



(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)



1-0051651

(51)^{2021.01} H04B 7/04; H04B 7/0456

(13) B

(21) 1-2022-04399

(22) 07/12/2020

(86) PCT/CN2020/134269 07/12/2020

(87) WO 2021/135837 08/07/2021

(30) 201911404709.7 30/12/2019 CN

(45) 25/09/2025 450

(43) 26/09/2022 414A

(73) DATANG MOBILE COMMUNICATIONS EQUIPMENT CO., LTD. (CN)

1/F, Building 1, No.5 Shangdi East Road, Haidian District, Beijing, 100085, P.R. China

(72) LIU, Zhengxuan (CN); GAO, Qiubin (CN); LI, Hui (CN).

(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)

(54) PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH MA TRẬN TIỀN TẠO MÃ DỰA TRÊN TÍNH THUẬN NGHỊCH CỦA KÊNH, THIẾT BỊ PHÍA MẠNG, VÀ ĐẦU CUỐI

(21) 1-2022-04399

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp và thiết bị tạo cấu hình ma trận tiền tạo mã dựa trên tính thuận nghịch của kênh. Phương pháp này bao gồm các bước: trong đường truyền liên kết xuống, phía mạng gửi riêng biệt, trên mỗi cổng ăng ten được liên kết với mỗi lớp truyền, CSI-RS mà chịu sự tạo chùm tới đầu cuối bằng cách sử dụng các chùm được tính toán theo thông tin góc và thông tin độ trễ được xác định trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên, và xác định ma trận tiền tạo mã đối với đường truyền liên kết xuống của đầu cuối theo các chùm được gửi trên K0 cổng ăng ten được chọn bởi đầu cuối trên cơ sở của CSI-RS, và tập hệ số kết hợp chùm.

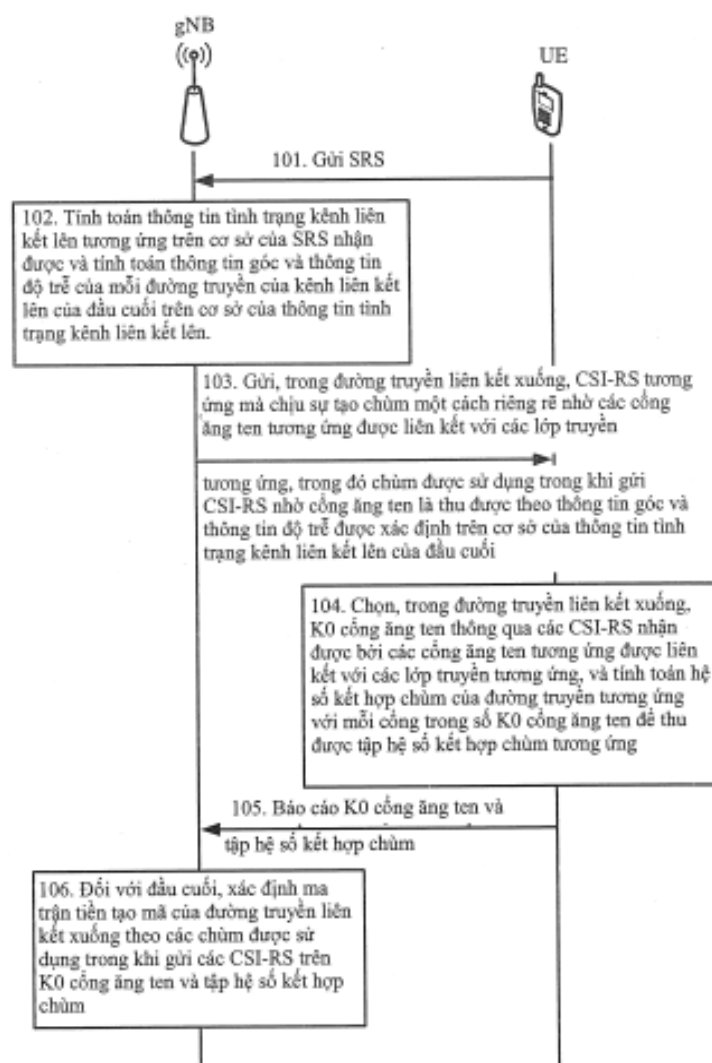


Fig. 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến các công nghệ truyền thông, cụ thể là tới phương pháp và thiết bị xác định ma trận tiền tạo mã dựa trên tính thuận nghịch của kênh.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong hệ thống vô tuyến mới (NR- new radio), như đối với bảng mã Type II, Rel-15 hoặc Rel-16 lần lượt xác định bảng mã chọn cổng và bảng mã chọn cổng tăng cường bằng cách sử dụng tính thuận nghịch thông tin góc trong kênh liên kết lên và kênh liên kết xuống (mà chính là, thông tin góc của kênh liên kết lên có thể dùng làm thông tin góc của kênh liên kết xuống).

Trong Rel-16 NR, bảng mã Type II tăng cường được xác định và có thể hỗ trợ Rank=1~4, mà thực hiện chọn cổng thông qua ma trận chọn cổng (được ký hiệu là: W1) và thực hiện sự kết hợp tuyến tính giữa các cổng trong chế độ giống như bảng mã Type II của Rel-16. Mỗi cổng tín hiệu thông tin tham chiếu tình trạng kênh (CSI-RS) mà chịu sự tạo chùm, và các chùm được tạo của nó có thể được xác định thông qua tính thuận nghịch của thông tin góc của kênh liên kết lên và kênh liên kết xuống. W1 được biểu diễn dưới dạng:

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{E}_{\frac{X}{2} \times L} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{E}_{\frac{X}{2} \times L} \end{bmatrix}.$$

