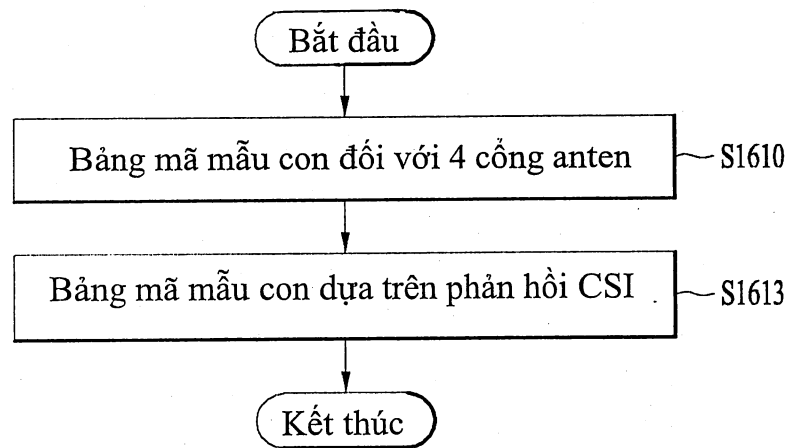


FIG. 17

