



(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) 
1-0019842

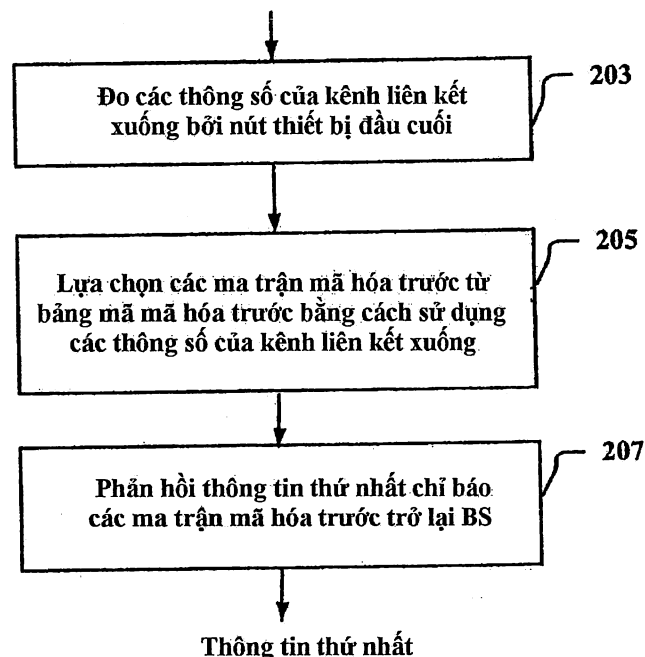
(51)⁷ **H04L 1/06, 1/00, H04B 7/04**

(13) **B**

- (21) 1-2012-02629 (22) 30.01.2011
(86) PCT/CN2011/070821 30.01.2011 (87) WO2011/098015A1 18.08.2011
(30) 201010111774.3 11.02.2010 CN
(45) 25.09.2018 366 (43) 25.12.2012 297
(73) SONY CORPORATION (JP)
1-7-1 Konan, Minato-ku, Tokyo 108-0075, Japan
(72) CUI, Qimei (CN), LI, Shiyuan (CN), TAO, Xiaofeng (CN), WANG, Chao (CN),
YANG, Xianjun (CN)
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) **PHƯƠNG PHÁP VÀ THIẾT BỊ PHẢN HỒI THÔNG TIN KÊNH DỰA VÀO BẢNG MÃ, PHƯƠNG PHÁP VÀ THIẾT BỊ THU THÔNG TIN KÊNH DỰA VÀO BẢNG MÃ**

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp phản hồi thông tin kênh dựa vào bảng mã, thiết bị và hệ thống phản hồi thông tin kênh dựa vào bảng mã. Phương pháp phản hồi thông tin kênh dựa vào bảng mã bao gồm các bước: đo, bởi thiết bị đầu cuối trong hệ thống truyền thông, thông số của kênh liên kết xuống giữa thiết bị đầu cuối và trạm gốc của hệ thống truyền thông; chọn các ma trận mã hóa trước từ bảng mã mã hóa trước bằng cách sử dụng thông số của kênh liên kết xuống, trong đó các ma trận mã hóa trước có thể được sử dụng bởi cả chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra (MIMO) đơn người dùng và chế độ truyền MIMO đa người dùng, và bảng mã mã hóa trước là tập hợp của các ma trận mã hóa trước; và phản hồi thông tin thứ nhất để chỉ báo các ma trận mã hóa trước về trạm gốc.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến sự phản hồi thông tin kênh trong hệ thống truyền thông vô tuyến đa đầu vào đa đầu ra (MIMO). Cụ thể là, sáng chế đề cập đến các phương pháp phản hồi thông tin kênh dựa vào bảng mã, các hệ thống và thiết bị phản hồi thông tin kênh dựa vào bảng mã.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Sự truyền đa anten có thể được phân loại thành hai loại, đó là chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đơn người dùng (SU-MIMO) và chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng (MU-MIMO). Fig.1(A) minh họa chế độ truyền SU-MIMO, và Fig.1(B) minh họa chế độ truyền MU-MIMO. Như được thể hiện trên Fig.1(A), ở chế độ truyền SU-MIMO, trạm gốc (BS) truyền nhiều luồng dữ liệu về tài nguyên tần số thuộc cùng một thời điểm tới cùng một người dùng. Chế độ truyền SU-MIMO có thể làm giảm tỷ lệ lỗi của hệ thống bằng cách sử dụng hệ số khuếch đại phân tập của nhiều anten và có thể cải thiện khả năng của hệ thống bằng cách sử dụng hệ số khuếch đại đa hợp của nhiều anten. Như được thể hiện trên Fig.1(B), ở chế độ truyền MU-MIMO, trạm gốc truyền nhiều luồng dữ liệu về tài nguyên tần số thuộc cùng một thời điểm tới nhiều người dùng, có thể được xem là kỹ thuật đa truy nhập phân chia không gian (SDMA), trong đó dữ liệu được truyền đến nhiều người dùng, nhờ đó cải thiện khả năng của hệ thống.

Kỹ thuật mã hóa trước là kỹ thuật xử lý tín hiệu sẽ xử lý trước các ký hiệu cần được truyền bằng cách sử dụng thông tin trạng thái kênh ở đầu truyền để loại bỏ nhiễu và cải thiện khả năng của hệ thống. Kỹ thuật mã hóa trước có thể được phân loại thành hai loại, nghĩa là phương pháp mã hóa trước trên cơ sở bảng mã và phương pháp mã hóa trước không trên cơ sở bảng mã. Để sử dụng kỹ thuật mã hóa trước, đầu truyền cần thu được thông tin về kênh truyền và xác định ma trận mã hóa trước dựa vào thông tin về kênh truyền. Trong hệ thống đa đầu vào đa đầu ra, khi trạm gốc sử dụng kỹ thuật mã hóa trước cho việc truyền liên kết xuống, nó đòi hỏi thiết bị người dùng (UE) phản hồi thông tin kênh liên kết xuống. Việc phản hồi thông tin kênh có thể được thực hiện bằng cách sử dụng chế độ phản hồi thông tin kênh rõ ràng, chế độ phản hồi thông tin kênh ẩn hoặc chế độ phản hồi sử dụng các đặc trưng đối xứng của kênh TDD. Trong chế độ phản hồi thông tin kênh rõ ràng, thông tin kênh liên kết xuống được phản hồi một cách trực tiếp, và khi ẩn, thông tin kênh được phản hồi theo cách ẩn bằng cách phản hồi ma trận mã hóa trước hoặc dạng tương tự.

LTE (Long Term Evolution - Phát triển dài hạn) đề xuất chế độ phản hồi thông tin kênh ẩn. Trong LTE, thiết bị người dùng chọn ma trận mã hóa trước dựa vào chế độ truyền và các thông số được đo của kênh liên kết xuống, và phản hồi thông tin chỉ báo ma trận mã hóa trước (PMI) tương ứng với ma trận mã hóa trước về trạm gốc. Chẳng hạn, nếu chế độ SU-MIMO được sử dụng, thiết bị người dùng phản hồi về trạm gốc PMI của ma trận mã hóa trước thích hợp cho chế độ SU-MIMO, và nếu chế độ MU-MIMO được sử dụng, thiết bị người dùng phản hồi về trạm gốc PMI của ma trận mã hóa trước thích hợp cho chế độ MU-MIMO.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Phần dưới đây sẽ mô tả một cách vắn tắt về bản chất kỹ thuật của sáng chế để đưa ra các hiểu biết cơ bản về một số phương án thực hiện sáng chế. Phần này không phải khái quát mọi khía cạnh của giải pháp. Phần này không nhằm xác định giới hạn của sáng chế hay không nhằm giới hạn phạm vi của sáng chế. Phần này đơn thuần chỉ nhằm mục đích thể hiện một số khái niệm ở dạng đơn giản hóa làm mở đầu cho phần mô tả chi tiết được thảo luận dưới đây.

Theo một khía cạnh của sáng chế, có đề xuất phương pháp phản hồi thông tin kênh người dùng trên cơ sở bảng mã, phương pháp này bao gồm các bước: đo, bởi thiết bị đầu cuối trong hệ thống truyền thông, các thông số của kênh liên kết xuống giữa thiết bị đầu cuối và trạm gốc của hệ thống truyền thông; chọn các ma trận mã hóa trước thích hợp cho cả chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đơn người dùng (SU-MIMO) và chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng (MU-MIMO) từ bảng mã mã hóa trước, bảng mã mã hóa trước là tập các ma trận mã hóa trước; và phản hồi thông tin thứ nhất chỉ báo các ma trận mã hóa trước về trạm gốc.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, có đề xuất phương pháp thu thông tin kênh dựa vào bảng mã trong hệ thống truyền thông, bao gồm các bước: thu, bởi trạm gốc trong hệ thống truyền thông, thông tin thứ nhất được phản hồi từ thiết bị đầu cuối trong hệ thống truyền thông, thông tin thứ nhất chỉ báo các ma trận mã hóa trước thích hợp cho cả chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đơn người dùng (SU-MIMO) và chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng (MU-MIMO), các ma trận mã hóa trước được bao gồm trong bảng mã mã hóa trước mà là tập các ma trận mã hóa trước; chọn các ma trận mã hóa trước được

chỉ báo bởi thông tin thứ nhất từ bảng mã mã hóa trước; và tạo ra ma trận mã hóa trước thứ ba tương ứng với thiết bị đầu cuối dựa vào các ma trận mã hóa trước được chỉ báo bởi thông tin thứ nhất.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, có đề xuất thiết bị phản hồi thông tin kênh người dùng trên cơ sở bảng mã, thiết bị này được tạo cấu hình trong thiết bị đầu cuối trong hệ thống truyền thông và bao gồm: thiết bị đo, được tạo cấu hình để đo các thông số của kênh liên kết xuống giữa thiết bị đầu cuối và trạm gốc của hệ thống truyền thông; thiết bị tạo thông tin, được tạo cấu hình để chọn các ma trận mã hóa trước thích hợp cho cả chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đơn người dùng (SU-MIMO) và chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng (MU-MIMO) từ bảng mã mã hóa trước, và tạo ra thông tin thứ nhất chỉ báo các ma trận mã hóa trước, trong đó bảng mã mã hóa trước là tập các ma trận mã hóa trước; và thiết bị phản hồi, được tạo cấu hình để phản hồi thông tin thứ nhất về trạm gốc.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, có đề xuất thiết bị thu thông tin kênh trên cơ sở bảng mã, thiết bị này được tạo cấu hình trong trạm gốc trong hệ thống truyền thông và bao gồm: thiết bị thu, được tạo cấu hình để thu thông tin thứ nhất được phản hồi từ thiết bị đầu cuối trong hệ thống truyền thông, trong đó thông tin thứ nhất chỉ báo các ma trận mã hóa trước thích hợp cho cả chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đơn người dùng (SU-MIMO) và chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng (MU-MIMO), và các ma trận mã hóa trước được bao gồm trong bảng mã mã hóa trước mà là tập các ma trận mã hóa trước; và thiết bị tạo ma trận, được tạo cấu hình để chọn các ma trận mã hóa trước được chỉ báo bởi thông tin thứ nhất từ bảng mã mã hóa trước, và tạo ra ma trận

mã hóa trước thứ ba tương ứng với thiết bị đầu cuối dựa vào các ma trận mã hóa trước được chỉ báo bởi thông tin thứ nhất.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, có đề xuất phương pháp để truyền thông tin kênh dựa vào bảng mã trong hệ thống truyền thông, bao gồm các bước: đo, bởi thiết bị đầu cuối trong hệ thống truyền thông, các thông số của kênh liên kết xuống giữa thiết bị đầu cuối và trạm gốc của hệ thống truyền thông; chọn các ma trận mã hóa trước thích hợp cho cả chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đơn người dùng (SU-MIMO) và chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng (MU-MIMO) từ bảng mã mã hóa trước, bảng mã mã hóa trước là tập các ma trận mã hóa trước; phản hồi thông tin thứ nhất chỉ báo các ma trận mã hóa trước về trạm gốc; thu, bởi trạm gốc, thông tin thứ nhất; thu được các ma trận mã hóa trước được chỉ báo bởi thông tin thứ nhất từ bảng mã mã hóa trước; và tạo ra ma trận mã hóa trước thứ ba cần được sử dụng để mã hóa dữ liệu trước khi dữ liệu này được truyền giữa thiết bị đầu cuối và trạm gốc dựa vào các ma trận mã hóa trước được chỉ báo bởi thông tin thứ nhất.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, có đề xuất hệ thống truyền thông bao gồm trạm gốc và thiết bị đầu cuối. Thiết bị đầu cuối bao gồm: thiết bị đo, được tạo cấu hình để đo các thông số của kênh liên kết xuống giữa thiết bị đầu cuối và trạm gốc của hệ thống truyền thông; thiết bị tạo thông tin, được tạo cấu hình để chọn các ma trận mã hóa trước thích hợp cho cả chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đơn người dùng (SU-MIMO) và chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng (MU-MIMO) từ bảng mã mã hóa trước, và tạo ra thông tin thứ nhất chỉ báo các ma trận mã hóa trước, trong đó bảng mã mã hóa trước là tập các ma trận mã hóa trước; và thiết bị phản hồi, được tạo cấu hình để phản hồi

thông tin thứ nhất về trạm gốc. Trạm gốc bao gồm thiết bị thu, được tạo cấu hình để thu thông tin thứ nhất được phản hồi từ thiết bị đầu cuối; và thiết bị tạo ma trận, được tạo cấu hình để thu được các ma trận mã hóa trước được chỉ báo bởi thông tin thứ nhất từ bảng mã mã hóa trước, và tạo ra ma trận mã hóa trước thứ ba tương ứng với thiết bị đầu cuối dựa vào các ma trận mã hóa trước được chỉ báo bởi thông tin thứ nhất.

Ngoài ra, sáng chế đề xuất chương trình máy tính để thực hiện các phương pháp nêu trên.

Hơn nữa, sáng chế đề xuất sản phẩm chương trình máy tính ở dạng vật ghi đọc được bằng máy tính trên đó các mã chương trình máy tính được ghi dùng cho các phương pháp nêu trên.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các mục đích nêu trên và các mục đích khác, các dấu hiệu và các hiệu quả của các phương án theo sáng chế có thể được hiểu tốt hơn thông qua phần mô tả chi tiết dưới đây có dựa vào các hình vẽ, trong phần mô tả chi tiết dưới đây, các thành phần giống nhau hoặc tương đương được ký hiệu bằng cùng các ký hiệu chỉ dẫn. Ngoài ra, các thành phần được thể hiện trên các hình vẽ chỉ nhằm minh họa sáng chế. Trong phần hình vẽ:

Fig.1(A) là lược đồ minh họa chế độ truyền SU-MIMO;

Fig.1(B) là lược đồ minh họa chế độ truyền MU-MIMO;

Fig.2 là lược đồ minh họa phương pháp phản hồi thông tin kênh từ nút thiết bị đầu cuối của hệ thống truyền thông về trạm gốc theo một phương án của sáng chế;

Fig.3 là lưu đồ minh họa phương pháp phản hồi thông tin kênh từ nút thiết bị đầu cuối của hệ thống truyền thông về trạm gốc theo một phương án khác của sáng chế;

Fig.4 minh họa ví dụ về quy trình xác định tiêu chuẩn được thể hiện trên Fig.3;

Các hình vẽ từ Fig.5 đến Fig.7 là các lưu đồ minh họa các phương pháp phản hồi thông tin kênh từ nút thiết bị đầu cuối của hệ thống truyền thông về trạm gốc theo một phương án khác của sáng chế;

Fig.8 là lưu đồ minh họa phương pháp thu thông tin kênh được phản hồi từ nút thiết bị đầu cuối bởi trạm gốc của hệ thống truyền thông theo một phương án của sáng chế;

Fig.9 minh họa ví dụ minh họa về bước 808 được thể hiện trên Fig.8;

Fig.10 là lưu đồ minh họa phương pháp thu thông tin kênh được phản hồi từ nút thiết bị đầu cuối bởi trạm gốc của hệ thống truyền thông theo một phương án khác của sáng chế;

Fig.11 là lược đồ minh họa ví dụ về kịch bản ứng dụng với nó phương pháp theo một phương án của sáng chế có thể được áp dụng;

Fig.12 là lược đồ minh họa một ví dụ khác về kịch bản ứng dụng với nó phương pháp theo một phương án của sáng chế có thể được áp dụng;

Fig.13 là lược đồ minh họa một ví dụ khác về kịch bản ứng dụng với nó phương pháp theo một phương án của sáng chế có thể được áp dụng;

Fig.14 là sơ đồ khối minh họa kết cấu của thiết bị phản hồi thông tin kênh về trạm gốc theo một phương án của sáng chế;

Fig.15 là sơ đồ khối minh họa kết cấu của thiết bị phản hồi thông tin kênh về trạm gốc theo một phương án khác của sáng chế;

Fig.16 là sơ đồ khối minh họa kết cấu của thiết bị thu thông tin kênh được phản hồi từ nút thiết bị đầu cuối theo một phương án khác của sáng chế; và

Fig.17 là lược đồ minh họa kết cấu của máy tính thực hiện các phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Dưới đây, một số phương án theo sáng chế sẽ được mô tả có dựa vào các hình vẽ kèm theo. Cần phải hiểu rằng các thành phần và/hoặc các dấu hiệu được thể hiện trên hình vẽ hoặc được bộc lộ trong các phương án có thể được kết hợp với các thành phần và/hoặc các dấu hiệu được thể hiện trên một hoặc nhiều hình vẽ hoặc các phương án khác. Cần lưu ý hơn rằng, một số chi tiết về một số thành phần và/hoặc quy trình xử lý không thích hợp với sáng chế hoặc đã biết trong tình trạng kỹ thuật của sáng chế được bỏ qua nhằm làm đơn giản, rõ hơn sự mô tả sáng chế.