Trong đó, X là tổng số của các cổng CSI-RS, trong đó giá trị của X là giống như cấu hình của các ăng ten được hỗ trợ bởi bảng mã Type II tăng cường trong Rel-16 NR. L là số lượng của các cổng CSI-RS có thể tạo cấu hình, và $L \in \{2, 4\}$. tình trạng cấu hình của các cổng CSI-RS có thể được biểu diễn dưới dạng:

$$\mathbf{E}_{\frac{X}{2} \times L} = \begin{bmatrix} \mathbf{e}_{\left(\frac{X}{2}\right) \bmod (md, \frac{X}{2})} & \mathbf{e}_{\left(\frac{X}{2}\right) \bmod (md+1, \frac{X}{2})} & \Lambda & \mathbf{e}_{\left(\frac{X}{2}\right) \bmod (md+L-1, \frac{X}{2})} \end{bmatrix}.$$

Trong đó, $\mathbf{e}_i^{\left(\frac{X}{2}\right)}$ biểu diễn vector với chiều dài bằng $\frac{X}{2}$; i biểu diễn số

thứ tự của các cổng CSI-RS; phần tử thứ i bằng 1 và các phần tử khác bằng 0; m biểu diễn số thứ tự của cổng CSI-RS khởi đầu trong số L cổng CSI-RS liên tục được chọn, giá trị của m bằng: $m \in \{0, 1, \Lambda, \left\lfloor \frac{X}{2d} \right\rfloor - 1\}$, bằng cách sử dụng phản hồi bằng rộng; d biểu diễn khoảng lấy mẫu được đặt trước, $d \in \{1, 2, 3, 4\}$, và $d \leq L$ được sử dụng để điều chỉnh khoảng lấy mẫu giữa mỗi L chùm và ảnh hưởng tới chi phí phản hồi, và trong khi đó việc chọn d cần cân nhắc để tránh chọn phải các chùm với các hướng tương tự đối với sự kết hợp tuyến tính.

Đối với L cổng CSI-RS được chọn, bảng mã chọn cổng được thiết lập bằng cách sử dụng cấu trúc bảng mã Type II của Rel-16. Lấy Rank=1 làm ví dụ, thì cấu trúc bảng mã Type II của Rel-16 có thể được viết dưới dạng:

$$\mathbf{W} = \mathbf{W}_1 \tilde{\mathbf{W}}_2 \mathbf{W}_f^H$$

Trong đó, $\mathbf{W}$ là ma trận tiền tạo mã của $X \times N_3$, N_3 biểu diễn số lượng của các băng con bộ chỉ báo ma trận tiền tạo mã (PMI – precoding matrix indicator); $\mathbf{W}_f$ biểu diễn vector cơ sở miền tần số, mà được bao gồm từ M vector biến đổi fourier rời rạc (DFT – Discrete Fourier Transform), và đầu cuối xác định tập M vector cơ sở DFT theo thông số M được tạo cấu hình bởi trạm cơ sở; $\tilde{\mathbf{W}}_2$ biểu diễn hệ số kết hợp tuyến tính sau khi nén N_3 hệ số băng con PMI mà các chùm của $2L$ cổng CSI-RS được chọn lần lượt tương ứng với bằng cách sử dụng $\mathbf{W}_f$.

Tuy nhiên, trong lĩnh vực kỹ thuật này, khi đầu cuối sử dụng bảng mã chọn cổng Type II tăng cường trong Rel-16 NR, thì cần thiết tính toán khai triển giá trị kỳ dị (SVD – singular value decomposition) đối với thông tin kênh hiệu dụng của mỗi băng con PMI, nên kết quả là mức độ phức tạp tính toán và chi phí phản hồi của đầu cuối sẽ tăng lên.

Trong hoàn cảnh này, phương pháp tiền tạo mã mới cần được đề xuất để khắc phục các nhược điểm nêu trên.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Một phương án của sáng chế đề xuất phương pháp xác định ma trận tiền tạo mã dựa trên tính thuận nghịch của kênh, để giảm thấp một cách hiệu quả mức độ phức tạp tính toán của đầu cuối và giảm bớt chi phí phản hồi của đầu cuối.

Giải pháp cụ thể được đề xuất theo phương án của sáng chế là như sau.

Theo khía cạnh thứ nhất, phương pháp tạo cấu hình ma trận tiền tạo mã dựa trên tính thuận nghịch của kênh bao gồm các bước: gửi, bởi phía mạng trong đường truyền liên kết xuống, tín hiệu thông tin tham chiếu tình trạng kênh (CSI-RS) tương ứng mà chịu sự tạo chùm tới đầu cuối một cách riêng rẽ trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, trong đó chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trên cổng ăng ten là thu được theo thông tin góc và thông tin độ trễ được xác định trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên của đầu cuối, và các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS một cách riêng rẽ tới đầu cuối trên các cổng ăng ten tương ứng là độc lập và khác nhau; nhận, bởi phía mạng, K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm được báo bởi đầu cuối, trong đó K0 cổng ăng ten được chọn bởi đầu cuối trên cơ sở của các CSI-RS nhận được tương ứng, tập hệ số kết hợp chùm là thu được bằng cách tính toán trên cơ sở của các CSI-RS nhận được trên K0 cổng ăng ten, và K0 là số nguyên lớn hơn không; và đối với đầu cuối, xác định, bởi phía mạng, ma trận tiền tạo mã của đường truyền liên kết xuống của đầu cuối theo các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm.

Một cách tùy chọn, trước khi gửi, bởi phía mạng trong đường truyền liên kết xuống, CSI-RS tương ứng mà chịu sự tạo chùm tới đầu cuối một cách riêng rẽ trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, phương pháp còn bao gồm các bước: nhận, bởi phía mạng, tín hiệu chuẩn thăm dò (SRS – sounding reference signal) được gửi bởi đầu cuối; tính toán, bởi phía mạng, thông tin tình trạng kênh liên kết lên tương ứng trên cơ sở của SRS; xác định, bởi phía mạng, thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên của đầu cuối một cách riêng rẽ trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên; và tính toán, bởi phía mạng, các chùm được sử dụng

trong khi gửi các CSI-RS trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng một cách riêng rẽ trong đường truyền liên kết xuống trên cơ sở của thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên của đầu cuối.

