



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

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)**

CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11) 

1-0023211

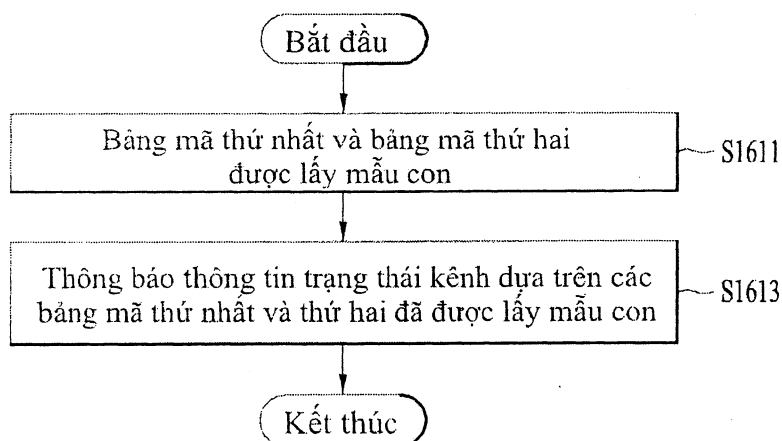
(51)⁷ **H04B 17/00, 7/04**

(13) **B**

(21) 1-2015-03755 (22) 05.06.2014
(86) PCT/KR2014/005000 05.06.2014 (87) WO2014/196822A1 11.12.2014
(30) 61/831,151 05.06.2013 US
(45) 25.02.2020 383 (43) 25.03.2016 336
(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 VÀ THIẾT BỊ NGƯỜI DÙNG DÙNG ĐỂ TRUYỀN THÔNG TIN TRẠNG THÁI KÊNH TRONG HỆ THỐNG TRUYỀN THÔNG KHÔNG DÂY**

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống truyền thông không dây. Phương pháp truyền thông tin trạng thái kênh (Channel State Information - CSI) bởi thiết bị đầu cuối trong hệ thống truyền thông không dây theo phương án của sáng chế bao gồm: việc lấy mẫu con bảng mã thứ nhất được liên kết với chỉ báo ma trận tiền mã hóa (Precoding Matrix Indicator - PMI) thứ nhất và bảng mã thứ hai được liên kết với PMI thứ hai theo chế độ con thông báo cho các cổng 4 anten; và thông báo thông tin trạng thái kênh dựa trên bảng mã thứ nhất được lấy mẫu con và bảng mã thứ hai được lấy mẫu con, trong đó chỉ số bảng mã thứ nhất đối với PMI thứ nhất có thể được xác định là một trong số 0, 4, 8, và 12 khi chỉ báo hạng (Rank Indicator - RI) bằng 1 hoặc 2, chỉ số bảng mã thứ hai đối với PMI thứ hai có thể được xác định là một trong số 0, 2, 8, và 10 khi RI bằng 1, và chỉ số bảng mã thứ hai đối với PMI thứ hai có thể được xác định là một trong số 0, 1, 4, và 5 khi RI bằng 2.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hệ thống truyền thông không dây, và cụ thể hơn là sáng chế đề cập đến phương pháp và thiết bị truyền thông tin trạng thái kênh sử dụng sự lấy mẫu con trong hệ thống truyền thông không dây.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hệ thống truyền thông phát triển dài hạn thuộc dự án hợp tác thế hệ thứ ba (3GPP LTE – 3rd generation partnership project long term evolution) sẽ được mô tả sau đây là hệ thống truyền thông di động được lấy làm ví dụ trong đó sáng chế có thể ứng dụng được.

Fig.1 là sơ đồ thể hiện cấu trúc mạng của hệ thống viễn thông di động toàn cầu phát triển (E-UMTS – Evolved Universal Mobile Telecommunications System) được lấy làm ví dụ cho hệ thống truyền thông radio. Hệ thống E-UMTS được phát triển từ hệ thống UMTS thông thường và sự tiêu 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 (LTE – Long Term Evolution). Chi tiết các đặc điểm kỹ thuật của UMTS và E-UMTS, xem 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 (UE), các eNB (hoặc các eNode B hoặc các trạm cơ sở), và cổng truy cập (AG) mà được bố trí tại đầu cuối của mạng (E-UTRAN) và được kết nối với mạng bên ngoài. Các eNB có thể truyền đồng thời nhiều luồng dữ liệu đối với dịch vụ phát quảng bá, dịch vụ phát đa hướng, và/hoặc dịch vụ phát đơn hướng.

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

thiết đặt để cung cấp các băng tần khác nhau. eNB điều khiển việc truyền và thu dữ liệu cho nhiều UE. eNB truyền thông tin lập biểu 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, sự mã hóa, kích cỡ dữ liệu, và thông tin liên quan đến yêu cầu lập lại tự động lai ghép (HARQ). Ngoài ra, eNB truyền thông tin lập biểu đường lên đối với dữ liệu UL tới UE tương ứng để thông báo cho UE về miền thời gian/tần số khả dụng, sự mã hóa, kích cỡ dữ liệu, và thông tin liên quan đến HARQ. Giao diện để truyền lưu lượng người dùng hoặc lưu lượng điều khiển có thể được sử dụng giữa các eNB. Mạng lõi (CN) có thể bao gồm AG, nút mạng cho việc đăng ký người dùng của UE và phân tử tương tự. AG quản lý tính di động của UE trên cơ sở khu vực theo dõi (TA), trong đó một TA bao gồm nhiều ô.

Mặc dù kỹ thuật truyền thông radio đã được phát triển lên đến LTE dựa vào đa truy cập phân chia theo mã băng rộng (WCDMA) nhưng những nhu cầu và những mong muốn của người dùng và các nhà cung cấp liên tục tăng. Ngoài ra, do những kỹ thuật truy cập radio khác tiếp tục được phát triển, kỹ thuật mới được yêu cầu phải đảm bảo tính cạnh tranh trong tương lai. Chẳng hạn, giảm trị số mỗi bit, tăng độ khả dụng dịch vụ, sử dụng linh hoạt băng tần số, cấu trúc đơn giản, giao diện mở, và sự tiêu thụ năng lượng hợp lý bởi UE được yêu cầu.

Kỹ thuật đa đầu vào đa đầu ra (MIMO) là phương pháp tăng cường hiệu quả truyền và thu dữ liệu bằng cách sử dụng nhiều anten truyền và nhiều anten thu thay vì một anten truyền và một anten thu. Đó là, kỹ thuật MIMO tăng cường dung lượng hoặc nâng cao hiệu năng sử dụng nhiều anten trong đầu cuối truyền hoặc đầu cuối thu của hệ thống truyền thông không dây. Kỹ thuật MIMO cũng có thể được gọi là kỹ thuật đa anten.

Để hỗ trợ việc truyền đa anten, ma trận tiền mã hóa để phân bổ phù hợp thông tin được truyền theo trạng thái kênh và như vậy có thể được ứng dụng với từng anten.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật cần được giải quyết bởi sáng chế

Mục đích của sáng chế được đưa ra nhằm giải quyết vấn đề nằm trong phương pháp và thiết bị truyền thông tin trạng thái kênh trong hệ thống truyền thông không dây.

Cần được hiểu rằng cả phần mô tả chung nêu trên và phần mô tả chi tiết sau đây của sáng chế chỉ là ví dụ và là phần giải thích nhằm mục đích 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 truyền thông tin trạng thái kênh (CSI) bởi thiết bị người dùng trong hệ thống truyền thông không dây, phương pháp bao gồm sự lấy mẫu con bảng mã thứ nhất được liên kết với bộ chỉ báo ma trận tiền mã hóa (PMI) thứ nhất và bảng mã thứ hai được liên kết với PMI thứ hai theo chế độ con thông báo đối với cổng 4 anten, và thông báo thông tin trạng thái kênh dựa trên bảng mã thứ nhất và bảng mã thứ hai được lấy mẫu con, trong đó, khi số chỉ báo hạng (RI) bằng 1 hoặc 2, chỉ số bảng mã thứ nhất đối với PMI thứ nhất được xác định là một trong số 0, 4, 8, và 12, khi RI bằng 1, chỉ số bảng mã thứ hai đối với PMI thứ hai được xác định là một trong số 0, 2, 8, và 10, và khi RI bằng 2, chỉ số bảng mã thứ hai đối với PMI thứ hai được xác định là một trong số 0, 1, 4, và 5.

Theo khía cạnh khác của sáng chế, được đề cập trong tài liệu này là 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 phận tần số radio (RF), và bộ xử lý, trong đó bộ xử lý được tạo cấu hình để lấy mẫu con bảng mã thứ nhất được kết hợp với bộ chỉ báo ma trận tiền mã hóa (PMI) thứ nhất và bảng mã thứ hai được kết hợp với PMI thứ hai theo chế độ con thông báo với 4 cổng anten và thông báo thông tin trạng thái kênh dựa trên bảng mã thứ nhất và bảng mã thứ hai được lấy mẫu con, khi số chỉ báo hạng (RI) bằng 1 hoặc 2, chỉ số bảng mã thứ nhất đối với PMI thứ nhất được xác định là một trong số 0, 4, 8, và 12, khi RI bằng 1, chỉ số bảng mã thứ hai đối với PMI thứ hai được xác định là một trong số 0, 2, 8, và 10, và khi RI bằng 2, chỉ số bảng mã thứ hai đối với PMI thứ hai được xác định là

một trong số 0, 1, 4, và 5.

Các đặc tính sau đây có thể được ứng dụng chung cho các phương án của sáng chế nêu trên.

Khi RI bằng 3, chỉ số bảng mã thứ hai đối với PMI thứ hai có thể là một trong số các số nguyên từ 0 đến 15.

Khi RI bằng 4, chỉ số bảng mã thứ hai đối với PMI thứ hai có thể là một trong số các số nguyên từ 0 đến 15.

Khi RI bằng 1, chỉ số bảng mã thứ hai có thể được xác định sử dụng

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

I_{PMI2} có thể là số nguyên từ 0 đến 3 và chỉ báo trị số của PMI thứ hai.

Khi RI bằng 2, chỉ số bảng mã thứ hai có thể được xác định sử dụng

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

I_{PMI2} có thể là số nguyên từ 0 đến 3 và chỉ báo trị số của PMI thứ hai.

PMI thứ nhất có thể tương ứng với PMI băng rộng và dài hạn, PMI thứ hai có thể tương ứng với PMI băng con và ngắn hạn, và PMI cuối có thể được xác định theo PMI thứ nhất và PMI thứ hai.

Chế độ con thông báo có thể là chế độ con thứ hai của chế độ kênh điều khiển đường lên vật lý (PUCCH) 1-1 để thông báo PMI và chỉ thị chất lượng kênh (CQI) băng rộng.

Cần được hiểu rằng cả 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 có mục đích 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 truyền hiệu quả thông tin trạng thái kênh sử dụng việc lấy mẫu con trong hệ thống truyền thông không dây được đề xuất.

Sáng chế sẽ được hiểu bởi người có trình độ trung bình trong lĩnh vực này rằng các hiệu quả mà có thể đạt được bởi sáng chế không chỉ giới hạn ở những gì đã được mô tả cụ thể trong phần mô tả nêu trên và các lợi ích khác của sáng chế sẽ được hiểu rõ hơn bởi phần mô tả chi tiết sau đây có dựa trên các hình vẽ tương ứng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các hình vẽ tương ứng, mà được bao gồm để giúp hiểu thêm về sáng chế, minh họa các phương án của sáng chế và cùng với phần mô tả có vai trò giải thích nguyên lý của sáng chế.

Các hình vẽ bao gồm:

Fig.1 là sơ đồ thể hiện cấu trúc mạng của hệ thống viễn thông di động toàn cầu được phát triển (E-UMTS) được lấy làm ví dụ cho hệ thống truyền thông radio;

Fig.2 là sơ đồ thể hiện 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 được phát triển (E-UTRAN) dựa trên tiêu chuẩn mạng truy cập radio của dự án hợp tác thế hệ thứ ba (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 thông thường sử dụng các kênh vật lý này;

Fig.4 là sơ đồ thể hiện ví dụ của cấu trúc khung radio được sử dụng trong hệ thống phát triển dài hạn (LTE);

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

Fig.6 là sơ đồ thể hiện 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) đặc trưng;

Các hình vẽ từ Fig.8 đến Fig.11 minh họa thông báo theo chu kỳ của thông tin trạng thái kênh (CSI);

Fig.12 là sơ đồ thể hiện thông báo theo chu kỳ của thông tin trạng thái kênh được bàn luận trong hệ thống LTE-A;

Fig.13 là sơ đồ thể hiện phản hồi CSI trong chế độ con 1 của chế độ 1-1 trên Fig.8;

Fig.14 là sơ đồ thể hiện phản hồi CSI trong chế độ con 2 của chế độ 1-1 trên Fig.8;

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

Fig.16 là lưu đồ của phương pháp thông báo thông tin trạng thái kênh theo một phương án của sáng chế; và

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

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, các cấu trúc, các thao tác, và các đặc tính khác của sáng chế sẽ được hiểu dễ dàng từ các phương án của sáng chế, các ví dụ mà được mô tả có dựa trên các hình vẽ tương ứng. Các phương án mà được mô tả dưới đây là các ví dụ trong đó các đặc tính kỹ thuật của sáng chế được áp dụng cho hệ thống 3GPP.

Mặc dù các phương án của sáng chế sẽ được mô tả dựa trên hệ thống LTE và hệ thống LTE cải tiến (LTE-A), hệ thống LTE và hệ thống LTE-A chỉ được lấy làm ví dụ và các phương án của sáng chế có thể được áp dụng cho tất cả các hệ thống truyền thông tương ứng với định nghĩa nêu trên. Hơn nữa, mặc dù các phương án của sáng chế sẽ được mô tả trong bản mô tả này dựa trên chế độ song công phân chia theo tần số (FDD), chế độ FDD chỉ được lấy làm ví dụ và các phương án của sáng chế có thể dễ dàng được điều chỉnh và được áp dụng cho chế độ bán song công phân chia theo tần số (H-FDD) hoặc chế độ song công phân chia theo thời gian (TDD).

Fig.2 là hình vẽ thể hiện các cấu trúc của mặt phẳng điều khiển và mặt

phẳng người dùng của giao thức giao diện radio giữa UE và E-UTRAN dựa trên tiêu chuẩn mạng truy cập radio 3GPP. Mặt phẳng điều khiển liên quan đến đường truyền mà thông qua đó các thông báo điều khiển được sử dụng bởi thiết bị người dùng (UE) và mạng để quản lý cuộc gọi được truyền. Mặt phẳng người dùng liên quan đến đường truyền mà thông qua đó dữ liệu được tạo ra trong lớp ứng dụng, ví dụ dữ liệu âm thanh hoặc dữ liệu gói Internet, được truyền.