Trong cơ chế phản hồi thông tin kênh của hệ thống LTE, như được mô tả trên đây, khi sử dụng chế độ truyền SU-MIMO, thiết bị người dùng (UE) phản hồi về trạm gốc PMI của ma trận mã hóa trước thích hợp cho SU-MIMO; và khi sử dụng chế độ truyền MU-MIMO, thiết bị người dùng phản hồi về trạm gốc PMI của ma trận mã hóa trước thích hợp cho MU-MIMO. Nói cách khác, theo cơ chế phản hồi này, thiết bị người dùng phản hồi một PMI tại một thời điểm và PMI này được tối ưu hóa cho một trong số SU-MIMO và MU-MIMO. Vì thế, nếu hệ thống truyền thông (ví dụ, hệ thống LTE-A) cần chuyển mạch giữa

SU-MIMO và MU-MIMO trong khi hoạt động, thì thiết bị người dùng cần phản hồi PMI một lần nữa.

Fig.2 minh họa phương pháp phản hồi thông tin kênh người dùng trên cơ sở bảng mã theo một phương án của sáng chế. Theo phương án này, nút thiết bị đầu cuối (ví dụ như UE, còn được gọi là thiết bị đầu cuối) của hệ thống truyền thông chọn, dựa vào thông tin xác định của kênh liên kết xuống, từ bảng mã mã hóa trước các ma trận mã hóa trước được tối ưu hóa cho cả SU-MIMO và MU-MIMO, và phản hồi về trạm gốc thông tin về các ma trận mã hóa trước cùng một lúc. Theo cách này, ngay cả khi hệ thống chuyển mạch giữa SU-MIMO và MU-MIMO, thì nút thiết bị đầu cuối cũng không cần truyền lại thông tin kênh.

Như được thể hiện trên Fig.2, phương pháp phản hồi thông tin kênh người dùng trên cơ sở bảng mã bao gồm các bước 203, 205 và 207.

Ở bước 203, thiết bị đầu cuối đo các thông số của kênh liên kết xuống giữa thiết bị đầu cuối và trạm gốc.

Các thông số kênh cần được đo có thể bao gồm dải thông của kênh, công suất của tín hiệu thu được, cường độ nhiễu, tỷ số nhiễu trên tín hiệu, và ma trận kênh, và thông số tương tự. Các thông số kênh cần được đo có thể được chọn theo các đòi hỏi thực tế, phần mô tả về chúng không được nêu cụ thể ở đây. Thiết bị đầu cuối có thể đo các thông số của kênh liên kết xuống bằng cách sử dụng phương pháp thích hợp bất kỳ, phần mô tả về chúng cũng không được nêu cụ thể ở đây.

Như một ví dụ, trạm gốc có thể gửi thông báo truyền tín hiệu đến thiết bị đầu cuối thông qua, chẳng hạn, kênh điều khiển liên kết xuống, để thông báo

cho thiết bị đầu cuối để đo và phản hồi các thông số của kênh liên kết xuống. Khi thu thông báo truyền tín hiệu, thiết bị đầu cuối bắt đầu đo các thông số của kênh liên kết xuống. Như một ví dụ khác, thiết bị đầu cuối có thể đo các thông số của kênh liên kết xuống theo sự định thời xác định trước hoặc theo chu kỳ.

Sau đó ở bước 205, thiết bị đầu cuối chọn, dựa vào các thông số của kênh liên kết xuống, các ma trận mã hóa trước từ bảng mã mã hóa trước. Bảng mã mã hóa trước tham chiếu đến tập các ma trận mã hóa trước, mà có thể được lưu trữ bởi cả nút thiết bị đầu cuối và trạm gốc.

Ở bước này, các ma trận mã hóa trước được chọn được tối ưu hóa cho cả chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đơn người dùng và chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng dựa vào các thông số kênh. Như một ví dụ, một hay nhiều ma trận mã hóa trước có thể được tối ưu hóa cho SU-MIMO và các ma trận mã hóa trước khác được tối ưu hóa cho MU-MIMO. Như một ví dụ khác, tất cả các ma trận mã hóa trước có thể được tối ưu hóa cho cả hai chế độ. Như một ví dụ khác, một hay nhiều ma trận mã hóa trước có thể được tối ưu hóa cho cả hai chế độ, trong khi một hay nhiều ma trận mã hóa trước còn lại có thể được tối ưu hóa cho một trong số MU-MIMO và SU-MIMO.

Ở bước 207, nút thiết bị đầu cuối phản hồi thông tin chỉ báo các ma trận mã hóa trước (còn gọi là thông tin thứ nhất) về trạm gốc. Nút thiết bị đầu cuối có thể phản hồi thông tin này bằng cách thích hợp bất kỳ, phần mô tả của chúng cũng không được nêu cụ thể ở đây.

Theo phương pháp nêu trên, nút thiết bị đầu cuối phản hồi về trạm gốc thông tin chỉ báo các ma trận mã hóa trước được tối ưu hóa cho cả MU-MIMO và SU-MIMO. Do đó, khi chuyển mạch giữa SU-MIMO và MU-MIMO, nút

thiết bị đầu cuối không cần truyền lại thông tin kênh.

Như một ví dụ, thông tin thứ nhất có thể bao gồm danh mục (còn gọi là thông tin chỉ báo ma trận) của từng ma trận mã hóa trước trong bảng mã mã hóa trước, để giảm lượng dữ liệu cần phản hồi.

Fig.3 là lưu đồ minh họa phương pháp phản hồi thông tin kênh về trạm gốc từ nút thiết bị đầu cuối theo một phương án khác. Theo phương án này, nút thiết bị đầu cuối có thể xác định tiêu chuẩn tối ưu hóa cần được sử dụng khi chọn các ma trận mã hóa trước dựa vào số lượng các luồng dữ liệu mà có thể thu được bởi thiết bị đầu cuối ở cùng thời điểm.

Cụ thể là, ở bước 303 nút thiết bị đầu cuối đo các thông số của kênh liên kết xuống giữa trạm gốc và nút thiết bị đầu cuối này. Bước 303 tương tự như bước 203, nên phần mô tả nó không được lặp lại ở đây.

Ở bước 305-1, nút thiết bị đầu cuối xác định tiêu chuẩn tối ưu hóa (còn gọi là tiêu chuẩn chọn) cần được sử dụng khi chọn các ma trận mã hóa trước, dựa vào số lượng các luồng dữ liệu có thể thu được bởi nút thiết bị đầu cuối này ở cùng thời điểm. Số lượng các luồng dữ liệu khác nhau có thể thu được ở cùng thời điểm tương ứng với tiêu chuẩn tối ưu hóa khác nhau.

Ở chế độ đơn anten, nút thiết bị đầu cuối thông thường có thể thu chỉ một luồng dữ liệu tại một thời điểm. Trong khi ở chế độ đa anten, nếu sử dụng chế độ thu phân tập (trong trường hợp trong đó điều kiện kênh kém hoặc cần sự phân tập để cải thiện khả năng của hệ thống, thì chế độ thu phân tập có thể được sử dụng và trong trường hợp này các anten của nút thiết bị đầu cuối đều được sử dụng một cách đồng thời để thu luồng dữ liệu), thiết bị đầu cuối có thể chỉ thu một luồng dữ liệu tại một thời điểm. Mặt khác, nếu không sử dụng chế độ thu

phân tập ở chế độ đa anten, thì thiết bị đầu cuối có thể thu nhiều luồng dữ liệu ở cùng thời điểm.

Ở bước 305-2, nút thiết bị đầu cuối tính toán các thông tin chỉ báo ma trận bằng cách sử dụng các thông số của kênh liên kết xuống. Mỗi trong số các thông tin chỉ báo ma trận chỉ báo một trong số các ma trận mã hóa trước. Các thông tin chỉ báo ma trận thỏa mãn tiêu chuẩn chọn.

Sau đó ở bước 307, nút thiết bị đầu cuối phản hồi thông tin (thông tin thứ nhất) chỉ báo các ma trận mã hóa trước về trạm gốc.

Theo phương pháp nêu trên, nút thiết bị đầu cuối xác định tiêu chuẩn lựa chọn cần được sử dụng khi chọn các ma trận mã hóa trước dựa vào số lượng các luồng dữ liệu có thể thu được bởi nó ở cùng thời điểm. Bằng cách sử dụng các ma trận mã hóa trước được chọn như vậy để xử lý trước tín hiệu cần được truyền, nhiều có thể được giảm nhiều nhất có thể, nhờ đó cải thiện khả năng của hệ thống.

Fig.4 minh họa ví dụ về quy trình xác định tiêu chuẩn lựa chọn.

Trong ví dụ này, khi các thông số của kênh liên kết xuống được đo ở bước 303, thiết bị đầu cuối xác định xem số lượng các luồng dữ liệu mà có thể thu được bởi nó ở cùng thời điểm có là 1 hay không ở bước 305-11.

Nếu số lượng là 1, ở bước 305-12 thiết bị đầu cuối xác định tiêu chuẩn thứ nhất làm tiêu chuẩn lựa chọn. Tiêu chuẩn thứ nhất bao gồm: tạo ra một trong số các ma trận mã hóa trước (còn gọi là ma trận mã hóa trước thứ nhất) cần được tối ưu hóa cho cả chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đơn người dùng và chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng, và tạo ra một trong số các ma trận

mã hóa trước khác (còn gọi là ma trận mã hóa trước thứ hai) cần được tối ưu hóa để tăng hiệu quả của chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng.

Nếu số lượng các luồng dữ liệu có thể thu được bởi nút thiết bị đầu cuối ở cùng thời điểm lớn hơn 1, ở bước 305-13 xác định tiêu chuẩn thứ hai làm tiêu chuẩn lựa chọn: tức là tạo ra ma trận mã hóa trước thứ nhất cần được tối ưu hóa cho chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đơn người dùng có hạng cao và tạo ra ma trận mã hóa trước thứ hai cần được tối ưu hóa cho chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng có hạng 1.

Bảng mã mã hóa trước được sử dụng ở chế độ truyền MU-MIMO có hạng 1. Do đó, nếu các ma trận mã hóa trước được chọn bởi nút thiết bị đầu cuối, tất cả là cho bảng mã mã hóa trước có hạng cao, thì trạm gốc sẽ khó suy ra ma trận mã hóa trước có hạng là 1 thích hợp cho MU-MIMO dựa vào các ma trận mã hóa trước có hạng cao được phản hồi bởi thiết bị đầu cuối. Trong ví dụ này, nếu số lượng các luồng dữ liệu có thể thu được bởi nút thiết bị đầu cuối ở cùng thời điểm lớn hơn 1, các ma trận mã hóa trước được chọn bởi thiết bị đầu cuối có thể còn bao gồm ma trận (ma trận mã hóa trước thứ hai) đối với MU-MIMO có hạng 1, ngoài ma trận mã hóa trước (ví dụ ma trận mã hóa trước thứ nhất) đối với chế độ truyền SU-MIMO có hạng cao. Theo cách này, trạm gốc có thể suy ra, dựa vào thông tin được phản hồi từ thiết bị đầu cuối, ma trận mã hóa trước có hạng 1 thích hợp cho MU-MIMO khi xác định rằng chế độ truyền MU-MIMO được sử dụng, và nút thiết bị đầu cuối không cần truyền lại thông tin này.

Ngoài ra, trong ví dụ này, nếu số lượng các luồng dữ liệu có thể thu được bởi nút thiết bị đầu cuối ở cùng thời điểm lớn hơn 1, các ma trận mã hóa trước được chọn bởi nút thiết bị đầu cuối không chỉ bao gồm ma trận mã hóa trước

(ma trận mã hóa trước thứ nhất) đối với cả MU-MIMO và SU-MIMO, mà còn bao gồm ma trận mã hóa trước (ma trận mã hóa trước thứ hai) để tăng hiệu quả của MU-MIMO. Theo cách này, khi xác định là sử dụng chế độ truyền MU-MIMO, các ma trận mã hóa trước được xác định bởi trạm gốc dựa vào thông tin được phản hồi từ thiết bị đầu cuối sẽ thích hợp hơn cho chế độ truyền MU-MIMO, vì thế cải thiện khả năng thực hiện của hệ thống.

Fig.5 là lược đồ minh họa phương pháp phản hồi thông tin kênh từ thiết bị đầu cuối về trạm gốc theo một phương án khác. Phương án được thể hiện trên Fig.5 tương tự với phương án được thể hiện trên Fig.2. Chỉ khác nhau ở chỗ, phương pháp được thể hiện trên Fig.5 còn bao gồm bước 509 là ước tính ma trận kênh của kênh liên kết xuống bằng cách sử dụng các thông số được đo của kênh này.

Như được thể hiện trên Fig.5, ở bước 503 thiết bị đầu cuối đo các thông số của kênh liên kết xuống giữa chính nó và trạm gốc. Bước này tương tự bước 203, nên phần mô tả nó không được lặp lại ở đây.

Sau đó, ở bước 509, thiết bị đầu cuối ước tính ma trận kênh của kênh liên kết xuống bằng cách sử dụng các thông số được đo của kênh này. Thiết bị đầu cuối có thể ước tính ma trận kênh bằng cách sử dụng kỹ thuật thích hợp bất kỳ, chẳng hạn, thiết bị đầu cuối có thể ước tính ma trận kênh theo kênh hoa tiêu được truyền bởi trạm gốc, nên phần mô tả nó không được đưa ra ở đây.

Sau đó, ở bước 505, thiết bị đầu cuối tính toán các thông tin chỉ báo ma trận bằng cách sử dụng ma trận kênh được ước tính. Ở bước 507, thiết bị đầu cuối phản hồi thông tin thứ nhất bao gồm các thông tin chỉ báo ma trận về trạm gốc.

Như một ví dụ, khi tính mỗi thông tin chỉ báo ma trận bằng cách sử dụng ma trận kênh, khoảng cách giữa ma trận mã hóa trước tương ứng với thông tin ma trận được tính toán và ma trận kênh có thể được làm cho tối thiểu, trong khi tiêu chuẩn lựa chọn được thỏa mãn. Như ví dụ khác, khoảng cách giữa ma trận nâng cao của ma trận mã hóa trước tương ứng với thông tin ma trận được tính toán và ma trận kênh có thể được làm cho tối thiểu, trong khi tiêu chuẩn lựa chọn được thỏa mãn. Như một ví dụ khác, khoảng cách giữa ma trận mã hóa trước tương ứng với thông tin ma trận được tính toán và ma trận chuyển đổi tương đương của ma trận kênh có thể được làm cho tối thiểu, trong khi tiêu chuẩn lựa chọn được thỏa mãn. Như một ví dụ khác, ma trận mã hóa trước tương ứng với thông tin ma trận được tính toán có thể được làm cho tạo ra hiệu quả của toàn hệ thống truyền thông sẽ là tối đa, trong khi tiêu chuẩn lựa chọn được thỏa mãn.

Fig.6 minh họa phương pháp phản hồi thông tin kênh theo một phương án khác. Theo phương pháp được thể hiện trên Fig.6, tiêu chuẩn lựa chọn được xác định dựa vào hạng của ma trận kênh được ước tính.

Như được thể hiện trên Fig.6, ở bước 603 thiết bị đầu cuối đo các thông số của kênh liên kết xuống giữa chính nó và trạm gốc. Bước này tương tự bước 203, nên phần mô tả nó không được lặp lại ở đây. Sau đó, ở bước 609, nút thiết bị đầu cuối ước tính ma trận kênh của kênh liên kết xuống bằng cách sử dụng các thông số đo được. Bước này tương tự bước 509, nên phần mô tả nó không được lặp lại ở đây.

