



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

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

(11)



1-0037123

(51)<sup>8</sup> H04B 7/06

(13) B

(21) 1-2018-05528

(22) 15/05/2017

(86) PCT/IB2017/052863 15/05/2017

(87) WO 2017/195183 16/11/2017

(30) 62/336,287 13/05/2016 US

(45) 25/10/2023 427

(43) 25/02/2019 371A

(73) HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (CN)

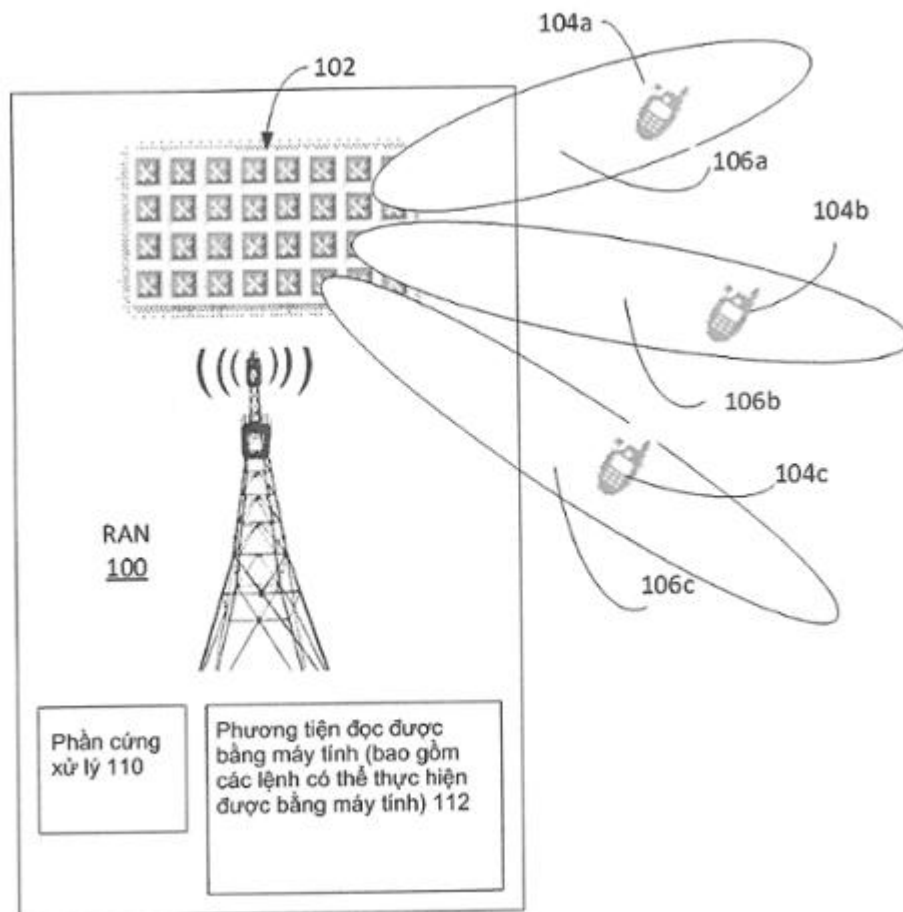
Huawei Administration Building Bantian, Longgang District Shenzhen, Guangdong  
518129, P.R. China

(72) WU, Lu (CN); HAN, Wei (CN); SHANG, Peng (CN); LIU, Jin (CN); BI, Xiaoyan  
(CN); GE, Shibin (CN); CHEN, Dageng (CN).

(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

#### (54) PHƯƠNG PHÁP TRUYỀN THÔNG VÀ NÚT TRUY CẬP VÔ TUYẾN

(57) Sáng chế đề cập đến nút truy cập vô tuyến (RAN - radio access node) và phương pháp vận hành RAN. RAN bao gồm mảng anten đa đầu vào đa đầu ra (MIMO, multiple-input-multiple-output) cỡ lớn. Nút truy cập vô tuyến RAN bao gồm phần cứng xử lý được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp truyền thông bao gồm bước thu luồng dữ liệu số để truyền trên tài nguyên thời gian-tần số. RAN mã hóa trước luồng dữ liệu số bằng cách sử dụng giai đoạn tạo chùm số để hoàn trả luồng dữ liệu đường xuống số được mã hóa trước để truyền tín hiệu luồng dữ liệu đường xuống đến thiết bị người dùng. Giai đoạn tạo chùm số bao gồm giai đoạn mã hóa trước thứ nhất được tạo cấu hình theo ma trận dài hạn, và giai đoạn mã hóa trước thứ hai được tạo cấu hình theo ma trận ngắn hạn. Nút truy cập vô tuyến RAN còn được tạo cấu hình để tạo tín hiệu truyền luồng dữ liệu đường xuống đến thiết bị người dùng theo luồng dữ liệu đường xuống số được mã hóa trước.



### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập đến lĩnh vực kỹ thuật truy cập vô tuyến mạng truyền thông không dây di động. Cụ thể hơn là, sáng chế đề cập đến kỹ thuật mã hóa trước thích ứng tại nút truy cập vô tuyến (RAN - radio access node) MIMO (multiple-input-multiple-output, đa đầu ra – đa đầu vào) cực lớn.

### **Tình trạng kỹ thuật của sáng chế**

Yêu cầu đối với các dịch vụ dữ liệu tốc độ cao, đặc biệt là các dịch vụ dữ liệu đường xuống, làm nảy sinh nhu cầu gia tăng dung lượng thông tin được hỗ trợ đồng thời bằng nút truy cập vô tuyến trong vùng cho trước. Các thiết bị không dây di động ngày càng được sử dụng nhiều hơn để cung cấp các luồng dữ liệu đa dạng, ở dạng âm nhạc và lập trình video, v.v.. Ngoài ra, mật độ thiết bị người dùng không dây di động gia tăng, đặc biệt là trong các môi trường thành phố, tạo thêm sức ép đối với các nhà cung cấp dịch vụ phải mở rộng băng thông dữ liệu đường xuống để đáp ứng nhu cầu người dùng đối với các giới hạn tốc độ dữ liệu đường xuống ngày càng lớn.

Các kỹ thuật truy cập vô tuyến mới, cung cấp các kênh phụ bằng cách dồn kênh không gian phổ tần số được chia sẻ trên liên kết tải xuống, hiện đang được phát triển dựa vào các cấu trúc mảng anten MIMO cực lớn bao gồm nhiều phần tử anten riêng rẽ. Thay vì phát tín hiệu đẳng hướng, các nhóm phần tử anten của các cấu trúc mảng anten MIMO cực lớn được điều chỉnh/điều khiển để hỗ trợ việc tạo chùm. Nói đơn giản, việc tạo chùm là kỹ thuật truyền tín hiệu trong đó cùng tín hiệu được truyền (với biên độ và điều chế pha thích hợp) bằng nhóm các bộ truyền để nhiều tăng/giảm tạo tín hiệu mà được truyền một cách hiệu quả ở dạng chùm theo hướng góc cụ thể – trái ngược với việc phát theo mọi hướng từ một phần tử anten.

Kỹ thuật tạo chùm cho phép một cấu trúc mảng anten MIMO cực lớn hỗ trợ truyền thông đồng thời đa truy cập phân chia theo không gian (SDMA, space-division multiple access) với nhiều bộ thu. Kỹ thuật dồn kênh theo không gian này cho phép các luồng dữ liệu đường xuống đồng thời qua các chùm tín hiệu phân biệt nội bộ truyền (cấu trúc MIMO cực lớn) và bộ thu (ví dụ, thiết bị người dùng). Kỹ thuật mã hóa trước, kỹ thuật này được ghép cặp với kỹ thuật

giải mã thích hợp tại bộ thu, được áp dụng cho các phần tử anten riêng rẽ để hoàn trả các chùm tín hiệu phân biệt hỗ trợ các hoạt động truyền dữ liệu đường xuống giữa MIMO cực lớn và thiết bị người dùng.

Căn cứ vào việc tập trung hướng của tín hiệu phát ra từ việc tạo chùm tại nguồn tín hiệu (tức là, RAN), kỹ thuật theo dõi trạng thái kênh nâng cao đảm bảo rằng chất lượng tín hiệu có thể chấp nhận được duy trì đối với thiết bị người dùng di động mà thu thông tin được tải xuống qua các chùm tín hiệu theo hướng được truyền bởi các nhóm phụ của các phần tử anten của cấu trúc anten MIMO cực lớn.

Kiến thức về thông tin trạng thái kênh là yếu tố quan trọng để thực hiện thành công các sơ đồ truyền dữ liệu được thực hiện bằng các kỹ thuật anten MIMO cực lớn. Khía cạnh “không gian” để thực hiện các sơ đồ đa người dùng SDMA tại các cấu trúc MIMO cực lớn làm tăng mức quan trọng của việc duy trì trạng thái CSI (thông tin trạng thái kênh – channel state information) chính xác và cập nhật cho từng đường xuống thiết bị người dùng (tức là, các chùm truyền được tập trung theo hướng) được hỗ trợ đồng thời bằng MIMO cực lớn thực hiện SDMA.

### **Bản chất kỹ thuật của sáng chế**

Các phương án của sáng chế đề xuất phương pháp, phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính, và hệ thống RAN. Các phương án này đề xuất khung mã hóa trước số nhiều giai đoạn có thể được tạo cấu hình cao mà kết hợp độ ổn định dài hạn cũng như phản hồi ngắn hạn theo ma trận dài hạn và ma trận ngắn hạn.

Để đạt được mục đích nêu trên, các phương án đề xuất các giải pháp kỹ thuật sau:

Theo khía cạnh thứ nhất, một phương án của sáng chế đề xuất nút truy cập vô tuyến (RAN) và phương pháp vận hành RAN. RAN này bao gồm mảng anten MIMO cực lớn. RAN bao gồm phần cứng xử lý được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp truyền thông bao gồm bước thu luồng dữ liệu số để truyền trên tài nguyên thời gian-tần số. RAN mã hóa trước luồng dữ liệu số bằng cách sử dụng giai đoạn tạo chùm số để hoàn trả luồng dữ liệu đường xuống số được mã hóa trước để truyền tín hiệu luồng dữ liệu đường xuống đến thiết bị người

dùng. Giai đoạn tạo chùm số bao gồm giai đoạn mã hóa trước thứ nhất được tạo cấu hình theo ma trận dài hạn, và giai đoạn mã hóa trước thứ hai được tạo cấu hình theo ma trận ngắn hạn. RAN còn được tạo cấu hình để tạo tín hiệu truyền luồng dữ liệu đường xuống đến thiết bị người dùng theo luồng dữ liệu đường xuống số được mã hóa trước.