Lớp vật lý của lớp thứ nhất cung cấp dịch vụ truyền tải thông tin tới lớp phía trên sử dụng kênh vật lý. Lớp vật lý được kết nối với lớp điều khiển truy cập môi trường (MAC) của lớp phía trên thông qua kênh truyền tải. Dữ liệu được truyền tải giữa lớp MAC và lớp vật lý thông qua kênh truyền tải. Dữ liệu cũng được truyền tải giữa lớp vật lý của bên truyền và lớp vật lý của bên thu thông qua kênh vật lý. Kênh vật lý sử dụng thời gian và tần số làm các tài nguyên radio. Cụ thể là, kênh vật lý được biến điệu sử dụng hệ thống đa truy cập phân chia theo tần số trực giao (OFDMA) trong đường xuống và được biến điệu sử dụng hệ thống đa truy cập phân chia theo tần số đơn sóng mang (SC-FDMA) trong đường lên.

Lớp MAC của lớp thứ hai cung cấp dịch vụ cho lớp điều khiển liên kết radio (RLC) của lớp phía trên thông qua kênh logic. Lớp RLC của lớp thứ hai hỗ trợ việc truyền dữ liệu tin cậy. Chức năng của lớp RLC có thể được thực hiện bởi khối chức năng trong MAC. Lớp giao thức hội tụ dữ liệu gói (PDCP) của lớp thứ hai thực hiện chức năng nén tiêu đề để giảm thông tin điều khiển không cần thiết để truyền hiệu quả gói giao thức Internet (IP) như gói IPv4 hoặc gói IPv6 trên giao diện radio có băng tần tương đối hẹp.

Lớp điều khiển tài nguyên radio (RRC) được bố trí tại phần dưới cùng của lớp thứ ba được xác định chỉ trên mặt phẳng điều khiển. Lớp RRC điều khiển các kênh logic, các kênh truyền tải, và các kênh vật lý có liên hệ đến sự tạo cấu hình, sự tạo cấu hình lại, và phiên bản các sóng mang radio. Các sóng mang radio dựa vào dịch vụ được cung cấp bởi lớp thứ hai để truyền dữ liệu giữa UE và mạng. Với mục đích này, lớp RRC của UE và lớp RRC của mạng trao đổi các thông báo RRC. UE ở chế độ được kết nối RRC nếu sự kết nối RRC đã được thiết lập giữa

lớp RRC của mạng radio và lớp RRC của UE. Mặt khác, UE ở chế độ rời RRC. Lớp không truy cập (NAS) được bố trí tại phía trên của lớp RRC thực hiện các chức năng như quản lý phiên và quản lý tính di động.

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

Các kênh truyền tải đường xuống để truyền dữ liệu từ mạng tới UE bao gồm kênh quảng bá (BCH) để truyền thông tin hệ thống, kênh tìm gọi (PCH) để truyền các thông báo tìm gọi, và kênh chia sẻ đường xuống (SCH) để truyền lưu lượng người dùng hoặc các thông báo điều khiển. Các thông báo lưu lượng hoặc điều khiển của dịch vụ phát đa hướng hoặc phát quảng bá đường xuống có thể được truyền thông qua SCH đường xuống hoặc có thể được truyền thông qua kênh đa hướng (MCH) đường xuống bổ sung. Trong khi đó, các kênh truyền tải đường lên để truyền dữ liệu từ UE tới mạng bao gồm kênh truy cập ngẫu nhiên (RACH) để truyền các thông báo điều khiển ban đầu và SCH đường lên để truyền lưu lượng người dùng hoặc các thông báo điều khiển. Các kênh logic, mà được bố trí tại phía trên các kênh truyền tải và được ánh xạ tới các kênh truyền tải, bao gồm kênh điều khiển quảng bá (BCCH), kênh tìm gọi điều khiển (PCCH), kênh điều khiển chung (CCCH), kênh điều khiển đa hướng (MCCH), và kênh lưu lượng đa hướng (MTCH).

Fig.3 là hình vẽ thể hiện các kênh vật lý được sử dụng trong hệ thống 3GPP và phương pháp truyền tín hiệu thông thường sử dụng các kênh này.

AUE thực hiện tìm kiếm ô ban đầu như sự thiết lập đồng bộ với eNB khi nguồn được bật hoặc UE vào ô mới (bước S301). UE có thể thu kênh đồng bộ sơ cấp (P-SCH) và kênh đồng bộ thứ cấp (S-SCH) từ eNB, thiết lập sự đồng bộ với eNB, và thu được thông tin như sự nhận dạng (ID) ô. Sau đó, UE có thể thu kênh vật lý quảng bá từ eNB để thu được thông tin quảng bá trong ô. Trong khi đó, UE có thể thu tín hiệu tham chiếu đường xuống (DL RS) trong bước tìm kiếm ô ban

đầu để xác nhận trạng thái kênh đường xuống.

Khi hoàn thành tìm kiếm ô ban đầu, UE có thể thu kênh điều khiển đường xuống vật lý (PDCCH) và kênh chia sẻ đường xuống vật lý (PDSCH) theo thông tin được mang trên PDCCH để thu được thông tin hệ thống chi tiết hơn (bước S302).

Trong khi đó, nếu UE truy cập ban đầu eNB hoặc nếu các tài nguyên radio dùng cho sự truyền tín hiệu không hiện có, UE có thể thực hiện thủ tục truy cập ngẫu nhiên (các bước từ S303 đến S306) đối với eNB. Với mục đích này, UE có thể truyền trình tự cụ thể thông qua kênh truy cập ngẫu nhiên vật lý (PRACH) làm phần mở đầu (các bước S303 và S305), và thu thông báo phản hồi tới phần mở đầu thông qua PDCCH và PDSCH tương ứng với chúng (các bước S304 và S306). Trong trường hợp RACH dựa trên sự tranh chấp, thủ tục giải quyết tranh chấp có thể được thực hiện bổ sung.

UE mà thực hiện các thủ tục nêu trên có thể thu PDCCH/PDSCH (bước S307) và truyền kênh chia sẻ đường lên vật lý (PUSCH)/kênh điều khiển đường lên vật lý (PUCCH) (bước S308) theo thủ tục truyền tín hiệu đường lên/đường xuống thông thường. Đặc biệt là, UE thu thông tin điều khiển đường xuống (DCI) thông qua PDCCH. DCI bao gồm thông tin điều khiển như thông tin phân bổ tài nguyên cho UE và có các định dạng khác nhau theo mục đích sử dụng.

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

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

Dựa trên Fig.4, khung radio có độ dài là 10ms ($327200 T_s$) và bao gồm 10 khung con có kích cỡ bằng nhau. Mỗi khung con có độ dài là 1ms và bao gồm hai

khe. Mỗi khe có độ dài là 0,5ms (15360 Ts). Trong trường hợp này, ts biểu thị thời gian lấy mẫu và được thể hiện bởi $T_s = 1/(15 \text{ kHz} \times 2048) = 3,2552 \times 10^{-8}$ (khoảng 33ns). Mỗi khe bao gồm nhiều ký hiệu OFDM trong miền thời gian và bao gồm nhiều khối tài nguyên (RB) trong miền tần số. Trong hệ thống LTE, một khối tài nguyên bao gồm 12 sóng mang con x 7 (hoặc 6) ký hiệu OFDM. Khoảng thời gian truyền (TTI), mà là thời gian đơn vị để truyền dữ liệu, có thể được xác định trong các khối của một hoặc nhiều khung con. Cấu trúc được mô tả nêu trên của khung radio chỉ được lấy làm ví dụ và các điều chỉnh có thể được tạo ra ở số lượng các khung con được bao gồm trong khung radio, số lượng các khe được bao gồm trong khung con, hoặc số lượng ký hiệu OFDM được bao gồm trong khe.

Fig.5 là hình vẽ thể hiện các kênh điều khiển được bao gồm trong vùng điều khiển của một khung con trong khung radio đường xuống.

Dựa trên Fig.5, một khung con bao gồm 14 ký hiệu OFDM. Ký hiệu thứ nhất đến ký hiệu thứ 3 trong số 14 ký hiệu OFDM có thể được sử dụng làm vùng điều khiển và từ 13 đến 11 ký hiệu OFDM còn lại có thể được sử dụng làm vùng dữ liệu, theo sự tạo cấu hình khung con. Trên Fig.5, từ R1 đến R4 lần lượt thể hiện các tín hiệu tham chiếu (RS) hoặc các tín hiệu hoa tiêu cho các anten từ 0 đến 3. Các RS được cố định theo mẫu định trước trong khung con bất kể vùng điều khiển và vùng dữ liệu nào. Các kênh điều khiển được phân bổ tới các tài nguyên trong đó RS được phân bổ trong vùng điều khiển. Các kênh lưu lượng được phân bổ tới các tài nguyên, trong đó RS không được phân bổ, trong vùng dữ liệu. Các kênh điều khiển được phân bổ tới vùng điều khiển bao gồm kênh chỉ báo định dạng điều khiển vật lý (PCFICH), kênh chỉ báo ARQ lai ghép vật lý (PHICH), kênh điều khiển đường xuống vật lý (PDCCH), v.v..

PCFICH, kênh chỉ báo định dạng điều khiển vật lý, thông báo cho UE số lượng ký hiệu OFDM được sử dụng cho PDCCH đối với mỗi khung con. PCFICH được bố trí trong ký hiệu OFDM thứ nhất và được thiết lập trước PHICH và PDCCH. PCFICH được bao gồm 4 nhóm phần tử tài nguyên (REG) và mỗi REG được phân bổ trong vùng điều khiển dựa trên ID của ô. Một REG bao gồm 4 phần

tử tài nguyên (RE). RE chỉ báo tài nguyên vật lý tối thiểu được xác định là 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 trên băng tần và được biến điệu bởi sự điều chế pha vuông góc (QPSK).

PHICH, kênh chỉ báo ARQ lai ghép vật lý, được sử dụng để truyền tín hiệu ACK/NACK HARQ cho sự truyền đường lên. Đó là, PHICH chỉ báo kênh mà thông qua đó thông tin ACK/NACK đường xuống cho HARQ đường lên được truyền. PHICH bao gồm một REG và được đổi tần riêng biệt trên ô. Tín hiệu ACK/NACK được chỉ báo bởi 1 bit và được biến điệu bởi sự điều chế pha nhị phân (BPSK). Tín hiệu ACK/NACK được biến điệu được trải rộng bởi hệ số trải rộng (SF) = 2 hoặc 4. Nhiều PHICH được ánh xạ tới cùng tài nguyên tạo thành nhóm PHICH. Số lượng PHICH được ghép thành nhóm PHICH được xác định dựa trên số lượng SF. PHICH (nhóm) được lặp lại ba lần để thu được lợi ích khác nhau trong miền tần số và/hoặc miền thời gian.

PDCCH, kênh điều khiển đường xuống vật lý, được phân bổ tới n ký hiệu OFDM đầu tiên của khung con. Trong trường hợp này, n là số nguyên lớn hơn 1 và được chỉ báo bởi PCFICH. PDCCH bao gồm một hoặc nhiều phần tử kênh điều khiển (CCE). PDCCH thông báo cho mỗi UE hoặc nhóm UE thông tin liên quan đến sự phân bổ tài nguyên của kênh tìm gọi (PCH) và kênh được chia sẻ đường xuống (DL-SCH), sự cấp phát lập biểu đường lên, thông tin yêu cầu phát lại tự động lai ghép (HARQ), v.v.. Do đó, eNB và UE truyền và thu dữ liệu ngoài thông tin điều khiển cụ thể hoặc dữ liệu dịch vụ cụ thể thông qua PDSCH.

Thông tin chỉ báo trong đó dữ liệu PDSCH của UE hoặc các UE được truyền, thông tin chỉ báo các UE thu dữ liệu PDSCH như thế nào, và thông tin chỉ báo các UE thực hiện sự giải mã được bao gồm trong PDCCH như thế nào. Ví dụ, giả định rằng PDCCH cụ thể là CRC được che bởi ký tự nhận dạng tạm thời mạng radio (RNTI) "A" và thông tin về dữ liệu, mà được truyền sử dụng các tài nguyên radio "B" (ví dụ, miền tần số) và truyền tải thông tin định dạng "C" (ví dụ, kích cỡ khối truyền, phương pháp biến điệu, thông tin mã hóa, v.v..), được truyền thông

qua khung con cụ thể. Trong trường hợp này, UE được bố trí trong các bộ giám sát ô PDCCH sử dụng thông tin RNTI của chính nó. Nếu một hoặc nhiều các UE có RNTI 'A' là sẵn có, các UE thu PDCCH và thu PDSCH được chỉ báo bởi 'B' và 'C' thông qua thông tin PDCCH được thu.

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

Dựa trên Fig.6, khung con đường lên được chia thành vùng trong đó PUCCH được phân bổ để truyền thông tin điều khiển và vùng trong đó PUSCH được phân bổ để truyền dữ liệu người dùng. PUSCH được phân bổ tới phần giữa của khung con, trong khi PUCCH được phân bổ tới cả hai phần đầu của vùng dữ liệu trong miền tần số. Thông tin điều khiển được truyền trên PUCCH bao gồm ACK/NACK, CQI thể hiện trạng thái kênh đường xuống, RI dùng cho đa đầu vào đa đầu ra (MIMO), yêu cầu lập biểu (SR) chỉ báo yêu cầu phân bổ các tài nguyên đường lên, v.v.. PUCCH của UE chiếm một RB ở tần số khác nhau trong mỗi khe của khung con. Đó là, hai RB được phân bổ tới sự nhảy tần PUCCH qua biên khe. Cụ thể là, Fig.6 minh họa ví dụ trong đó các PUCCH với $m=0$, $m=1$, $m=2$, và $m=3$ được phân bổ tới khung con.

Hệ thống MIMO

Sau đây, hệ thống MIMO sẽ được mô tả. MIMO liên quan đến phương pháp sử dụng nhiều anten truyền và nhiều anten thu để nâng cao hiệu quả truyền/thu dữ liệu. Đó là, nhiều anten được sử dụng tại đầu cuối truyền hoặc đầu cuối thu của hệ thống truyền thông không dây sao cho năng lực có thể được tăng lên và hiệu năng có thể được nâng cao. MIMO có thể cũng được gọi là ‘đa anten’ trong bản mô tả này.

Kỹ thuật MIMO không phụ thuộc vào đường truyền anten đơn để thu toàn bộ thông báo. Thay vào đó, kỹ thuật MIMO thu thập các đoạn dữ liệu được thu thông qua một vài anten, hợp nhất các đoạn dữ liệu, và tạo thành dữ liệu hoàn chỉnh. Sự sử dụng kỹ thuật MIMO có thể làm tăng vùng bao phủ hệ thống trong khi vẫn nâng cao tốc độ truyền dữ liệu trong phạm vi của ô có kích cỡ cụ thể hoặc

đảm bảo tốc độ truyền dữ liệu riêng biệt. Kỹ thuật MIMO có thể được sử dụng rộng rãi trong các đầu cuối truyền thông di động và các nút chuyển tiếp. Kỹ thuật MIMO có thể khắc phục các giới hạn của lượng dữ liệu truyền bị hạn chế của anten đơn dựa trên các hệ thống truyền thông di động.