Một cách tùy chọn, thu được, bởi phía mạng, chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trên cổng bất kỳ trong số các cổng ăng ten trên cơ sở của thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên của đầu cuối bao gồm: xác định, bởi phía mạng, thông tin góc và thông tin độ trễ tương ứng với một cổng bất kỳ trong số các cổng ăng ten, trong đó thông tin góc là thu được thông qua tính toán bằng cách sử dụng vector cơ sở miền không gian tương ứng, và thông tin độ trễ là thu được thông qua tính toán bằng cách sử dụng vector cơ sở miền tần số tương ứng; và tính toán, bởi phía mạng, chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trên cổng bất kỳ trong số các cổng ăng ten trên cơ sở của tích số Kronecke của vector cơ sở miền không gian và vector cơ sở miền tần số.

Một cách tùy chọn, vector cơ sở miền không gian hoặc/và vector cơ sở miền tần số được biểu diễn dưới dạng bất kỳ trong số các dạng sau đây: vector riêng; vector biến đổi Fourier rời rạc (DFT); vector biến đổi cosin rời rạc (DCT); hệ số đa thức; và vector biến đổi Karhunen-Loeve (KLT - Karhunen-Loeve Transform).

Một cách tùy chọn, các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS bởi phía mạng trên các cổng ăng ten khác nhau được liên kết với lớp truyền giống nhau mà thu được thông qua tính toán trên cơ sở của thông tin góc giống nhau hoặc khác nhau và thông tin độ trễ giống nhau hoặc khác nhau; các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS bởi phía mạng trên các cổng ăng ten khác nhau được liên kết với các lớp truyền khác nhau mà thu được thông qua tính toán trên cơ sở của thông tin góc giống nhau hoặc khác nhau và thông tin độ trễ giống nhau hoặc khác nhau; và các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS bởi phía mạng trên các cổng ăng ten khác nhau theo các hướng phân cực khác nhau mà thu được thông qua tính toán trên cơ sở của thông tin góc giống nhau hoặc khác nhau và thông tin độ trễ giống nhau hoặc khác nhau.

Theo khía cạnh thứ hai, phương pháp tạo cấu hình ma trận tiền tạo mã

dựa trên tính thuận nghịch của kênh bao gồm các bước: nhận một cách riêng rẽ, bởi đầu cuối trong đường truyền liên kết xuống trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, tín hiệu chỉ báo tài nguyên tình trạng kênh tín hiệu thông tin tham chiếu tình trạng kênh (CSI-RS) mà chịu sự tạo chùm và được gửi bởi phía mạng, trong đó chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trên cổng ăng ten là thu được theo thông tin góc và thông tin độ trễ được xác định trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên của đầu cuối, và các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS một cách riêng rẽ tới đầu cuối trên các cổng ăng ten là độc lập và khác nhau; chọn, bởi đầu cuối, K0 cổng ăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được tương ứng và tính toán, bởi đầu cuối, tập hệ số kết hợp chùm tương ứng với K0 cổng ăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được trên K0 cổng ăng ten; và báo cáo, bởi đầu cuối, K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm tới phía mạng, để cho phép phía mạng xác định, đối với đầu cuối, ma trận tiền tạo mã của đường truyền liên kết xuống của đầu cuối theo các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm.

Một cách tùy chọn, trước khi nhận một cách riêng rẽ, bởi đầu cuối trong đường truyền liên kết xuống trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, CSI-RS mà chịu sự tạo chùm và được gửi bởi phía mạng, phương pháp còn bao gồm các bước: gửi, bởi đầu cuối, tín hiệu chuẩn thăm dò (SRS) tới phía mạng, để cho phép phía mạng thực thi, trên cơ sở của SRS, các hoạt động sau đây: tính toán thông tin tình trạng kênh liên kết lên tương ứng trên cơ sở của SRS, xác định một cách riêng rẽ thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên của đầu cuối trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên, và tính toán một cách riêng rẽ chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng trong đường truyền liên kết xuống trên cơ sở của thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên của đầu cuối.

Một cách tùy chọn, bước chọn, bởi đầu cuối, K0 cổng ăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được tương ứng, bao gồm: tính toán, bởi đầu cuối, công suất nhận của mỗi CSI-RS nhận được, và chọn, bởi đầu cuối, các cổng ăng ten

mà các CSI-RS K0 với công suất nhận tối đa tương ứng tới đó; hoặc tính toán, bởi đầu cuối, hệ số kết hợp chùm của công ăng ten tương ứng với mỗi CSI-RS nhận được, và chọn, bởi đầu cuối, các công ăng ten với công suất tối đa của hệ số kết hợp chùm tương ứng với các CSI-RS K0; trong đó K0 được tạo cấu hình bởi phía mạng, hoặc được báo bởi đầu cuối, hoặc được tạo cấu hình bằng sự phối hợp của đầu cuối và phía mạng.

Một cách tùy chọn, bước chọn, bởi đầu cuối, K0 công ăng ten và tính toán, bởi đầu cuối, tập hệ số kết hợp chùm tương ứng với K0 công ăng ten, bao gồm: tính toán một cách riêng rẽ, bởi đầu cuối, hệ số kết hợp chùm tương ứng với mỗi công trong số K0 công ăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được trên K0 công ăng ten; và định lượng, bởi đầu cuối, các hệ số kết hợp chùm thu được và báo cáo, bởi đầu cuối, tập hệ số kết hợp chùm tới phía mạng.

Một cách tùy chọn, phương pháp còn bao gồm các bước: tính toán, bởi đầu cuối, chỉ báo hạng (RI – rank indication) tương ứng và bộ chỉ báo chất lượng kênh (CQI – kênh quality indicator) tương ứng trên cơ sở của các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên K0 công ăng ten và kết hợp với tập hệ số kết hợp chùm, và báo cáo, bởi đầu cuối, RI và CQI tới phía mạng.