Trong cách thức thực hiện thứ nhất của khía cạnh thứ nhất, giai đoạn mã hóa trước thứ nhất ánh xạ cổng anten đến một hoặc nhiều chuỗi tần số vô tuyến RF (radio frequency) theo ma trận dài hạn.

Trong khía cạnh khác của cách thức thực hiện thứ nhất, giai đoạn mã hóa trước thứ hai ánh xạ luồng dữ liệu đầu vào đến một hoặc nhiều cổng anten theo ma trận ngắn hạn.

Trong khía cạnh khác nữa của cách thức thực hiện thứ nhất, chuỗi RF cấp tín hiệu tương tự đến bộ tách tín hiệu, và trong đó bộ tách tín hiệu có đầu ra nhiều đường tương ứng với mảng phụ của các phần tử anten của môđun MIMO cực lớn.

Trong cách thức thực hiện thứ hai của khía cạnh thứ nhất, phương pháp truyền thông còn bao gồm bước: tạo cấu hình đo tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh (CSI-RS, channel state information reference signal), bước tạo cấu hình này bao gồm: tạo cấu hình đo CSI-RS mức thứ nhất trên thông tin thống kê kênh dài hạn và thu thông tin trạng thái kênh CSI hiện tương ứng từ thiết bị người dùng dựa vào cấu hình đo CSI-RS mức thứ nhất; và tạo cấu hình đo CSI-RS mức thứ hai trên thông tin kênh ngắn hạn và thu CSI tương ứng từ thiết bị người dùng dựa vào cấu hình đo CSI-RS mức thứ hai.

Trong khía cạnh khác của cách thức thực hiện thứ hai, thông tin trạng thái kênh hiện từ thiết bị người dùng gồm ma trận hiệp phương sai kênh.

Trong khía cạnh khác của cách thức thực hiện thứ hai, tạo cấu hình đo CSI-RS mức thứ nhất là trên băng rộng.

Trong khía cạnh khác nữa của cách thức thực hiện thứ hai, tạo cấu hình đo CSI-RS mức thứ hai là trên băng tần con.

Theo khía cạnh thứ hai, phương pháp theo dõi được đề xuất bao gồm bước thu luồng dữ liệu số để truyền trên tài nguyên thời gian-tần số. Phương pháp còn bao gồm bước mã hóa trước luồng dữ liệu số bằng cách sử dụng giai

đoạn tạo chùm số để hoàn trả luồng dữ liệu đường xuống số được mã hóa trước để truyền tín hiệu luồng dữ liệu đường xuống đến thiết bị người dùng. Giai đoạn tạo chùm số bao gồm giai đoạn mã hóa trước thứ nhất được tạo cấu hình theo ma trận dài hạn, và giai đoạn mã hóa trước thứ hai được tạo cấu hình theo ma trận ngắn hạn. Phương pháp truyền thông còn bao gồm bước tạo tín hiệu truyền luồng dữ liệu đường xuống đến thiết bị người dùng theo luồng dữ liệu đường xuống số được mã hóa trước.

Trong cách thức thực hiện thứ nhất của khía cạnh thứ hai, giai đoạn mã hóa trước thứ nhất ánh xạ cổng anten đến một hoặc nhiều chuỗi tần số vô tuyến RF theo ma trận dài hạn.

Trong khía cạnh khác của cách thức thực hiện thứ nhất của khía cạnh thứ hai, giai đoạn mã hóa trước thứ hai ánh xạ luồng dữ liệu đầu vào đến một hoặc nhiều cổng anten theo ma trận ngắn hạn.

Trong khía cạnh khác nữa của cách thức thực hiện thứ nhất của khía cạnh thứ hai, chuỗi RF cấp tín hiệu tương tự đến bộ tách tín hiệu, và trong đó bộ tách tín hiệu có đầu ra nhiều đường tương ứng với mảng phụ của các phần tử anten của môđun MIMO cực lớn.

Trong cách thức thực hiện thứ hai của khía cạnh thứ hai, phương pháp truyền thông còn bao gồm bước: tạo cấu hình đo tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh CSI-RS, bước tạo cấu hình gồm: tạo cấu hình đo CSI-RS mức thứ nhất trên thông tin thống kê kênh dài hạn và thu thông tin trạng thái kênh CSI hiện tương ứng từ thiết bị người dùng dựa vào cấu hình đo CSI-RS mức thứ nhất; và tạo cấu hình đo CSI-RS mức thứ hai trên thông tin kênh ngắn hạn và thu CSI tương ứng từ thiết bị người dùng dựa vào cấu hình đo CSI-RS mức thứ hai.

Trong khía cạnh khác của cách thức thực hiện thứ hai của khía cạnh thứ hai, thông tin trạng thái kênh hiện từ thiết bị người dùng gồm ma trận hiệp phương sai kênh.

Trong khía cạnh khác của cách thức thực hiện thứ hai của khía cạnh thứ hai, tạo cấu hình đo CSI-RS mức thứ nhất là trên băng rộng.

Trong khía cạnh khác nữa của cách thức thực hiện thứ hai của khía cạnh thứ hai, tạo cấu hình đo CSI-RS mức thứ hai là trên băng tần con.

Theo khía cạnh thứ ba, phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính có các lệnh có thể thực thi bằng máy tính mà, khi được thực hiện trên phần cứng xử lý, tạo điều kiện thuận lợi cho việc thực hiện phương pháp bao gồm bước thu luồng dữ liệu số để truyền trên tài nguyên thời gian-tần số. Phương pháp này còn bao gồm bước mã hóa trước luồng dữ liệu số bằng cách sử dụng giai đoạn tạo chùm số để hoàn trả luồng dữ liệu đường xuống số được mã hóa trước để truyền tín hiệu luồng dữ liệu đường xuống đến thiết bị người dùng. Giai đoạn tạo chùm số bao gồm giai đoạn mã hóa trước thứ nhất được tạo cấu hình theo ma trận dài hạn, và giai đoạn mã hóa trước thứ hai được tạo cấu hình theo ma trận ngắn hạn. Phương pháp truyền thông còn bao gồm bước tạo tín hiệu truyền luồng dữ liệu đường xuống đến thiết bị người dùng theo luồng dữ liệu đường xuống số được mã hóa trước.

Trong cách thức thực hiện thứ nhất của khía cạnh thứ ba, giai đoạn mã hóa trước thứ nhất ánh xạ cổng anten đến một hoặc nhiều chuỗi tần số vô tuyến RF theo ma trận dài hạn.

Trong khía cạnh khác của cách thức thực hiện thứ nhất của khía cạnh thứ ba, giai đoạn mã hóa trước thứ hai ánh xạ luồng dữ liệu đầu vào đến một hoặc nhiều cổng anten theo ma trận ngắn hạn.

Trong khía cạnh khác nữa của cách thức thực hiện thứ nhất của khía cạnh thứ ba, chuỗi tần số vô tuyến RF cấp tín hiệu tương tự đến bộ tách tín hiệu, và trong đó bộ tách tín hiệu có đầu ra nhiều đường tương ứng với mảng phụ của các phần tử anten của môđun MIMO cực lớn.

Trong cách thức thực hiện thứ hai của khía cạnh thứ ba, phương pháp truyền thông còn gồm bước: tạo cấu hình tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh CSI-RS, bước tạo cấu hình gồm: tạo cấu hình đo CSI-RS mức thứ nhất trên thông tin thống kê kênh dài hạn và thu thông tin trạng thái kênh CSI hiện tương ứng từ thiết bị người dùng dựa vào cấu hình đo CSI-RS mức thứ nhất; và tạo cấu hình đo CSI-RS mức thứ hai trên thông tin kênh ngắn hạn và thu CSI tương ứng từ thiết bị người dùng dựa vào cấu hình đo CSI-RS mức thứ hai.

Trong khía cạnh khác của cách thức thực hiện thứ hai của khía cạnh thứ ba, thông tin trạng thái kênh hiện từ thiết bị người dùng gồm ma trận hiệp phương sai kênh.

Trong khía cạnh khác của cách thức thực hiện thứ hai của khía cạnh thứ ba, tạo cấu hình đo CSI-RS mức thứ nhất là trên băng rộng.

Trong khía cạnh khác nữa của cách thức thực hiện thứ hai của khía cạnh thứ ba, tạo cấu hình đo CSI-RS mức thứ hai là trên băng tần con.

### **Mô tả vắn tắt các hình vẽ**

Mặc dù bộ yêu cầu bảo hộ kèm theo trình bày các dấu hiệu của sáng chế một cách chi tiết, tuy nhiên sáng chế và các ưu điểm được hiểu rõ nhất từ phần mô tả chi tiết có dựa vào các hình vẽ kèm theo.

FIG. 1 là sơ đồ giản lược minh họa nút truy cập vô tuyến bao gồm MIMO cực lớn đồng thời hỗ trợ, qua SDMA, nhiều liên kết truyền đường xuống phân biệt đến nhiều thiết bị người dùng các vị trí phân biệt theo không gian liên quan đến MIMO cực lớn;

FIG. 2 là hình vẽ giản lược của hệ thống phụ tạo chùm số-tương tự lại ví dụ cung cấp các phần tử điều khiển tín hiệu tương tự của cấu trúc mảng anten MIMO;

FIG. 3 là hình vẽ giản lược của thành phần tạo chùm số hai giai đoạn để minh họa được tạo cấu hình theo ma trận mã hóa trước dài hạn băng rộng (C) và ma trận mã hóa trước ngắn hạn băng tần con (V);

FIG. 4 là lưu đồ tóm tắt các hoạt động được thực hiện bằng RAN để tạo tín hiệu luồng dữ liệu đường xuống được mã hóa trước đến MIMO bằng cách sử dụng thành phần tạo chùm số hai giai đoạn được minh họa trên FIG. 3; và

FIG. 5 là lưu đồ tóm tắt cấu hình của thành phần tạo chùm số hai giai đoạn được minh họa trên FIG. 3.