Cấu hình của hệ thống truyền thông MIMO thông thường được thể hiện trên Fig.7. Đầu cuối truyền được trang bị các anten truyền (Tx) NT và đầu cuối thu được trang bị các anten thu (Rx) NR. Nếu nhiều anten được sử dụng ở cả đầu cuối truyền và đầu cuối thu, năng lực truyền kênh lý thuyết tăng không giống với trường hợp mà chỉ có hoặc đầu cuối truyền hoặc đầu cuối thu sử dụng nhiều anten. Sự tăng năng lực kênh truyền tương ứng với số lượng anten, từ đó nâng cao tốc độ truyền và hiệu quả sử dụng tần số. Nếu tốc độ truyền lớn nhất sử dụng anten tín hiệu là R_0 , tốc độ truyền sử dụng nhiều anten có thể được tăng lên theo lý thuyết bằng kết quả của tốc độ truyền lớn nhất R_0 nhân với số gia tốc độ R_i . Số gia tốc độ R_i được thể hiện bởi phương trình 1 sau đây trong đó R_i là trị số nhỏ hơn trong số NT và NR.

Phương trình 1

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

Ví dụ, trong hệ thống truyền thông MIMO sử dụng bốn anten Tx và bốn anten Rx, có thể thu được theo lý thuyết tốc độ truyền gấp bốn lần tốc độ truyền của hệ thống anten đơn. Sau khi sự tăng năng lực theo lý thuyết của hệ thống MIMO được chứng minh lần đầu vào những năm giữa thập kỷ 90, các kỹ thuật để nâng cao căn bản tốc độ truyền dữ liệu đang được phát triển. Một vài kỹ thuật này đã được liên kết với nhiều tiêu chuẩn truyền thông không dây bao gồm, ví dụ, mạng truyền thông di động thế hệ thứ ba và mạng cục bộ không dây thế hệ tiếp theo.

Các nghiên cứu có ích hiện nay liên quan đến kỹ thuật MIMO đã tập trung vào một số khía cạnh khác nhau, bao gồm nghiên cứu về lý thuyết thông tin liên quan đến sự tính toán năng lực truyền thông MIMO trong các môi trường kênh và

trong các môi trường đa truy cập, nghiên cứu về phép đo kênh không dây và sự phát triển của các hệ thống MIMO, và nghiên cứu về các kỹ thuật xử lý tín hiệu không gian-thời gian để nâng cao độ tin cậy truyền và tốc độ truyền.

Để mô tả chi tiết phương pháp truyền thông trong hệ thống MIMO, các mô hình toán học của nó được mô tả dưới đây. Như được thể hiện trên Fig.7, giả định rằng anten Tx NT và anten Rx NR hiện có. Trong trường hợp tín hiệu truyền, số phần lớn nhất có thể truyền được của thông tin là NT với điều kiện là các anten Tx NT được sử dụng, sao cho thông tin truyền có thể được thể hiện bằng vector như trong 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 năng lượng truyền khác nhau. Trong trường hợp này, nếu các năng lượng truyền riêng lẻ được ký hiệu là $P_1, P_2, \dots, P_{N_T}$, thông tin truyền có các năng lượng truyền được điều chỉnh có thể được thể hiện bằng vector như trong 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 kiểm soát năng lượng truyền $\hat{\mathbf{S}}$ có thể được thể hiện như sau đây, sử dụng ma trận đường chéo P của năng lượng truyền:

Phương trình 4

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

Các tín hiệu truyền NT $x_1, x_2, \dots, x_{N_T}$ được truyền thực tế có thể được tạo cấu hình bằng cách nhân vector thông tin được kiểm soát năng lượng truyền $\hat{\mathbf{s}}$ với ma trận trọng số $\mathbf{W}$. Trong trường hợp này, ma trận trọng số được làm cho phù hợp để phân tán hợp lý thông tin truyền tới các anten riêng lẻ theo các trạng thái kênh truyền. Các tín hiệu truyền $x_1, x_2, \dots, x_{N_T}$ có thể được thể hiện bằng phương trình 5 sau đây sử dụng vector $\mathbf{X}$. Trong phương trình 5, w_{ij} là trọng số giữa anten Tx ở hàng i và thông tin ở cột j và $\mathbf{W}$ là ma trận trọng số, ma trận này có thể cũng được gọi là ma trận tiền mã hóa.

Phương trình 5

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

Thông thường, ý nghĩa vật lý của hạng ma trận kênh có thể là số lớn nhất của các đoạn thông tin khác nhau mà có thể được truyền trong kênh đã cho. Do đó, do hạng của ma trận kênh được xác định là số nhỏ hơn trong số hàng hoặc số cột, mà mỗi số độc lập với số còn lại, hạng của ma trận không lớn hơn số hàng hoặc số cột. Hạng của ma trận kênh H , $\text{rank}(H)$, được giới hạn như sau đây.

Phương trình 6

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

Mỗi khối thông tin khác nhau được truyền sử dụng kỹ thuật MIMO được gọi là 'luồng truyền' hoặc đơn giản là 'luồng'. 'Luồng' có thể được gọi là 'lớp'. Số lượng luồng truyền không lớn hơn hạng của kênh mà là số lớn nhất của các đoạn thông tin khác nhau có thể truyền được. Do đó, ma trận kênh H có thể được giới hạn 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 các luồng. Chú ý rằng một luồng có thể được truyền thông qua một hoặc nhiều anten.

Có các phương pháp cho phép một hoặc nhiều luồng tương ứng với nhiều anten. Các phương pháp này có thể được mô tả như sau đây theo kiểu kỹ thuật MIMO. Trường hợp mà một luồng được truyền thông qua nhiều anten có thể được gọi là phân tập không gian, và trường hợp mà nhiều luồng được truyền thông qua nhiều anten có thể được gọi là dồn kênh không gian. Cũng có thể tạo cấu hình lai ghép giữa phân tập không gian và dồn kênh không gian.

Phản hồi CSI

Tiếp theo đây là phần mô tả thông báo thông tin trạng thái kênh (CSI). Trong tiêu chuẩn LTE hiện tại, hệ thống truyền MIMO được phân loại thành MIMO vòng hở được hoạt động mà không cần CSI và MIMO vòng kín được hoạt động dựa trên CSI. Đặc biệt là, theo hệ thống MIMO vòng kín, mỗi eNB và UE có thể có khả năng thực hiện sự tạo chùm tia dựa trên CSI để thu được lợi ích dồn kênh của các anten MIMO. Để thu được CSI từ UE, eNB phân bổ PUCCH hoặc PUSCH để ra lệnh UE phản hồi CSI đối với tín hiệu đường xuống.

CSI được chia thành ba loại thông tin: số chỉ báo hạng (RI), chỉ số ma trận tiền mã hóa (PMI), và chỉ báo chất lượng kênh (CQI). Đầu tiên, RI là thông tin về hạng kênh như được mô tả trên đây và chỉ báo số lượng các luồng mà có thể được thu thông qua cùng tài nguyên thời gian-tần số. Do RI được xác định bằng cách làm mát dần kênh, thông thường nó có thể được phản hồi với vòng lặp nhiều hơn so với ma trận PMI hoặc CQI.

Thứ hai, PMI là trị số phản ánh các đặc tính không gian của kênh và chỉ báo chỉ số ma trận tiền mã hóa của eNB được ưu tiên bởi UE dựa trên phép đo tỉ số tín hiệu trên giao thoa và nhiễu (SINR). Cuối cùng CQI là thông tin chỉ báo cường độ của kênh và chỉ báo SINR có thể thu được khi eNB sử dụng PMI.

Trong hệ thống truyền thông được phát triển như hệ thống LTE-A, phân tập đa người dùng sử dụng MIMO đa người dùng (MU-MIMO) được thu bổ sung. Do giao thoa giữa các UE được dồn kênh trong vùng anten hiện có trong hệ thống MU-MIMO, độ chính xác CSI có thể ảnh hưởng lớn không chỉ tới sự giao thoa của UE mà có CSI được thông báo mà còn tới sự giao thoa của các UE được dồn kênh khác. Do đó, để thực hiện chính xác hoạt động MU-MIMO, cần thiết phải thông báo CSI có độ chính xác cao hơn CSI của hệ thống MIMO đơn người dùng (SU-MIMO).

Do đó, tiêu chuẩn LTE-A xác định rằng PMI cuối sẽ được thiết kế riêng rẽ thành W1, mà là PMI dài hạn và/hoặc băng rộng, và W2, mà là PMI ngắn hạn và/hoặc băng con.

Ví dụ của hệ thống chuyển đổi bảng mã phân cấp cấu hình một PMI cuối từ W1 và W2 có thể sử dụng ma trận hiệp phương sai dài hạn của kênh như được thể hiện trong phương trình 8:

Phương trình 8

$$\mathbf{W} = \text{norm}(\mathbf{W1} \mathbf{W2})$$

Trong phương trình 8, W2 của PMI ngắn hạn chỉ báo từ mã của bảng mã được tạo cấu hình để phản ánh kênh thông tin ngắn hạn, W biểu thị từ mã của bảng mã cuối, và $\text{norm}(\mathbf{A})$ chỉ báo ma trận trong đó chuẩn của mỗi cột trong ma trận được chuẩn hóa thành 1.

Các cấu hình chi tiết của W1 và W2 được thể hiện trong phương trình 9:

Phương trình 9

$$\mathbf{W1}(i) = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_i & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_i \end{bmatrix}, \quad \text{trong đó } \mathbf{X}_i \text{ là } N_t/2 \text{ bởi ma trận } M$$

r cột

$$\mathbf{W2}(j) = \begin{bmatrix} \mathbf{e}_M^k & \mathbf{e}_M^l & \mathbf{e}_M^m \\ \alpha_j \mathbf{e}_M^k & \beta_j \mathbf{e}_M^l & \gamma_j \mathbf{e}_M^m \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} \text{(nếu hạng} = r, \text{ trong đó } 1 \leq k, l, m \leq M \text{ và} \\ k, l, m \text{ là số nguyên} \end{matrix}$$

Trong đó N_t là số lượng anten Tx, M số lượng cột của ma trận $\mathbf{X}_i$, chỉ báo rằng ma trận $\mathbf{X}_i$ bao gồm tổng số M vector cột tùy chọn. $\mathbf{e}_{Mk}$, $\mathbf{e}_{Ml}$, và $\mathbf{e}_{Mm}$ ký hiệu các vector cột k , l và m của ma trận $\mathbf{X}_i$ trong đó chỉ có các phần tử k , l , và m trong số M phần tử bằng 0 và các phần tử khác bằng 0. α_j , β_j , và γ_j là các trị số phức tạp mỗi trị số có chuẩn đơn vị và chỉ báo rằng, khi các vector cột k , l và m của ma trận $\mathbf{X}_i$ được lựa chọn, sự đảo pha được áp dụng cho các vector cột. Tại thời điểm này, i là số nguyên lớn hơn 0, biểu thị chỉ số PMI chỉ báo $W1$ và j là số nguyên lớn hơn 0, biểu thị chỉ số PMI chỉ báo $W2$.

Trong 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 đối cực được sử dụng và khi khoảng cách giữa các anten là ngắn, ví dụ, khi khoảng cách giữa các anten liền kề nhỏ hơn một nửa độ dài bước sóng tín hiệu. Các anten phân cực có thể được phân loại thành nhóm anten ngang và nhóm anten dọc. Mỗi nhóm anten có đặc tính của anten dàn đồng dạng tuyến tính (ULA) và hai nhóm được bố trí đồng thời.

Do đó, sự tương quan giữa các anten của mỗi nhóm có các đặc tính của cùng sự gia tăng pha tuyến tính và sự tương quan giữa các nhóm anten có các đặc tính của sự đảo pha. Do đó, bởi vì bảng mã là trị số thu được bằng cách lượng tử hóa kênh, điều này là cần thiết để thiết kế bảng mã sao cho các đặc tính của kênh được phản ánh. Để thuận tiện hơn cho việc mô tả, từ mã hạng-1 được tạo ra bởi các cấu hình nêu trên được thể hiện như sau đây:

Phương trình 10

$$\mathbf{W1}(i) * \mathbf{W2}(j) = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_i(k) \\ \alpha_j \mathbf{X}_i(k) \end{bmatrix}$$

Trong phương trình 10, từ mã được thể hiện là vector $N_T \times 1$ (trong đó N_T là số lượng anten Tx) và được cấu tạo với vector phía trên $\mathbf{X}_i(k)$ và vector phía dưới $\alpha_j \mathbf{X}_i(k)$ mà lần lượt thể hiện các đặc tính tương quan của nhóm anten ngang và nhóm anten dọc. $\mathbf{X}_i(k)$ tốt hơn là được thể hiện là vector có các đặc tính gia tăng pha tuyến tính bằng cách phản ánh các đặc tính tương quan giữa các anten của mỗi

nhóm anten và có thể là ma trận DFT làm ví dụ đại diện.

Như được mô tả trên đây, CSI trong hệ thống LTE bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, CQI, PMI, và RI. Theo chế độ truyền của mỗi UE, tất cả hoặc một số trong số CQI, PMI, và RI được truyền. Sự truyền theo chu kỳ của CSI được xem là thông báo theo chu kỳ và sự truyền của CSI khi yêu cầu eNB được xem là thông báo theo chu kỳ. Trong thông báo theo chu kỳ, bit yêu cầu được bao gồm trong thông tin lập biểu đường lên được truyền bởi eNB được truyền tới UE. Sau đó, UE truyền CSI mà xem xét chế độ truyền của nó tới eNB thông qua dữ liệu đường lên kênh (PUSCH). Trong thông báo theo chu kỳ, chu kỳ của CSI và độ dịch tại chu kỳ được báo hiệu trong đơn vị của các khung con bởi phương pháp bán tĩnh thông qua tín hiệu lớp cao hơn cho mỗi UE. UE truyền CSI mà xem xét chế độ truyền tới eNB thông qua đường lên kênh điều khiển (PUCCH). Nếu có dữ liệu đường lên trong khung con trong đó CSI được truyền, CSI được truyền thông qua dữ liệu đường lên kênh (PUSCH) cùng với dữ liệu đường lên. eNB truyền thông tin định thời truyền phù hợp với mỗi UE tới UE có xét đến trạng thái kênh của mỗi UE và trạng thái được phân bổ của UE trong ô. Thông tin định thời truyền bao gồm chu kỳ và độ dịch cần thiết để truyền CSI và có thể được truyền tới mỗi UE thông qua thông báo RRC.

Các hình vẽ từ Fig.8 đến 11 minh họa thông báo theo chu kỳ của CSI trong hệ thống LTE.

Dựa trên Fig.8, có bốn chế độ thông báo CQI trong hệ thống LTE. Cụ thể là, các chế độ thông báo CQI có thể được phân chia thành các chế độ trong CQI băng rộng (WB) và các chế độ trong CQI băng con (SB) theo kiểu phản hồi CQI. Chế độ thông báo CQI có thể cũng được phân chia thành các chế độ không có PMI và các chế độ PMI đơn dựa trên việc xem xét PMI có được truyền hay không. Mỗi UE được thông báo thông tin bao gồm chu kỳ và độ dịch thông qua báo hiệu RRC để thông báo theo chu kỳ CQI.