Theo khía cạnh thứ ba, thiết bị phía mạng bao gồm: bộ nhớ, được tạo cấu hình để lưu trữ các lệnh thực thi được; và bộ xử lý, được tạo cấu hình để đọc các lệnh thực thi được được lưu trữ trong bộ nhớ và thực thi các hoạt động sau đây: gửi, trong đường truyền liên kết xuống, tín hiệu thông tin tham chiếu tình trạng kênh (CSI-RS) tương ứng mà chịu sự tạo chùm tới đầu cuối một cách riêng rẽ trên các công ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, trong đó chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trên công ăng ten là thu được theo thông tin gốc và thông tin độ trễ được xác định trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên của đầu cuối, và các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS được gửi một cách riêng rẽ tới đầu cuối trên các công ăng ten tương ứng là độc lập và khác nhau; nhận K0 công ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm được báo bởi đầu cuối, trong đó K0 công ăng ten được chọn bởi đầu cuối trên cơ sở của các CSI-RS nhận được tương ứng, tập hệ số kết hợp chùm là thu được bằng cách tính toán trên cơ sở của các CSI-RS nhận được trên K0 công ăng ten, và K0

là số nguyên lớn hơn không; và đối với đầu cuối, xác định ma trận tiền tạo mã của đường truyền liên kết xuống của đầu cuối theo các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm.

Một cách tùy chọn, trước khi gửi, trong đường truyền liên kết xuống, CSI-RS tương ứng mà chịu sự tạo chùm tới đầu cuối một cách riêng rẽ trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, bộ xử lý còn được tạo cấu hình để: nhận tín hiệu chuẩn thăm dò (SRS) được gửi bởi đầu cuối; tính toán thông tin tình trạng kênh liên kết lên tương ứng trên cơ sở của SRS; xác định thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên của đầu cuối một cách riêng rẽ trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên; và tính toán các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng một cách riêng rẽ trong đường truyền liên kết xuống trên cơ sở của thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên của đầu cuối.

Một cách tùy chọn, trong khi thu được chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trên cổng bất kỳ trong số các cổng ăng ten theo thông tin góc và thông tin độ trễ được xác định trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên của đầu cuối, bộ xử lý được tạo cấu hình để: xác định thông tin góc và thông tin độ trễ tương ứng với một cổng bất kỳ trong số các cổng ăng ten, trong đó thông tin góc là thu được thông qua tính toán bằng cách sử dụng vector cơ sở miền không gian tương ứng, và thông tin độ trễ là thu được thông qua tính toán bằng cách sử dụng vector cơ sở miền tần số tương ứng; và tính toán chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trên cổng bất kỳ trong số các cổng ăng ten trên cơ sở của tích số Kronecke của vector cơ sở miền không gian và vector cơ sở miền tần số.

Một cách tùy chọn, vector cơ sở miền không gian hoặc/và vector cơ sở miền tần số được biểu diễn dưới dạng bất kỳ trong số các dạng sau đây: vector riêng; vector biến đổi Fourier rời rạc (DFT); vector biến đổi cosin rời rạc (DCT); hệ số đa thức; và vector biến đổi Karhunen-Loeve (KLT).

Một cách tùy chọn, các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS bởi bộ xử lý trên các cổng ăng ten khác nhau được liên kết với lớp truyền giống nhau mà thu được thông qua tính toán trên cơ sở của thông tin góc giống nhau

hoặc khác nhau và thông tin độ trễ giống nhau hoặc khác nhau; các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS bởi bộ xử lý trên các cổng ăng ten khác nhau được liên kết với các lớp truyền khác nhau mà thu được thông qua tính toán trên cơ sở của thông tin góc giống nhau hoặc khác nhau và thông tin độ trễ giống nhau hoặc khác nhau; và các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS bởi bộ xử lý trên các cổng ăng ten khác nhau theo các hướng phân cực khác nhau mà thu được thông qua tính toán trên cơ sở của thông tin góc giống nhau hoặc khác nhau và thông tin độ trễ giống nhau hoặc khác nhau.

Theo khía cạnh thứ tư, đầu cuối bao gồm: bộ nhớ, được tạo cấu hình để lưu trữ các lệnh thực thi được; và bộ xử lý, được tạo cấu hình để đọc các lệnh thực thi được được lưu trữ trong bộ nhớ và thực thi các hoạt động sau đây: nhận một cách riêng rẽ, trong đường truyền liên kết xuống trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, tín hiệu thông tin tham chiếu tình trạng kênh (CSI-RS) mà chịu sự tạo chùm và được gửi bởi phía mạng, trong đó chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trên cổng ăng ten là thu được theo thông tin góc và thông tin độ trễ được xác định trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên của đầu cuối, và các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS một cách riêng rẽ tới đầu cuối trên các cổng ăng ten là độc lập và khác nhau; chọn K0 cổng ăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được tương ứng và tính toán tập hợp số kết hợp chùm tương ứng với K0 cổng ăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được trên K0 cổng ăng ten; và báo cáo K0 cổng ăng ten và tập hợp số kết hợp chùm tới phía mạng, để cho phép phía mạng xác định, đối với đầu cuối, ma trận tiền tạo mã của đường truyền liên kết xuống của đầu cuối theo các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên K0 cổng ăng ten và tập hợp số kết hợp chùm.

Một cách tùy chọn, trước khi nhận một cách riêng rẽ, trong đường truyền liên kết xuống trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, CSI-RS mà chịu sự tạo chùm và được gửi bởi phía mạng, bộ xử lý còn được tạo cấu hình để: gửi tín hiệu chuẩn thăm dò (SRS) tới phía mạng, để cho phép phía mạng thực thi, trên cơ sở của SRS, các hoạt động sau đây: tính toán thông tin tình trạng kênh liên kết lên tương ứng trên cơ sở của SRS, xác định

một cách riêng rẽ thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên của đầu cuối trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên, và tính toán một cách riêng rẽ chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng trong đường truyền liên kết xuống trên cơ sở của thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên của đầu cuối.