### **Mô tả chi tiết sáng chế**

Dựa vào FIG. 1, sơ đồ giản lược minh họa RAN 100 gồm mô đun MIMO cực lớn 102. Trong ví dụ minh họa, mô đun MIMO cực lớn 102, gồm mảng anten gồm các phần tử đơn vị truyền/thu rời rạc (các phần tử anten), được tạo cấu hình để truyền các chùm tín hiệu được tạo chùm phân biệt 106a, 106b và 106c. Trong sơ đồ giản lược này, các chùm tín hiệu được tạo chùm 106a, 106b và 106c được minh họa dưới dạng không chồng lấn. Tuy nhiên, trên thực tế có

thể có sự chồng lấn giữa các chùm tín hiệu liên kề, làm nảy sinh yêu cầu thực hiện xử lý tín hiệu bổ sung để triệt/giảm nhiễu tín hiệu giữa các chùm. Bằng cách mã hóa trước (được thảo luận dưới đây) các luồng tín hiệu dữ liệu được truyền bởi môđun MIMO cực lớn 102, RAN 100 hỗ trợ đồng thời các hoạt động truyền dữ liệu đường xuống đa luồng đến từng thiết bị người dùng 104a, 104b và 104c qua một hoặc nhiều chùm tín hiệu tương ứng 106a, 106b và 106c. Khoảng cách hướng giữa các chùm tín hiệu 106a, 106b và 106c, cho phép RAN 100 đồng thời truyền ba luồng dữ liệu đường xuống phân biệt trên cùng kênh tần số.

Trên đây đã mô tả cấu trúc dữ liệu đường xuống đa luồng SDMA tương đối đơn giản dựa vào FIG. 1, sự đa dạng của các cấu trúc SDMA được đoán trước trong các hệ thống ví dụ khác. Số lượng chùm tín hiệu phân biệt 106 sẽ thay đổi theo các phương án và trạng thái hoạt động khác nhau. Tuy nhiên, một vài phần tử anten được yêu cầu trong từng nhóm phần tử anten để truyền một chùm tín hiệu dữ liệu đường xuống, tương ứng với nhóm cụ thể, được hạn chế ở không gian tương đối bị giới hạn. Nguyên tắc chung là, việc tăng số lượng phần tử anten trong nhóm sẽ thu hẹp chùm tín hiệu thu được. Do vậy, số lượng cổng anten (S), tương ứng với các nhóm anten tạo chùm tín hiệu phân biệt, về cơ bản nhỏ hơn tổng số lượng phần tử anten (M) tạo thành môđun MIMO cực lớn 102. Sự đa dạng lớn của các cấu trúc MIMO cực lớn được đoán trước trong các ví dụ minh họa khác nhau. Do vậy, phần mô tả trên đây có nghĩa là tóm tắt về bản chất – ngược lại với việc mang ý nghĩa toàn diện – vì các phần tử được mô tả, bao gồm các cấu trúc anten MIMO cực lớn, đã được biết rộng rãi trong lĩnh vực truyền thông không dây di động.

Ngoài ra, tiếp tục dựa vào FIG. 1, RAN 100 bao gồm loại phần cứng xử lý 110 thích hợp bất kỳ mà được tạo cấu hình theo các lệnh có thể thực thi bằng máy tính được lưu trữ trên phương tiện đọc được bằng máy tính 112, mà có thể ở lượng và dạng bất kỳ bao gồm phương tiện bất kỳ trong số các phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính sẽ được biết đến trong kỹ thuật.

Trên đây đã mô tả các phần tử cấu trúc/chức năng ví dụ của một ví dụ về RAN 100, bây giờ dựa vào FIG. 2 mà minh họa giản lược hệ thống con tạo chùm đa luồng ví dụ cho RAN 100 mà có thể được tạo cấu hình, theo ma trận mã hóa trước hai giai đoạn, để tạo một hoặc nhiều chùm truyền tín hiệu tương

ứng với lên đến “K” luồng dữ liệu đường xuống phân biệt. Trong ví dụ minh họa, giai đoạn tạo chùm số 200 thu “K” luồng dữ liệu đường xuống phân biệt qua đầu vào luồng dữ liệu 202. Giai đoạn xử lý tín hiệu băng gốc 204 (được mô tả chi tiết dưới đây dựa vào FIG. 3) thực hiện xử lý tín hiệu băng gốc trên lên đến K luồng dữ liệu đầu vào 202 để hoàn trả đầu ra tạo chùm số 206. Trong ví dụ minh họa, đầu ra tạo chùm số 206 bao gồm cả mạch điều chỉnh dữ liệu và thông tin điều khiển để hoàn trả N tín hiệu dữ liệu đường xuống phân biệt tương ứng với K luồng dữ liệu đường xuống phân biệt 202. Số lượng tín hiệu dữ liệu đường xuống phân biệt (N) lớn hơn hoặc bằng số lượng luồng dữ liệu đường xuống phân biệt (K) thu được bởi giai đoạn xử lý tín hiệu băng gốc hai giai đoạn 204.

Giai đoạn chuỗi RF 212 bao gồm “N” bộ phận chức năng phân biệt để xử lý một trong số “N” tín hiệu dữ liệu đường xuống phân biệt được tạo ra bởi giai đoạn tạo chùm số 200. Giai đoạn chuỗi RF 212 ban đầu biến đổi N luồng dữ liệu đầu ra của đầu ra tạo chùm số 206 từ miền tần số thành miền thời gian bằng cách thực hiện thao tác biến đổi Fourier rời rạc DFT (Discrete Fourier Transform). Sau đó, các bộ phận chức năng của giai đoạn chuỗi RF 212 biến đổi N luồng dữ liệu miền thời gian thành N tín hiệu luồng dữ liệu tương tự 214.

Giai đoạn tạo chùm tương tự 210 biến đổi các tín hiệu luồng dữ liệu tương tự 214 thu được, tương ứng với đầu ra tạo chùm số 206, thành lên đến M tín hiệu tương tự phân biệt điều chỉnh M phần tử anten phân biệt của MIMO cực lớn 102. Trong ví dụ minh họa, M bằng 80 (tức là, mảng 10 nhân 8 của các phần tử anten trong MIMO cực lớn 102), đây là số lượng phần tử tương đối nhỏ trong ngữ cảnh của hệ thống MIMO cực lớn đã được mô tả. Trong một số trường hợp, môđun MIMO cực lớn 102 sẽ có vài trăm phần tử anten.

Tiếp tục dựa vào FIG. 2, từng tập hợp của các tín hiệu tương tự 214 (N tín hiệu phân biệt) được tái tạo bằng tập hợp của các bộ tách tín hiệu 216 có thể được tạo cấu hình (tổng số N) thành “ $n_x$ ” tín hiệu tương tự đầu ra, trong đó (đối với  $x = 1$  đến N) “ $n_x$ ” là số lượng phần tử anten được điều chỉnh bởi đầu ra bộ tách thứ x, với từng đầu ra trong số  $n_x$  đầu ra của N bộ tách phân biệt điều chỉnh anten vật lý cụ thể trong môđun MIMO cực lớn 102. Ví dụ minh họa cấu trúc nối một phần. Cấu trúc nối một phần liên quan đến nối chỉ một phần trong số tổng số M phần tử anten của môđun MIMO cực lớn 102 với một trong số N tín

hiệu đầu ra tương tự từ chuỗi RF 212. Ví dụ, mảng phụ anten thứ nhất 230 gồm mảng 4x4 của 16 phần tử anten ( $n=16$ ) để truyền chùm dữ liệu đường xuống thứ nhất (tương ứng với các tín hiệu đầu ra tương tự thứ nhất trong số  $N$  tín hiệu đầu ra tương tự từ giai đoạn chuỗi RF 212), và mảng phụ anten thứ hai 240 gồm mảng 4x2 của 8 phần tử anten ( $n=8$ ) để truyền chùm dữ liệu đường xuống thứ hai (tương ứng với đầu ra tương tự thứ  $N$  từ giai đoạn chuỗi RF 212).

Ví dụ khác về sơ đồ giữa  $N$  tín hiệu đầu ra tương tự của giai đoạn chuỗi RF 212 và  $M$  phần tử của môđun MIMO cực lớn 102, mà không được thể hiện trên FIG.2, là cấu trúc nối đầy đủ trong đó từng tín hiệu đầu ra tương tự trong số  $N$  tín hiệu đầu ra tương tự được tách/định tuyến đến toàn bộ  $M$  phần tử anten trong môđun MIMO cực lớn 102.

Tiếp tục dựa vào FIG. 2, các tín hiệu đầu ra tương tự từ tập hợp của các bộ tách tín hiệu có thể tạo cấu hình 216 được cấp đến tập hợp của các phần tử dịch pha có thể tạo cấu hình 218 và tập hợp của các phần tử khuếch đại công suất 220. Trong ví dụ minh họa, một tập hợp trong số  $M$  (ví dụ, 80) tập hợp của phần tử pha/khuếch đại được cấp để điều chỉnh các tín hiệu đầu ra riêng rẽ trên một tập hợp của  $M$  đường 222 điều chỉnh  $M$  phần tử của môđun MIMO cực lớn 102. Đối với cấu trúc nối đầy đủ nêu trên đây, cấu trúc này không được thể hiện trên FIG.2, số lượng tổng số bộ dịch pha và các đường nối các phần tử dịch pha và  $M$  phần tử khuếch đại công suất 220 là  $N*M$ .

Các giai đoạn chức năng minh họa của hệ thống phụ tạo chùm đa luồng được minh họa trên FIG. 2 có thể được thực hiện theo cách bất kỳ – bao gồm các mức độ/dạng kết hợp khác nhau của tạo chùm số và/hoặc tương tự.

Trong trường hợp mà môđun MIMO cực lớn 102 hoạt động tại tần số sóng mang (ví dụ, 4 GHz), mức độ tự do không gian cao được khai thác bằng cách sử dụng chuỗi RF chuyên dụng sau từng phần tử anten. Kiến trúc này có tính khả thi cao khi số lượng phần tử anten “ $M$ ” trong môđun MIMO cực lớn 102 không lớn ở mức ngăn cấm (ví dụ,  $M = 80$ ). Bằng cách sử dụng kiến trúc tạo chùm này, việc tạo chùm chọn tần số có thể được thực hiện trong miền số băng gốc. Việc cấp chuỗi RF cho từng phần tử anten trong số  $M$  phần tử anten, trên cơ sở một-một, được gọi là tạo chùm số đầy đủ.