Fig.9 minh họa ví dụ của việc truyền CSI khi UE thu thông tin chỉ báo {chu kỳ '5' và độ dịch '1'} thông qua việc báo hiệu. Dựa trên Fig.9, khi thu thông

tin chỉ báo chu kỳ '5' và độ dịch '1', UE truyền CSI trong đơn vị của 5 khung con với độ dịch của một khung con theo thứ tự tăng dần của chỉ số khung con được đếm từ 0 bắt đầu từ khung con thứ nhất. Mặc dù CSI được truyền về cơ bản là thông qua PUCCH, nếu PUSCH dùng để truyền dữ liệu hiện có tại cùng thời điểm truyền, CSI được truyền thông qua PUSCH cùng với dữ liệu. Chỉ số khung con được đưa ra là sự kết hợp của số khung hệ thống (hoặc chỉ số khung radio) nf và chỉ số khe ns (từ 0 đến 19). Do một khung con bao gồm hai khe, chỉ số khung con có thể được xác định là $10 \times nf + \text{floor}(ns/2)$ trong đó $\text{floor}()$ chỉ báo hàm phần nguyên.

Các kiểu truyền CQI bao gồm kiểu chỉ truyền WB CQI và kiểu truyền cả WB CQI và SB CQI. Trong kiểu chỉ truyền WB CQI, thông tin CQI cho tất cả các băng tần được truyền trong các khung con tương ứng với mọi chu kỳ truyền CQI. Trong khi đó, trong trường hợp mà ở đó thông tin PMI cũng được truyền theo kiểu phản hồi PMI như được thể hiện trên Fig.8, thông tin PMI được truyền cùng với thông tin CQI. Trong kiểu truyền cả WB CQI và SB CQI, WB CQI và SB CQI được truyền xen kẽ nhau.

Fig.10 minh họa hệ thống trong đó hệ thống băng tần bao gồm 16 RB. Giả định rằng hệ thống băng tần bao gồm hai phần băng tần (BP) BP0 và BP1, mỗi băng tần này bao gồm hai băng con (SB) SB0 và SB1 và mỗi SB bao gồm 4 RB. Các giả định nêu trên được lấy làm ví dụ và số lượng BP và kích cỡ của mỗi SB có thể thay đổi theo kích cỡ của hệ thống băng tần. Số lượng SB tạo nên mỗi BP có thể khác số lượng RB, số lượng BP, và kích cỡ của mỗi SB.

Trong kiểu truyền CQI mà truyền cả WB CQI và SB CQI, WB CQI được truyền trong khung con truyền CQI thứ nhất và SB CQI của trạng thái SB tốt hơn của SB0 và SB1 trong BP0 được truyền trong khung con truyền CQI tiếp theo cùng với chỉ số của SB tương ứng (ví dụ chỉ thị lựa chọn băng con (SSI)). Sau đó, SB CQI của trạng thái SB tốt hơn của SB0 và SB1 trong BP1 và chỉ số của SB tương ứng được truyền trong khung con truyền CQI tiếp theo. Do đó, CQI của mỗi BP được truyền tiếp theo sau khi truyền WB CQI. CQI của mỗi BP có thể được

truyền tiếp từ một đến bốn lần trong khoảng thời gian giữa các khoảng thời gian truyền của hai WB CQI. Ví dụ, nếu CQI của mỗi BP được truyền một lần trong khoảng thời gian giữa hai WB CQI, các CQI có thể được truyền theo thứ tự WB CQI $\Rightarrow$ BP0 CQI $\Rightarrow$ BP1 CQI $\Rightarrow$ WB CQI. Nếu CQI của mỗi BP được truyền bốn lần trong khoảng thời gian giữa hai WB CQI, các CQI có thể được truyền theo thứ tự WB CQI $\Rightarrow$ BP0 CQI $\Rightarrow$ BP1 CQI $\Rightarrow$ BP0 CQI $\Rightarrow$ BP1 CQI $\Rightarrow$ BP0 CQI $\Rightarrow$ BP1 CQI $\Rightarrow$ BP0 CQI $\Rightarrow$ BP1 CQI $\Rightarrow$ WB CQI. Thông tin bao nhiêu lần mỗi BP CQI được truyền được báo hiệu bởi lớp cao hơn (lớp RRC).

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

Fig.11(b) minh họa ví dụ truyền RI bổ sung cho ví dụ được thể hiện trên Fig.11(a). RI có thể được chỉ báo là sự kết hợp nhiều chu kỳ truyền WB CQI và độ dịch tại chu kỳ truyền từ lớp cao hơn (ví dụ lớp RRC). Độ dịch của RI được báo hiệu sử dụng trị số liên quan đến độ dịch của CQI. Ví dụ, nếu độ dịch của CQI bằng '1' và độ dịch của RI bằng '0', RI có cùng độ dịch với CQI. Trị số độ dịch của RI được xác định bằng 0 hoặc số dương. Cụ thể hơn là, được giả định trên Fig.11(b) rằng, trong hoàn cảnh giống với hoàn cảnh trên Fig.11(a), chu kỳ truyền RI là bội số của 1 của chu kỳ truyền WB CQI và độ dịch RI bằng '-1'. Do chu kỳ truyền RS là bội số của 1 của chu kỳ truyền WB CQI, chu kỳ truyền RS và chu kỳ truyền WB CQI về cơ bản là giống nhau. Do độ dịch của RI bằng '-1', RI được truyền dựa trên trị số '-1' (tức là chỉ số khung con 0) liên quan đến độ dịch '1' của CQI trên Fig.11(a). Nếu độ dịch của RI bằng '0', sự truyền các khung con của WB CQI và RI sẽ chồng lên nhau. Trong trường hợp này, WB CQI được dừng và RI được truyền.

Fig.12 là sơ đồ thể hiện thông báo theo chu kỳ của thông tin trạng thái kênh được bàn luận trong hệ thống LTE-A. Khi eNB có 8 anten truyền, trong trường hợp của chế độ 2-1, thông số chỉ báo dạng của bộ tiền mã hóa (PTI) là chỉ thị 1-bit

có thể được thiết đặt, và chế độ thông báo theo chu kỳ được chia nhỏ thành hai dạng có thể được xem xét theo trị số PTI, như được thể hiện trên Fig.12. Trên hình vẽ, W1 và W2 chỉ báo bằng mã phân cấp được mô tả có dựa trên các phương trình 8 và 9 nêu trên. Khi cả W1 và W2 được xác định, W1 và W2 được kết hợp để xác định dạng đầy đủ của ma trận tiền mã hóa W.

Dựa trên Fig.12, trong trường hợp thông báo theo chu kỳ, các mục thông tin khác nhau tương ứng với thông báo 1, thông báo 2, và thông báo 3 được thông báo với tính chu kỳ lặp lại khác nhau. Thông báo 1 thông báo RI và trị số PTI 1-bit. Thông báo 2 thông báo W1 bằng rộng (WB) (trong trường hợp PTI=0) hoặc WB W2 và WB CQI (trong trường hợp PTI=1). Thông báo 3 thông báo WB W2 và WB CQI (trong trường hợp PTI=0) hoặc W2 bằng con (SB) và SB CQI (trong trường hợp PTI=1).

Trong thông báo 2 và thông báo 3, chỉ số khung con được truyền trong khung con (để thuận tiện hơn, được gọi là bộ khung con thứ nhất) mà thỏa mãn $(10 \cdot n_f + \text{floor}(n_s/2) - \text{độ dịch } N, \text{CQI}) \bmod (N_c) = 0$. Độ dịch N, CQI tương ứng với trị số độ dịch đối với sự truyền PMI/CQI được thể hiện trên Fig.9. Hơn nữa, N_c chỉ báo khoảng khung con giữa thông báo 2 hoặc thông báo 3 liên kề. Fig.12 minh họa trường hợp độ dịch N, CQI=1 và $N_c=2$, và bộ khung con thứ nhất được tạo cấu hình với các khung con với chỉ số lẻ. N_f chỉ báo số lượng khung hệ thống (hoặc chỉ số khung radio), và n_s chỉ báo chỉ số khe trong khung radio. Floor() chỉ báo hàm làm tròn xuống, và mod B chỉ báo số dư thu được bằng cách chia cho B.

Thông báo 2 được bố trí trên một vài khung con trong bộ khung con thứ nhất, và thông báo 3 được bố trí trên các khung con còn lại. Cụ thể là, thông báo 2 được bố trí trên khung con trong đó chỉ số khung con thỏa mãn $(10 \cdot n_f + \text{floor}(n_s/2) - \text{độ dịch } N, \text{CQI}) \bmod (H \cdot N_c) = 0$. Do đó, thông báo 2 được truyền với mỗi khoảng $H \cdot N_c$, và sự truyền thông báo 3 được thực hiện trong một hoặc nhiều khung con thứ nhất giữa thông báo 2 liên kề. Trong trường hợp PTI=0, $H=M$ và M được xác định thông qua báo hiệu lớp cao. Fig.12 minh họa trường hợp mà $M=2$. Khi PTI=1, $H=J \cdot K + 1$, k được xác định thông qua báo hiệu lớp cao, và J là số phần băng tần

(BP). Fig.12 minh họa trường hợp mà $J=3$ và $K=1$.

Thông báo 1 được truyền trong khung con trong đó chỉ số khung con thỏa mãn $(10 \cdot n_f + \text{floor}(n_s/2) - \text{độ dịch } N, \text{ CQI} - \text{độ dịch } N, \text{ RI}) \bmod (\text{MRI} \cdot (J \cdot K + 1) \cdot N_c) = 0$, và MRI được xác định thông qua báo hiệu lớp cao. Độ dịch N, RI chỉ báo trị số độ dịch tương đối cho RI, và Fig.12 minh họa trường hợp mà $\text{MRI}=2$ và độ dịch N, $\text{RI}=-1$. Theo độ dịch N, $\text{RI}=-1$, các điểm thời gian truyền của thông báo 1 và thông báo 2 không xếp chồng lên nhau. Khi UE tính toán RI, W1, và W2, RI, W1, và W2 được kết hợp và được tính toán. Ví dụ, W1 và W2 được tính toán theo RI, và W2 được tính toán theo W1. Khi cả thông báo 2 và thông báo 3 được thông báo sau thông báo 1, eNB có thể biết W cuối từ W1 và W2.

Fig.13 là sơ đồ thể hiện phản hồi CSI trong chế độ con 1 của chế độ 1-1 trên Fig.8.

Khi chế độ phản hồi PUCCH 1-1 sử dụng bảng mã kép, chế độ con 1 và chế độ con 2 hiện có. Fig.13 minh họa chế độ con 1. W2 băng rộng và CQI băng rộng được thiết đặt tới độ dịch 1 và tính chu kỳ 2 và RI và W1 được thiết đặt tới độ dịch 0 và tính chu kỳ 16.

Trong bảng mã 8Tx, như được thể hiện trên bảng 1 dưới đây, RI và W1 được mã hóa kết hợp trong 5 bit và trong trường hợp này, và W1 được lấy mẫu con như được thể hiện trên Bảng 1 dưới đây để giảm kích cỡ của các tải tin của RI và W1 để thông báo thông tin với tốc độ mã hóa thấp. Do RI liên quan đến PMI và CQI còn lại, sự mã hóa cần được thực hiện với tốc độ mã hóa thấp để ngăn chặn lỗi mã hóa trong RI xảy ra.

Bảng 1

Các giả định	RI	Các giá trị
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	dành riêng	NA

Fig.14 là sơ đồ thể hiện phản hồi CSI trong chế độ con 2 của chế độ 1-1 trên Fig.8.

Như được mô tả trên đây, khi chế độ phản hồi PUCCH 1-1 sử dụng cấu trúc bảng mã kép, chế độ con 1 và chế độ con 2 hiện có. Fig.14 minh họa ví dụ của chế độ con 2. W1/W2 băng rộng và CQI băng rộng được thiết đặt với độ dịch 1 và tính chu kỳ 2. RI được thiết đặt với độ dịch 0 và tính chu kỳ 16.

Thông tin CSI tới eNB thông qua định dạng PUCCH 2. Đó là, thông tin CSI có thể được truyền trong 11 bit làm kích cỡ tải tin của định dạng PUCCH 2. Do đó, bảng mã cần được lấy mẫu con sao cho tải tin của dạng 2c không vượt quá tổng 11 bit. Với mục đích này, trong bảng mã 8Tx, W1 và W2 được lấy mẫu con để thông báo kiểu 2c, như được thể hiện trên Bảng 2 dưới đây.

Bảng 2

RI	PMI của W1		PMI của W2		Tổng số bit
	Số bit	Các giá trị	Số bit	Các giá trị	
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

8Tx W1 có số hạng bằng 1 và 8Tx W1 có số hạng bằng 2 là giống nhau. Hơn nữa, PMI thứ i và PMI thứ $(i+1)$ của W 1 chia sẻ hai vector DFT được xếp chồng. Đó là, hai vector DFT có thể được xếp chồng giữa các PMI kề nhau, từ đó phản hồi lại kênh chính xác hơn. Tuy nhiên, do tài nguyên PUCCH có hạn, PMI của W1 được đánh số chẵn có thể được giới hạn tới số chẵn và được lấy mẫu con như được thể hiện trong bảng 2 nêu trên. Vector DFT được xếp chồng giữa các PMI được đánh số chẵn là không hiện có, nhưng UE có thể thể hiện tổng số 32 vector DFT sử dụng W1 được lấy mẫu con, từ đó tối thiểu hóa sự suy giảm hiệu năng.

Fig.15 là sơ đồ thể hiện phản hồi CSI trong chế độ 2-1 trên Fig.8.

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

Trên Fig.15(b), trong thông báo kiểu 1a trong đó W2 băng con và CQI băng con và thông tin L-bit chỉ báo chỉ số băng con được thông báo cùng nhau, W2 sử dụng bảng mã 8Tx được lấy mẫu con như được thể hiện trong bảng 3 dưới đây. Thông tin 11 bit làm kích cỡ tải tin của định dạng PUCCH 2 có thể được truyền thông qua việc lấy mẫu con. Trong bảng 2, từ mã W2 có số hạng bằng 2 chỉ thông báo 0, 2, 4, và 6. Các trị số này thực hiện chức năng lựa chọn một chùm từ các nhóm chùm tạo nên W1 để tạo ra bảng mã cuối. Ví dụ, khi W1 được tạo cấu hình theo phương trình sau đây, nếu từ mã 0 của W2 được lựa chọn, bảng mã cuối W được xác định là $W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{11} \\ w_{11} & -w_{11} \end{bmatrix}$ chỉ sử dụng w_{11} . Trong 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 từ mã 2 của W2 được lựa chọn, bảng mã cuối W được xác định chỉ sử dụng w_{12} , khi từ mã 4 của W2 được lựa chọn, bảng mã cuối W được xác định chỉ sử dụng w_{13} , và khi từ mã 6 của W2 được lựa chọn, bảng mã cuối W được xác định chỉ sử dụng w_{14} .

Bảng 3 dưới đây thể hiện việc lấy mẫu con bảng mã trong chế độ PUCCH 2-1. Mod chỉ báo thao tác môđun.