Một cách tùy chọn, trong khi chọn K0 cổng ăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được tương ứng, bộ xử lý được tạo cấu hình để: tính toán công suất nhận của mỗi CSI-RS nhận được, và chọn các cổng ăng ten mà các CSI-RS K0 với công suất nhận tối đa tương ứng tới đó; hoặc tính toán hệ số kết hợp chùm của cổng ăng ten tương ứng với mỗi CSI-RS nhận được, và chọn các cổng ăng ten với công suất tối đa của hệ số kết hợp chùm tương ứng với các CSI-RS K0; trong đó K0 được tạo cấu hình bởi phía mạng, hoặc được báo bởi đầu cuối, hoặc được tạo cấu hình bằng sự phối hợp của đầu cuối và phía mạng.

Một cách tùy chọn, trong khi chọn K0 cổng ăng ten và tính toán tập hệ số kết hợp chùm tương ứng với K0 cổng ăng ten, bộ xử lý được tạo cấu hình để: tính toán một cách riêng rẽ hệ số kết hợp chùm tương ứng với mỗi cổng trong số K0 cổng ăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được trên K0 cổng ăng ten; và định lượng các hệ số kết hợp chùm thu được và báo cáo tập hệ số kết hợp chùm tới phía mạng.

Một cách tùy chọn, bộ xử lý còn được tạo cấu hình để: tính toán chỉ báo hạng (RI) tương ứng và bộ chỉ báo chất lượng kênh (CQI) tương ứng trên cơ sở của các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên K0 cổng ăng ten và kết hợp với tập hệ số kết hợp chùm, và báo cáo RI và CQI tới phía mạng.

Theo khía cạnh thứ năm, thiết bị phía mạng bao gồm: khối gửi, được tạo cấu hình để gửi, trong đường truyền liên kết xuống, tín hiệu thông tin tham chiếu tình trạng kênh (CSI-RS) tương ứng mà chịu sự tạo chùm tới đầu cuối một cách riêng rẽ trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, trong đó chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trên cổng ăng ten là thu được theo thông tin góc và thông tin độ trễ được xác định trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên của đầu cuối, và các chùm được sử dụng trong khi gửi

các CSI-RS một cách riêng rẽ tới đầu cuối trên các cổng ăng ten tương ứng là độc lập và khác nhau; khối nhận, được tạo cấu hình để nhận K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm được báo bởi đầu cuối, trong đó K0 cổng ăng ten được chọn bởi đầu cuối trên cơ sở của các CSI-RS nhận được tương ứng, tập hệ số kết hợp chùm là thu được bằng cách tính toán trên cơ sở của các CSI-RS nhận được trên K0 cổng ăng ten, và K0 là số nguyên lớn hơn không; và khối xử lý, được tạo cấu hình để xác định, đối với đầu cuối, ma trận tiền tạo mã của đường truyền liên kết xuống của đầu cuối theo các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm.

Theo khía cạnh thứ sáu, đầu cuối bao gồm: khối nhận, được tạo cấu hình để nhận một cách riêng rẽ, trong đường truyền liên kết xuống trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, tín hiệu thông tin tham chiếu tình trạng kênh (CSI-RS) mà chịu sự tạo chùm và được gửi bởi phía mạng, trong đó chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trên cổng ăng ten là thu được theo thông tin góc và thông tin độ trễ được xác định trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên của đầu cuối, và các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS một cách riêng rẽ tới đầu cuối trên các cổng ăng ten là độc lập và khác nhau; khối tính toán, được tạo cấu hình để chọn K0 cổng ăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được tương ứng và tính toán tập hệ số kết hợp chùm tương ứng với K0 cổng ăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được trên K0 cổng ăng ten; và khối gửi, được tạo cấu hình để báo cáo K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm tới phía mạng, để cho phép phía mạng xác định, đối với đầu cuối, ma trận tiền tạo mã của đường truyền liên kết xuống của đầu cuối theo các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm.

Theo khía cạnh thứ bảy, vật lưu trữ được đề xuất, và các lệnh trong vật lưu trữ được thực thi bởi bộ xử lý, để thực thi phương pháp bất kỳ theo khía cạnh thứ nhất.

Theo khía cạnh thứ tám, vật lưu trữ được đề xuất, và các lệnh trong vật lưu trữ được thực thi bởi bộ xử lý, để thực thi phương pháp bất kỳ theo khía cạnh thứ hai.

Theo các phương án của sáng chế, trong đường truyền liên kết xuống,

phía mạng gửi riêng biệt, trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, CSI-RS mà chịu sự tạo chùm tới đầu cuối bằng cách sử dụng các chùm được tính toán theo thông tin góc và thông tin độ trễ được xác định trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên, nhận K0 cổng ăng ten và hệ số kết hợp chùm, mà được chọn dựa trên các CSI-RS và được báo bởi đầu cuối, và xác định ma trận tiền tạo mã đối với đường truyền liên kết xuống của đầu cuối theo các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên K0 cổng ăng ten, và tập hệ số kết hợp chùm. Theo cách này, cả tính thuận nghịch thông tin góc và tính thuận nghịch thông tin độ trễ giữa các kênh liên kết lên và các kênh liên kết xuống có thể được sử dụng cùng lúc để tính toán trực tiếp các chùm được tạo mà không phải thực hiện tính toán SVD đối với thông tin kênh hiệu dụng của mỗi băng con PMI, nhờ đó giảm đáng kể mức độ phức tạp tính toán của đầu cuối, giảm một cách hiệu quả chi phí phản hồi của đầu cuối, và hơn nữa, còn nâng cao hiệu suất của hệ thống.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig. 1 là lưu đồ của việc tạo cấu hình ma trận tiền tạo mã dựa trên tính thuận nghịch của kênh theo một phương án của sáng chế.

Fig. 2 là sơ đồ của cấu trúc vật lý của thiết bị phía mạng theo một phương án của sáng chế.