Tuy nhiên, khi số lượng phần tử anten “ $M$ ” tăng (ví dụ, 256 hoặc cao hơn), có thể sẽ không có hiệu quả kinh tế khi sử dụng kiến trúc phần tử chuỗi

RF đến anten trên cơ sở một-một nêu trên xét về chi phí của các chuỗi RF và các giới hạn thực tế khi triển khai kiến trúc. Theo cách khác, từng chuỗi RF được gán cho nhiều phần tử anten. Từng chuỗi RF điều chỉnh từng phần tử anten theo các trọng số tương tự tĩnh/không tĩnh được tạo cấu hình. Do vậy tạo chùm trong kiến trúc này kết hợp tạo chùm tương tự và tạo chùm số –được gọi là tạo chùm “lai”. Tuy nhiên, nói chung, tốt hơn là có càng nhiều chuỗi RF càng tốt để duy trì độ lợi dồn kênh không gian ở mức cao nhất có thể cho hoạt động tần số sóng mang thấp hơn.

Tại tần số sóng mang cao hơn, do các đặc trưng kênh cụ thể như tổn hao lan truyền cao, MIMO cực lớn với số lượng phần tử anten thậm chí lớn hơn (ví dụ, lên đến 256@30GHz và 1024@70GHz) có thể được sử dụng để bù tổn hao lan truyền kênh mà theo cách khác sẽ dẫn đến các vấn đề vùng phủ sóng RAN. Tính đến các chi phí thực hiện tại cả phía môđun MIMO cực lớn 102 và UE 104, kiến trúc mảng lai và tạo chùm lai là có lợi đối với các môi trường hoạt động tần số sóng mang cao hơn trong đó các chuỗi RF với số lượng ít hơn nhiều được triển khai so với các hệ thống tạo chùm trong môi trường hoạt động tần số sóng mang thấp hơn.

Các cấu trúc mảng anten MIMO cực lớn khác nhau được đoán trước đối với các kịch bản khác nhau. Tuy nhiên, thủ tục lớp vật lý không cần được thiết kế đặc biệt cho cấu trúc mảng MIMO cực lớn cụ thể bất kỳ. Ví dụ, trong khi thiết bị người dùng cho trước truy cập một chùm, rõ ràng đối với thiết bị người dùng cụ thể mà hoạt động tạo chùm tại RAN 100 được thực hiện theo cách tương tự/số/lai. Thiết bị người dùng hoạt động theo cùng cách mà không liên quan đến việc tạo chùm số hoặc lai đầy đủ được triển khai tại RAN 100.

Dựa vào FIG. 3, cấu trúc mã hóa trước hai giai đoạn, của giai đoạn tạo chùm số 200 trên FIG. 2, được minh họa. Việc mã hóa trước hai giai đoạn đối với K luồng dữ liệu đầu vào bằng giai đoạn tạo chùm số 200 tạo đầu ra tạo chùm số 206 mà điều khiển mạch tạo tín hiệu tương tự để truyền tín hiệu dựa vào tạo chùm, bao gồm các hoạt động truyền đa chùm, bằng môđun MIMO cực lớn 102. Giai đoạn tạo chùm số 200 tạo đầu ra tạo chùm số 206 theo cấu trúc mã hóa trước hai giai đoạn được tạo cấu hình để thực hiện ma trận mã hóa trước (V') mà là tích của ma trận mã hóa trước dài hạn C 315 và tập hợp của các ma trận mã hóa trước ngắn hạn V 325. Ma trận mã hóa trước dài hạn C 315 được xác định

trên tất cả các tần số được hỗ trợ (băng rộng). Tập hợp của các ma trận mã hóa trước ngắn hạn V 325 được xác định riêng rẽ đối với từng tập hợp của các băng tần con được hỗ trợ. Ma trận mã hóa trước hai giai đoạn được biểu diễn bằng phương trình (1) dưới đây ở dạng:

$$V' = CV \quad \text{phương trình (1)}$$

Ma trận mã hóa trước dài hạn C 315, ma trận này xác định các hệ số định rõ hoạt động của giai đoạn mã hóa trước thứ nhất 310, định rõ việc giảm kích thước không gian động (DSDR - dynamic spatial dimension reduction) của các chùm tín hiệu được truyền bởi M phần tử anten của cấu trúc môđun MIMO cực lớn 102. Do vậy, DSDR, được định rõ bởi ma trận mã hóa trước dài hạn C 315, cho phép hoạt động truyền dữ liệu đường xuống đa luồng qua các chùm tín hiệu được điều tiêu được truyền bởi M phần tử anten của môđun MIMO cực lớn 102 được điều khiển theo đầu ra tạo chùm số 206 của giai đoạn tạo chùm số 200.

Trong ví dụ minh họa, ma trận mã hóa trước dài hạn C 315 là thành phần ma trận mã hóa trước dài hạn băng rộng NxS mà tạo cấu hình hoạt động của giai đoạn mã hóa trước thứ nhất 310 có S đầu vào cổng anten phân biệt và N đầu ra chuỗi RF phân biệt. Tập hợp của S đầu vào tương ứng với “các cổng anten”. Trong phương án minh họa, từng cổng anten trong số S cổng anten được so khớp riêng với ít nhất một trong số N đầu ra chuỗi RF phân biệt của giai đoạn mã hóa trước thứ nhất 310. Do vậy, số lượng cổng anten “S” có thể không lớn hơn số lượng “N” đầu ra chuỗi RF phân biệt. Do vậy, ma trận mã hóa trước dài hạn C 315, trong các quan hệ định rõ giữa S cổng anten đầu vào phân biệt và N đầu ra phân biệt của đầu ra tạo chùm số 206, định rõ sơ bộ việc chiếm, bằng các tín hiệu tương ứng với S cổng anten, tổng không gian chùm được chiếm bởi hoạt động truyền anten từ môđun MIMO cực lớn 102 được điều khiển bởi N đầu ra phân biệt của đầu ra tạo chùm số 206. Nhờ vậy, các hệ số của ma trận mã hóa trước dài hạn C được điều chỉnh động, bằng ví dụ, theo các vị trí thực và/hoặc được dự đoán của thiết bị người dùng mà thu dữ liệu đường xuống qua môđun MIMO cực lớn 102.

Các giá trị cụ thể được gán cho các phần tử của ma trận mã hóa trước dài hạn được xác định bằng các đặc tả tương đối dài hạn đối với chất lượng chùm và vùng phủ sóng thông thường từ các mẫu sử dụng thiết bị người dùng liên quan đến RAN 100 cũng như các RAN lân cận. Khía cạnh thời gian dài hạn

của ma trận mã hóa trước dài hạn C 315 là thuật ngữ tương đối (so với các nội dung của tập hợp của các ma trận mã hóa trước ngắn hạn V 325). Nhờ vậy, độ mới/độ ổn định của các giá trị được xác định trong ma trận mã hóa trước dài hạn có thể là hàng trăm mili giây, vài giây hoặc vài phút, v.v..

Trong ví dụ minh họa, ma trận mã hóa trước dài hạn C 315 là ma trận mã hóa trước băng rộng và dài hạn NxS. Các nội dung của ma trận mã hóa trước dài hạn C 315 tạo cấu hình hoạt động của giai đoạn mã hóa trước thứ nhất 310 có hiệu quả giảm kích thước không gian từ N đến S. S có thể bằng N (tức là, từng cổng anten phân biệt trong số S cổng anten phân biệt được ghép cặp riêng với một trong số N chuỗi RF phân biệt). Trong tất cả các trường hợp, S không lớn hơn N. Các giá trị của các hệ số tạo thành ma trận mã hóa trước C 315 có thể thu được bằng các phép tính dựa vào các tiêu chí khác nhau, trong đó các tiêu chí dựa vào thông tin kênh dài hạn và băng rộng của tất cả các thiết bị người dùng được gán với RAN 100 trong một khoảng thời gian. Ví dụ, các tiêu chí có thể bao gồm: tiêu chí công suất kênh lớn nhất, tiêu chí giảm thiểu sai số bình phương trung bình, tiêu chí giá trị đơn nhỏ nhất, v.v.. Trong trường hợp mà không có tạo chùm tương tự (tức là, không có tách tín hiệu tương tự trên các bộ tách được minh họa trên FIG. 2), N bằng M.

Ví dụ cụ thể, ma trận mã hóa trước dài hạn C 315 thu được từ ma trận hiệp phương sai kênh không gian của từng thiết bị người dùng.  $R_k$  biểu thị ma trận tương quan kênh của người dùng cụ thể k (tương ứng với một hoặc nhiều luồng dữ liệu đường xuống của K luồng phân biệt). Ma trận có trọng số của tất cả các ma trận hiệp phương sai kênh (mũ R) được tính theo phương trình (2):

$$\hat{R} = \sum_k R_k / \|R_k\| \quad \text{phương trình (2)}$$

Vì mũ R là ma trận Hermitian, có thể thu được phương trình (3) sau bằng việc khai triển giá trị Eigen:

$$\hat{R} = U \Lambda U^H \quad \text{phương trình (3)}$$

Bằng cách sử dụng tiêu chí công suất lớn nhất (từ các ví dụ nêu trên của tiêu chí minh họa), ma trận mã hóa trước dài hạn C 315 gồm S cột của ma trận U tương ứng với S giá trị Eigen theo phương trình 4:

$$C = U(:, 1 : S) \quad \text{phương trình (4)}$$

Tiếp tục dựa vào FIG. 3, tập hợp của các ma trận mã hóa trước ngắn hạn V 325 xác định các hệ số trên cơ sở băng tần con mà định rõ hoạt động của giai đoạn mã hóa trước thứ hai 320. Giai đoạn mã hóa trước thứ hai 320, ánh xạ từng luồng dữ liệu trong số K luồng dữ liệu đến một hoặc nhiều cổng anten phân biệt trong số S cổng anten phân biệt theo cấu hình được định rõ bằng nội dung của một tập hợp của các ma trận mã hóa trước ngắn hạn 325. Nhờ vậy, giai đoạn mã hóa trước thứ hai 320 thực hiện ánh xạ, trong cấu hình được cung cấp bởi một trong số các ma trận mã hóa trước ngắn hạn V 325, mà tạo điều kiện thuận lợi cho việc khử nhiễu đa luồng giữa K luồng dữ liệu phân biệt, của đầu vào luồng dữ liệu 202, đồng thời được hỗ trợ bởi RAN 100.