Bảng 3

RI	Sự quan hệ giữa giá trị PMI thứ hai và chỉ số bảng mã i_2	
	Giá trị của PMI thứ hai I_{PMI2}	Chỉ số bảng mã i_2
1	0-15	I_{PMI2}
2	0-3	$2I_{PMI2}$
3	0-3	$8 \cdot \lfloor I_{PMI2} / 2 \rfloor + (I_{PMI2} \bmod 2) + 2$
4	0-3	$2I_{PMI2}$
5	0	0
6	0	0
7	0	0
8	0	0

Kiểu thông báo CSI có thể được thiết đặt thành một hoặc nhiều kiểu. Ví dụ, kiểu thông báo CSI được xác định trong LTE phiên bản 10 sẽ được mô tả. Thông báo kiểu 1 hỗ trợ phản hồi CQI cho các băng con lựa chọn UE. Thông báo kiểu 1a hỗ trợ CQI băng con và phản hồi PMI thứ hai. Thông báo kiểu 2, kiểu 2b, và kiểu 2c hỗ trợ CQI băng rộng và phản hồi PMI. Thông báo kiểu 2a hỗ trợ phản hồi PMI băng rộng. Thông báo kiểu 3 hỗ trợ phản hồi RI. Thông báo kiểu 4 hỗ trợ CQI băng rộng. Thông báo kiểu 5 hỗ trợ phản hồi RI và PMI băng rộng. Thông báo kiểu 6 hỗ trợ phản hồi RI và PTI.

Bảng mã 4Tx

Bảng mã 4Tx có thể được thể hiện bằng cách nhân hai ma trận như sau đây.

Phương trình 12

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

Ở đây, ma trận tiền mã hóa phía trong $\mathbf{W}_1$ và ma trận tiền mã hóa phía ngoài $\mathbf{W}_2$ có thể lần lượt thể hiện các đặc tính kênh băng rộng/dài hạn và các đặc tính kênh băng con/ngắn hạn. $\mathbf{W}_1$ có thể được thiết đặt như sau đây.

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

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 $\mathbf{W}_2$ có số hạng bằng 1 có thể được thiết đặt như sau đây.

Phương trình 14

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

$$\mathbf{Y} = e_i \in \{e_1, e_2, e_3, e_4\} \text{ và } \alpha(i) = q_1^{2(i-1)}$$

Bảng mã $\mathbf{W}_2$ có số hạng bằng 2 có thể được thiết đặt như sau đây.

Phương trình 15

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

$$(\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2) = (e_i, e_k) \in \{(e_1, e_1), (e_2, e_2), (e_3, e_3), (e_4, e_4), (e_1, e_2), (e_2, e_3), (e_1, e_4), (e_2, e_4)\}$$

Ở đây, $\mathbf{e}_n$ là vectơ lựa chọn 4 phần tử trong đó tất cả các phần tử bằng 0

ngoại trừ phần tử thứ n bằng 1.

Trong phương trình 14, W2 được tạo cấu hình bằng cách ghép theo chiều dọc hai vectơ Y, và các vectơ Y bên dưới được nhân với một trong số 1, -1, j, và -j để bù cho sự đảo pha giữa nhóm chùm nằm ngang và nhóm chùm thẳng đứng trong anten X-pol. Thông thường, 1, -1, j, và -j được gọi là hệ số đồng phaso. Tương tự, trong phương trình 15, (1, -1) và (j, -j) được xem là hệ số đồng phaso.

Sau đây, chỉ số của W1 được xác định là i1, và i1 giống với chỉ số n của W1 trong phương trình nêu trên của bảng mã 4Tx.

Chỉ số của W2 được xác định như được thể hiện trong bảng sau đây.

Bảng 4

Chỉ số của W2	W2 có số hạng bằng 1	W2 có số hạng bằng 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 theo sáng chế đề cập đến phương pháp lấy mẫu con bảng mã trong chế độ con 1 của chế độ phản hồi PUCCH 1-1.

Theo phương án thứ nhất của sáng chế, phương pháp mã hóa kết hợp RI và W1 được lấy mẫu con trong thông báo kiểu 5 có thể được áp dụng như được thể hiện trong bảng 5 dưới đây. Tổng số 17 giả định được thể hiện và do đó có thể được thể hiện trong 5 bit, và chỉ số RI và W1 đối với mỗi giả định được thể hiện trên Bảng 5 dưới đây. Ví dụ, giả định thứ 0 liên quan đến RI=1 và chỉ số W1 là 0 và giả định thứ nhất liên quan đến RI=1 và chỉ số W1 là 1. Bảng mã W1 có các số hạng bằng 3 và 4 là ma trận nhận dạng, và do đó việc báo hiệu riêng rẽ đối với W1 không được yêu cầu. Trong bảng 5 dưới đây, trường hợp trong đó RI bằng 2 có thể được thể hiện bởi trị số thu được bằng cách trừ đi 8 từ các giả định.

Bảng 5

Các giả định	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 nhận dạng)
17	4	Không có (W1 là ma trận nhận dạng)

Tương tự với bảng mã 8Tx của W1, bảng mã 4Tx của W1 được đưa ra trong phương trình 13 có một số trị số bị xếp chồng. Ví dụ, so sánh từ mã W1 thứ 0 và từ

mã W1 thứ 8, Xn của mỗi từ mã được tạo cấu hình với cùng bộ vectơ. Ví dụ, Xn của từ mã W1 thứ 0 là $X_0 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ q_1^0 & q_1^8 & q_1^{16} & q_1^{24} \end{bmatrix}$ và Xn của từ mã W1 thứ 8 là $X_8 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ q_1^8 & q_1^{16} & q_1^{24} & q_1^0 \end{bmatrix}$, và do đó được xem xét rằng Xn của mỗi từ mã được tạo cấu hình với cùng vectơ cột. Đặc tính này giống với trường hợp từ mã W1 thứ i và từ mã W1 thứ (i+8). Do đó, khi W1 được lấy mẫu con trong 3 bit, nó loại bỏ hiệu quả W1 bị xếp chồng. Trong phương pháp lấy mẫu con trong bảng 5, chỉ có các từ mã từ 0 đến 7 được lấy mẫu con sao cho không chồng lên W1 có xét đến đặc tính này.

Có thể thực hiện việc lấy mẫu con chỉ sử dụng các từ mã từ từ mã thứ 8 đến thứ 15 thay vì từ mã từ thứ 0 đến thứ 7 trong bảng 5 sử dụng cùng nguyên lý. Do nguyên lý lấy mẫu con giống nhau, chỉ có chỉ số là khác nhau nhưng hiệu năng bảng mã là không bị thay đổi.

Như một phương án khác, tải tin 4-bit có thể được truyền trong thông báo kiểu 5 để tăng cường khả năng giải mã sự thu nhận. Trong trường hợp này, phương pháp mã hóa kết hợp RI và W1 được lấy mẫu con có thể được áp dụng cho bảng 6 dưới đây. Tổng số 9 giả định được thể hiện và do đó có thể được thể hiện trong 4 bit, và chỉ số RI và W1 cho mỗi giả định được thể hiện trong bảng 6 dưới đây. Ví dụ, giả định số 0 liên quan đến RI=1 và chỉ số W1 là 0 và giả định thứ nhất liên quan đến RI=1 và chỉ số W1 là 2. W1 bảng mã có các số hạng bằng 3 và 4 là ma trận nhận dạng, và do đó việc báo hiệu riêng rẽ cho W1 không được yêu cầu.

Bảng 6

Các giả định	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 nhận dạng)
9	4	Không có (W1 là ma trận nhận dạng)

Phương pháp lấy mẫu con của bảng 6 có thể được mô tả theo hai bước. Đầu

tiên, tương tự trong bảng 5, các từ mã W1 bị xếp chồng được loại bỏ. Sau đó việc lấy mẫu con được thực hiện để phân bổ các trị số được bao gồm trong hàng thứ hai của Xn từ số còn lại trong $\{0,1,2,3,4,5,6,7\}$ với khoảng quy đổi $(q_1)^k = e^{j2\pi k/32}$ trong đó $k = 0,1,2, \dots, 31$. Do đó, việc lấy mẫu con được thực hiện để phân bổ các trị số với khoảng quy đổi $(q_1)^k$, từ đó ngăn chặn các chùm của W1 khỏi việc bị tập trung theo một hướng cụ thể trên không gian bảng mã. Do đó, sự suy giảm hiệu năng bảng mã gây ra bởi việc lấy mẫu con có thể được giảm.

Có thể thực hiện việc lấy mẫu con chỉ sử dụng từ mã $\{1,3,5,7\}$ thay vì $\{0,2,4,6\}$ trong bảng 6 sử dụng cùng nguyên lý. Do nguyên lý lấy mẫu con giống nhau, chỉ có chỉ số là khác nhau nhưng hiệu năng bảng mã không bị thay đổi.

Trong bảng 5, các chỉ số W1 mà có các số hạng bằng 1 và 2 là giống nhau. Tương tự, trong bảng 6, các chỉ số W1 mà có các số hạng bằng 1 và 2 là giống nhau. Hơn nữa, các phương pháp lấy mẫu con của các bảng 5 và 6 có thể được kết hợp và được tạo cấu hình. Ví dụ, W1 có số hạng bằng 1 có thể sử dụng các trị số từ bảng 5 và W1 có số hạng bằng 2 có thể sử dụng các trị số từ bảng 6. Trong trường hợp này, các số hạng 1 và 2 lần lượt có 8 và 4 giả định, và sự truyền thông báo kiểu 5 có thể sử dụng 4 bit.

Phương án thứ hai

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

Theo phương án thứ hai của sáng chế, phương pháp lấy mẫu con của W1/W2 trong thông báo kiểu 2c có thể được áp dụng như được thể hiện trong bảng 7 dưới đây. Ví dụ, chỉ một trong số $\{0,1,2,3,4,5,6,7\}$ có thể được thông báo làm chỉ số W1 mà có số hạng bằng 1 và chỉ một trong số $\{0,2\}$ có thể được thông báo làm chỉ số W2. Bảng mã W1 có các số hạng bằng 3 và 4 là ma trận nhận dạng, và do đó việc báo hiệu riêng rẽ cho W1 không được yêu cầu.

Bảng 7

RI	PMI của W1		PMI của W2		Tổng số bit
	Số bit	Các giá trị	Số bit	Các giá trị	
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 nhận dạng)	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 nhận dạng)	4	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15}	4

Trong bảng 7, W1 được lấy mẫu con sử dụng phương pháp giống như trong bảng 5 nêu trên. Phương pháp lấy mẫu con của W2 giống như trong trường hợp bảng mã 8Tx. W2 được lấy mẫu con như được thể hiện trong bảng 7 sao cho vector lựa chọn của W2 có thể được ấn định là e1 và chỉ hệ số đồng phaso của W2 có thể được lựa chọn. Trong trường hợp này, ngay cả khi W1 được tạo cấu hình với {0,1,2,3,4,5,6,7}, vector lựa chọn của W2 chỉ được ấn định là e1. Do đó, ma trận tiền mã hóa cuối được tạo ra bằng cách nhân W1 và W2 chỉ sử dụng từ vector thứ 0 đến vector thứ 7 trong số 32 vector của 2 x 32 ma trận DFT được lấy mẫu quá 16 lần.

Khi việc lấy mẫu con được thực hiện như được thể hiện trong bảng 7, ma trận tiền mã hóa được tập trung theo một hướng cụ thể trên không gian bảng mã, từ đó gây ra sự suy giảm hiệu năng. Để giải quyết vấn đề này, bảng 8 dưới đây có thể được áp dụng.

Bảng 8

RI	PMI của W1		PMI của W2		Tổng số bit
	Số bit	Các giá trị	Số bit	Các giá trị	
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 nhận dạng)	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 nhận dạng)	4	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15}	4

Như một phương pháp khác, trong thông báo kiểu 2c, phương pháp lấy mẫu con của W1/W2 có thể được áp dụng như được thể hiện trong bảng 9 dưới đây. Trong các bảng 7 và 8, W1 và W2 lần lượt được thể hiện trong 3 bit và 1 bit, nhưng trong bảng 9, W1 và W2 lần lượt được thể hiện trong 2 bit và 2 bit, sao cho W2 đảm bảo mức độ tự do lựa chọn vector lựa chọn cũng như hệ số đồng phaso. Đó là, e3 cũng như e1 có thể được lựa chọn làm vector lựa chọn. Vector của W1 được lựa chọn làm e1 và vector của W1 được lựa chọn làm e3 vuông góc với mỗi vector khác. Khi tính lựa chọn tần số cao, e1 hoặc e3 có thể được lựa chọn trong W2 làm thông tin băng con để phản hồi chính xác hướng kênh nếu có thể.

Bảng 9

RI	PMI của W1		PMI của W2		Tổng số bit
	Số bit	Các giá trị	Số bit	Các giá trị	
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 (W1 là ma trận nhận dạng)	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 nhận dạng)	4	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15}	4

Trong bảng 9, W1 được lấy mẫu con sử dụng cùng phương pháp như trong bảng 6. W2 được lấy mẫu con như được thể hiện trong bảng 9 để lựa chọn e1 và e3 làm vector lựa chọn của W2. Trong trường hợp này, ngay cả khi W1 được tạo cấu hình với {0,2,4,6}, chỉ có e1 và e3 thay vì e1, e2, e3, và e4 có thể được lựa chọn làm vector lựa chọn của W2. Do đó, ma trận tiền mã hóa cuối được tạo ra bằng cách nhân W1 và W2 chỉ sử dụng vector với các trị số được phân bổ không đều trong số 32 vector của 2 x 32 ma trận DFT được lấy mẫu quá 16 lần. Đó là, chỉ có các vector DFT thứ {0, 2, 4, 6, 16, 18, 20, 22} được sử dụng.

Khi việc lấy mẫu con được thực hiện như được thể hiện trong bảng 9, ma trận tiền mã hóa có thể được tập trung theo một hướng cụ thể trên không gian băng mã để làm suy giảm hiệu năng. Để giải quyết vấn đề này, việc lấy mẫu con có thể được thể hiện như được thể hiện trong bảng 10 dưới đây. Trong bảng 10 dưới đây,

ma trận tiền mã hóa cuối được tạo ra bằng cách nhân W1 và W2 có thể sử dụng các vector thứ {0,4,8,12,16,20,24,28} với các trị số được phân bổ không đều trong số 32 vector của 2 x 32 ma trận DFT được lấy mẫu quá 16 lần.

Bảng 10

RI	PMI của W1		PMI của W2		Tổng số bit
	Số bit	Các giá trị	Số bit	Các giá trị	
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 nhận dạng)	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 nhận dạng)	4	{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15}	4

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

Hơn nữa, trong bảng 10, khi số hạng bằng 1, {0, 2, 8, 10} làm chỉ số bảng mã của W2 có thể được suy ra bằng áp dụng chỉ số PMI thứ hai I_{PMI2} là một trong số các số từ 0 đến 3 theo phương trình sau đây.