Ở bước 605-11, nút thiết bị đầu cuối đánh giá xem hạng của ma trận kênh có là 1 hay không. Nếu hạng này là 1, nghĩa là đầu thu của kênh (tức là nút thiết

bị đầu cuối theo phương án này) có thể chỉ thu một luồng dữ liệu tại một thời điểm. Nếu hạng là lớn hơn 1, nghĩa là đầu thu của kênh (nghĩa là nút thiết bị đầu cuối theo phương án này) có thể thu nhiều luồng dữ liệu ở cùng thời điểm. Nói cách khác, hạng của ma trận kênh bằng với số lượng các luồng dữ liệu mà có thể thu được bởi đầu thu ở cùng thời điểm.

Nếu hạng của ma trận kênh là 1, thì thiết bị đầu cuối chọn tiêu chuẩn thứ nhất ở bước 605-12; trái lại, tiêu chuẩn thứ hai được chọn ở bước 605-13. Sau đó, ở bước 605-2 thiết bị đầu cuối tính toán các thông tin chỉ báo ma trận bằng cách sử dụng ma trận kênh, ma trận mã hóa trước tương ứng với từng thông tin chỉ báo ma trận thỏa mãn tiêu chuẩn thứ nhất hoặc tiêu chuẩn thứ hai.

Như một ví dụ, nếu hạng của ma trận kênh là 1, thì công thức 1 sau đây có thể được sử dụng để tính toán thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất tương ứng với ma trận mã hóa trước thứ nhất, và công thức 2 có thể được sử dụng để tính toán thông tin chỉ báo ma trận thứ hai tương ứng với ma trận mã hóa trước thứ hai:

$$PMI1 = \arg \max_{b=1, \dots, B} (\|Hw_b\| / \|H\| \|w_b\|) \quad \text{công thức 1}$$

$$PMI2 = \arg \max_{b=1, \dots, B} (\|H[w_{PMI1} + f(w_b)]\| / \|H\| \|w_{PMI1} + f(w_b)\|) \quad \text{công thức 2}$$

Trong các công thức trên đây, $PMI1$ biểu thị thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất, $PMI2$ biểu thị thông tin chỉ báo ma trận thứ hai, B biểu thị số lượng ma trận mã hóa trước trong bảng mã mã hóa trước ở hạng hiện hành (ví dụ, 1), $1 \leq b \leq B$, H biểu thị ma trận kênh được ước tính, w_b biểu thị ma trận mã hóa trước tương ứng với b trong bảng mã mã hóa trước, $\|H\|$ biểu thị chuẩn của

ma trận kênh, $\arg \max_{b=1, \dots, B}()$ nghĩa là, trong các giá trị (B giá trị), b mà tương ứng với giá trị lớn nhất được chọn làm thông tin chỉ báo ma trận $PMI1$ $PMI2$, $f(\cdot)$ biểu thị hàm bất kỳ mà có thể được thiết lập theo các đòi hỏi thực tế, và $||$ biểu thị phép tính trị tuyệt đối.

Như một ví dụ, $f(w_b)$ có thể là hàm tuyến tính của w_b , chẳng hạn, $f(w_b) = \alpha w_b$ và $0 \leq \alpha \leq 1$. Tốt hơn là, $0,5 \leq \alpha \leq 0,7$. Như một ví dụ khác, $f(w_b)$ có thể là hàm logarit của w_b . Cần lưu ý rằng, các ví dụ về $f(w_b)$ chỉ nhằm minh họa, chứ không nhằm giới hạn. Hàm thích hợp bất kỳ khác có thể được chọn làm $f(w_b)$ theo các đòi hỏi thực tế và không được nêu ra ở đây.

Ma trận mã hóa trước thứ nhất tương ứng với thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất được tính toán bởi công thức 1 không chỉ có thể được sử dụng làm ma trận mã hóa trước đối với SU-MIMO, mà còn có thể được sử dụng làm ma trận mã hóa trước đối với chế độ truyền MU-MIMO. Công thức 1 dựa vào nguyên tắc tối thiểu hóa khoảng cách giữa các ma trận, tức là, ma trận mã hóa trước thứ nhất vì thế được tính là gần nhất với ma trận kênh H tính theo khoảng cách.

Trong công thức 2, thông tin chỉ báo ma trận thứ hai được xác định dựa vào thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất, ma trận mã hóa trước phản hồi tương ứng như sau:

$$\mathbf{w}_{PMI1} + f(\mathbf{w}_b),$$

tương ứng với sự tăng số lượng của các phần tử trong bảng mã mã hóa trước đối với MU-MIMO.

Ma trận mã hóa trước thứ hai tương ứng với thông tin chỉ báo ma trận thứ hai được tính toán bởi công thức 2 có thể được sử dụng để tăng hiệu quả của chế

độ truyền MU-MIMO. Khi trạm gốc quyết định sử dụng chế độ truyền MU-MIMO, nó có thể sử dụng ma trận mã hóa trước thứ hai để tạo ra ma trận mã hóa trước cần được sử dụng. Trong ví dụ này, thông tin chỉ báo ma trận thứ hai được đòi hỏi phù hợp với thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất, để cải thiện hiệu quả của MU-MIMO. Công thức 2 cũng dựa vào nguyên tắc tối thiểu hóa khoảng cách giữa các ma trận, nghĩa là, ma trận mã hóa trước thứ hai được biến đổi là gần nhất với ma trận kênh H tính theo khoảng cách.

Như một ví dụ, nếu hạng của ma trận kênh lớn hơn 1, công thức 3 dưới đây có thể được sử dụng để tính toán thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất của ma trận mã hóa trước thứ nhất, và công thức 4 dưới đây có thể được sử dụng để tính toán thông tin chỉ báo ma trận thứ hai của ma trận mã hóa trước thứ hai:

$$PMI1 = \arg \max_{b'=1, \dots, B'} |\log \det(I + SNR H w_{b'}^H w_{b'}^H H^H)| \quad \text{công thức 3}$$

$$PMI2 = \arg \max_{b=1, \dots, B} |f(H)w_b| \quad \text{công thức 4}$$

Trong công thức trên đây, $PMI1$ biểu thị thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất, $PMI2$ biểu thị thông tin chỉ báo ma trận thứ hai, B biểu thị số lượng ma trận mã hóa trước trong bảng mã hóa trước có hạng là 1, $1 \leq b \leq B$, w_b biểu thị ma trận mã hóa trước tương ứng với b trong bảng mã hóa trước có hạng là 1, B' biểu thị số lượng ma trận mã hóa trước trong bảng mã hóa trước có hạng hiện hành (hạng lớn hơn 1), $1 \leq b' \leq B'$, $w_{b'}$ biểu thị ma trận mã hóa trước tương ứng với b' trong bảng mã hóa trước có hạng lớn hơn 1, H biểu thị ma trận kênh được ước tính, $\|H\|$ biểu thị chuẩn của ma trận kênh H ,

$\arg \max_{b=1, \dots, B}$ nghĩa là, trong các giá trị (B giá trị), b tương ứng với giá trị lớn nhất

được chọn làm thông tin chỉ báo ma trận. $f(H)$ biểu thị hàm thích hợp bất kỳ có thể được thiết lập theo các đòi hỏi thực tế. Chẳng hạn, $(\sum_{i=1}^{RI} H_i)$ là ví dụ về $f(H)$, trong đó RI biểu thị hạng của ma trận kênh, H_i biểu thị hàng thứ i của ma trận H . Cần lưu ý là, ví dụ này chỉ nhằm minh họa. Hàm thích hợp bất kỳ có thể được chọn làm $f(H)$ theo các đòi hỏi thực tế và không được nêu cụ thể ở đây. SNR biểu thị tỷ số tín hiệu thu trên nhiễu, trong đó $SNR = \frac{P}{N_T}$, P biểu thị công suất tín hiệu thu của nút thiết bị đầu cuối trên kênh liên kết xuống, N_T biểu thị cường độ nhiễu thu được bởi thiết bị đầu cuối, I biểu thị ma trận đơn vị, $\det(\bullet)$ biểu thị định thức của ma trận, và $\log()$ biểu thị hàm logarit.

Ma trận mã hóa trước thứ nhất tương ứng với thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất được tính toán bởi công thức 3 là phần tử trong bảng mã mã hóa trước có hạng hiện thời (nghĩa là bảng mã mã hóa trước có hạng cao) để tối ưu hóa chế độ truyền SU-MIMO.

Như một ví dụ, ma trận mã hóa trước có thể được chọn dựa vào chỉ số hiệu quả của hệ thống truyền thông, như là dung lượng kênh, BLER (Block Error Rate - Tỷ lệ lỗi khối), BER (Bit Error Rate - Tỷ lệ lỗi bit) và dạng tương tự, hoặc có thể được chọn dựa vào phương pháp lượng tử hóa ma trận kênh hoặc các phương pháp khác để tối ưu hóa SU-MIMO. Công thức 3 dựa vào nguyên tắc tối đa hóa dung lượng kênh và vì thế ma trận mã hóa trước được tính toán bởi công thức 3 có thể tối đa hóa hiệu năng.

Phương pháp lượng tử hóa ma trận kênh nghĩa là biểu thị gần đúng ma trận kênh bằng cách sử dụng số lượng bit hạn chế, và có thể được phân loại

thành hai loại, tức là lượng tử hóa các phần tử ma trận và lượng tử hóa dựa vào bảng mã. Lượng tử hóa các phần tử ma trận nghĩa là biểu thị từng phần tử trong ma trận bằng cách sử dụng số lượng bit hạn chế, trong đó số lượng bit của từng phần tử biểu thị độ chính xác của việc lượng tử hóa. Lượng tử hóa dựa vào bảng mã nghĩa là chọn các phần tử gần nhất với ma trận kênh tính theo khoảng cách từ bảng mã ứng viên và sử dụng số thứ tự của các phần tử được chọn để biểu thị ma trận kênh lượng tử hóa.

Khoảng cách giữa các ma trận có thể được tính bằng cách sử dụng các phương pháp khác nhau. Giả thiết rằng $\mathbf{w}$ biểu thị ma trận mã hóa trước ứng viên trong bảng mã mã hóa trước, b biểu thị số thứ tự của ma trận mã hóa trước ứng viên, H biểu thị ma trận kênh cần được lượng tử hóa, thì công thức 5, công thức 6 hoặc công thức 7 dưới đây có thể được sử dụng để thu được ma trận mã hóa trước gần nhất với ma trận kênh H tính theo khoảng cách.

$$b = \arg \max_{b=1, \dots, B} \det(H\mathbf{w}_b) \quad \text{công thức 5}$$

$$b = \arg \max_{b=1, \dots, B} \text{trace}(H\mathbf{w}_b) \quad \text{công thức 6}$$

$$b = \arg \max_{b=1, \dots, B} \|H\mathbf{w}_b\| \quad \text{công thức 7}$$

$\arg \max_{b=1, \dots, B}(\bullet)$ nghĩa là chọn giá trị lớn nhất trong số số $(b=1, \dots, B)$ các biểu thức được chỉ định, $\det(\cdot)$ biểu thị định thức của ma trận, $\text{trace}(\cdot)$ biểu thị vết của ma trận, và $\|\cdot\|$ biểu thị chuẩn bất kỳ. Chuẩn này cần được sử dụng có thể được xác định nếu cần. Thông thường chuẩn này có thể là 2. Công thức 5 dựa vào nguyên tắc tối thiểu hóa định thức, công thức 6 dựa vào nguyên tắc tối thiểu

hóa vết, và công thức 7 dựa vào nguyên tắc tối thiểu hóa chuẩn.

Ma trận mã hóa trước thứ hai tương ứng với thông tin chỉ báo ma trận thứ hai được tính toán bởi công thức 4 là phần tử trong bảng mã mã hóa trước có hạng 1 (nghĩa là bảng mã mã hóa trước tương ứng với hạng 1) để tối ưu hóa MU-MIMO và lựa chọn phù hợp của người dùng. Công thức 4 cũng dựa vào nguyên tắc tối thiểu hóa khoảng cách giữa các ma trận, tức là tối thiểu hóa khoảng cách giữa ma trận mã hóa trước thứ hai và ma trận tương đương của ma trận kênh.

Như một ví dụ, nút thiết bị đầu cuối có thể chọn hai ma trận mã hóa trước, và phản hồi thông tin chỉ báo hai ma trận mã hóa trước (ví dụ hai thông tin chỉ báo ma trận) về trạm gốc.

Như một ví dụ, nút thiết bị đầu cuối có thể phản hồi số lượng các luồng dữ liệu có thể thu được bởi nó ở cùng thời điểm (ví dụ hạng của ma trận của kênh liên kết xuống) về trạm gốc.

Fig.7 minh họa phương pháp phản hồi thông tin kênh theo một phương án khác. Như được thể hiện trên Fig.7, phương pháp này bao gồm các bước 703, 705, 711 và 707. Khác với các phương án được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.2 đến Fig.6, theo phương pháp được thể hiện trên Fig.7 thiết bị đầu cuối có thể phản hồi thông tin phản hồi tương ứng với chế độ truyền đa điểm điều phối (CoMP) về trạm gốc.

Các bước 703 và 705 là tương tự như bước 203/303/503/603 và bước 205/305/505/605, nên phần mô tả của nó không được lặp lại ở đây.

Ở bước 711, thiết bị đầu cuối có thể tạo ra thông tin phản hồi tương ứng

với chế độ truyền CoMP bằng cách sử dụng các thông số của kênh liên kết xuống. Ở bước 707, thiết bị đầu cuối có thể gửi thông tin phản hồi tương ứng với chế độ truyền CoMP và thông tin thứ nhất tới trạm gốc.

Theo phương án này, ngoài SU-MIMO và MU-MIMO, chế độ truyền vòng kín khác, như là CoMP, cũng được sử dụng. Trạm gốc và nút thiết bị đầu cuối có thể thỏa thuận chế độ truyền hỗ trợ được thông qua thông số cấu hình và sự thỏa thuận tương tác. Khi trạm gốc và nút thiết bị đầu cuối hỗ trợ chế độ truyền vòng kín khác, như là CoMP, ngoài SU-MIMO và MU-MIMO, nút thiết bị đầu cuối có thể phản hồi thông tin phản hồi tương ứng với chế độ truyền vòng kín khác nhờ thông tin kênh rõ ràng hoặc ẩn. Khối lượng và nội dung của thông tin phản hồi có thể được thiết lập theo chế độ truyền và điều kiện kênh thực tế. Như một ví dụ, nếu CoMP được hỗ trợ, thiết bị đầu cuối có thể chọn một hoặc nhiều ma trận mã hóa trước thích hợp cho CoMP dựa vào ma trận của kênh liên kết xuống và phản hồi thông tin của các ma trận mã hóa trước được chọn về trạm gốc.

Fig.8 minh họa phương pháp thu bởi trạm gốc thông tin kênh được phản hồi từ nút thiết bị đầu cuối theo phương án này. Như được thể hiện trên Fig.8, phương pháp này bao gồm các bước 804, 806 và 808.

Ở bước 804, trạm gốc thu thông tin (thông tin thứ nhất) chỉ báo các ma trận mã hóa trước đối với cả chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đơn người dùng và chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng được phản hồi từ nút thiết bị đầu cuối trong hệ thống truyền thông. Ở bước 806, trạm gốc chọn trong bảng mã mã hóa trước các ma trận mã hóa trước tương ứng với thông tin thứ nhất. Ở bước 808, trạm gốc tạo ra ma trận mã hóa trước (còn gọi là ma trận mã hóa

trước thứ ba) tương ứng với nút thiết bị đầu cuối bằng cách sử dụng các ma trận mã hóa trước tương ứng với thông tin thứ nhất.

Trong ví dụ này, thông tin thứ nhất thu được bởi trạm gốc có thể bao gồm các thông tin chỉ báo ma trận, mỗi trong số chúng tương ứng với một trong số các ma trận mã hóa trước. Theo cách này, trạm gốc có thể chọn, từ bảng mã mã hóa trước, các ma trận mã hóa trước tương ứng với các thông tin chỉ báo ma trận. Trong ví dụ khác, trạm gốc có thể thu thông tin chỉ báo số lượng các luồng dữ liệu có thể thu được bởi nút thiết bị đầu cuối ở cùng thời điểm (ví dụ hạng của ma trận kênh của kênh liên kết xuống) được phản hồi từ nút thiết bị đầu cuối.