Về mặt cấu trúc, từng tập hợp của các ma trận mã hóa trước ngắn hạn V 325 là ma trận mã hóa trước băng tần con  $S \times K$  (được xác định trên cơ sở băng tần con) và ngắn hạn để khắc phục/khử nhiễu đa luồng. S, như được lưu ý trên đây, là số lượng cổng anten phân biệt được nhập vào giai đoạn mã hóa trước thứ nhất 310. K là số lượng luồng dữ liệu phân biệt từ một hoặc nhiều thiết bị người dùng được truyền trên cùng tài nguyên thời gian-tần số (băng tần con). K luồng dữ liệu được ánh xạ vào S cổng anten bằng ma trận mã hóa trước ngắn hạn V. Trong tất cả các trường hợp K không lớn hơn S (số lượng cổng anten – và do vậy số lượng chùm phân biệt – được hỗ trợ bởi ma trận mã hóa trước dài hạn C được định rõ hiện thời).

Môđun MIMO cực lớn 102 hỗ trợ hoạt động MIMO một người dùng SU (single user) và đa người dùng MU (multi-user). Do vậy, ví dụ, ma trận mã hóa trước ngắn hạn V dùng cho băng tần con cụ thể thu được theo bất kỳ trong số các thuật toán mã hóa trước đã biết của SU-MIMO hoặc MU-MIMO dựa vào việc đo băng tần con và kênh hữu dụng ngắn hạn HC trong chiều thấp, trong đó H là ma trận kênh.

Ví dụ, ma trận mã hóa trước kênh V có thể thu được theo thuật toán mã hóa trước cưỡng bức về mức không ZF (zero forcing) dưới đây:

$$V = \tilde{H}^H (\tilde{H} \tilde{H}^H)^{-1} \quad \text{phương trình (5)}$$

$\tilde{H} = HC$  là kênh hữu dụng sau khi mã hóa trước giai đoạn thứ nhất.

Cấu trúc mã hóa trước hai giai đoạn được mô tả trên đây dựa vào FIG. 3, bao gồm ma trận mã hóa trước dài hạn C 315 và tập hợp của các ma trận mã

hóa trước ngắn hạn V 325 gồm các hệ số được tạo cấu hình theo bất kỳ trong số hồi tiếp trên cơ sở CSI được cung cấp bởi thiết bị người dùng, đảm bảo phản hồi bởi RAN 100 đối với các điều kiện tạm thời cũng như khả năng dự báo/độ ổn định tương đối dài hạn của độ vùng phủ sóng thực bởi các cổng anten cụ thể trong số S cổng anten hỗ trợ chức năng truyền dữ liệu đường xuống đa luồng của RAN 100 có môđun MIMO cực lớn 102.

Dựa vào FIG. 4, lưu đồ tóm tắt tập hợp các bước của phương pháp được thực hiện trong RAN 100 để cung cấp tín hiệu dữ liệu đường xuống được tạo chùm tương ứng với một trong số K luồng dữ liệu đường xuống được hỗ trợ đồng thời trong môi trường truyền dữ liệu đường xuống đa luồng được mã hóa trước được hỗ trợ bởi môđun MIMO cực lớn 102. Ở bước 400, RAN 100 thu luồng dữ liệu số thứ nhất để truyền qua cổng anten được định rõ trên môđun MIMO cực lớn. Ở bước 410, RAN 100 xử lý luồng dữ liệu số thứ nhất bằng cách sử dụng tạo chùm số 300 gồm giai đoạn mã hóa trước thứ nhất và giai đoạn mã hóa trước thứ hai để hoàn trả luồng dữ liệu đường xuống số được mã hóa trước tương ứng với cổng anten được định rõ trên môđun MIMO cực lớn để truyền tín hiệu luồng dữ liệu đường xuống đến thiết bị người dùng trong không gian giảm kích thước không gian động của chùm RF được định rõ bằng giai đoạn mã hóa trước thứ nhất trên cơ sở dài hạn và bằng giai đoạn mã hóa trước thứ hai trên cơ sở ngắn hạn để thực hiện khử nhiễu. Ở bước 420, RAN 100 thực hiện truyền tín hiệu luồng dữ liệu đường xuống đến thiết bị người dùng theo luồng dữ liệu đường xuống số được mã hóa trước.

Trên đây đã mô tả sơ đồ mã hóa trước hai giai đoạn được thực hiện trong RAN 100, khung tiếp nhận CSI được mô tả để hỗ trợ hoạt động của môđun MIMO cực lớn 102 hoạt động trong chế độ truyền dữ liệu đường xuống SDMA. Khung tiếp nhận CSI bao gồm: các sơ đồ trên chế độ truyền và tiếp nhận CSI, sơ đồ mã hóa trước để truyền dữ liệu, tín hiệu tham chiếu CSI (CSI-RS) để đo kênh, đo nhiễu, loại tạo chùm và hồi tiếp CSI.

Cụ thể, khung tiếp nhận CSI bổ sung được mô tả để cung cấp hồi tiếp chất lượng tín hiệu thích hợp, từ thiết bị người dùng đến RAN 100 hoạt động để truyền chùm tín hiệu dữ liệu đường xuống đến thiết bị người dùng qua môđun MIMO cực lớn 102. Khung tiếp nhận CSI hỗ trợ phản hồi ngắn hạn và các khía cạnh độ ổn định dài hạn của cấu trúc mã hóa trước được bàn luận trên đây dựa

vào FIG. 3. Cấu trúc mã hóa trước và khung tiếp nhận CSI bổ sung, một cách kết hợp, cung cấp khung truyền dữ liệu đường xuống đa luồng cấp trên hỗ trợ các tốc độ truyền dữ liệu cao từ RAN, như RAN 100, trong môi trường truyền thông dữ liệu không dây di động.

Ví dụ, khung tiếp nhận CSI tiếp nhận các kết quả đo từ nhiều tài nguyên. Trước tiên, thông tin CSI được tiếp nhận ở dạng đo kênh. Ví dụ, các kết quả đo kênh thu được bằng cách sử dụng CSI-RS mà được tạo cấu hình tại hai mức theo các giai đoạn phân biệt của sơ đồ mã hóa trước hai giai đoạn được mô tả trên đây để tạo cấu hình kênh dữ liệu đường xuống. Do vậy, cấu hình CSI-RS hai mức được thực hiện – với từng mức tương ứng với một trong số giai đoạn mã hóa trước thứ nhất 310 và giai đoạn mã hóa trước thứ hai 320 của giai đoạn tạo chùm số 200.

Theo cấu hình CSI-RS mức thứ nhất (dài hạn) và báo cáo CSI, RAN 100 tạo cấu hình đo CSI-RS trên băng rộng và thông tin thống kê kênh dài hạn. Để phản hồi CSI-RS dựa vào cấu hình đo CSI-RS mức thứ nhất, thiết bị người dùng 104 đánh giá và báo cáo CSI hiện tương ứng (ví dụ, ma trận hiệp phương sai kênh).

Theo cấu hình CSI-RS mức thứ hai (ngắn hạn) và báo cáo CSI, RAN 100 tạo cấu hình đo CSI-RS trên kênh tức thời băng tần con/ngắn hạn với kích thước được giảm dựa vào DSDR (được định rõ bằng ma trận mã hóa trước dài hạn C 315). Để phản hồi CSI-RS dựa vào cấu hình đo CSI-RS mức thứ hai, thiết bị người dùng 104 đánh giá và báo cáo CSI tương ứng, ở dạng hồi tiếp ẩn hoặc hiện.

Liên quan đến sơ đồ mã hóa trước hai giai đoạn được tóm tắt trên FIG. 3, cấu hình CSI-RS lai có thể được thực hiện, đối với hoạt động dưới 6GHz của môđun MIMO cực lớn 102, bằng cách sử dụng CSI-RS không được mã hóa trước cho cấu hình CSI-RS mức thứ nhất (dài hạn) và CSI-RS được tạo chùm cho cấu hình CSI-RS mức thứ hai (ngắn hạn). Đối với 6GHz trên đây, do các vấn đề ngân sách liên kết mà ngày càng trở nên kém khi tần số tăng, CSI-RS được tạo chùm có thể được sử dụng riêng để giảm tổn hao đường truyền đáng kể cho việc hướng dẫn/bám sát chùm.

Thứ hai, thông tin CSI được tiếp nhận ở dạng đo nhiều. Nhiều là rất quan trọng đối với chất lượng lập lịch và thích ứng liên kết, và do vậy có trong

khung tiếp nhận CSI. Đối với môđun MIMO cực lớn 102, chế độ hoạt động MU-MIMO là thích hợp cho khoảng sử dụng/kịch bản rộng. Kết quả là, các kết quả đo nhiễu giữa các thiết bị người dùng có thể trực tiếp ảnh hưởng đến độ chính xác thông tin trạng thái kênh. Do đó, các sơ đồ đo nhiễu nâng cao, các sơ đồ này có tính đến nhiễu giữa các thiết bị người dùng, được thực hiện trong các sơ đồ tiếp nhận CSI ví dụ.

Khía cạnh khác của khung tiếp nhận CSI gồm báo cáo CSI bởi thiết bị người dùng 104 đến RAN 100. Báo cáo có thể ở dạng hồi tiếp hiện hoặc ẩn được cung cấp bởi thiết bị người dùng đến RAN 100. Hồi tiếp hiện là báo cáo CSI như được quan sát bởi thiết bị người dùng 104 mà không giả định bất kỳ chiến lược truyền hoặc thu nào. Hồi tiếp ẩn, ngược lại, liên quan đến thiết bị người dùng (người báo cáo của hồi tiếp CSI) hoàn trả các giả thuyết của các chiến lược truyền và/hoặc thu tại thời gian tạo hồi tiếp CSI. Hồi tiếp hiện bao gồm hồi tiếp kênh trực tiếp, hồi tiếp kênh nén, hồi tiếp kênh vector Eigen, hoặc hồi tiếp ma trận hiệp phương sai. Không có giới hạn của SU-MIMO trong hồi tiếp ẩn, thông tin toàn kênh có thể thu được chính xác tại RAN 100 với hồi tiếp hiện, điều này có lợi để nâng cao/tối ưu tính năng MU-MIMO.