Fig. 3 là sơ đồ của cấu trúc vật lý của đầu cuối theo một phương án của sáng chế.

Fig. 4 là sơ đồ của cấu trúc logic của trạm cơ sở của thiết bị phía mạng theo một phương án của sáng chế.

Fig. 5 là sơ đồ của cấu trúc logic của đầu cuối theo một phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết các phương án thực hiện sáng chế

Nhằm tiếp tục giảm thấp mức độ phức tạp tính toán của đầu cuối, giảm bớt chi phí phản hồi của đầu cuối và nâng cao hiệu suất của hệ thống, theo các phương án của sáng chế, phía mạng tính toán cuối cùng ma trận tiền tạo mã của

đường truyền liên kết xuống của đầu cuối thông qua sự phản hồi của lượng nhỏ thông tin bổ trợ của đầu cuối kết hợp với tính thuận nghịch thông tin gốc và tính thuận nghịch thông tin độ trễ giữa các kênh liên kết lên và các kênh liên kết xuống.

Phương án ưu tiên của sáng chế được mô tả chi tiết hơn có dựa vào các hình vẽ kèm theo.

Cần hiểu rằng giải pháp theo sáng chế có thể được áp dụng cho các hệ thống truyền thông khác nhau, ví dụ: hệ thống truyền thông di động toàn cầu (GSM - global hệ thống of mobile communication), hệ thống đa truy nhập phân mã (CDMA - code division multiple access), hệ thống đa truy nhập phân mã băng rộng (WCDMA - wideband code division multiple access), dịch vụ vô tuyến gói chung (GPRS - general packet radio service), hệ thống tiến hóa dài hạn (LTE - long term evolution), hệ thống tiến hóa dài hạn nâng cao (LTE-A - advanced long term evolution), hệ thống viễn thông di động vạn năng (UMTS - universal mobile telecommunication hệ thống), vô tuyến mới (NR), v.v..

Theo các phương án của sáng chế, đầu cuối bao gồm nhưng không bị giới hạn ở trạm di động (MS – mobile station), đầu cuối di động, điện thoại di động, máy cầm tay, thiết bị cầm tay, v.v.. Thiết bị người dùng có thể truyền thông với một hoặc nhiều mạng lõi qua mạng truy cập vô tuyến (RAN - radio mạng truy cập), ví dụ, thiết bị người dùng có thể là điện thoại di động (hay còn gọi là điện thoại “tế bào”), hoặc máy tính với chức năng truyền thông không dây, v.v.. Thiết bị người dùng cũng có thể là thiết bị xách tay hoặc bỏ túi hoặc cầm tay hoặc tích hợp trong máy tính hoặc thiết bị di động lắp trên xe.

Theo các phương án của sáng chế, thiết bị phía mạng có thể là bộ phận mà truyền thông với đầu cuối không dây thông qua một hoặc nhiều khu vực trên giao diện không dây trong mạng truy cập, hoặc thiết bị phía mạng có thể là điểm truy cập (AP - access point). Thiết bị phía mạng cũng có thể là nút mạng được đồng thời bao gồm từ bộ xử lý trung tâm (CU - central unit) và nhiều điểm nhận truyền (TRP - transmission reception point) được quản lý và điều khiển bởi CU.

Thiết bị phía mạng có thể được tạo cấu hình để thực hiện biến đổi lẫn nhau của khung không dây nhận được và nhóm giao thức internet (IP grouping)

và dùng làm bộ định tuyến giữa đầu cuối không dây và phần còn lại của mạng truy cập. Phần còn lại của mạng truy cập có thể bao gồm mạng giao thức internet (IP- internet protocol). Thiết bị phía mạng còn có thể điều phối quản lý thuộc tính của giao diện không dây. Ví dụ, thiết bị phía mạng có thể là trạm thu phát cơ sở (BTS - base bộ thu phát station) trong GSM hoặc CDMA, hoặc trạm cơ sở (NodeB) trong TD-SCDMA hoặc WCDMA, hoặc trạm cơ sở tiến hóa (eNodeB hoặc eNB hoặc e-NodeB, evolutionary Node B trong LTE), hoặc trạm cơ sở (gNB) trong 5G NR, hoặc nút công suất thấp (LPN - low power node), pico, femto, và các trạm nhỏ khác, mà không bị giới hạn bởi các phương án của sáng chế.

Các phương án sau đây được mô tả bằng cách dùng thiết bị phía mạng là gNB làm ví dụ.

Như được thể hiện trên Fig. 1, theo một phương án của sáng chế, lưu đồ chi tiết của việc tạo cấu hình ma trận tiền tạo mã của đường truyền liên kết xuống trên cơ sở của tính thuận nghịch kênh ở phía mạng là như sau.

Bước 101: đầu cuối gửi tín hiệu chuẩn thăm dò (SRS) tới gNB.

Bước 102: gNB tính toán thông tin tình trạng kênh liên kết lên tương ứng theo SRS nhận được và tính toán thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên của đầu cuối bằng cách sử dụng thông tin tình trạng kênh liên kết lên.

Cụ thể là, theo các phương án của sáng chế, thông tin tình trạng kênh liên kết lên có thể được ký hiệu là $\hat{\mathbf{H}}^{\text{UL}}$.

Trong các trường hợp chung, mỗi lớp truyền (mà chính là Rank) có thể được liên kết với một vài cổng ăng ten, và một cổng ăng ten tương ứng với đoạn thông tin góc và đoạn thông tin độ trễ. Thông tin góc có thể thu được thông qua tính toán bằng cách sử dụng vector cơ sở miền không gian tương ứng, thông tin độ trễ có thể thu được thông qua tính toán bằng cách sử dụng vector cơ sở miền tần số tương ứng, và $\text{Rank} \geq 1$.

Sau khi nhận thông tin tình trạng kênh liên kết lên, gNB có thể xác định một cách riêng rẽ thông tin góc và thông tin độ trễ được sử dụng trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng trong đường truyền liên kết lên của đầu cuối trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên.