Như một ví dụ, trạm gốc có thể chọn một ma trận từ các ma trận mã hóa trước theo chế độ truyền cần được sử dụng, làm ma trận mã hóa trước đối với nút thiết bị đầu cuối. Như một ví dụ khác, trạm gốc có thể tạo ra ma trận mã hóa trước thứ ba bằng cách sử dụng phương pháp thích hợp khác bất kỳ. Chẳng hạn, trạm gốc có thể sử dụng ma trận chuyển đổi tương đương của ma trận mã hóa trước trong số các ma trận mã hóa trước, làm ma trận mã hóa trước thứ ba. Nếu hạng của ma trận của kênh liên kết xuống là 1, thiết bị đầu cuối sử dụng tiêu chuẩn thứ nhất để tạo ra hai thông tin chỉ báo ma trận $PMI1$ và $PMI2$, trong đó các thông tin chỉ báo ma trận này được tính toán bởi công thức 2. Sau khi thu thông tin này, nếu trạm gốc quyết định sử dụng chế độ truyền MU-MIMO, nó có thể sử dụng ma trận phản hồi tương đương $PMI2$, làm ma trận mã hóa trước thứ ba, nghĩa là, ma trận mã hóa trước thứ ba w_1 có thể có được bởi công thức sau:

$$w_1 = w_{PMI1} + f(w_{PMI2}) \quad \text{công thức 8(a)}$$

w_{PMI1} biểu thị ma trận mã hóa trước tương ứng với thông tin chỉ báo ma trận $PMI1$, w_{PMI2} biểu thị ma trận mã hóa trước tương ứng với thông tin chỉ báo

ma trận $PMI2$. Nếu công thức 2 sử dụng $f(w_b) = \alpha w_b$, công thức 8(a) có thể như sau:

$$w_1 = w_{PMI1} + \alpha w_{PMI2} \quad \text{công thức 8(b)}$$

$0 \leq \alpha \leq 1$. Tốt hơn là, $0,5 \leq \alpha \leq 0,7$.

Như một ví dụ, trạm gốc đánh giá tiêu chuẩn (và công thức) nào được sử dụng bởi nút thiết bị đầu cuối khi chọn các ma trận mã hóa trước dựa vào số lượng các luồng dữ liệu có thể thu được bởi nút thiết bị đầu cuối ở cùng thời điểm (ví dụ hạng của ma trận kênh của kênh liên kết xuống), và tạo cấu hình ma trận mã hóa trước thứ ba dựa vào tiêu chuẩn được xác định.

Fig.9 minh họa ví dụ về quy trình xử lý tạo ra ma trận mã hóa trước thứ ba bởi trạm gốc bằng cách sử dụng thông tin thứ nhất. Như được thể hiện trên Fig.9, bước 808 là tạo ra ma trận mã hóa trước thứ ba có thể bao gồm các bước 808-1 và 808-2.

Ở bước 808-1, giá trị theo trọng số được cấp phát cho mỗi trong số các ma trận mã hóa trước và mỗi trong số các ma trận mã hóa trước được tính trọng số bằng cách sử dụng giá trị theo trọng số, để tạo ra nhiều ma trận được tính theo trọng số. Mỗi giá trị theo trọng số lớn hơn hoặc bằng 0 và nhỏ hơn hoặc bằng 1. Sau đó, ở bước 808-2, tổng của các ma trận được tính theo trọng số được tính, làm ma trận mã hóa trước thứ ba.

Như một ví dụ, giả thiết rằng nút thiết bị đầu cuối phản hồi hai thông tin chỉ báo ma trận $PMI1$ và $PMI2$, các ma trận mã hóa trước tương ứng được biểu thị một cách tương ứng là w_{PMI1} và w_{PMI2} , sau đó ma trận mã hóa trước thứ ba được tạo ra w_1 có thể được biểu thị bằng:

$$w_l = \beta w_{PMI1} + \alpha w_{PMI2}$$

công thức 8c

trong đó, $0 \leq \beta \leq 1$, $0 \leq \alpha \leq 1$. các giá trị β và α có thể được chọn theo các đòi hỏi thực tế.

Một số ví dụ về việc tạo ra bởi trạm gốc ma trận mã hóa trước đối với nút thiết bị đầu cuối bằng cách sử dụng thông tin phản hồi từ nút thiết bị đầu cuối. Cần lưu ý là, các ví dụ này chỉ nhằm minh họa chứ không nhằm giới hạn. Phương pháp thích hợp khác bất kỳ có thể được sử dụng, nên không được nêu cụ thể ở đây.

Fig.10 minh họa phương pháp thu bởi trạm gốc thông tin kênh được phản hồi từ các nút thiết bị đầu cuối theo phương án này. Phương án này minh họa phương pháp thu bởi trạm gốc thông tin phản hồi từ nhiều nút thiết bị đầu cuối. Theo phương án này, giả thiết rằng trạm gốc thu và xử lý thông tin phản hồi từ hai nút thiết bị đầu cuối. Hai nút thiết bị đầu cuối bao gồm nút thiết bị đầu cuối thứ nhất và nút thiết bị đầu cuối thứ hai. Như được thể hiện trên Fig.10, phương pháp này bao gồm các bước 1004, 1006, 1008 và 1010.

Ở bước 1004, trạm gốc thu thông tin (thông tin thứ nhất) chỉ báo các ma trận mã hóa trước cho cả chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đơn người dùng và chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng được phản hồi từ nút thiết bị đầu cuối thứ nhất trong hệ thống truyền thông và thông tin chỉ báo các ma trận mã hóa trước (thông tin thứ tư) cho cả chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đơn người dùng và chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng được phản hồi từ nút thiết bị đầu cuối thứ hai.

Ở bước 1006, trạm gốc chọn các ma trận mã hóa trước tương ứng với thông tin thứ nhất từ bảng mã mã hóa trước và chọn các ma trận mã hóa trước

tương ứng với thông tin thứ tư từ bảng mã mã hóa trước.

Ở bước 1008, trạm gốc tạo ra ma trận mã hóa trước tương ứng với nút thiết bị đầu cuối thứ nhất bằng cách sử dụng các ma trận mã hóa trước tương ứng với thông tin thứ nhất; và tạo ra ma trận mã hóa trước tương ứng với nút thiết bị đầu cuối thứ hai bằng cách sử dụng các ma trận mã hóa trước tương ứng với thông tin thứ tư. Trạm gốc có thể sử dụng phương pháp được mô tả trên đây để tạo ra ma trận này, nên phần mô tả nó không được lặp lại.

Ở bước 1010, nếu trạm gốc quyết định sử dụng chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng và liên kết nút thiết bị đầu cuối thứ nhất với nút thiết bị đầu cuối thứ hai, nó tạo ra ma trận mã hóa trước (ma trận mã hóa trước thứ tư) cần được sử dụng trong truyền thông với hai nút thiết bị đầu cuối dựa vào ma trận mã hóa trước tương ứng với nút thiết bị đầu cuối thứ nhất và ma trận mã hóa trước tương ứng với nút thiết bị đầu cuối thứ hai.

Như một ví dụ, giả thiết rằng ma trận mã hóa trước tương ứng với nút thiết bị đầu cuối thứ nhất được biểu thị là w_1 và ma trận mã hóa trước tương ứng với nút thiết bị đầu cuối thứ hai được biểu thị là w_2 , thì công thức sau đây có thể được sử dụng để tạo ra ma trận mã hóa trước thứ tư G :

$$G = [w_1, w_2]([w_1, w_2]^H [w_1, w_2])^{-1} \quad \text{công thức 9a}$$

Như một ví dụ khác, giả thiết rằng trạm gốc thu thông tin phản hồi từ nhiều nút thiết bị đầu cuối (k nút thiết bị đầu cuối) và xác định các ma trận mã hóa trước $w_1, w_2, \dots, w_k$, mỗi trong số chúng tương ứng với một trong số k nút thiết bị đầu cuối. Nếu trạm gốc quyết định sử dụng chế độ truyền MU-MIMO và kết hợp k nút thiết bị đầu cuối, sau đó công thức sau đây có thể được sử dụng để tạo ra ma trận mã hóa trước G cần được sử dụng trong truyền thông với các nút

thiết bị đầu cuối này:

$$G = [w_1, w_2, \dots, w_k]([w_1, w_2, \dots, w_k]^H [w_1, w_2, \dots, w_k])^{-1} \quad \text{công thức 9b}$$

Công thức 9b là công thức suy ra từ công thức 9a. Cần lưu ý là, công thức 9b hoặc công thức 9a là các ví dụ cụ thể về việc tạo ra ma trận mã hóa trước thứ tư. Phương pháp thích hợp khác bất kỳ có thể được sử dụng để tạo ra ma trận mã hóa trước thứ tư, nên không được nêu cụ thể ở đây.

Một số ví dụ trong đó phương pháp theo sáng chế được áp dụng được mô tả dưới đây có dựa vào các hình vẽ từ Fig.11 đến Fig.13.

Ví dụ 1

Fig.11 minh họa ví dụ minh họa 1 trong đó phương pháp theo sáng chế được áp dụng, trong đó quy trình xử lý phản hồi hỏa mãn MU-MIMO hạng 1 được minh họa. Giả thiết rằng trạm gốc (BS) có bốn anten truyền; các nút thiết bị đầu cuối UE1 và UE2 mỗi trong số chúng có một anten thu. Các ma trận kênh của các kênh liên kết xuống giữa BS và UE1, UE2 được biểu thị tương ứng là $H1_{1 \times 4}$ và $H2_{1 \times 4}$.

Trước tiên, BS thông báo cho UE1 và UE2 về các thông số đo thông qua các kênh điều khiển liên kết xuống. Các thông số đo có thể bao gồm dải thông đo, chu kỳ phản hồi (nghĩa là chu kỳ trong đó nút thiết bị đầu cuối phản hồi thông tin kênh), và tương tự.

UE1 có thể ước tính ma trận kênh $H1_{1 \times 4}$ bằng cách sử dụng kênh hoa tiêu được truyền từ BS. UE2 có thể ước tính ma trận kênh $H2_{1 \times 4}$ bằng cách sử dụng kênh hoa tiêu được truyền từ BS.

UE1 đánh giá rằng hạng RI của ma trận kênh liên kết xuống $H1_{1 \times 4}$ là 1 và

xác định sử dụng tiêu chuẩn thứ nhất, và quyết định tạo ra hai thông tin chỉ báo ma trận.

Trước tiên, UE1 tính toán thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất bằng cách sử dụng $H1_{1 \times 4}$ bởi công thức 1. Trong ví dụ, w_b là ma trận mã hóa trước 4×1 . Giả thiết rằng thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất PMI1 là 7, thì ma trận mã hóa trước thứ bảy trong bảng mã mã hóa trước 4×1 cần được phản hồi.

Sau đó UE1 tính toán thông tin chỉ báo ma trận thứ hai bằng cách sử dụng $H1_{1 \times 4}$ bởi công thức 2. w_b là ma trận mã hóa trước 4×1 , và w_{PMI1} là ma trận mã hóa trước tương ứng với thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất. $f(w_b)$ có thể là hàm bất kỳ mà có thể được thiết lập nếu cần. Chẳng hạn, $(w_{PMI1} + \alpha w_b)$ có thể được sử dụng như ví dụ về $f(w_b)$. Giá trị của α nằm trong khoảng từ 0 đến 1, tốt hơn là $0,5 \leq \alpha \leq 0,7$. Sự thay đổi giá trị của α có thể dẫn đến sự thay đổi độ lớn vector bảng mã. Giá trị của α càng nhỏ, sự thay đổi độ lớn của vector bảng mã càng nhỏ và sự khác nhau giữa bảng mã mới và bảng mã cũ càng nhỏ; giá trị của α càng lớn, sự thay đổi độ lớn của vector bảng mã càng lớn và sự khác nhau giữa bảng mã mới và bảng mã cũ càng lớn. Giả thiết rằng thông tin chỉ báo ma trận thứ hai PMI2 là 3, thì ma trận mã hóa trước thứ ba trong bảng mã mã hóa trước 4×1 cần được phản hồi.

Thông tin phản hồi của UE1 có thể bao gồm: PMI1=7, PMI2=3 và RI=1. UE1 phản hồi thông tin về BS thông qua kênh phản hồi liên kết lên.

UE2 xác định rằng hạng RI của ma trận kênh liên kết xuống $H2_{1 \times 4}$ là 1 và xác định tiêu chuẩn thứ nhất là tiêu chuẩn lựa chọn, và quyết định phản hồi hai thông tin chỉ báo ma trận.

UE2 tính toán thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất PMI1 bởi công thức 1

bằng cách sử dụng $H_{2 \times 4}$. w_b là ma trận mã hóa trước 4×1 . Chẳng hạn, PMI1 là 5, nghĩa là ma trận mã hóa trước thứ năm trong tập các ma trận mã hóa trước 4×1 được phản hồi.

UE2 tính toán thông tin chỉ báo ma trận thứ hai PMI2 bằng công thức 2 bằng cách sử dụng $H_{2 \times 4}$. w_b là ma trận mã hóa trước 4×1 , và w_{PMI1} là ma trận mã hóa trước tương ứng với thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất. $(w_{PMI1} + \alpha w_b)$ là ví dụ về $f(w_b)$. α là giá trị được xác định trước. Giả thiết rằng PMI2 là 1, thì ma trận thứ nhất trong tập các ma trận mã hóa trước 4×1 cần được phản hồi

Thông tin phản hồi của UE2 có thể bao gồm: PMI1=5, PMI2=1 và RI=1. UE2 phản hồi thông tin về BS thông qua kênh phản hồi liên kết lên.

BS thu thông tin phản hồi từ UE1 và UE2, quyết định sử dụng chế độ truyền MU-MIMO sau khi lập lịch, và liên kết UE1 và UE2. BS tạo ra ma trận $w_1 = w_7 + \alpha w_3$ dùng cho UE1 và ma trận $w_2 = w_5 + \alpha w_1$ dùng cho UE2, và sau đó tính các ma trận mã hóa trước MU-MIMO 4×2 cần được sử dụng bằng công thức 9a.

Ví dụ 2

Fig.12 minh họa quy trình phản hồi và mã hóa trước trên cơ sở bảng mã trong SU-MIMO hạng cao. Giả thiết rằng BS có bốn anten truyền, UE1 có hai anten thu, và ma trận kênh của kênh liên kết xuống giữa BS và UE1 là $H_{2 \times 4}$.

BS thông báo cho UE1 về các thông số đo thông qua kênh điều khiển liên kết xuống. Các thông số đo có thể bao gồm dải thông đo, chu kỳ phản hồi, và tương tự.

UE1 ước tính ma trận kênh $H_{2 \times 4}$ thông qua kênh hoa tiêu được truyền bởi BS. UE1 đo công suất thu (RSRP) của tín hiệu hoa tiêu, ước tính mức độ nhiễu trong dải thông đo hiện thời, và tính toán tỷ số tín hiệu trên nhiễu SNR bằng cách sử dụng hai thông số.

UE1 đánh giá rằng hạng RI của ma trận kênh liên kết xuống là hai và xác định sử dụng tiêu chuẩn thứ hai và quyết định phản hồi hai thông tin chỉ báo ma trận.

UE1 tính toán thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất PMI1 bằng công thức 3, bằng cách sử dụng $H_{2 \times 4}$. SNR là SNR thu được được tính toán bởi UE1. w_b là ma trận mã hóa trước 4×2 . Chẳng hạn, giả sử PMI1 là 13, thì phần tử thứ mười ba trong tập các ma trận mã hóa trước 4×2 cần được phản hồi

UE1 tính toán thông tin chỉ báo ma trận thứ hai PMI2 bằng cách sử dụng $H_{2 \times 4}$ bằng công thức sau:

$$b = \arg \max_{b=1, \dots, B} |(\sum_{i=1}^{RI} H_i) w_b| \quad \text{công thức 10}$$

H_i biểu thị hàng thứ i trong ma trận kênh H , và w_b là ma trận mã hóa trước 4×1 . $(\sum_{i=1}^{RI} H_i)$ là ví dụ về $f(H)$. Giả thiết rằng $b=8$ như PMI2, thì phần tử thứ tám trong tập các ma trận mã hóa trước 4×1 cần được phản hồi.

Thông tin cần được phản hồi bởi UE1 bao gồm: PMI1=13, PMI2=8 và RI=2. UE2 phản hồi thông tin về BS thông qua kênh phản hồi liên kết lên.

Sau khi thu thông tin này, BS quyết định nhờ việc lập lịch để sử dụng chế độ truyền SU-MIMO, và sử dụng ma trận được chỉ báo bởi thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất PMI1. Nghĩa là, w_{13} trong bảng mã mã hóa trước 4×2 được sử

dụng như ma trận mã hóa trước cần được sử dụng.