Khía cạnh khác nữa của khung tiếp nhận CSI gồm cơ chế hồi tiếp. Hai cơ chế hồi tiếp là: phương pháp trao đổi kênh (ví dụ, dò đường lên), và phương pháp dựa vào đo tín hiệu tham chiếu đường xuống (ví dụ, hồi tiếp được lượng hóa và hồi tiếp tương tự). Trao đổi có khả năng là cơ chế hồi tiếp ít được mong muốn bởi thiết bị người dùng đối với RAN. Cơ chế dựa vào đo tín hiệu tham chiếu đường xuống được thực hiện bằng cách đầu tiên đo kênh tại phía thiết bị người dùng 104 từ tập hợp của các tín hiệu tham chiếu đường xuống và sau đó hồi tiếp thông tin kênh trên kênh vật lý đường lên. Cơ chế hồi tiếp đường xuống có thể gồm việc cung cấp một hoặc cả hai trong số của hồi tiếp được lượng hóa và hồi tiếp không được lượng hóa. Hồi tiếp được lượng hóa, cũng được biết là hồi tiếp dựa vào sổ mã, nói chung mạnh đối với SINR thấp. Tuy nhiên, tính năng MIMO của hồi tiếp dựa vào sổ mã là rất nhạy đối với độ chính xác lượng hóa. Độ chính xác hồi tiếp được cải thiện cũng có nghĩa là thiết kế sổ mã lớn hơn, nhiều bit hồi tiếp đường lên hơn và độ phức tạp phát sinh UE CQI/PMI/PI lớn hơn.

Được dự định là, trong các cách thức thực hiện khác nhau của truyền thông RAN 100 qua nhiều luồng dữ liệu đường xuống đồng thời, cấu trúc sổ mã mạnh được sử dụng dựa vào kết hợp của nhiều chùm. Sổ mã này có thể gồm các dạng thích ứng cho các cấu hình cổng anten khác nhau trên môđun MIMO cực lớn 102 và các đặc tính kênh thu được.

Hồi tiếp tương tự không được lượng hóa và giải mã. Trong các trường hợp như vậy, thiết bị người dùng 104 đánh giá kênh đường xuống dựa vào CSI-RS đường xuống và sau đó điều chế CSI đường xuống (ví dụ, vector Eigen) trên các dãy nhất định. RAN 100 dò các dãy và thu CSI đường xuống.

Ngoài ra, kết hợp nêu trên đây của nhiều chùm có thể ánh xạ thông tin kênh (ví dụ, các vector Eigen) thành tổng có trọng số của nhiều chùm cơ bản, mà chứa một vài chùm tốt nhất. Trong trường hợp này, các trọng số cho các chùm được chọn bao gồm các biên độ và pha, là một loại nội dung tương tự của CSI và có thể được hồi tiếp trực tiếp đến RAN 100 theo cách tương tự.

Khía cạnh khác nữa của khung tiếp nhận CSI ví dụ là thiết kế kênh hồi tiếp. Hoạt động truyền tin cậy và hiệu quả đối với thông tin CSI trở nên cực kỳ quan trọng khi số lượng phần tử anten  $M$  tăng trong MIMO cực lớn, khi số lượng thiết bị người dùng được hỗ trợ đồng thời phân biệt tăng, và khi các tài nguyên băng thông khả dụng tăng. Để tạo điều kiện thuận lợi cho việc hồi tiếp CSI độ phân giải cao cho môđun MIMO cực lớn 102 của hệ thống RAN 100, kênh hồi tiếp đường lên chuyên dụng được hỗ trợ, có các đặc trưng các cấu hình linh hoạt của mã hóa và điều chế, thu mảng anten lớn, và hướng không vuông góc, trong số các đặc trưng khác.

Dựa vào FIG. 5, lưu đồ tóm tắt tập hợp của các bước cho phương pháp được thực hiện trong RAN 100 để tạo cấu hình ma trận mã hóa trước dài hạn (C) và ma trận mã hóa trước ngắn hạn (V) để hoàn trả ma trận mã hóa trước (V') cho RAN 100 bao gồm môđun MIMO cực lớn 102. Ở bước 500, RAN 100 thu hồi tiếp báo cáo CSI hiện từ thiết bị người dùng 104 để tạo cấu hình các hệ số của ma trận mã hóa trước dài hạn C 315 theo khung tiếp nhận CSI được mô tả trên đây. Ở bước 510, RAN 100 cập nhật ma trận mã hóa trước dài hạn C 315 theo hồi tiếp báo cáo CSI hiện thu được ở bước 500. Ở bước 520, RAN 100 thu một hoặc cả hai trong số hồi tiếp báo cáo CSI ẩn và/hoặc hiện từ thiết bị người dùng 104 để tạo cấu hình các hệ số của một băng tần con cụ thể trong số nhiều

bằng tần con tương ứng với một tập hợp của các ma trận mã hóa trước ngắn hạn V 325 theo khung tiếp nhận CSI được mô tả trên đây. Ở bước 530, RAN 100 cập nhật một tập hợp của các ma trận mã hóa trước ngắn hạn V 325 theo hồi tiếp báo cáo CSI thu được ở bước 520.

Tất cả các tham chiếu, bao gồm các công bố, đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế, và bằng độc quyền sáng chế được nêu trong bản mô tả này được đưa vào làm tham chiếu đến cùng mức độ cho dù từng tham chiếu được biểu thị riêng rẽ và cụ thể để được đưa vào làm tham chiếu và được nêu toàn bộ trong bản mô tả.

Việc sử dụng các mạo từ xác định và không xác định và các tham chiếu tương tự trong ngữ cảnh mô tả của đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế (đặc biệt là trong ngữ cảnh của các yêu cầu bảo hộ kèm theo) được hiểu là bao hàm cả dạng số ít và số nhiều, trừ khi được chỉ báo theo nghĩa khác trong bản mô tả hoặc trái lại rõ ràng theo ngữ cảnh. Các thuật ngữ “gồm”, “có” “bao gồm” và “chứa” được hiểu là các thuật ngữ không hạn chế (tức là, có nghĩa “bao gồm, nhưng không bị giới hạn”) trừ khi được lưu ý theo nghĩa khác. Việc nêu các khoảng của các giá trị chỉ nhằm nói nhanh để tham chiếu riêng rẽ đến từng giá trị riêng biệt nằm trong khoảng, trừ khi được chỉ báo theo nghĩa khác, và từng giá trị riêng rẽ được đưa vào bản mô tả như thể được nêu riêng rẽ. Tất cả các phương pháp được mô tả có thể được thực hiện theo thứ tự thích hợp bất kỳ trừ khi được chỉ báo theo nghĩa khác hoặc trái lại rõ ràng theo cách khác theo ngữ cảnh. Việc sử dụng ví dụ bất kỳ và tất cả các ví dụ, hoặc ngôn ngữ ví dụ (ví dụ, “như”) trong bản mô tả, chỉ nhằm minh họa rõ hơn đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế và không giới hạn phạm vi của đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế trừ khi được yêu cầu bảo hộ theo cách khác. Ngôn ngữ trong bản mô tả không nên được hiểu là biểu thị bộ phận không được yêu cầu bảo hộ bất kỳ là quan trọng đối với việc thực hiện đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế.

Các phương án ví dụ đã được mô tả là đã biết đối với các tác giả sáng chế để thực hiện sáng chế. Các dạng thay đổi khác của các phương án này có thể là rõ ràng đối với người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này khi đọc phần mô tả trên đây. Các tác giả sáng chế cho rằng người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này sử dụng các dạng thay đổi này một cách thích hợp, và

các tác giả sáng chế dự định đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế này được thực hiện theo cách khác hơn là được mô tả cụ thể ở đây. Do vậy, sáng chế bao gồm tất cả các cải biến và dạng tương đương của đối tượng nêu trong các yêu cầu bảo hộ kèm theo như được cho phép bởi pháp luật. Ngoài ra, kết hợp bất kỳ của các thành phần được mô tả trên đây trong tất cả các dạng thay đổi có thể được bao hàm trong sáng chế trừ khi được chỉ báo theo nghĩa khác hoặc trái lại rõ ràng theo cách khác theo ngữ cảnh.

## YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp truyền thông bao gồm các bước:

thu luồng dữ liệu số để truyền trên tài nguyên thời gian-tần số;

mã hóa trước luồng dữ liệu số bằng cách sử dụng giai đoạn tạo chùm số để hoàn trả luồng dữ liệu đường xuống số được mã hóa trước để truyền tín hiệu luồng dữ liệu đường xuống đến thiết bị người dùng, giai đoạn tạo chùm số gồm:

giai đoạn mã hóa trước thứ nhất được tạo cấu hình theo ma trận dài hạn, và

giai đoạn mã hóa trước thứ hai được tạo cấu hình theo ma trận ngắn hạn; và

tạo tín hiệu truyền luồng dữ liệu đường xuống đến thiết bị người dùng theo luồng dữ liệu đường xuống số được mã hóa trước.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó giai đoạn mã hóa trước thứ nhất ánh xạ cổng anten đến một hoặc nhiều chuỗi tần số vô tuyến (RF – radio frequency) theo ma trận dài hạn.

3. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó giai đoạn mã hóa trước thứ hai ánh xạ luồng dữ liệu đầu vào đến một hoặc nhiều cổng anten theo ma trận ngắn hạn.

4. Phương pháp theo điểm 2, trong đó chuỗi RF cấp tín hiệu tương tự đến bộ tách tín hiệu, và trong đó bộ tách tín hiệu có đầu ra nhiều đường tương ứng với mảng phụ của các phần tử anten của mô đun đa đầu vào đa đầu ra (MIMO - multiple-input-multiple-output) cỡ lớn.