Phương trình 15

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

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

Phương trình 16

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

Phương án thứ ba

Phương án thứ ba theo sáng chế đề cập đến ví dụ khác của bảng mã 4Tx nêu

trên của các phương trình từ 12 đến 15, và ngay cả khi bảng mã trong phương án thứ ba của sáng chế được sử dụng, các phương án thứ nhất và thứ hai của sáng chế có thể được áp dụng. Bảng mã nêu trên của các phương trình từ 12 đến 15 và bảng mã theo phương án thứ ba của sáng chế là giống nhau ngoại trừ một số từ mã (9, 10, 11, 12, 13, 14, 15) của W2 mà có số hạng bằng 2. Do đó, khi bảng mã theo phương án thứ ba của sáng chế được lấy mẫu con theo phương án thứ nhất hoặc thứ hai của sáng chế, các số mã được lấy mẫu con là giống nhau.

Bảng mã 4Tx theo phương án thứ ba của sáng chế có thể được thể hiện bằng cách nhân hai ma trận như sau đây.

Phương trình 17

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

Ở đây, ma trận tiền mã hóa phía trong $\mathbf{W}_1$ và ma trận tiền mã hóa phía ngoài $\mathbf{W}_2$ có thể lần lượt thể hiện các đặc tính kênh băng rộng/dài hạn và các đặc tính kênh băng con/ngắn hạn. $\mathbf{W}_1$ có thể được thiết đặt như sau đây.

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 đây.

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 $\mathbf{W}_2$ có số hạng bằng 1 có thể được thiết đặt như sau đây.

Phương trình 19

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

$$\mathbf{Y} = e_i \in \{e_1, e_2, e_3, e_4\} \text{ và } \alpha(i) = q_1^{2(i-1)}$$

Bảng mã W_2 có số hạng bằng 2 có thể được thiết đặt như sau đây.

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 phần tử bằng 0 ngoại trừ phần tử thứ n bằng 1.

Chỉ số của W_1 được xác định là i_1 , và i_1 giống với chỉ số n của W_1 trong phương trình nêu trên của bảng mã $4T_x$.

Hơn nữa, chỉ số của W_2 được xác định như được thể hiện trong bảng sau đây.

Bảng 4

Chỉ số của W2	W2 có số hạng bằng 1	W2 có số hạng bằng 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 trên Fig.16, phương pháp thông báo thông tin trạng thái kênh sẽ được mô tả theo phương án của sáng chế. Dựa trên Fig.16, phương pháp thông báo thông tin trạng thái kênh theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả.

Trong bước S161, UE lấy mẫu con bảng mã thứ nhất được liên kết với chỉ báo ma trận tiền mã hóa (PMI) thứ nhất và bảng mã thứ hai được liên kết với PMI thứ hai theo chế độ con thông báo cho công 4 anten.

Phương pháp lấy mẫu con chi tiết giống với phương pháp lấy mẫu con được mô tả liên quan đến phương án thứ hai của sáng chế và sự mô tả chi tiết của nó sẽ được bỏ qua.

Trong bước S163, UE thông báo thông tin trạng thái kênh dựa trên bảng mã thứ nhất và bảng mã thứ hai được lấy mẫu con.

Ở đây, khi số chỉ báo hạng (RI) bằng 1 hoặc 2, chỉ số bảng mã thứ nhất đối với PMI thứ nhất được xác định là một trong số 0, 4, 8, và 12. Khi RI bằng 1, chỉ số bảng mã thứ hai đối với PMI thứ hai được xác định là một trong số 0, 2, 8, và 10. Khi RI bằng 2, chỉ số bảng mã thứ hai đối với PMI thứ hai được xác định là một trong số 0, 1, 4, và 5.

Liên quan đến phương pháp truyền thông tin trạng thái kênh, các phương án nêu trên của sáng chế được áp dụng độc lập hoặc hai hoặc nhiều hơn hai phương án được áp dụng đồng thời và phần mô tả các phần không cần thiết được bỏ qua để dễ hiểu hơn.

Hơn nữa, ý tưởng giống như được đưa ra bởi sáng chế có thể cũng được áp dụng cho sự truyền và thu MIMO đường lên đối với sự truyền MIMO giữa BS và role (trong đường truyền đường lên và đường truyền đường xuống) và sự truyền MIMO giữa role và UE (trong truy cập đường lên và truy cập đường xuống).

BS và UE trong đó các phương án của sáng chế có thể áp dụng được

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

Khi role được bao gồm trong hệ thống truyền thông không dây, truyền thông

trong liên kết đường truyền được thực hiện giữa BS và role, và truyền thông trong liên kết truy cập được thực hiện giữa role và UE. Do đó, BS hoặc UE được thể hiện trên hình vẽ có thể được thay thế bởi role là cần thiết.

Dựa trên 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 phận tần số radio (RF) 1716. Bộ xử lý 1712 có thể được tạo cấu hình để sử dụng các thủ tục và/hoặc các phương pháp được đưa ra bởi sáng chế. Bộ nhớ 1714 được kết nối với bộ xử lý 1712 và lưu trữ các thông tin liên quan đến sự hoạt động của bộ xử lý 1712. Bộ phận 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 phận RF 1726. Bộ xử lý 1722 có thể được tạo cấu hình để sử dụng các thủ tục và/hoặc các phương pháp được đưa ra bởi sáng chế. Bộ nhớ 1724 được kết nối với bộ xử lý 1722 và lưu trữ các thông tin liên quan đến sự hoạt động của bộ xử lý 1722. Bộ phận 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 anten đơn hoặc đa anten. Các phương án của sáng chế được mô tả trong bản mô tả này dưới đây là sự kết hợp các phần tử và các đặc tính của sáng chế. Các phần tử hoặc các đặc tính có thể được xem xét có chọn lọc trừ khi có đề cập khác. Mỗi phần tử hoặc đặc tính có thể được áp dụng mà không cần kết hợp với các phần tử hoặc các đặc tính khác. Hơn nữa, phương án của sáng chế có thể được tạo ra bằng cách kết hợp các phần của các phần tử và/hoặc các đặc tính. Thứ tự hoạt động được mô tả trong các phương án của sáng chế có thể được sắp xếp lại. Một số sự tạo lập một phương án bất kỳ có thể được bao gồm trong phương án khác và có thể được thay thế bằng tự tạo lập tương ứng của phương án khác. Sáng chế là rõ ràng đối 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 theo từng điểm khác trong yêu cầu bảo hộ sau đây có thể được thể hiện dưới dạng kết hợp làm phương án của sáng chế hoặc được bao gồm trong điểm yêu cầu bảo hộ mới trong yêu cầu bảo hộ sửa đổi sau đây sau khi đơn được nộp.

Theo các phương án của sáng chế, quy trình cụ thể được mô tả như được thực hiện bởi BS có thể được thể hiện bởi các nút trên của BS. Đó là, rõ ràng rằng,

trong mạng bao gồm nhiều nút mạng có chứa BS, nhiều quy trình được thực hiện để truyền thông với UE có thể được thể hiện bởi BS, hoặc các nút mạng không phải là BS. Thuật ngữ 'BS' có thể được thay thế bằng trạm cố định, Node B, eNode B (eNB), điểm truy cập, v.v..

Các phương án theo sáng chế có thể được thực hiện bằng nhiều phương tiện, ví dụ, phần cứng, phần sụn, 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 mạch tích hợp chuyên dụng (ASIC), nhiều bộ xử lý tín hiệu số (DSP), nhiều thiết bị xử lý tín hiệu số (DSPD), nhiều thiết bị logic lập trình được (PLD), nhiều mảng cổng lập trình được dạng trường (FPGA), nhiều bộ xử lý, nhiều bộ điều khiển, nhiều vi điều khiển, nhiều vi xử lý, v.v..

Trong cấu hình phần cứng hoặc phần mềm, các phương án của sáng chế có thể được thực hiện bởi loại mô đun, thủ tục, hoặc chức năng, mà thực hiện các chức năng hoặc các quy trình được mô tả trên đây. Mã phần mềm có thể được lưu trữ trong khối bộ nhớ và sau đó có thể được thực hiện bởi bộ xử lý.

Khối bộ nhớ có thể được bố trí bên trong hoặc bên ngoài bộ xử lý để truyền và thu dữ liệu tới và từ bộ xử lý thông qua các phương pháp đã biết.

Rõ ràng đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này rằng các sự điều chỉnh và sự thay đổi có thể được tạo ra theo sáng chế mà không cần vượt ra khỏi phạm vi của sáng chế. Do đó, mục đích của sáng chế là bao gồm các điều chỉnh và các thay đổi theo sáng chế này mà nằm trong phạm vi của yêu cầu bảo hộ sau đây và các phần tương đương của chúng.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Các phương án được mô tả trên đây của sáng chế có thể được áp dụng cho hệ thống truyền thông không dây như thiết bị người dùng (UE), role, trạm gốc (BS), v.v..

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp truyền thông tin trạng thái kênh (CSI – channel state information) bởi thiết bị người dùng trong hệ thống truyền thông không dây, phương pháp này bao gồm các bước:

xác định chỉ báo ma trận tiền mã hóa (PMI – precoding matrix indicator) thứ nhất được kết hợp với chỉ số bảng mã thứ nhất, và PMI thứ hai được kết hợp với chỉ số bảng mã thứ hai dùng cho chế độ báo cáo CSI cụ thể với 4 cổng anten; và

báo cáo CSI bao gồm PMI thứ nhất và PMI thứ hai,

trong đó:

khi chỉ báo hạng (RI – rank indicator) bằng 1, chỉ số bảng mã thứ nhất bị giới hạn để được xác định là một trong số 0, 4, 8, và 12 và chỉ số bảng mã thứ hai bị giới hạn để được xác định là một trong số 0, 2, 8, và 10; và

khi RI bằng 2, chỉ số bảng mã thứ nhất bị giới hạn để được xác định là một trong số 0, 4, 8, và 12 và chỉ số bảng mã thứ hai bị giới hạn để được xác định là một trong số 0, 1, 4, và 5.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó, khi RI bằng 1 hoặc 2, mỗi PMI trong số PMI thứ nhất và PMI thứ hai được thể hiện bởi 2 bit.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó, khi RI bằng 3 hoặc 4, ma trận tiền mã hóa tương ứng với PMI thứ nhất cần được xem xét là ma trận nhận dạng và chỉ số bảng mã thứ hai cần được xem xét là một trong số các số nguyên từ 0 đến 15.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó tổng kích cỡ tải tin dùng để thể hiện PMI thứ nhất và PMI thứ hai là 4 bit, không liên quan đến trị số của RI.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chế độ báo cáo CSI cụ thể là chế độ con cụ thể của chế độ báo cáo CSI theo chu kỳ.

6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó khi RI bằng 1 hoặc 2, ma trận tiền mã hóa cuối cùng cần được xác định dựa trên chỉ số bảng mã thứ nhất và chỉ số bảng mã thứ hai.

7. Phương pháp theo điểm 1, trong đó CSI còn bao gồm chỉ báo chất lượng kênh (CQI) băng rộng, và

trong đó PMI thứ nhất, PMI thứ hai và CQI được báo cáo trong khung con thứ nhất.

8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó CSI còn bao gồm RI, và
trong đó RI được báo cáo trong khung con thứ hai khác với khung con thứ nhất.
9. Thiết bị người dùng dùng để truyền thông tin trạng thái kênh (CSI) trong hệ thống truyền thông không dây, thiết bị người dùng này bao gồm:
bộ phận tần số radio (RF); và
bộ xử lý được ghép nối hoạt động được với bộ phận RF và được tạo cấu hình để:
xác định chỉ báo ma trận tiền mã hóa (PMI) thứ nhất được kết hợp với chỉ số bảng mã thứ nhất, và PMI thứ hai được kết hợp với chỉ số bảng mã thứ hai dùng cho chế độ báo cáo CSI cụ thể với 4 cổng anten; và
báo cáo CSI bao gồm PMI thứ nhất và PMI thứ hai,
trong đó:
khi chỉ báo hạng (RI), bằng 1, chỉ số bảng mã thứ nhất bị giới hạn để được xác định là một trong số 0, 4, 8, và 12 và chỉ số bảng mã thứ hai bị giới hạn để được xác định là một trong số 0, 2, 8, và 10, và
khi RI bằng 2, chỉ số bảng mã thứ nhất bị giới hạn để được xác định là một trong số 0, 4, 8, và 12 và chỉ số bảng mã thứ hai bị giới hạn để được xác định là một trong số 0, 1, 4, và 5.
10. Thiết bị người dùng theo điểm 9, trong đó khi RI bằng 1 hoặc 2, mỗi PMI trong số PMI thứ nhất và PMI thứ hai được thể hiện bởi 2 bit.
11. Thiết bị người dùng theo điểm 9, trong đó khi RI bằng 3 hoặc 4, ma trận tiền mã hóa tương ứng với PMI thứ nhất cần được xem xét là ma trận nhận dạng và chỉ số bảng mã thứ hai cần được xem xét là một trong số các số nguyên từ 0 đến 15.
12. Thiết bị người dùng theo điểm 9, trong đó tổng kích cỡ tải tin dùng để thể hiện PMI thứ nhất và PMI thứ hai là 4 bit, không liên quan đến trị số của RI.
13. Thiết bị người dùng theo điểm 9, trong đó chế độ báo cáo CSI cụ thể là chế độ con cụ thể của chế độ báo cáo CSI theo chu kỳ.
14. Thiết bị người dùng theo điểm 9, trong đó, khi RI bằng 1 hoặc 2, ma trận tiền mã hóa cuối cùng cần được xác định dựa trên chỉ số bảng mã thứ nhất và chỉ số bảng mã thứ hai.

15. Thiết bị người dùng theo điểm 9, trong đó CSI còn bao gồm chỉ báo chất lượng kênh (CQI) băng rộng, và

trong đó PMI thứ nhất, PMI thứ hai và CQI được báo cáo trong khung con thứ nhất.

16. Thiết bị người dùng theo điểm 15, trong đó CSI còn bao gồm RI, và

trong đó RI được báo cáo trong khung con thứ hai khác với khung con thứ nhất.