Ví dụ 3///

Fig.13 minh họa quy trình xử lý phản hồi MU-MIMO có hạng 1 và hạng cao kết hợp. BS có bốn anten truyền, UE1 có hai anten thu, và UE2 có một anten thu. Các ma trận của các kênh liên kết xuống giữa BS và UE1, UE2 được biểu thị một cách tương ứng là $H1_{2 \times 4}$ và $H2_{1 \times 4}$.

BS thông báo cho UE1 và UE2 về các thông số đo thông qua kênh điều khiển liên kết xuống. Các thông số đo bao gồm dải thông đo, chu kỳ phản hồi, và tương tự.

UE1 ước tính ma trận kênh $H1_{2 \times 4}$ thông qua kênh hoa tiêu được truyền từ BS. UE2 ước tính ma trận kênh $H2_{1 \times 4}$ thông qua kênh hoa tiêu được truyền từ BS. UE1 đo công suất thu (RSRP) của tín hiệu hoa tiêu, ước tính mức độ nhiễu trong dải thông đo hiện thời, và tính toán tỷ số tín hiệu trên nhiễu SNR bằng cách sử dụng hai thông số.

UE1 đánh giá rằng hạng RI của ma trận kênh là 2, xác định sử dụng tiêu chuẩn thứ hai, và tạo ra hai thông tin chỉ báo ma trận.

UE1 tính toán thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất PMI1 bằng công thức 3 bằng cách sử dụng $H1_{2 \times 4}$. SNR biểu thị SNR thu được được tính toán bởi UE1. w_b là ma trận mã hóa trước 4×2 . Giả thiết rằng PMI1 là mười ba, thì các phần tử thứ mười ba trong tập các ma trận mã hóa trước 4×2 cần được phản hồi.

UE1 tính toán thông tin chỉ báo ma trận thứ hai PMI2 bằng công thức 10 bằng cách sử dụng $H1_{2 \times 4}$. H_i là hàng thứ i trong ma trận kênh H1. w_b là ma trận mã hóa trước 4×1 . Giả thiết rằng PMI2 là 8, thì các phần tử thứ tám trong tập

các ma trận mã hóa trước 4×1 cần được phản hồi.

Thông tin cần được phản hồi bởi UE1 bao gồm: PMI1=13, PMI2=8 và RI=2. UE1 phản hồi thông tin về BS thông qua kênh phản hồi liên kết lên.

UE2 đánh giá rằng hạng RI của ma trận kênh liên kết xuống là 1, xác định sử dụng tiêu chuẩn thứ nhất, và tạo ra hai thông tin chỉ báo ma trận.

UE2 tính toán thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất PMI1 bằng công thức 1 bằng cách sử dụng $H_{2 \times 4}$. w_b là ma trận mã hóa trước 4×1 . Giả thiết rằng PMI1 là 4, thì phần tử thứ tư trong tập các ma trận mã hóa trước 4×1 cần được phản hồi.

UE2 tính toán thông tin chỉ báo ma trận thứ hai PMI2 bằng công thức 2 bằng cách sử dụng $H_{2 \times 4}$. w_b là ma trận mã hóa trước 4×1 , w_{PMI1} là ma trận mã hóa trước được chỉ báo bởi PMI1, $(w_{PMI1} + \alpha w_b)$ là ví dụ về $f(w_b)$, α là giá trị được xác định trước, mà có thể được thiết lập như được mô tả trên đây, nên phần mô tả của nó không được biểu thị ở đây. Chẳng hạn, giả sử PMI2 là 2, thì các phần tử thứ hai trong tập các ma trận mã hóa trước 4×1 cần được phản hồi.

Thông tin cần được phản hồi bởi UE2 bao gồm: PMI1=4, PMI2=2 và RI=1. UE2 truyền thông tin về BS thông qua kênh phản hồi liên kết lên.

Sau khi thu thông tin phản hồi, BS quyết định bằng cách lập lịch sử dụng chế độ truyền MU-MIMO, và liên kết UE1 và UE2. Ma trận dùng cho UE2 thu được bởi BS là $w^2 = w_4 + \alpha w_2$. UE1 sử dụng chế độ truyền MU-MIMO, và ma trận dùng cho UE1 có thể là ma trận mã hóa trước được chỉ báo bởi thông tin chỉ báo ma trận thứ hai PMI2, tức là $w^1 = w_8$. Bằng công thức $G_{4 \times 2} = [w_1, w_2]([w_1, w_2]^H [w_1, w_2])^{-1}$, ma trận mã hóa trước MU-MIMO 4×2 cần được

sử dụng thực tế có thể thu được.

Fig.14 minh họa thiết bị phản hồi thông tin kênh người dùng trên cơ sở bảng mã theo một phương án của sáng chế. Thiết bị này được tạo cấu hình ở nút thiết bị đầu cuối (ví dụ UE) của hệ thống truyền thông. Như được thể hiện trên Fig.14, thiết bị 1400 này bao gồm thiết bị đo 1401, thiết bị tính toán thông tin 1402 và thiết bị phản hồi 1403.

Thiết bị đo 1401 được tạo cấu hình để đo các thông số của kênh liên kết xuống giữa thiết bị đầu cuối và trạm gốc của hệ thống truyền thông. Thiết bị đo 1401 có thể đo các thông số của kênh liên kết xuống bằng cách sử dụng phương pháp thích hợp bất kỳ làm phương pháp thực hiện hoặc các ví dụ được mô tả trên đây, nên phần mô tả của nó không được lặp lại ở đây. Như một ví dụ, thiết bị đo có thể còn ước tính ma trận kênh của kênh liên kết xuống bằng cách sử dụng các thông số được đo.

Thiết bị tính toán thông tin 1402 được tạo cấu hình để chọn, từ bảng mã mã hóa trước, các ma trận mã hóa trước thích hợp cho cả chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đơn người dùng và chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng bằng cách sử dụng các thông số của kênh liên kết xuống, để tạo ra thông tin (thông tin thứ nhất) chỉ báo các ma trận mã hóa trước. Như được mô tả trên đây, bảng mã mã hóa trước là tập các ma trận mã hóa trước, chúng có thể được lưu trữ ở nút thiết bị đầu cuối và trạm gốc. Chẳng hạn, bảng mã mã hóa trước có thể được lưu trữ một cách tương ứng ở thiết bị lưu trữ hoặc tệp cấu hình của nút thiết bị đầu cuối và có thể được lưu trữ trong thiết bị lưu trữ hoặc tệp cấu hình của trạm gốc.

Thiết bị phản hồi 1403 được tạo cấu hình để phản hồi thông tin thứ nhất

về trạm gốc. Thiết bị phản hồi có thể phản hồi thông tin bằng cách sử dụng phương pháp thích hợp bất kỳ, nên phần mô tả của nó không được đưa ra ở đây.

Bằng cách sử dụng thiết bị nêu trên, nút thiết bị đầu cuối có thể phản hồi về trạm gốc thông tin chỉ báo các ma trận mã hóa trước mà được tối ưu hóa cho cả MU-MIMO và SU-MIMO. Do đó, khi chuyển mạch giữa SU-MIMO và MU-MIMO, nút thiết bị đầu cuối không đòi hỏi truyền lại thông tin kênh.

Như một ví dụ, thông tin thứ nhất có thể bao gồm danh mục (còn được gọi là thông tin chỉ báo ma trận) của mỗi trong số các ma trận mã hóa trước trong bảng mã mã hóa trước, để giảm lượng dữ liệu phản hồi.

Fig.15 minh họa thiết bị phản hồi thông tin kênh người dùng trên cơ sở bảng mã 1500 theo một phương án của sáng chế. Thiết bị này được bố trí ở nút thiết bị đầu cuối (ví dụ UE) của hệ thống truyền thông. Như được thể hiện trên Fig.15, thiết bị 1500 bao gồm thiết bị đo 1501, thiết bị tính toán thông tin 1502 và thiết bị phản hồi 1503. Thiết bị tính toán thông tin 1502 bao gồm thiết bị xác định tiêu chuẩn 1502-1 và thiết bị tính toán 1502-2.

Thiết bị xác định tiêu chuẩn 1502-1 được tạo cấu hình để xác định tiêu chuẩn lựa chọn dựa vào số lượng các luồng dữ liệu mà có thể thu được bởi nút thiết bị đầu cuối ở cùng thời điểm.

Như một ví dụ, thiết bị xác định tiêu chuẩn 1502-1 có thể xác định xem số lượng các luồng dữ liệu mà có thể thu được bởi nút thiết bị đầu cuối ở cùng thời điểm có là 1 hay không, và nếu đúng thì xác định tiêu chuẩn thứ nhất được mô tả trên đây, làm tiêu chuẩn lựa chọn; nếu sai thì xác định tiêu chuẩn thứ hai được mô tả trên đây làm tiêu chuẩn lựa chọn. Thiết bị xác định tiêu chuẩn 1502-1 có thể xác định tiêu chuẩn lựa chọn bằng cách sử dụng phương pháp bất kỳ trong

số các phương pháp được mô tả trên đây, nên phần mô tả của nó không được lặp lại ở đây.

Thiết bị tính toán 1502-2 được tạo cấu hình để tính toán, dựa vào các thông số của kênh liên kết xuống, các thông tin chỉ báo ma trận, mỗi trong số chúng tương ứng với một trong số các ma trận mã hóa trước. Các thông tin chỉ báo ma trận được làm cho thỏa mãn tiêu chuẩn lựa chọn. Và thiết bị tính toán tạo ra thông tin thứ nhất bao gồm các thông tin chỉ báo ma trận.

Như một ví dụ, ma trận mã hóa trước tương ứng với mỗi trong số các thông tin chỉ báo ma trận được tính toán bởi thiết bị tính toán 1502-2 thỏa mãn một trong số các điều kiện sau: khoảng cách giữa ma trận mã hóa trước và ma trận kênh là tối thiểu, khoảng cách giữa ma trận nâng cao của ma trận mã hóa trước và ma trận kênh là tối thiểu, hoặc khoảng cách giữa ma trận mã hóa trước và ma trận chuyển đổi tương đương của ma trận kênh là tối thiểu, sao cho hiệu suất tổng của hệ thống truyền thông là tối đa.

Thiết bị tính toán 1502-2 có thể tính toán các thông tin chỉ báo ma trận bằng cách sử dụng phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp nêu trên, nên phần mô tả của nó không được lặp lại ở đây.

Như một ví dụ, thiết bị phản hồi 1403 hoặc thiết bị phản hồi 1503 có thể còn phản hồi thông tin chỉ báo số lượng các luồng dữ liệu mà có thể thu được bởi nút thiết bị đầu cuối ở cùng thời điểm (ví dụ hạng của ma trận kênh được ước tính của kênh liên kết xuống) về trạm gốc.

Như một ví dụ, trong trường hợp trong đó chế độ truyền thông tin vòng kín khác (ví dụ CoMP) được hỗ trợ, thiết bị tính toán thông tin 1402/1502 có thể còn tạo ra thông tin phản hồi tương ứng với chế độ truyền CoMP bằng cách sử

dụng các thông số của kênh liên kết xuống. Và thiết bị phản hồi 1403/1503 có thể còn phản hồi thông tin phản hồi tương ứng với chế độ truyền CoMP về trạm gốc. Thiết bị tính toán thông tin 1402/1502 có thể tạo ra thông tin phản hồi khác nhau dựa vào các chế độ truyền khác nhau và các điều kiện kênh khác nhau, nên nó không được mô tả chi tiết ở đây.

Fig.16 minh họa thiết bị thu thông tin kênh trên cơ sở bảng mã 1600 theo một phương án của sáng chế. Thiết bị này được bố trí ở trạm gốc (ví dụ eNodeB) của hệ thống truyền thông. Như được thể hiện trên Fig.16, thiết bị 1600 bao gồm thiết bị thu 1601 và thiết bị tạo ma trận 1602.

Thiết bị thu 1601 được tạo cấu hình để thu thông tin thứ nhất về các ma trận mã hóa trước thích hợp cho cả chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đơn người dùng và chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng được phản hồi từ nút thiết bị đầu cuối trong hệ thống truyền thông. Thiết bị tạo ma trận 1602 được tạo cấu hình để chọn các ma trận mã hóa trước tương ứng với thông tin thứ nhất từ bảng mã mã hóa trước, và tạo ra ma trận mã hóa trước thứ ba đối với nút thiết bị đầu cuối bằng cách sử dụng các ma trận mã hóa trước.

Trong ví dụ này, thông tin thứ nhất được thu bởi thiết bị thu 1601 có thể bao gồm các thông tin chỉ báo ma trận, mỗi thông tin này tương ứng với một trong số các ma trận mã hóa trước. Theo cách này, thiết bị tạo ma trận 1602 có thể chọn các ma trận mã hóa trước từ bảng mã mã hóa trước bằng cách sử dụng các thông tin chỉ báo ma trận.

Thiết bị tạo ma trận 1602 có thể tạo ra ma trận mã hóa trước thứ ba bằng cách sử dụng phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp được mô tả trên đây, nên phần mô tả nó không được lặp lại ở đây.

Như một ví dụ, thiết bị thu 1601 có thể thu thông tin phản hồi từ nhiều nút thiết bị đầu cuối. Chẳng hạn, thiết bị thu 1601 có thể thu thông tin thứ nhất chỉ báo các ma trận mã hóa trước thích hợp cho cả chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đơn người dùng và chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng được phản hồi từ nút thiết bị đầu cuối thứ nhất trong hệ thống truyền thông và thông tin thứ tư chỉ báo các ma trận mã hóa trước thích hợp cho cả chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đơn người dùng và chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng được phản hồi từ nút thiết bị đầu cuối thứ hai. Thiết bị tạo ma trận 1602 có thể chọn các ma trận mã hóa trước tương ứng với thông tin thứ nhất từ bảng mã mã hóa trước, chọn các ma trận mã hóa trước tương ứng với thông tin thứ tư từ bảng mã mã hóa trước, tạo ra ma trận mã hóa trước tương ứng với nút thiết bị đầu cuối thứ nhất bằng cách sử dụng các ma trận mã hóa trước được chỉ báo bởi thông tin thứ nhất, và tạo ra ma trận mã hóa trước tương ứng với nút thiết bị đầu cuối thứ hai bằng cách sử dụng các ma trận mã hóa trước được chỉ báo bởi thông tin thứ tư. Ma trận này có thể được tạo ra bằng cách sử dụng phương pháp được mô tả trên đây, nên phần mô tả nó không được lặp lại ở đây.

Nếu trạm gốc quyết định sử dụng chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng và liên kết nút thiết bị đầu cuối thứ nhất và nút thiết bị đầu cuối thứ hai, thiết bị tạo ma trận 1602 có thể còn tạo ra ma trận mã hóa trước (ma trận mã hóa trước thứ tư) cần được sử dụng trong khi truyền thông với hai nút thiết bị đầu cuối dựa vào ma trận mã hóa trước tương ứng với nút thiết bị đầu cuối thứ nhất và ma trận mã hóa trước tương ứng với nút thiết bị đầu cuối thứ hai.

Như một ví dụ, thiết bị tạo ma trận 1602 có thể tạo ra ma trận mã hóa trước thứ tư bằng công thức 9b hoặc công thức 9a, hoặc bằng phương pháp thích

hợp khác bất kỳ, nên không được mô tả ở đây.

Các phương pháp, các thiết bị và hệ thống nêu trên theo các phương án theo sáng chế có thể được áp dụng cho hệ thống truyền thông LTE-A, như phương pháp phản hồi thông tin kênh thỏa mãn chế độ truyền SU-MIMO và chế độ truyền MU-MIMO trong đó. Cụ thể là, các phương pháp, các thiết bị và hệ thống nêu trên theo các phương án theo sáng chế có thể được sử dụng như cơ chế phản hồi thông tin kênh người dùng vòng kín trên cơ sở bảng mã trong hệ thống LTE-A UMTS.

Các phương pháp, các thiết bị và hệ thống nêu trên theo các phương án thực hiện sáng chế có thể được áp dụng trong hệ thống truyền thông khác, như là hệ thống WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access - Hệ thống tương kết toàn cầu truy nhập bằng sóng cực ngắn), nên nó không được mô tả ở đây.

Cần hiểu rằng các phương án nêu trên và các ví dụ chỉ nhằm minh họa chứ không nhằm giới hạn. Cần hiểu rằng sáng chế không bị giới hạn ở các phương án cụ thể bất kỳ hoặc ví dụ cụ thể nêu trên.

Trong các phương án và các ví dụ nêu trên, việc diễn tả, như là “thứ nhất”, “thứ hai”, và “thứ ba” (ví dụ thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất, thông tin chỉ báo ma trận thứ hai, thông tin thứ ba, và dạng tương tự), được sử dụng. Người bất kỳ có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này đều hiểu rằng sự diễn tả như vậy chỉ nhằm phân biệt về mặt ngữ nghĩa, và không được xem là xác định chuỗi thứ tự hoặc dạng tương tự về thuật ngữ.