5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước:

tạo cấu hình đo tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh (CSI-RS, channel state information reference signal), bước tạo cấu hình gồm:

tạo cấu hình đo CSI-RS mức thứ nhất trên thông tin thống kê kênh dài hạn và thu thông tin trạng thái kênh (CSI) hiện tương ứng từ thiết bị người dùng dựa vào cấu hình đo CSI-RS mức thứ nhất; và

tạo cấu hình đo CSI-RS mức thứ hai trên thông tin kênh ngắn hạn và thu CSI tương ứng từ thiết bị người dùng dựa vào cấu hình đo CSI-RS mức thứ hai.

6. Phương pháp theo điểm 5, trong đó thông tin trạng thái kênh hiện từ thiết bị người dùng gồm ma trận hiệp phương sai kênh.

7. Phương pháp theo điểm 5, trong đó tạo cấu hình đo CSI-RS mức thứ nhất là trên băng rộng.

8. Phương pháp theo điểm 5, trong đó tạo cấu hình đo CSI-RS mức thứ hai là trên băng tần con.

9. Nút truy cập vô tuyến (RAN – radio access node) bao gồm:

mảng nhiều anten đa đầu vào đa đầu ra (MIMO) cỡ lớn;

phần cứng xử lý; và

phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính bao gồm các lệnh có thể thực thi bằng máy tính, mà khi được thực hiện bằng bộ xử lý, thực hiện phương pháp truyền thông bao gồm các bước:

thu luồng dữ liệu số để truyền trên tài nguyên thời gian-tần số;

mã hóa trước luồng dữ liệu số bằng cách sử dụng giai đoạn tạo chùm số để hoàn trả luồng dữ liệu đường xuống số được mã hóa trước để truyền tín hiệu luồng dữ liệu đường xuống đến thiết bị người dùng, giai đoạn tạo chùm số gồm:

giai đoạn mã hóa trước thứ nhất được tạo cấu hình theo ma trận dài hạn, và

giai đoạn mã hóa trước thứ hai được tạo cấu hình theo ma trận ngắn hạn; và

tạo tín hiệu truyền luồng dữ liệu đường xuống đến thiết bị người dùng theo luồng dữ liệu đường xuống số được mã hóa trước.

10. Nút truy cập vô tuyến RAN theo điểm 9, trong đó giai đoạn mã hóa trước thứ nhất ánh xạ cổng anten đến một hoặc nhiều chuỗi RF theo ma trận dài hạn.

11. Nút truy cập vô tuyến (RAN) theo điểm 9 hoặc 10, trong đó giai đoạn mã hóa trước thứ hai ánh xạ luồng dữ liệu đầu vào đến một hoặc nhiều cổng anten theo ma trận ngắn hạn.

12. Nút truy cập vô tuyến (RAN) theo điểm 10, trong đó chuỗi RF cấp tín hiệu tương tự đến bộ tách tín hiệu, và trong đó bộ tách tín hiệu có đầu ra nhiều đường tương ứng với mảng phụ của các phần tử anten của môđun MIMO cỡ lớn.

13. Nút truy cập vô tuyến (RAN) theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 9 đến 12, trong đó phương pháp còn bao gồm bước:

tạo cấu hình đo tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh CSI-RS, bước tạo cấu hình gồm:

tạo cấu hình đo CSI-RS mức thứ nhất trên thông tin thống kê kênh dài hạn và thu thông tin trạng thái kênh CSI hiện tương ứng từ thiết bị người dùng dựa vào cấu hình đo CSI-RS mức thứ nhất; và

tạo cấu hình đo CSI-RS mức thứ hai trên thông tin kênh ngắn hạn và thu CSI tương ứng từ thiết bị người dùng dựa vào cấu hình đo CSI-RS mức thứ hai.

14. Nút truy cập vô tuyến (RAN) theo điểm 13, trong đó thông tin trạng thái kênh hiện từ thiết bị người dùng gồm ma trận hiệp phương sai kênh.

15. Nút truy cập vô tuyến (RAN) theo điểm 13, trong đó tạo cấu hình đo CSI-RS mức thứ nhất là trên băng rộng.

16. Nút truy cập vô tuyến (RAN) theo điểm 15, trong đó tạo cấu hình đo CSI-RS mức thứ hai là trên băng tần con.

17. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính bao gồm các lệnh có thể thực thi bằng máy tính để thực hiện phương pháp truyền thông bao gồm các bước:

thu luồng dữ liệu số để truyền trên tài nguyên thời gian-tần số;

mã hóa trước luồng dữ liệu số bằng cách sử dụng giai đoạn tạo chùm số để hoàn trả luồng dữ liệu đường xuống số được mã hóa trước để truyền tín hiệu luồng dữ liệu đường xuống đến thiết bị người dùng, giai đoạn tạo chùm số bao gồm:

giai đoạn mã hóa trước thứ nhất được tạo cấu hình theo ma trận dài hạn, và

giai đoạn mã hóa trước thứ hai được tạo cấu hình theo ma trận ngắn hạn; và

tạo tín hiệu truyền luồng dữ liệu đường xuống đến thiết bị người dùng theo luồng dữ liệu đường xuống số được mã hóa trước.

18. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 17, trong đó giai đoạn mã hóa trước thứ nhất ánh xạ cổng anten đến một hoặc nhiều chuỗi RF theo ma trận dài hạn.

19. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 17 hoặc 18, trong đó giai đoạn mã hóa trước thứ hai ánh xạ luồng dữ liệu đầu vào đến cổng anten theo ma trận ngắn hạn.

20. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 18, trong đó chuỗi RF cấp tín hiệu tương tự đến bộ tách tín hiệu, và trong đó bộ tách tín hiệu có đầu ra nhiều đường tương ứng với mảng phụ của các phần tử anten của môđun MIMO cỡ lớn.