FIG. 1

E-UMTS

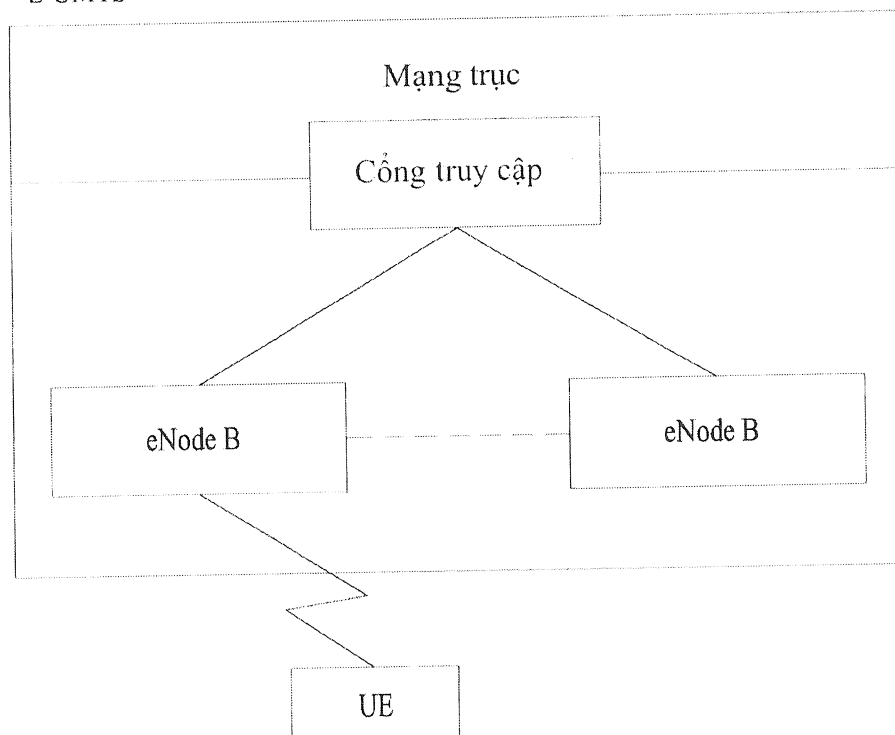
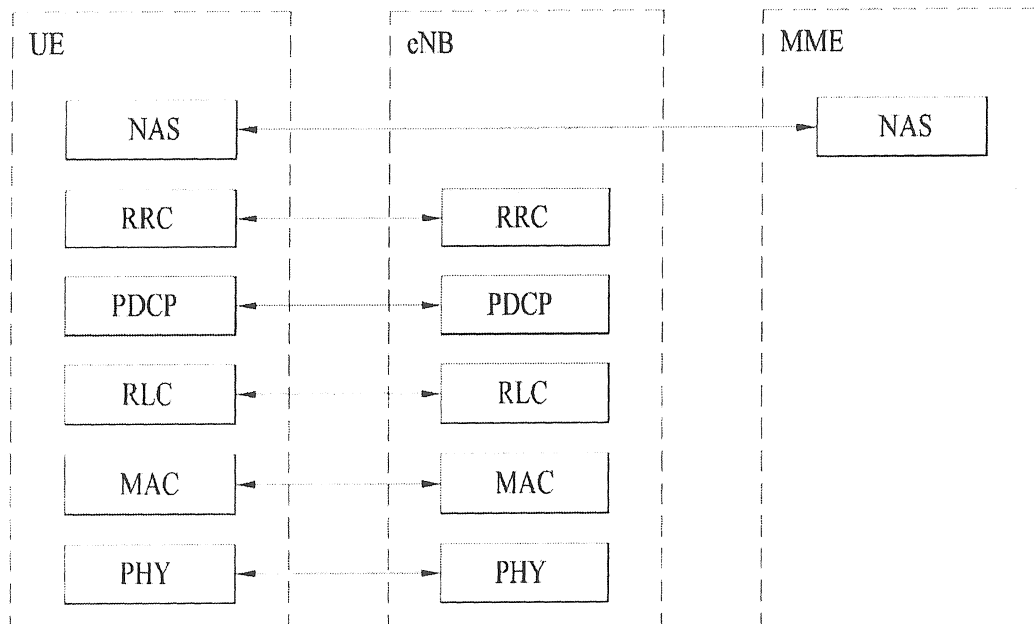
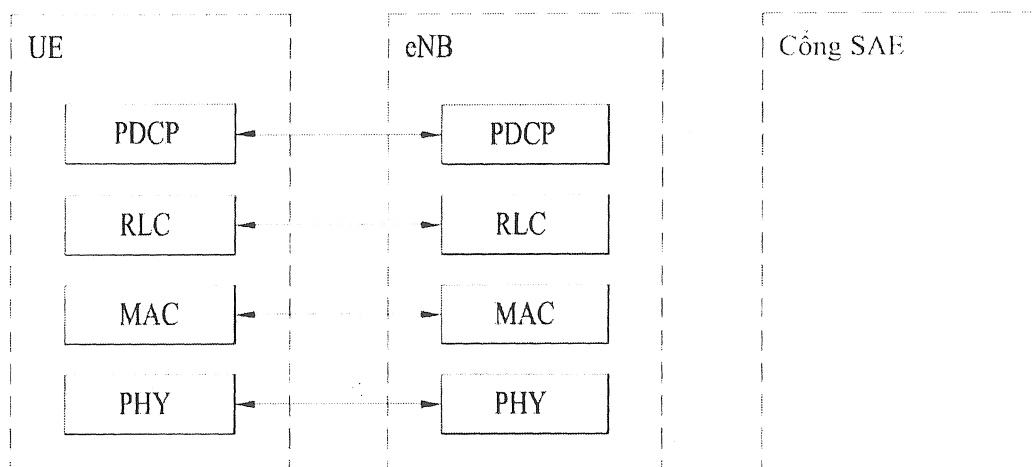


FIG. 2



(a) Ngăn xếp giao thức mặt phẳng điều khiển



(b) Ngăn xếp giao thức mặt phẳng người dùng

FIG. 3

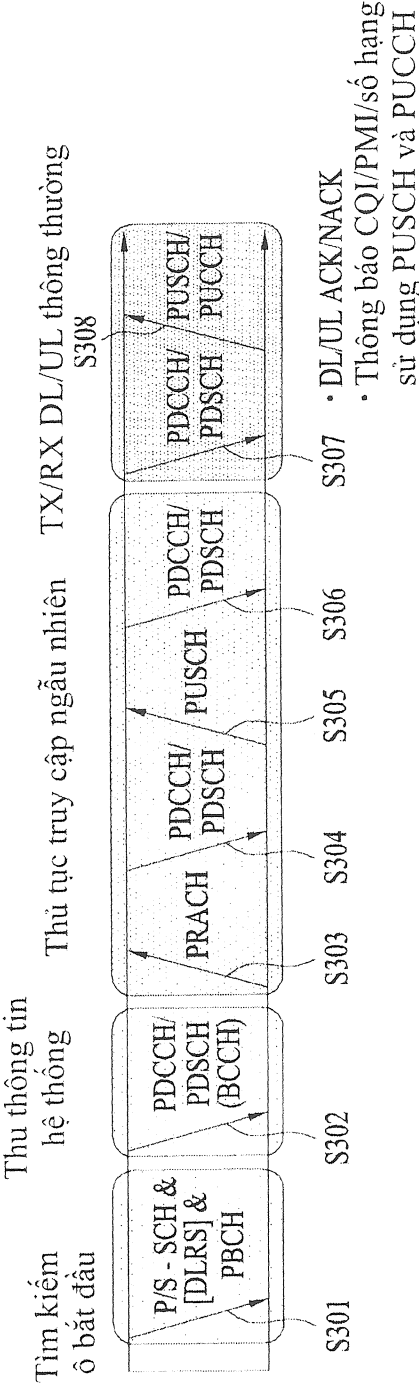


FIG. 4

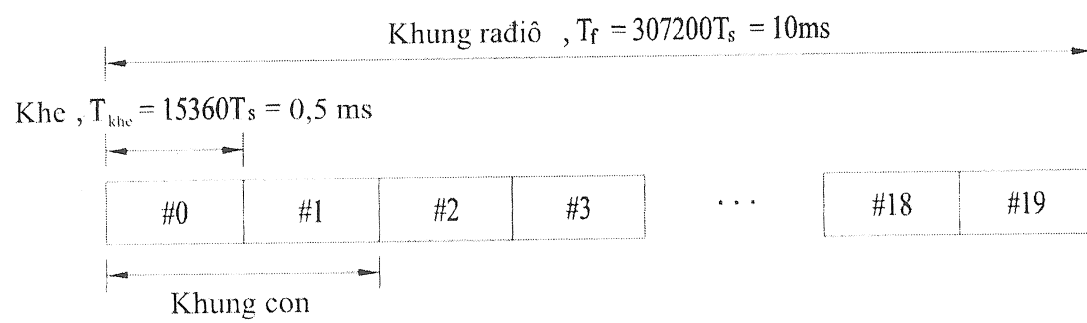


FIG. 5

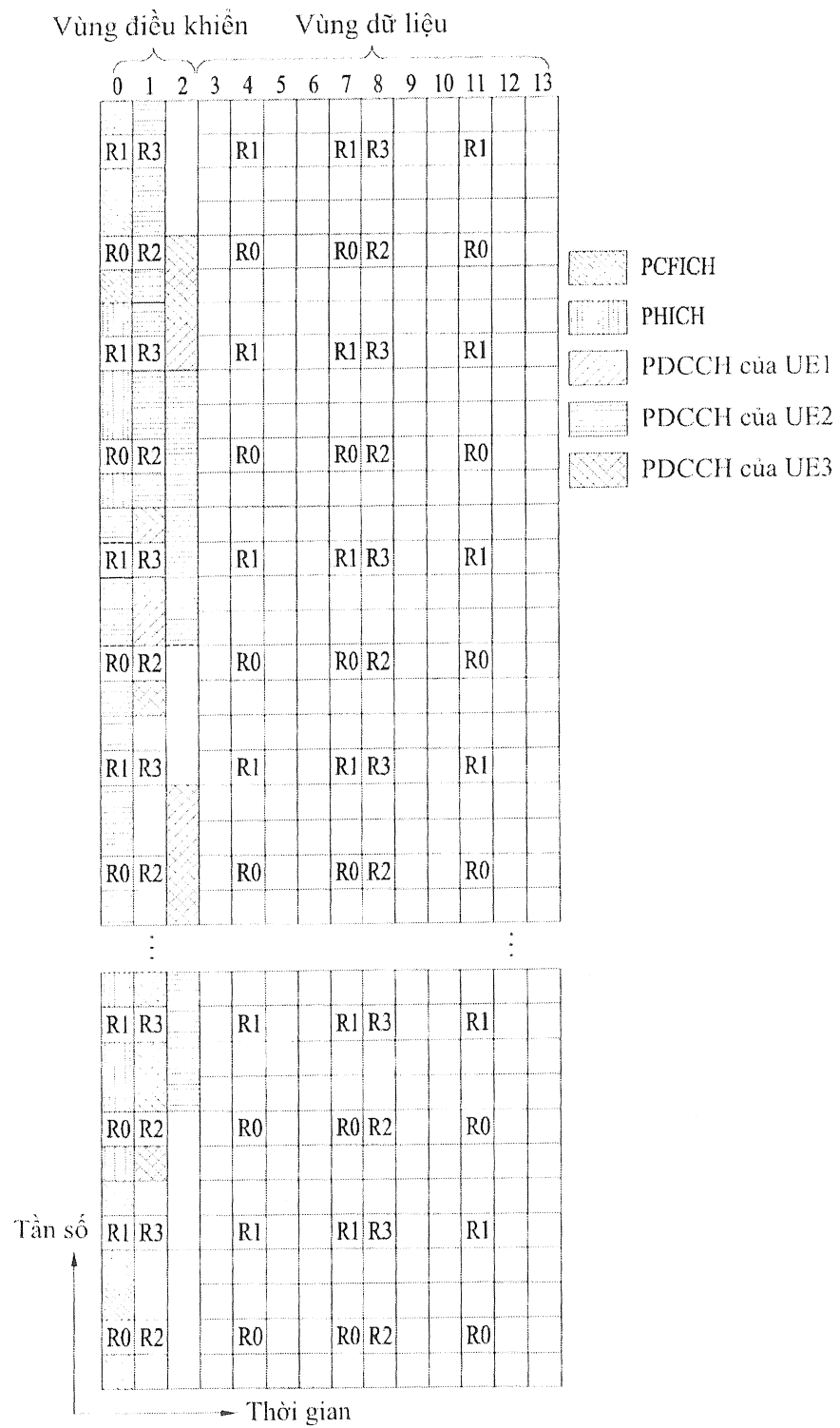


FIG. 6

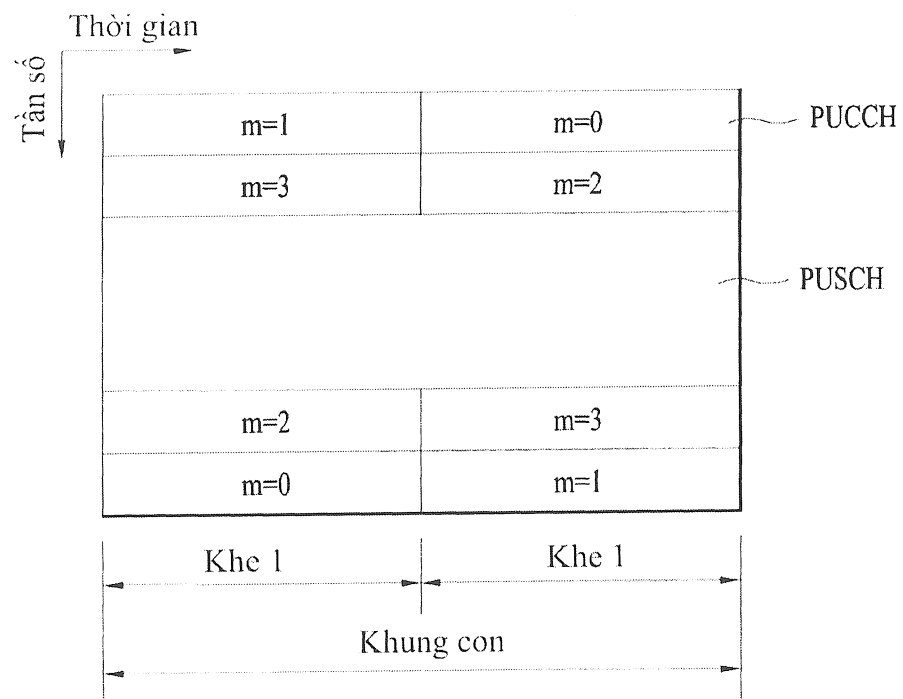


FIG. 7

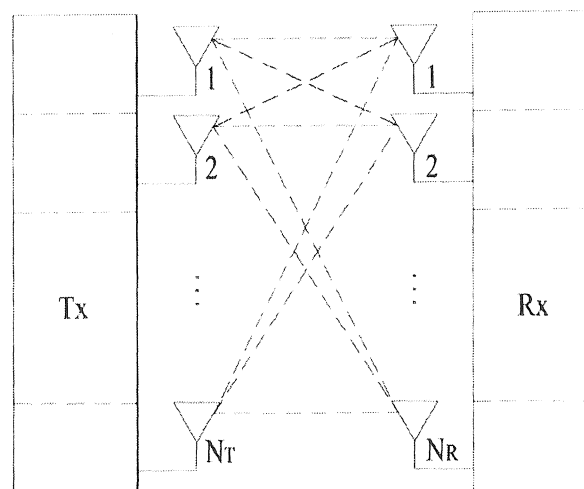


FIG. 8

Chế độ báo cáo CQI		Dạng phản hồi PMI	
		Không có PMI	PMI đơn
Dạng phản hồi PUCCH CQI	Băng rộng (CQI băng rộng)	Chế độ 1-0	Chế độ 1-1
	UE-được chọn (CQI băng con)	Chế độ 2-0	Chế độ 2-1