Như một ví dụ, các thành phần, các bộ phận hoặc các bước trong các thiết bị thu thông tin phản hồi và các phương pháp có thể được tạo cấu hình bằng

phần mềm, phần cứng, phần mềm cơ sở hoặc là kết hợp bất kỳ giữa chúng ở nút chính (ví dụ trạm gốc) của mạng truyền thông, như một phần của thiết bị lớp vật lý của trạm gốc. Các thành phần, các bộ phận hoặc các bước trong các thiết bị và các phương pháp nêu trên có thể có thể được tạo ra bằng phần mềm, phần cứng, phần mềm cơ sở hoặc là kết hợp bất kỳ giữa chúng bằng cách sử dụng phương tiện thích hợp bất kỳ hoặc các phương pháp đã biết trong tình trạng kỹ thuật của sáng chế, nên phần mô tả về chúng không được nêu cụ thể ở đây. Như một ví dụ, các thiết bị thu thông tin phản hồi và các phương pháp nêu trên có thể được thực hiện ở thiết bị lớp vật lý của trạm gốc bằng cách cải biến các thành phần liên quan của trạm gốc.

Các thành phần, các bộ phận hoặc các bước trong các thiết bị và các phương pháp phản hồi thông tin kênh nêu trên có thể được tạo ra bằng phần mềm, phần cứng, phần mềm cơ sở hoặc là kết hợp bất kỳ giữa chúng ở nút thiết bị đầu cuối (ví dụ UE) của mạng truyền thông, như thành phần của thiết bị lớp vật lý của nút thiết bị đầu cuối. Các thành phần, các bộ phận hoặc các bước ở các thiết bị và các phương pháp nêu trên có thể được tạo ra bằng phần mềm, phần cứng, phần mềm cơ sở hoặc là kết hợp bất kỳ giữa chúng bằng cách sử dụng các phương tiện thích hợp bất kỳ hoặc các phương pháp đã biết trong tình trạng kỹ thuật, nên phần mô tả chúng không được thể hiện chi tiết ở đây. Như một ví dụ, các thiết bị và các phương pháp phản hồi thông tin kênh nêu trên có thể được thực hiện ở thiết bị lớp vật lý của nút thiết bị đầu cuối bằng cách sửa đổi các thành phần liên quan của nút thiết bị đầu cuối.

Như một ví dụ, trong trường hợp bằng cách sử dụng phần mềm hoặc phần mềm cơ sở, chương trình tạo ra phần mềm để thực hiện phương pháp hoặc thiết

bị nêu trên có thể được cài đặt vào máy tính với cấu trúc phần cứng cụ thể (ví dụ máy tính thông thường 1700 như được thể hiện trên Fig.17) từ vật ghi hoặc mạng. Máy tính, khi được cài đặt các chương trình khác nhau thì có khả năng thực hiện các chức năng khác nhau.

Trên Fig.17, bộ xử lý trung tâm (CPU) 1701 thực hiện các quy trình xử lý khác nhau theo các chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ chỉ đọc (ROM) 1702, hoặc các chương trình được nạp từ bộ lưu trữ 1708 vào trong bộ nhớ truy nhập ngẫu nhiên (RAM) 1703. RAM 1703 cũng lưu trữ dữ liệu được yêu cầu đối với CPU 1701 để thực hiện các loại xử lý, nếu cần. CPU 1701, ROM 1702, và RAM 1703 được nối với nhau thông qua đường truyền dẫn tín hiệu 1704. Đường truyền dẫn tín hiệu 1704 cũng được nối với giao diện vào/ra 1705.

Giao diện vào/ra 1705 được kết nối với bộ đầu vào 1706 bao gồm bàn phím, chuột, v.v., bộ đầu ra 1707 bao gồm màn hình ống phóng điện tử hoặc màn hình tinh thể lỏng, loa, v.v., bộ lưu trữ 1708 bao gồm đĩa cứng, và bộ truyền thông 1709 bao gồm môđem, bộ thích ứng thiết bị đầu cuối, v.v.. Bộ truyền thông 1709 thực hiện việc xử lý truyền thông. Ổ đĩa 1710 được nối với giao diện vào/ra 1705, nếu cần. Trong ổ đĩa 1710, chẳng hạn vật ghi tháo được 1711 được tải như vật ghi chứa chương trình theo sáng chế. Chương trình đọc từ vật ghi tháo được 1711 và được cài đặt vào bộ lưu trữ 1708, nếu cần.

Trong trường hợp sử dụng phần mềm để thực hiện quy trình xử lý nêu trên, thì chương trình tạo thành phần mềm có thể được cài đặt từ mạng như là Internet hoặc vật lưu trữ như là vật ghi tháo được 1711.

Người có hiểu biết trung bình có thể hiểu được rằng vật lưu trữ không bị giới hạn ở vật ghi tháo được 1711, như là, đĩa từ (bao gồm đĩa mềm), đĩa quang

(bao gồm đĩa nén ROM (CD-ROM) và đĩa đa năng (DVD)), đĩa quang từ (bao gồm MD (Mini-Disc) (nhãn hiệu đã đăng ký)), hoặc bộ nhớ bán dẫn, trong đó chương trình được ghi và bộ nhớ bán dẫn này được phân phối để cung cấp chương trình đến người dùng ngoài thân chính của thiết bị, hoặc ROM 1702 hoặc đĩa cứng bao gồm trong bộ lưu trữ 1708, trong đó chương trình được ghi và được lắp trước đó vào thân chính của thiết bị và được cung cấp đến người dùng.

Sáng chế cũng đề xuất sản phẩm chương trình chứa các mã lệnh đọc được bằng máy mà, khi được thực hiện, có thể thực hiện được các phương pháp theo sáng chế.

Do đó, phương tiện lưu trữ để mang sản phẩm chương trình có các mã lệnh đọc được bằng máy cũng được đề xuất. Phương tiện lưu trữ này bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở đĩa mềm, đĩa quang, đĩa quang từ, thẻ nhớ, hoặc thanh nhớ, hoặc loại tương tự.

Trong phần mô tả các phương án trên đây, các dấu hiệu được mô tả hoặc được thể hiện đối với một phương án có thể được sử dụng trong một hoặc nhiều phương án khác theo cách tương tự hoặc giống nhau, hoặc có thể được kết hợp với các dấu hiệu của các phương án khác, hoặc có thể được sử dụng để thay thế các dấu hiệu của các phương án khác.

Như được sử dụng ở đây, các thuật ngữ “bao gồm”, “gồm có”, “có” và các dạng khác của chúng, đều nhằm để bao phủ không giới hạn, sao cho quy trình, phương pháp, hàng hóa, hoặc thiết bị mà bao gồm một danh sách các thành phần không nhất thiết bị giới hạn ở các thành phần đó, mà có thể bao gồm cả các thành phần khác không được liệt kê hay thể hiện cho quy trình, phương pháp,

hàng hóa, hoặc thiết bị này.

Hơn nữa, theo sáng chế các phương pháp không bị giới hạn ở quy trình được thực hiện theo trình tự thực hiện theo thứ tự được mô tả ở đây, trái lại chúng có thể được thực hiện theo trình tự thực hiện khác, hoặc được thực hiện theo cách đồng thời hoặc riêng biệt. Nghĩa là, các thứ tự thực hiện được mô tả trên đây không được xem là giới hạn phạm vi của sáng chế.

Mặc dù một số phương án và các ví dụ đã được mô tả trên đây, nhưng cần hiểu rằng các phương án và các ví dụ này chỉ được sử dụng để minh họa sáng chế chứ không nhằm giới hạn sáng chế. Các sửa đổi, biến đổi và các dạng thay thế tương đương có thể được thực hiện bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này mà không nằm ngoài phạm vi bộc lộ của sáng chế. Các sửa đổi, các biến đổi và các dạng thay thế tương đương như vậy cũng được xem là nằm trong phạm vi yêu cầu bảo hộ của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp để phản hồi thông tin kênh dựa vào bảng mã trong hệ thống truyền thông, bao gồm các bước:

xác định, bởi thiết bị đầu cuối trong hệ thống truyền thông, các thông số của kênh liên kết xuống giữa thiết bị đầu cuối và trạm gốc của hệ thống truyền thông;

chọn ít nhất hai ma trận mã hóa trước thích hợp cho cả chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đơn người dùng (SU-MIMO) và chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng (MU-MIMO) từ bảng mã mã hóa trước, để tạo thuận lợi cho việc chuyển mạch động giữa chế độ truyền SU-MIMO và chế độ truyền MU-MIMO, bảng mã mã hóa trước là tập các ma trận mã hóa trước; và

phản hồi thông tin thứ nhất chỉ báo ít nhất hai ma trận mã hóa trước về trạm gốc, trong đó:

việc chọn ít nhất hai ma trận mã hóa trước bao gồm các bước:

xác định tiêu chuẩn lựa chọn theo số lượng các luồng dữ liệu mà có thể thu được một cách đồng thời bởi thiết bị đầu cuối; và

tính ít nhất hai thông tin chỉ báo ma trận thỏa mãn tiêu chuẩn lựa chọn bằng cách sử dụng các thông số của kênh liên kết xuống, mỗi trong số ít nhất hai thông tin chỉ báo ma trận chỉ báo một trong số ít nhất hai ma trận mã hóa trước, thông tin thứ nhất bao gồm ít nhất hai thông tin chỉ báo ma trận.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc xác định tiêu chuẩn lựa chọn bao gồm các bước:

đánh giá xem các luồng dữ liệu mà có thể thu được một cách đồng thời bởi thiết bị đầu cuối có bằng 1 hay không, và nếu có, xác định tiêu chuẩn thứ nhất làm tiêu chuẩn lựa chọn, nếu không, xác định tiêu chuẩn thứ hai làm tiêu chuẩn lựa chọn,

trong đó tiêu chuẩn thứ nhất bao gồm: ma trận mã hóa trước thứ nhất mà là một trong số ít nhất hai ma trận mã hóa trước là thích hợp cho cả chế độ truyền SU-MIMO và chế độ truyền MU-MIMO và ma trận mã hóa trước thứ hai mà là ma trận còn lại trong số ít nhất hai ma trận mã hóa trước là thích hợp để nâng cao chế độ truyền MU-MIMO, và

tiêu chuẩn thứ hai bao gồm: ma trận mã hóa trước thứ nhất là thích hợp cho chế độ truyền SU-MIMO có hạng cao và ma trận mã hóa trước thứ hai là thích hợp cho chế độ truyền MU-MIMO có hạng là 1.

3. Phương pháp theo điểm 2, ngoài ra còn bao gồm bước:

phản hồi thông tin thứ hai chỉ báo số lượng các luồng dữ liệu mà có thể thu được một cách đồng thời bởi thiết bị đầu cuối về trạm gốc.

4. Phương pháp theo điểm 1, ngoài ra còn bao gồm bước:

ước tính ma trận kênh của kênh liên kết xuống bằng cách sử dụng các thông số.

5. Phương pháp theo điểm 4, trong đó việc tính ít nhất hai thông tin chỉ báo ma trận bao gồm các bước:

tính mỗi trong số ít nhất hai thông tin chỉ báo ma trận bằng cách sử dụng ma trận kênh, một cách tương ứng, sao cho ít nhất hai thông tin chỉ báo ma trận thỏa mãn tiêu chuẩn lựa chọn và ma trận mã hóa trước tương ứng với mỗi trong

số ít nhất hai thông tin chỉ báo ma trận thỏa mãn một trong các điều kiện sau đây: khoảng cách giữa ma trận mã hóa trước và ma trận kênh là tối thiểu; khoảng cách giữa ma trận nâng cao của ma trận mã hóa trước và ma trận kênh là tối thiểu; khoảng cách giữa ma trận mã hóa trước và ma trận chuyển đổi tương đương của ma trận kênh là tối thiểu; và hiệu suất của hệ thống truyền thông là tối đa.

6. Phương pháp để thu thông tin kênh dựa vào bảng mã trong hệ thống truyền thông, bao gồm các bước:

thu, bởi trạm gốc trong hệ thống truyền thông, thông tin thứ nhất được phản hồi từ thiết bị đầu cuối trong hệ thống truyền thông, thông tin thứ nhất chỉ báo ít nhất hai ma trận mã hóa trước thích hợp cho cả chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đơn người dùng (SU-MIMO) và chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng (MU-MIMO), để tạo thuận lợi cho việc chuyển mạch động giữa chế độ truyền SU-MIMO và chế độ truyền MU-MIMO, ít nhất hai ma trận mã hóa trước được bao gồm trong bảng mã mã hóa trước mà là tập các ma trận mã hóa trước;

chọn ít nhất hai ma trận mã hóa trước được chỉ báo bởi thông tin thứ nhất từ bảng mã mã hóa trước; và

tạo ma trận mã hóa trước thứ ba tương ứng với thiết bị đầu cuối dựa vào ít nhất hai ma trận mã hóa trước được chỉ báo bởi thông tin thứ nhất.

7. Thiết bị để phản hồi thông tin kênh dựa vào bảng mã, được tạo cấu hình trong thiết bị đầu cuối trong hệ thống truyền thông, và bao gồm:

thiết bị đo, được tạo cấu hình để đo các thông số của kênh liên kết xuống

giữa thiết bị đầu cuối và trạm gốc của hệ thống truyền thông;

thiết bị tạo thông tin, được tạo cấu hình để chọn ít nhất hai ma trận mã hóa trước thích hợp cho cả chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đơn người dùng (SU-MIMO) và chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng (MU-MIMO) từ bảng mã mã hóa trước, và tạo ra thông tin thứ nhất chỉ báo ít nhất hai ma trận mã hóa trước, để tạo thuận lợi cho việc chuyển mạch động giữa chế độ truyền SU-MIMO và chế độ truyền MU-MIMO, trong đó bảng mã mã hóa trước là tập các ma trận mã hóa trước; và

thiết bị phản hồi, được tạo cấu hình để phản hồi thông tin thứ nhất về trạm gốc, trong đó thiết bị tạo thông tin bao gồm:

thiết bị xác định tiêu chuẩn, được tạo cấu hình để xác định tiêu chuẩn lựa chọn theo số lượng các luồng dữ liệu mà có thể thu được một cách đồng thời bởi thiết bị đầu cuối; và

thiết bị tính toán, được tạo cấu hình để tính toán ít nhất hai thông tin chỉ báo ma trận thỏa mãn tiêu chuẩn lựa chọn bằng cách sử dụng các thông số của kênh liên kết xuống, trong đó mỗi trong số ít nhất hai thông tin chỉ báo ma trận chỉ báo một trong số ít nhất hai ma trận mã hóa trước, và thông tin thứ nhất bao gồm ít nhất hai thông tin chỉ báo ma trận.

8. Thiết bị theo điểm 7, trong đó thiết bị xác định tiêu chuẩn ngoài ra còn được tạo cấu hình để đánh giá xem số lượng luồng dữ liệu mà có thể thu được một cách đồng thời bởi thiết bị đầu cuối có bằng 1 hay không, và nếu có, xác định tiêu chuẩn thứ nhất làm tiêu chuẩn lựa chọn, nếu không, xác định tiêu chuẩn thứ hai làm tiêu chuẩn lựa chọn, và

trong đó tiêu chuẩn thứ nhất bao gồm: ma trận mã hóa trước thứ nhất mà là một trong số ít nhất hai ma trận mã hóa trước là thích hợp cho cả chế độ truyền SU-MIMO và chế độ truyền MU-MIMO và ma trận mã hóa trước thứ hai là ma trận còn lại trong số ít nhất hai ma trận mã hóa trước là thích hợp để nâng cao chế độ truyền MU-MIMO, và

tiêu chuẩn thứ hai bao gồm: ma trận mã hóa trước thứ nhất là thích hợp cho chế độ truyền SU-MIMO có hạng cao và ma trận mã hóa trước thứ hai là thích hợp cho chế độ truyền MU-MIMO có hạng là 1.

9. Thiết bị theo điểm 7, trong đó thiết bị đo ngoài ra còn được tạo cấu hình để ước tính ma trận kênh của kênh liên kết xuống bằng cách sử dụng các thông số.

10. Thiết bị theo điểm 9, trong đó ma trận mã hóa trước tương ứng với mỗi trong số ít nhất hai thông tin chỉ báo ma trận thỏa mãn một trong các điều kiện sau đây: khoảng cách giữa ma trận mã hóa trước và ma trận kênh là tối thiểu; khoảng cách giữa ma trận nâng cao của ma trận mã hóa trước và ma trận kênh là tối thiểu; khoảng cách giữa ma trận mã hóa trước và ma trận chuyển đổi tương đương của ma trận kênh là tối thiểu; và hiệu suất của hệ thống truyền thông là tối đa.