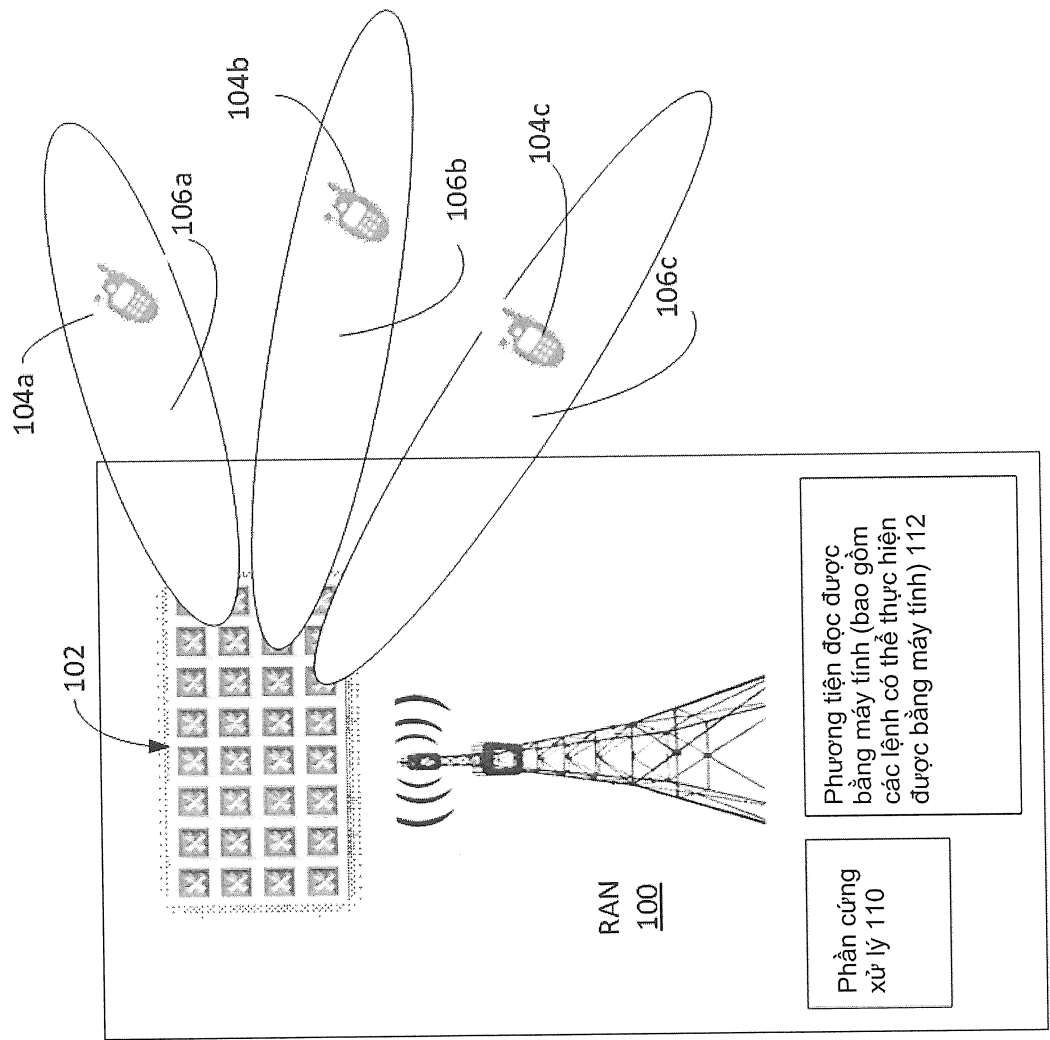


FIG. 1

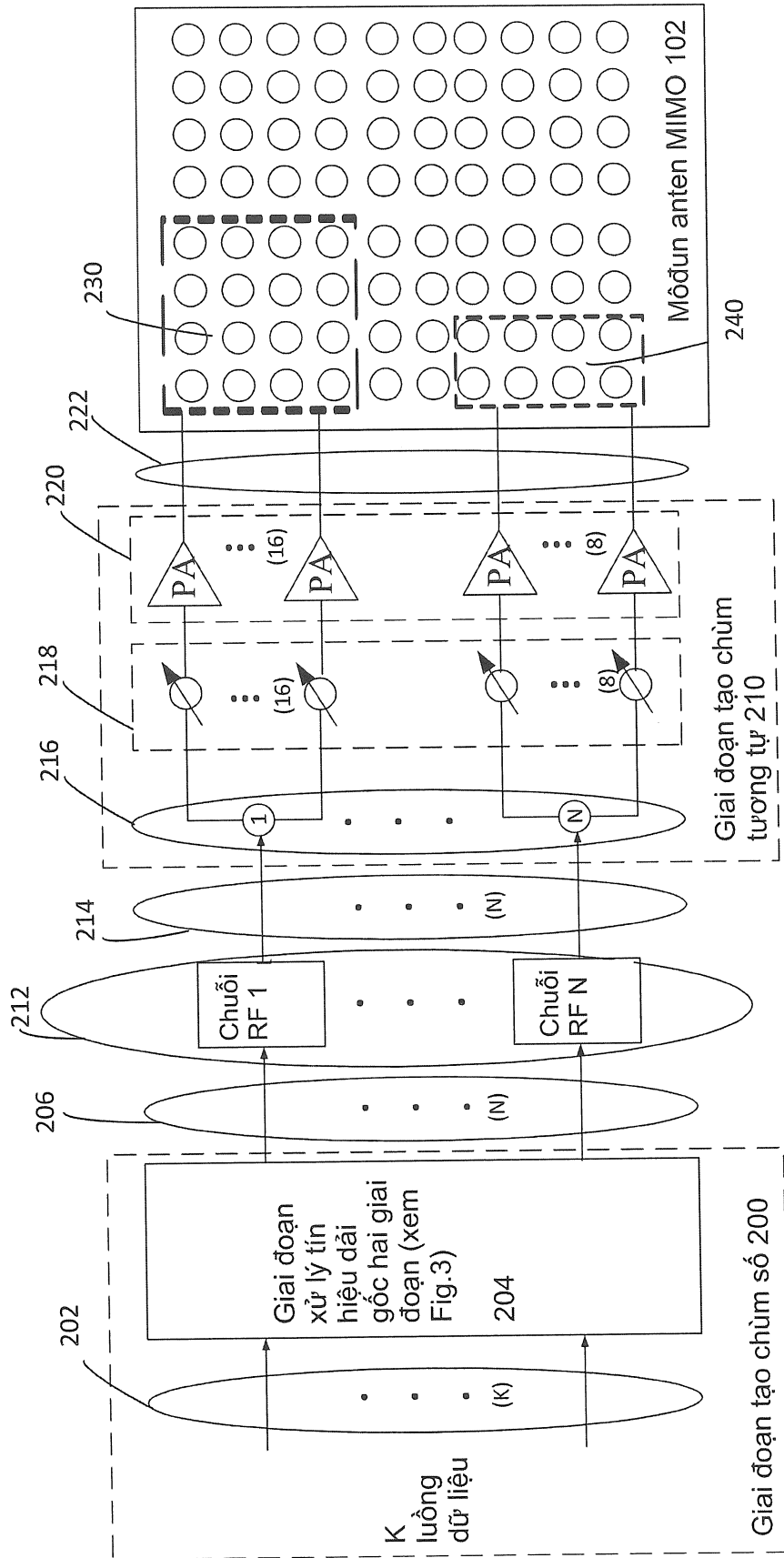


FIG. 2

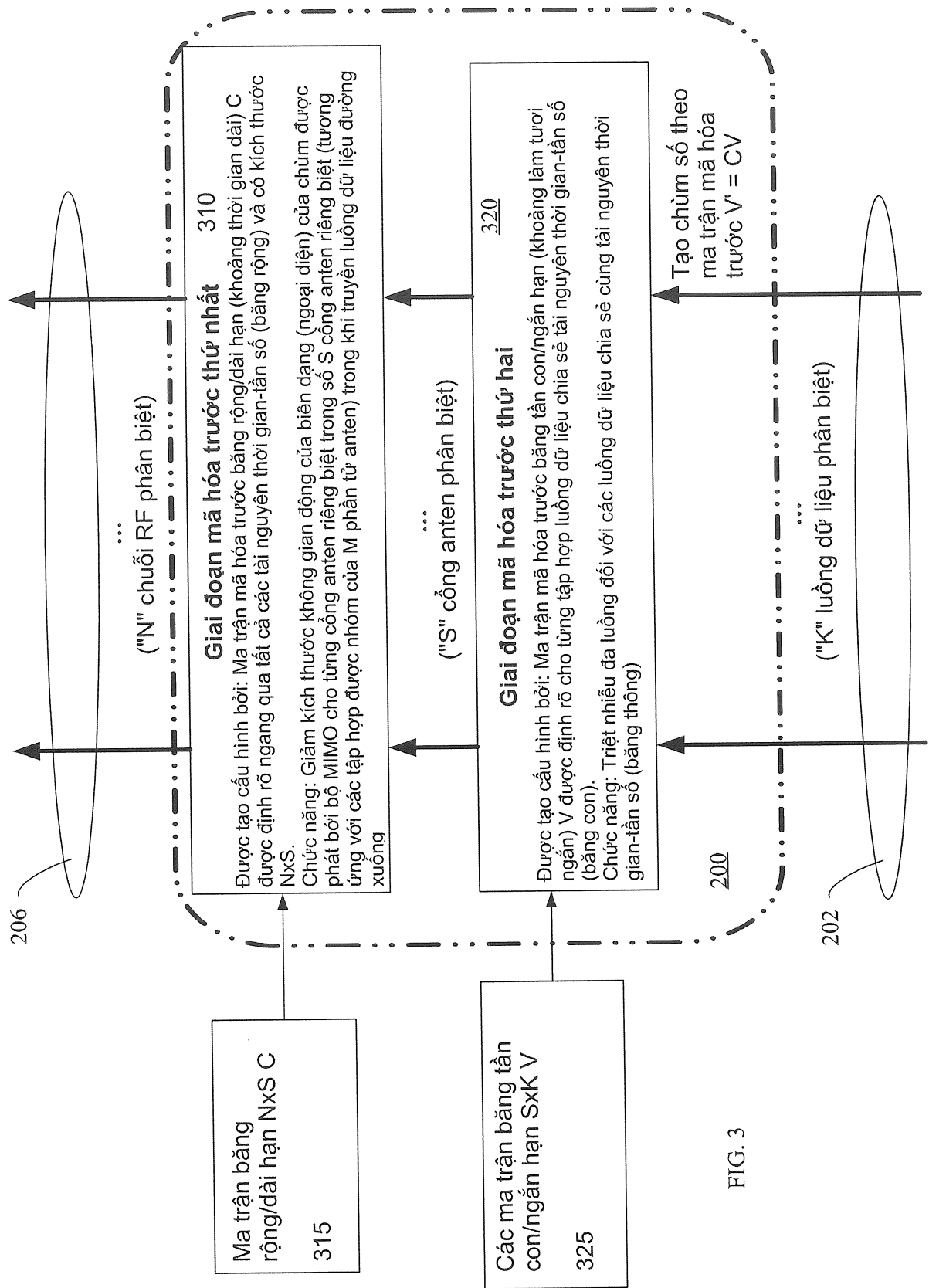


FIG. 3

4/5

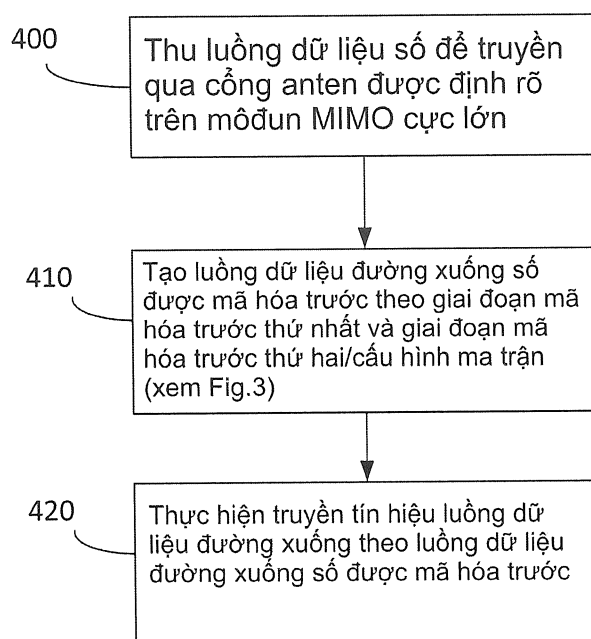


FIG. 4

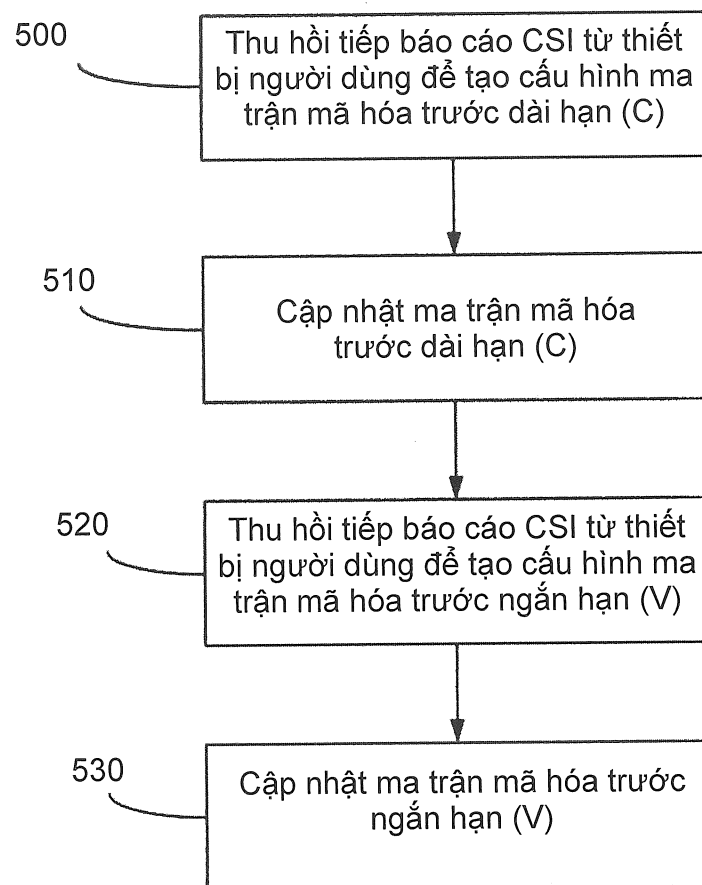


FIG. 5