Bước 103: gNB gửi, trong đường truyền liên kết xuống, CSI-RS tương ứng mà chịu sự tạo chùm tới đầu cuối một cách riêng rẽ trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, trong đó chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trên cổng ăng ten là thu được theo thông tin góc và thông tin độ trễ được xác định trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên của đầu cuối, và các chùm được sử dụng bởi các CSI-RS được gửi một cách riêng rẽ tới đầu cuối bởi mỗi cổng ăng ten là độc lập và khác nhau.

Theo các phương án của sáng chế, giả định là, gNB gửi riêng biệt K CSI-RS mà chịu sự tạo chùm tới đầu cuối trên K cổng ăng ten.

Một cách tùy chọn, các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS tới đầu cuối bởi trạm cơ sở trên cổng ăng ten trong đường truyền liên kết xuống là thu được thông qua tính toán trên cơ sở của đoạn thông tin góc và đoạn thông tin độ trễ tương ứng với đầu cuối trong đường truyền liên kết lên, ví dụ, đầu tiên, vector cơ sở miền không gian được sử dụng bởi đoạn thông tin góc được tính toán, và vector cơ sở miền tần số được sử dụng bởi đoạn thông tin độ trễ được tính toán, và sau đó, các chùm của các cổng ăng ten là thu được trên cơ sở của tích số Kronecke của vector cơ sở miền không gian và vector cơ sở miền tần số. Tất nhiên, chế độ tính toán được đề nghị này chỉ là ví dụ, và có nhiều phương pháp để thu được CSI-RS trong ứng dụng thực tế, mà không được mô tả chi tiết từng phương pháp một.

Lý do của việc vì sao các chùm có thể thu được trong chế độ nêu trên là thông tin góc và thông tin độ trễ của các kênh liên kết lên và các kênh liên kết xuống có tính thuận nghịch, nghĩa là, thông tin góc và thông tin độ trễ mà thông tin tình trạng kênh liên kết lên và thông tin tình trạng kênh liên kết xuống tương ứng tới đó là giống nhau, do đó, gNB có thể thiết lập chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trong đường truyền liên kết xuống trên cổng bất kỳ trong số các cổng ăng ten trên cơ sở của đoạn thông tin góc và đoạn thông tin độ trễ mà một cổng bất kỳ trong số các cổng ăng ten tương ứng tới đó trong đường truyền liên kết lên.

Một cách tùy chọn, vector cơ sở miền không gian hoặc/và vector cơ sở miền tần số nêu trên có thể được biểu diễn dưới dạng bất kỳ trong số các dạng

sau đây: vector riêng; vector DFT; vector biến đổi cosin rời rạc (DCT); hệ số đa thức; và vector biến đổi Karhunen-Loeve (KLT).

Theo một khía cạnh khác, khi bước 103 được thực thi, bao gồm: đối với trường hợp của $\text{Rank}=1$, hoặc $\text{Rank}>1$, các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS bởi trạm cơ sở trên các cổng ăng ten khác nhau được liên kết với lớp truyền giống nhau là thu được thông qua tính toán trên cơ sở của thông tin góc giống nhau hoặc khác nhau và thông tin độ trễ giống nhau hoặc khác nhau.

Nói cách khác, thông tin góc tương ứng với các cổng ăng ten khác nhau được liên kết với lớp truyền giống nhau có thể là giống nhau hoặc không, và thông tin độ trễ tương ứng với các cổng ăng ten khác nhau được liên kết với lớp truyền giống nhau có thể là giống nhau hoặc không.

Đối với trường hợp của $\text{Rank}>1$, các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS bởi trạm cơ sở trên các cổng ăng ten khác nhau được liên kết với các lớp truyền khác nhau là thu được thông qua tính toán trên cơ sở của thông tin góc giống nhau hoặc khác nhau và thông tin độ trễ giống nhau hoặc khác nhau.

Nói cách khác, thông tin góc tương ứng với các cổng ăng ten khác nhau được liên kết với các lớp truyền khác nhau có thể là giống nhau hoặc không, và thông tin độ trễ tương ứng với các cổng ăng ten khác nhau được liên kết với các lớp truyền khác nhau có thể là giống nhau hoặc không.

Đối với trường hợp của $\text{Rank}=1$, hoặc $\text{Rank}>1$, các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS bởi trạm cơ sở trên các cổng ăng ten khác nhau theo các hướng phân cực khác nhau là thu được thông qua tính toán trên cơ sở của thông tin góc giống nhau hoặc khác nhau và thông tin độ trễ giống nhau hoặc khác nhau.

Nói cách khác, thông tin góc tương ứng với các cổng ăng ten khác nhau được liên kết với các hướng phân cực khác nhau có thể là giống nhau hoặc không, và thông tin độ trễ tương ứng với các cổng ăng ten khác nhau được liên kết với các hướng phân cực khác nhau có thể là giống nhau hoặc không.

Trong khi đó, do việc tính toán chùm được thực hiện kết hợp với thông tin góc và thông tin độ trễ, đầu cuối không cần phải tính toán thông tin độ trễ và phản hồi thông tin độ trễ tới trạm cơ sở, nhờ đó giảm bớt một cách hiệu quả chi

phí phản hồi của đầu cuối và giảm thấp mức độ phức tạp tính toán.

Bước 104: đầu cuối chọn K0 cổng ăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được bởi các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng trong đường truyền liên kết xuống, và tính toán tập hệ số kết hợp chùm của mỗi đường truyền tương ứng với K0 cổng ăng ten.

Một cách tùy chọn, sau khi nhận K CSI-RS mà chịu sự tạo chùm trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, đầu cuối tính toán một cách riêng rẽ công suất nhận của K CSI-RS và chọn K0 cổng ăng ten với công suất nhận tối đa của các CSI-RS và báo cáo K0 cổng ăng ten được chọn tới gNB.