11. Thiết bị theo điểm 9, trong đó số lượng của ít nhất hai ma trận mã hóa trước là 2, và ít nhất hai thông tin chỉ báo ma trận bao gồm thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất tương ứng với ma trận mã hóa trước thứ nhất và thông tin chỉ báo ma trận thứ hai tương ứng với ma trận mã hóa trước thứ hai.

12. Thiết bị theo điểm 11, trong đó thiết bị tính toán được tạo cấu hình để tính toán ít nhất hai thông tin chỉ báo ma trận bằng cách:

tính toán thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất và thông tin chỉ báo ma trận thứ hai một cách tương ứng, bằng cách sử dụng ma trận kênh, thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất thỏa mãn điều kiện thứ nhất như dưới đây và thông tin chỉ báo ma trận thứ hai thỏa mãn điều kiện thứ hai như dưới đây:

điều kiện thứ nhất:

$$PMI1 = \arg \max_{b=1, \dots, B} (|Hw_b| / \|H\| \|w_b\|) ;$$

và điều kiện thứ hai:

$$PMI2 = \arg \max_{b=1, \dots, B} (|H[w_{PMI1} + f(w_b)]| / \|H\| \|w_{PMI1} + f(w_b)\|) ,$$

trong đó PMI1 biểu thị thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất, PMI2 biểu thị thông tin chỉ báo ma trận thứ hai, B biểu thị số lượng các ma trận mã hóa trước trong bảng mã mã hóa trước, $1 \leq b \leq B$, H biểu thị ma trận kênh, w_b biểu thị ma trận mã hóa trước tương ứng với b trong bảng mã mã hóa trước, $\|H\|$ biểu thị chuẩn của ma trận kênh H,

$$\arg \max_{b=1, \dots, B} ()$$

chỉ báo để chọn b mà tương ứng với giá trị lớn nhất trong số ít nhất hai (B) giá trị làm thông tin chỉ báo ma trận PMI1 hoặc PMI2, và $f(\cdot)$ chỉ báo hàm tùy chọn.

13. Thiết bị theo điểm 11, trong đó thiết bị tính toán được tạo cấu hình để tính toán ít nhất hai thông tin chỉ báo ma trận bằng cách:

tính toán thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất và thông tin chỉ báo ma trận

thứ hai một cách tương ứng, bằng cách sử dụng ma trận kênh,

trong đó khi hạng của ma trận kênh là lớn hơn 1, thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất thỏa mãn điều kiện thứ ba như dưới đây và thông tin chỉ báo ma trận thứ hai thỏa mãn điều kiện thứ tư như dưới đây:

điều kiện thứ ba:

$$PMI1 = \arg \max_{b'=1, \dots, B'} |\log \det(I + SNR H w'_{b'} w'^H_{b'} H^H)|,$$

và điều kiện thứ tư:

$$PMI2 = \arg \max_{b=1, \dots, B} |f(H)w_b|,$$

và

trong đó khi hạng của ma trận kênh bằng 1, thông tin chỉ báo ma trận thứ nhất thỏa mãn điều kiện thứ nhất và thông tin chỉ báo ma trận thứ hai thỏa mãn điều kiện thứ hai, và

trong đó B' biểu thị số lượng các ma trận mã hóa trước trong bảng mã mã hóa trước tương ứng với hạng lớn hơn 1, $1 \leq b' \leq B'$, $w'_{b'}$ biểu thị ma trận mã hóa trước tương ứng với b' trong bảng mã mã hóa trước tương ứng với hạng lớn hơn 1, SNR biểu thị tỷ số tín hiệu thu được trên nhiễu của thiết bị đầu cuối trên kênh liên kết xuống, I biểu thị ma trận đơn vị, và $\det(\bullet)$ biểu thị định thức của ma trận.

14. Thiết bị theo điểm 7, trong đó thiết bị phản hồi ngoài ra còn được tạo cấu hình để:

phản hồi thông tin thứ hai chỉ báo số lượng các luồng dữ liệu mà có thể

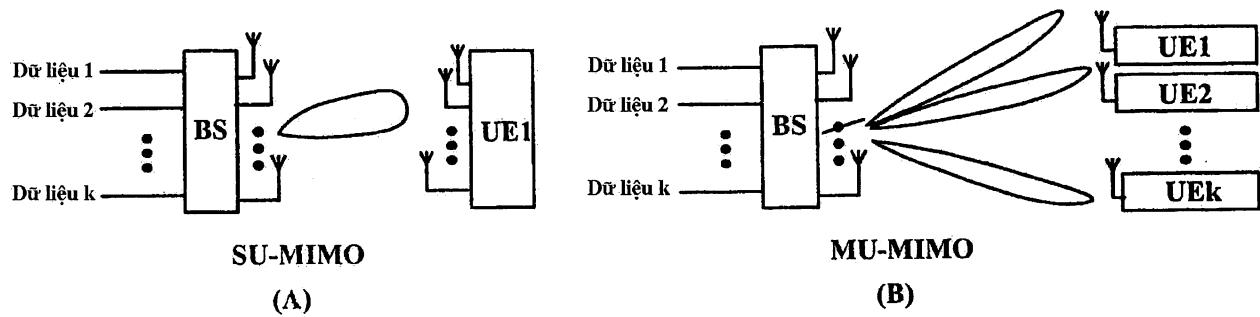
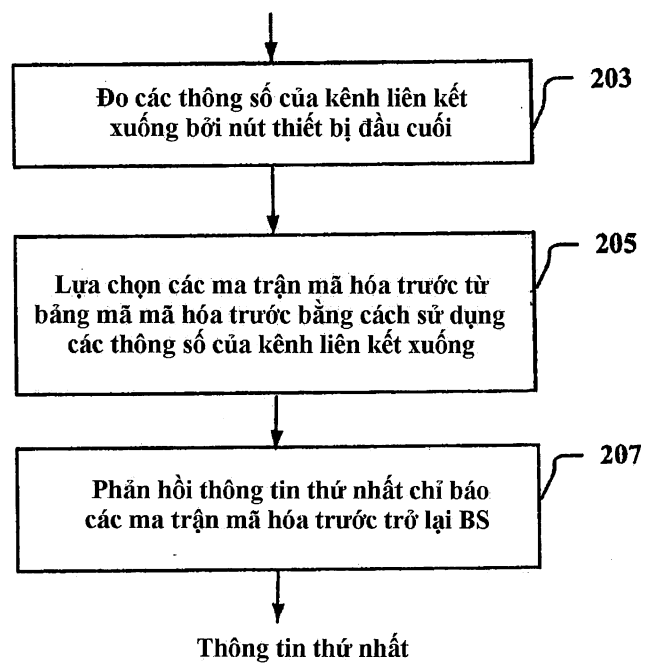
thu được một cách đồng thời bởi thiết bị đầu cuối về trạm gốc.

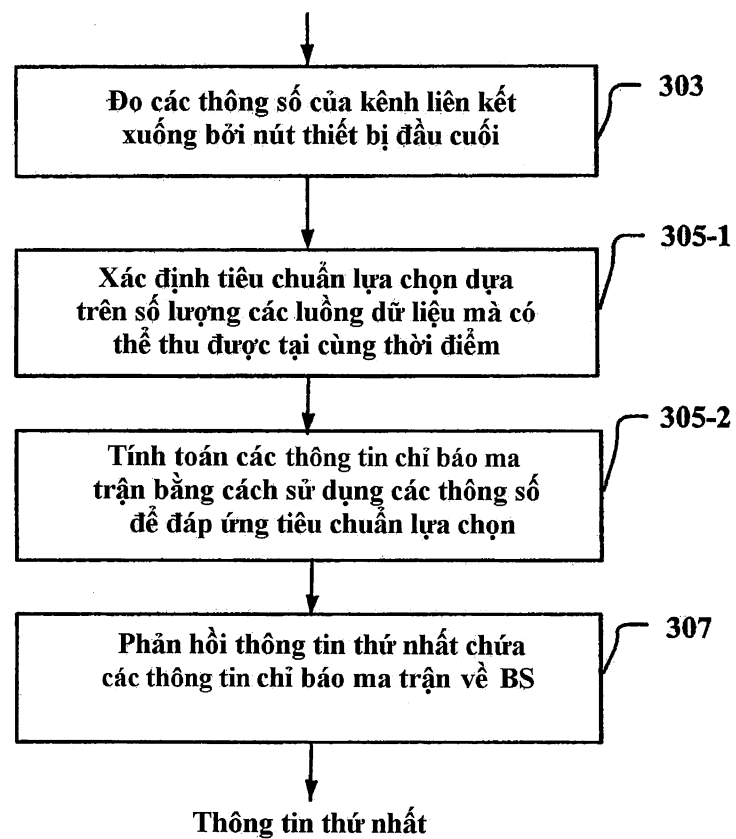
15. Thiết bị để thu thông tin kênh dựa vào bảng mã, được tạo cấu hình trong trạm gốc trong hệ thống truyền thông, và bao gồm:

thiết bị thu, được tạo cấu hình để thu thông tin thứ nhất được phản hồi từ thiết bị đầu cuối trong hệ thống truyền thông, trong đó thông tin thứ nhất chỉ báo ít nhất hai ma trận mã hóa trước thích hợp cho cả chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đơn người dùng (SU-MIMO) và chế độ truyền đa đầu vào đa đầu ra đa người dùng (MU-MIMO), để tạo thuận lợi cho việc chuyển mạch động giữa chế độ truyền SU-MIMO và chế độ truyền MU-MIMO, và ít nhất hai ma trận mã hóa trước được bao gồm trong bảng mã mã hóa trước mà là tập các ma trận mã hóa trước; và

thiết bị tạo ma trận, được tạo cấu hình để chọn ít nhất hai ma trận mã hóa trước được chỉ báo bởi thông tin thứ nhất từ bảng mã mã hóa trước, và tạo ra ma trận mã hóa trước thứ ba tương ứng với thiết bị đầu cuối dựa vào ít nhất hai ma trận mã hóa trước được chỉ báo bởi thông tin thứ nhất.

16. Thiết bị theo điểm 15, trong đó thiết bị tạo ma trận ngoài ra còn được tạo cấu hình để tạo ra, nếu chế độ truyền MU-MIMO được sử dụng, ma trận mã hóa trước thứ tư cho các thiết bị đầu cuối dựa vào các ma trận mã hóa trước, mỗi trong số đó tương ứng với một trong các thiết bị đầu cuối.