FIG. 9

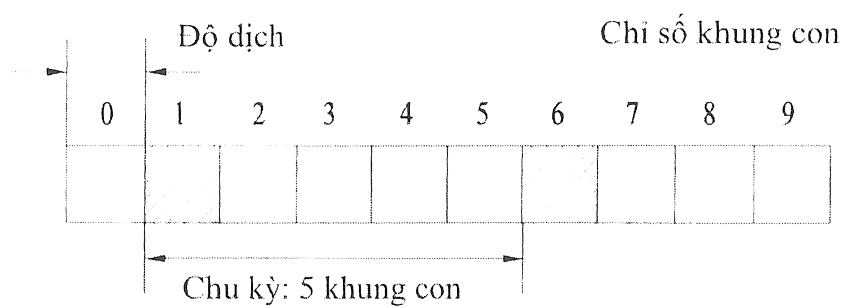


FIG. 10

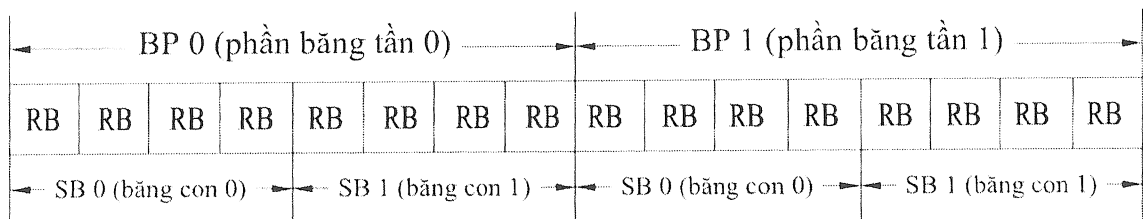


FIG. 11

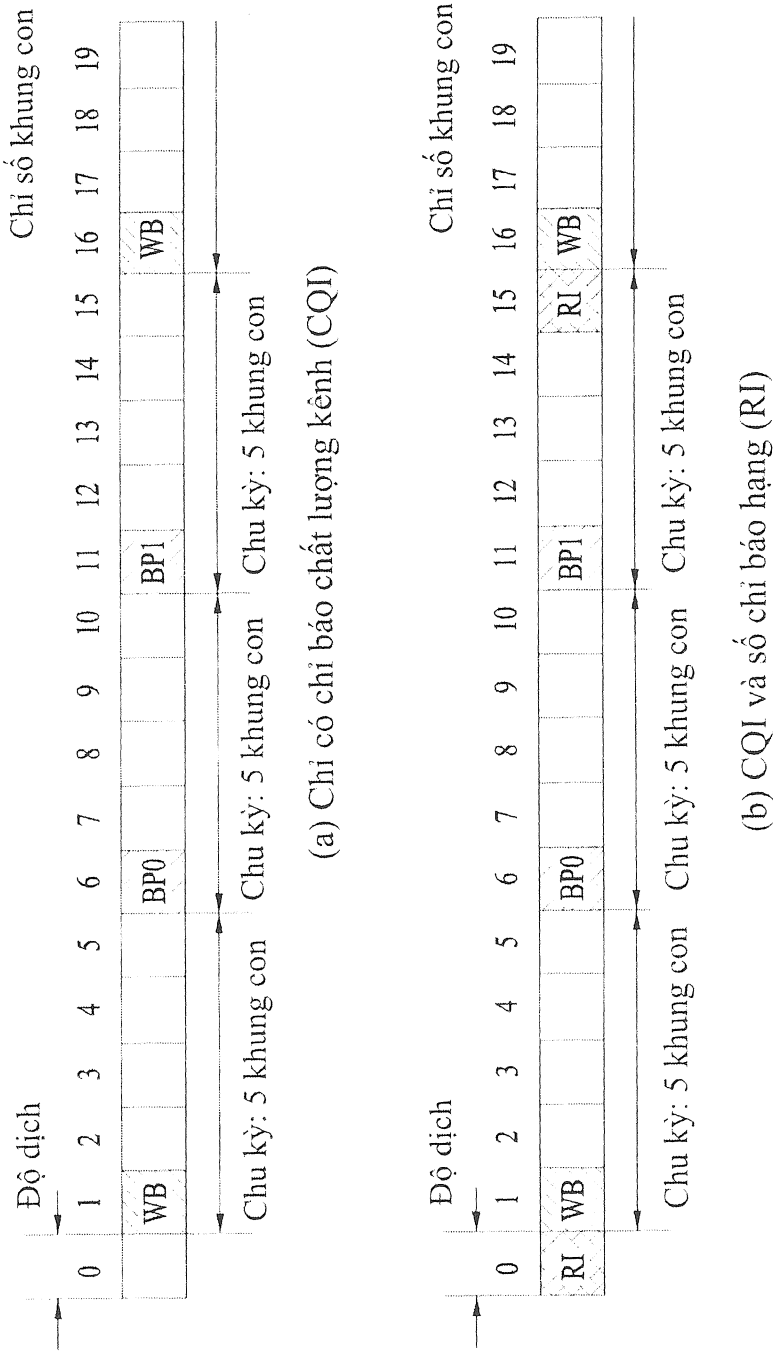


FIG. 12

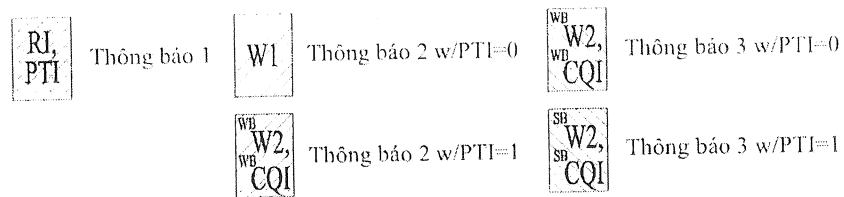
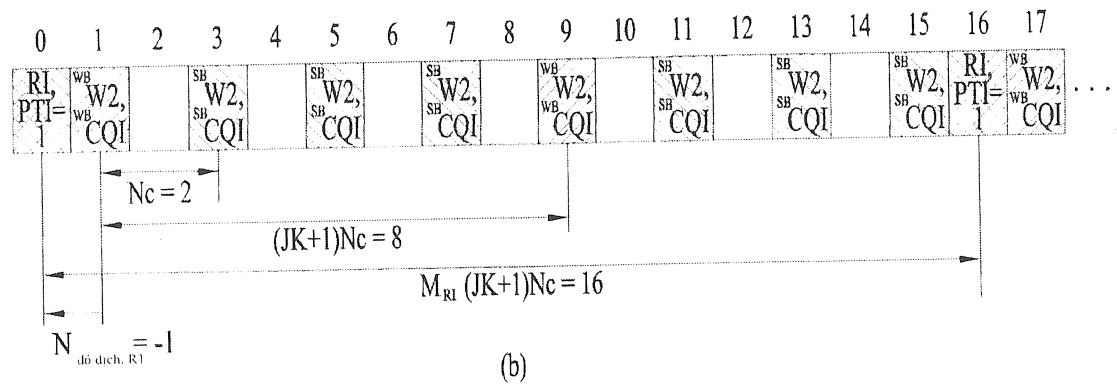
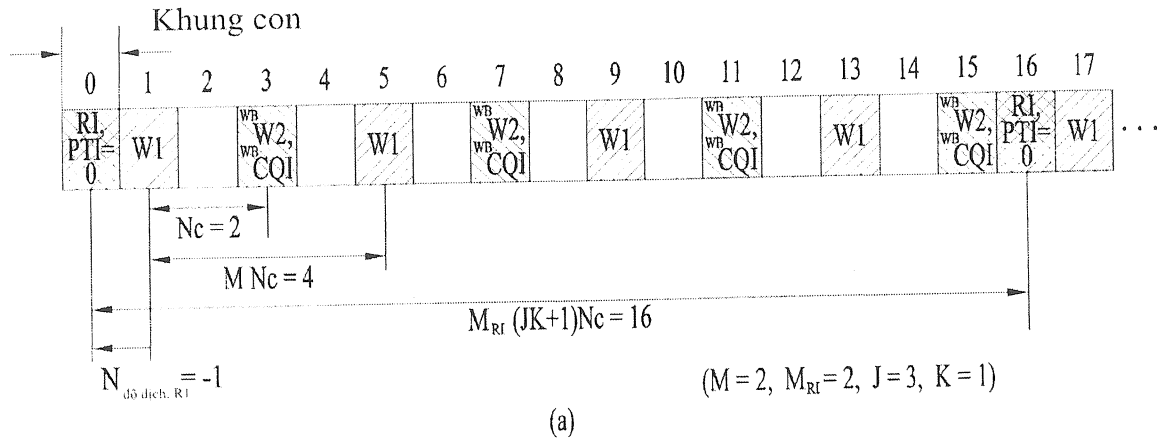


FIG. 13

Khung con

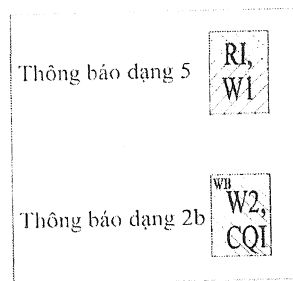
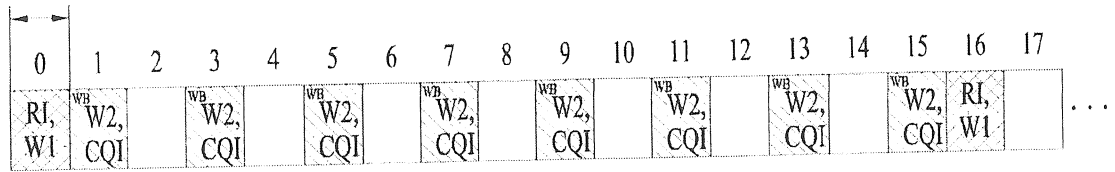


FIG. 14

Khung con

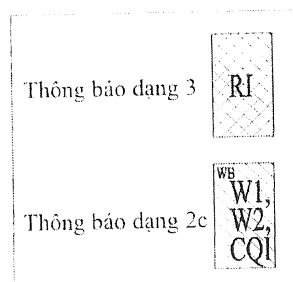
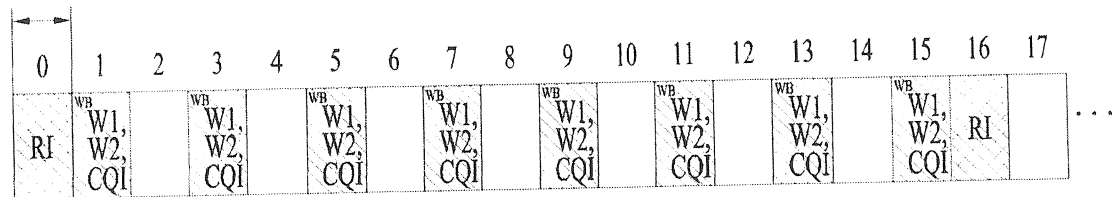


FIG. 15

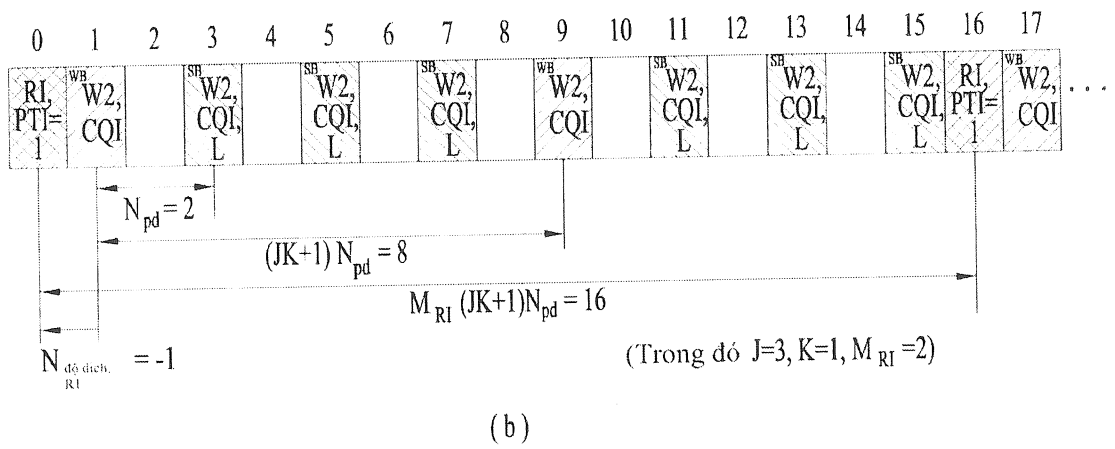
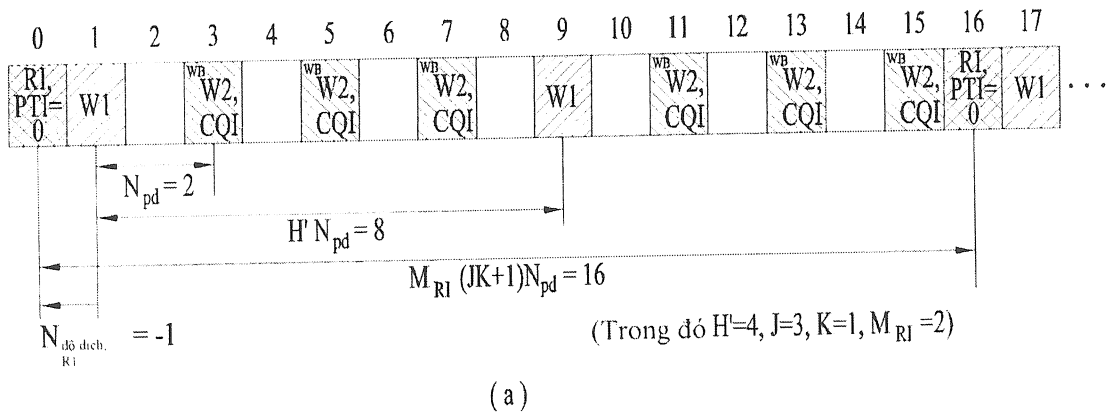


FIG. 16

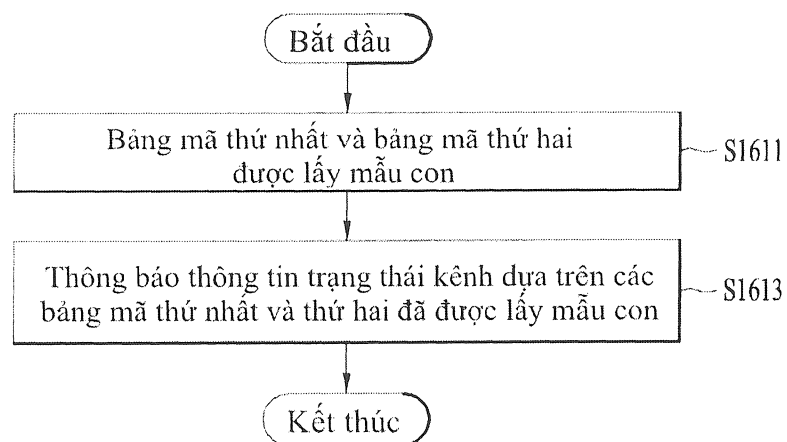


FIG. 17