**Fig. 1****Fig. 2**

**Fig. 3**

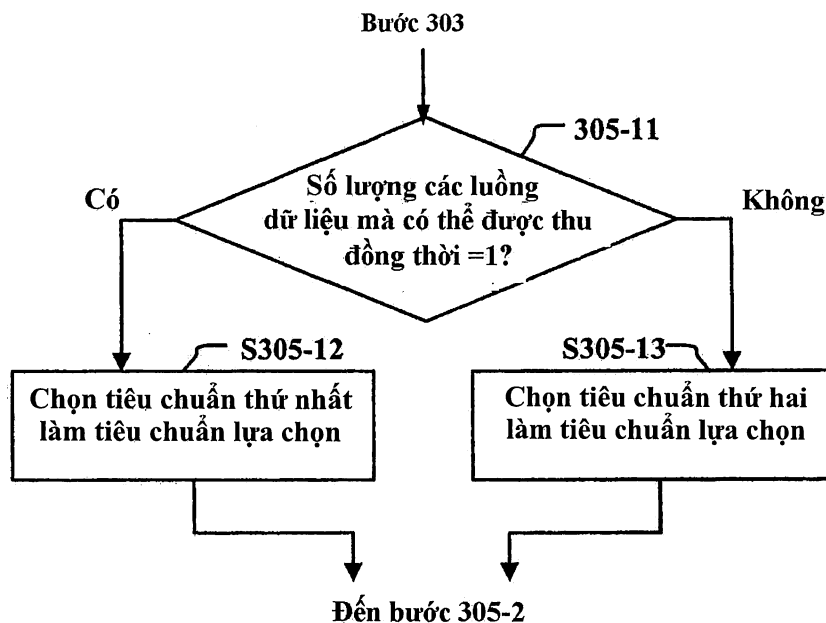


Fig. 4

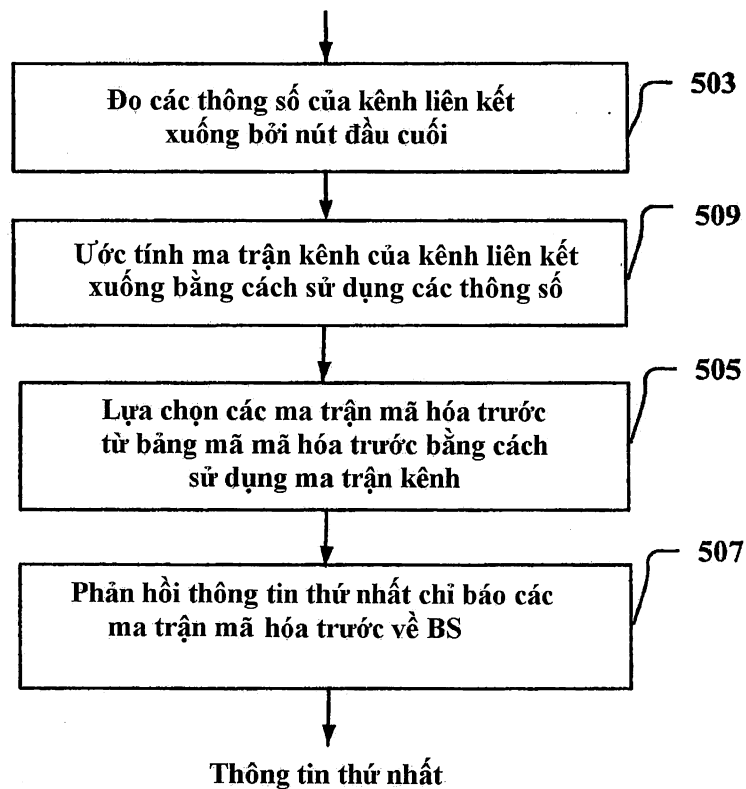


Fig. 5

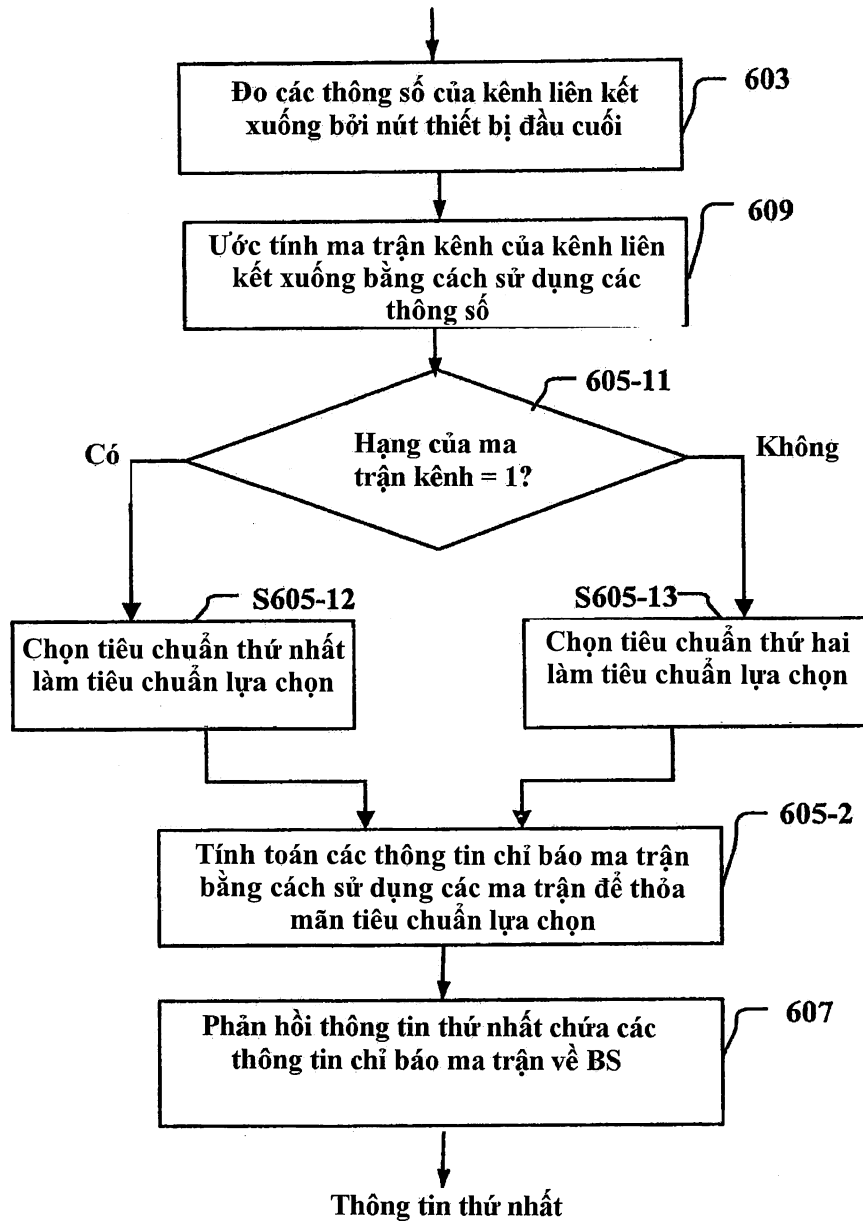


Fig. 6

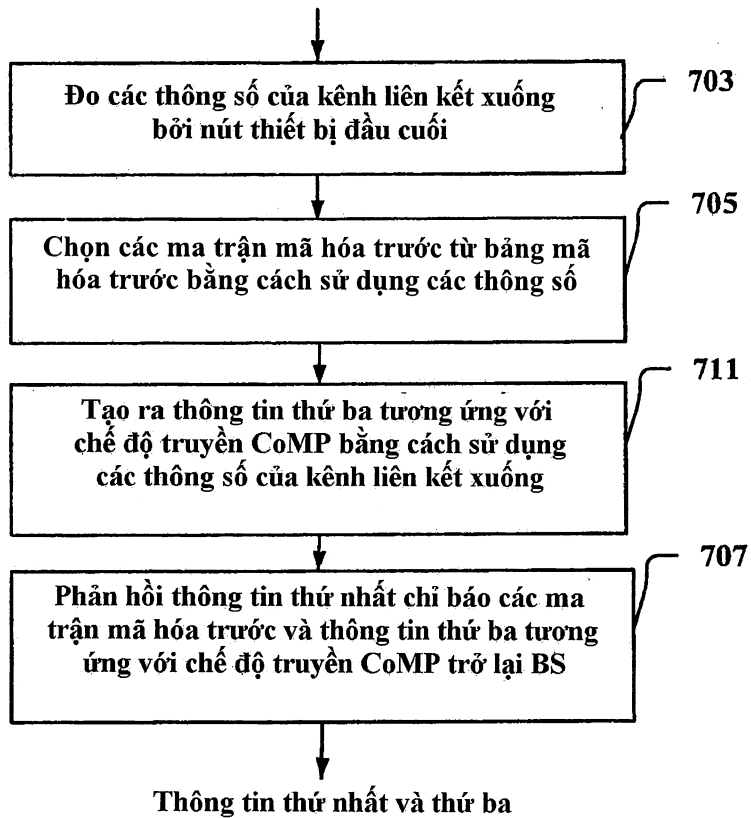


Fig. 7

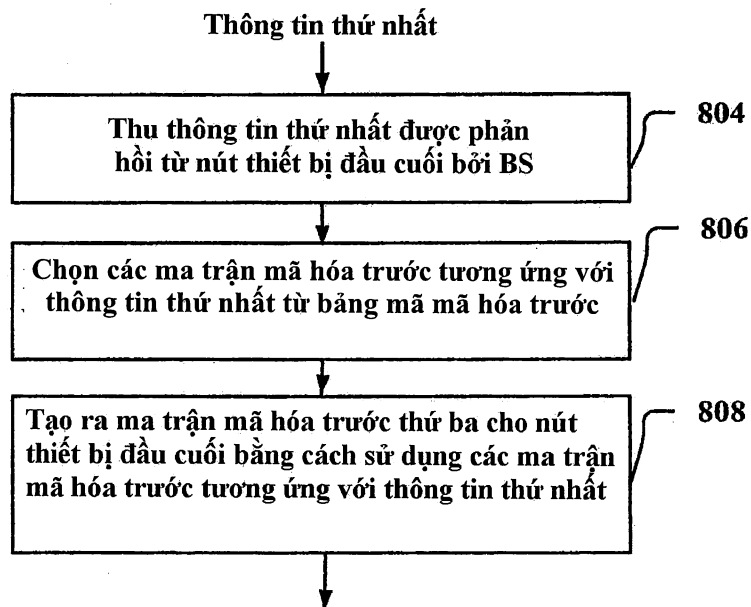


Fig. 8

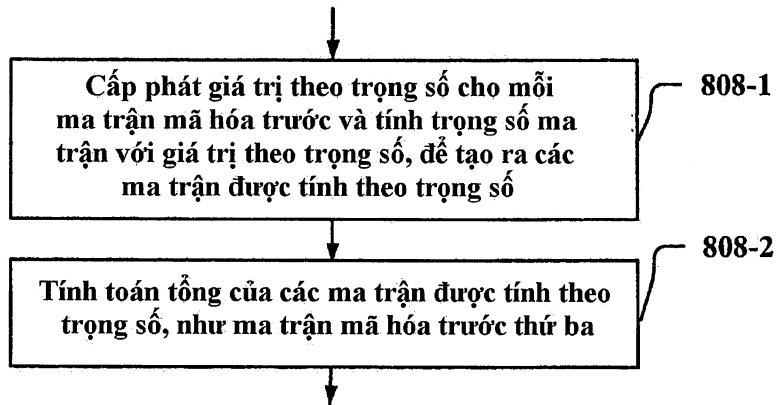


Fig. 9

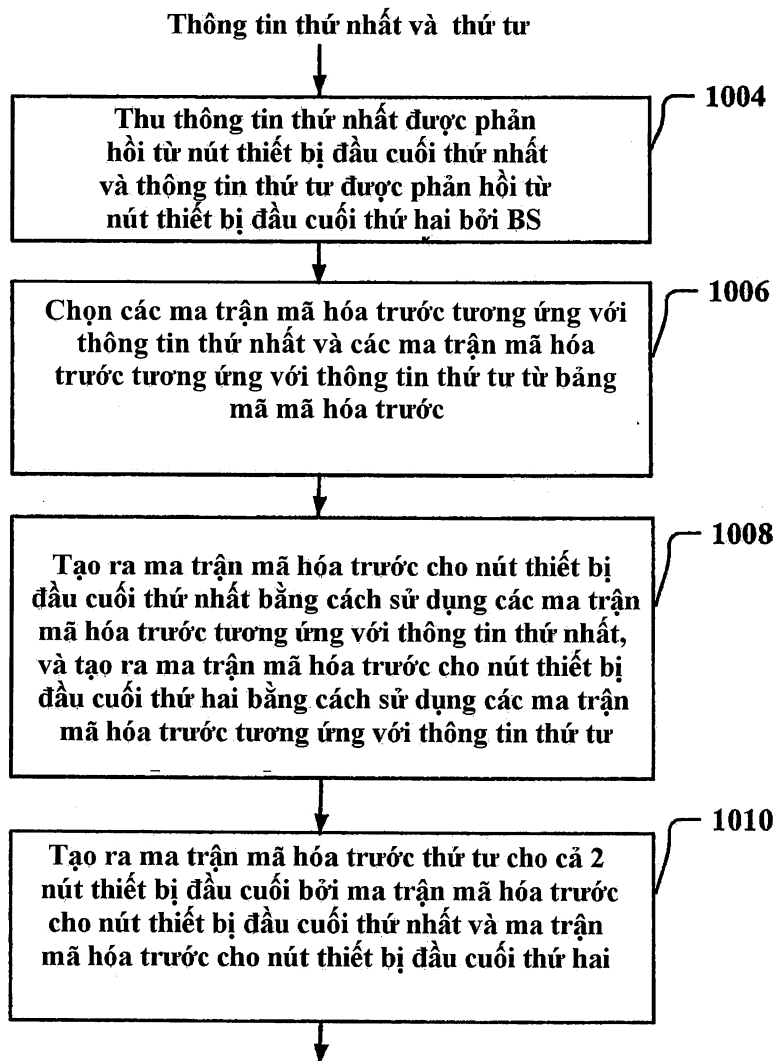


Fig. 10

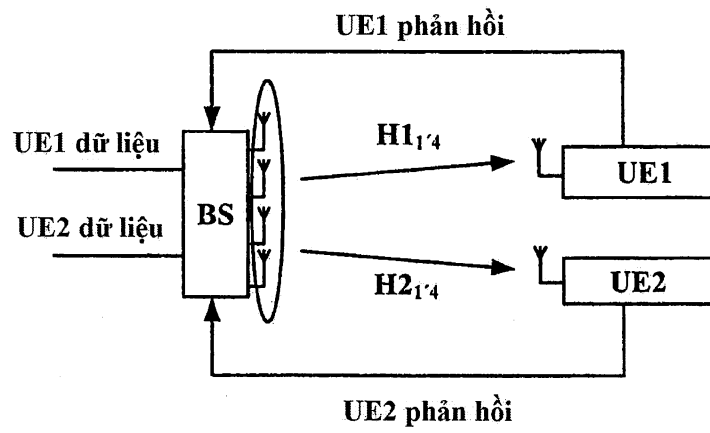


Fig. 11

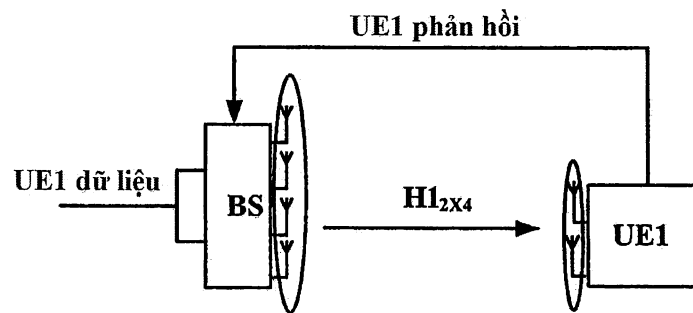


Fig. 12

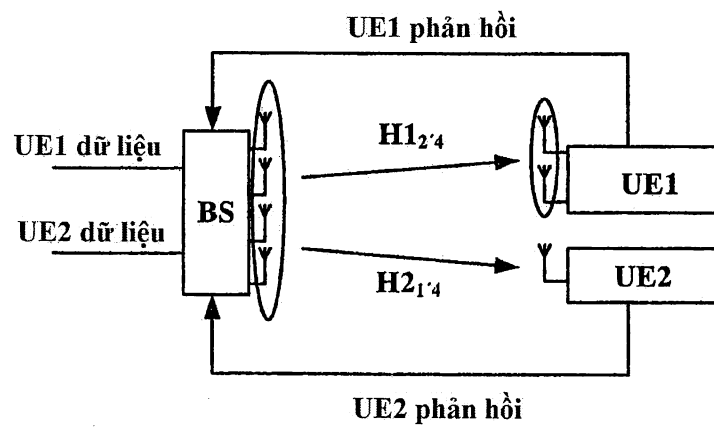


Fig. 13

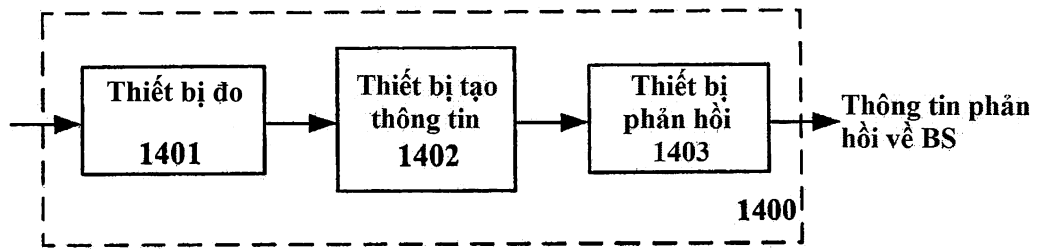


Fig. 14

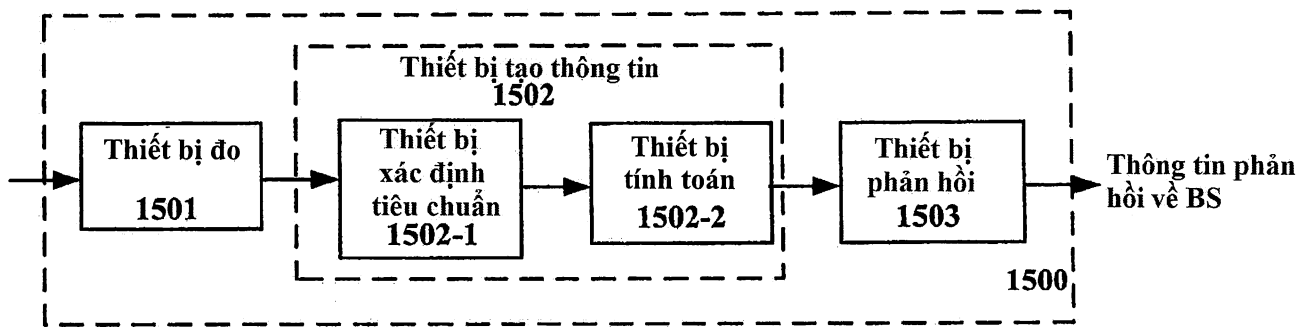


Fig. 15

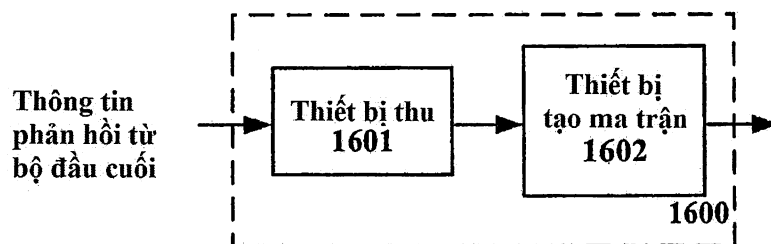


Fig. 16

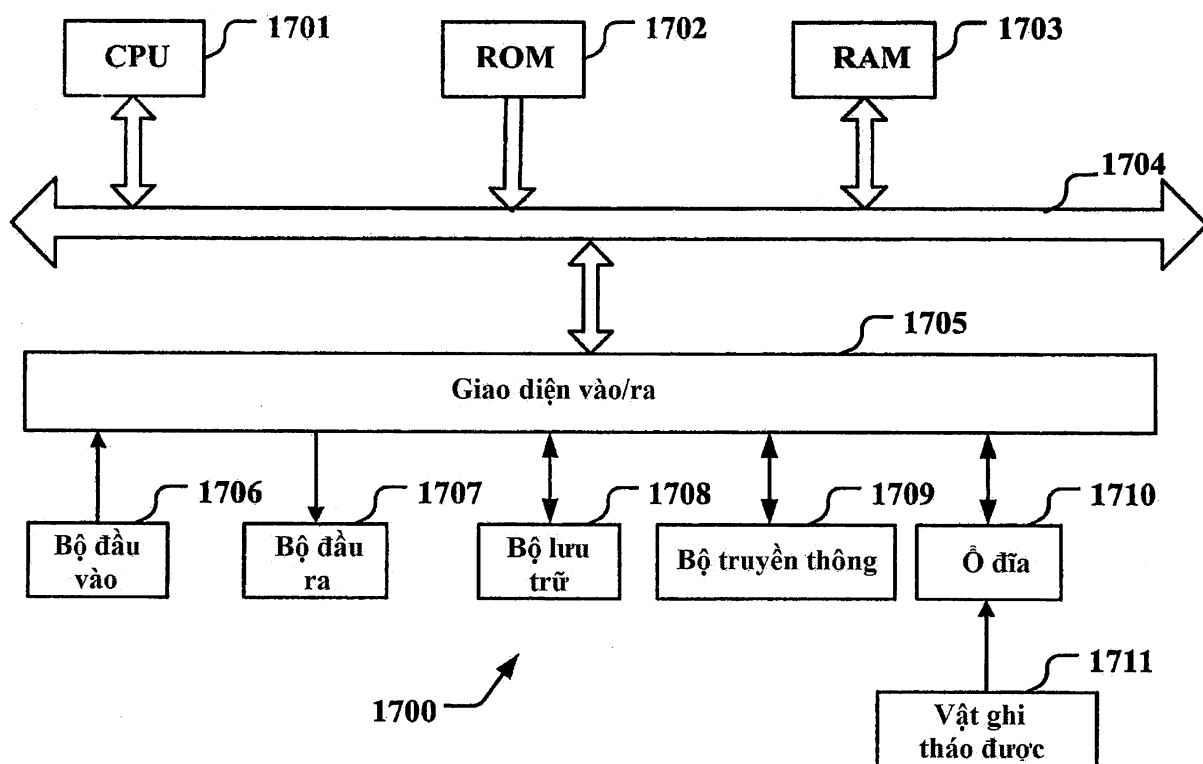


Fig. 17