Hơn nữa, đầu cuối tính toán một cách riêng rẽ hệ số kết hợp chùm, được ký hiệu là $\hat{\mathbf{p}}_k^{\text{DL}}, k = 0, K, K0$, tương ứng với mỗi cổng trong số K0 cổng ăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được trên K0 cổng ăng ten được chọn, và sau đó định lượng các hệ số kết hợp chùm này và báo cáo tập hệ số kết hợp chùm tới gNB.

Bước 105: đầu cuối báo cáo K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm tới gNB.

Một cách tùy chọn, K0 có thể được tạo cấu hình bởi trạm cơ sở, hoặc được báo bởi đầu cuối, hoặc được tạo cấu hình bằng sự phối hợp giữa đầu cuối và trạm cơ sở.

Hơn nữa, sau khi bước 105 được thực thi, đầu cuối có thể tiếp tục tính toán chỉ báo hạng (RI) tương ứng và bộ chỉ báo chất lượng kênh (CQI) tương ứng trên cơ sở của các CSI-RS nhận được trên K0 cổng ăng ten được chọn và kết hợp với tập hệ số kết hợp chùm, và báo cáo kết quả tính toán tới trạm cơ sở.

Bước 106: gNB xác định, đối với đầu cuối, ma trận tiền tạo mã của đường truyền liên kết xuống của đầu cuối theo các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm.

Các phương án nêu trên tiếp tục được mô tả chi tiết dưới đây bằng cách sử dụng ba kịch bản áp dụng khác nhau.

Kịch bản áp dụng 1: Rank=1, phía mạng tạo cấu hình K cổng ăng ten, và

các cổng ăng ten khác nhau sử dụng các chùm khác nhau để gửi một hoặc nhiều CSI-RS.

Cụ thể là, giả định là, đầu cuối sử dụng N_r ăng ten để gửi hoặc nhận tín hiệu, một lớp dữ liệu của đường truyền liên kết xuống được gọi là lớp truyền x , số lượng của các vector cơ sở miền không gian được sử dụng bởi gNB là $2L$, số lượng của các vector cơ sở miền tần số được sử dụng bởi gNB là M_l , $l=0, \dots, 2L-1$, và chỉ số dưới l tương ứng với vector cơ sở miền không gian thứ l .

Mảng ăng ten phẳng hai chiều hai phân cực được lắp đặt trên gNB, mảng ăng ten này được ánh xạ vào $2N_1N_2$ cổng ăng ten, trong đó N_1 biểu diễn số lượng của các cổng ăng ten theo hướng chiều ngang và N_2 biểu diễn số lượng của các cổng ăng ten theo hướng chiều dọc, và số lượng của các băng con PMI được ký hiệu là N_3 .

Như vậy ma trận tiền tạo mã được sử dụng bởi đường truyền dữ liệu liên kết xuống có thể thu được bằng cách thực thi các hoạt động sau đây.

A1: đầu cuối gửi SRS tới gNB.

A2: gNB ước tính và thu được thông tin tình trạng kênh liên kết lên $\hat{\mathbf{H}}^{UL}$ theo SRS.

$\hat{\mathbf{H}}_{1,n}^{UL} \in C^{N_r \times N_1 N_2}$ biểu diễn kênh theo hướng phân cực thứ nhất và

$\hat{\mathbf{H}}_{2,n}^{UL} \in C^{N_r \times N_1 N_2}$ biểu diễn kênh theo hướng phân cực thứ hai trên băng con

PMI thứ n , trong đó $n=1, \dots, N_3$. trạm cơ sở tính toán giá trị công suất sau khi nén

$\bar{\mathbf{H}}_p^{UL}$ bằng cách sử dụng vector cơ sở miền không gian $\mathbf{v}'_i$, bởi $\mathbf{v}_i'^H \bar{\mathbf{H}}_p^{UL} \mathbf{v}'_i$ trong

mẫu hình giao nhau, trong đó $i=0, N_1N_2-1$, $p=0,1$, $\bar{\mathbf{H}}_p^{UL} \in C^{N_r \times N_1 N_2}$ biểu diễn giá trị trung bình kênh của các kênh băng con PMI, mà chính là

$\bar{\mathbf{H}}_p^{UL} = \frac{1}{N_3} \sum_{n=1}^{N_3} \hat{\mathbf{H}}_{p,n}^{UL} \in C^{N_r \times N_1 N_2}$, và $\mathbf{v}'_i$ biểu diễn vector cơ sở miền không gian thứ i .

Sau khi nén $\bar{\mathbf{H}}_p^{UL}$ bằng cách sử dụng vector cơ sở miền không gian, gNB chọn $2L$ vector cơ sở miền không gian với giá trị công suất tối đa và là trực giao,

để thu được ma trận vector cơ sở miền không gian được chọn bởi gNB, được ký

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} \mathbf{v}_0 & \mathbf{v}_1 & \dots & \mathbf{v}_{L-1} & & 0 \\ & & & & \mathbf{v}_L & \mathbf{v}_{L+1} & \dots & \mathbf{v}_{2L-1} \end{bmatrix} \in C^{2N_1 N_2 \times 2L}$$

hiệu là

A3: đối với băng con PMI thứ n , gNB thực hiện khai triển giá trị riêng trên ma trận hiệp biến của băng con PMI, vector riêng tương ứng với giá trị riêng tối đa được lấy bằng $\mathbf{h}_n$, và hệ số kết hợp băng con tương ứng với băng con PMI là $\mathbf{V}^H \mathbf{h}_n \in C^{2L \times 1}$.

Tương tự, hệ số kết hợp băng con tương ứng với mỗi băng con trong số N_3 băng con PMI có thể thu được, nghĩa là, tập hệ số kết hợp băng con tương ứng với tất cả các băng con PMI được biểu diễn dưới dạng $\mathbf{W}_2 \in C^{2L \times N_3}$.

A4: $[\mathbf{W}_2]_{l,:}$ dùng để biểu diễn tất cả các hệ số kết hợp băng con trong hàng thứ l trong $\mathbf{W}_2$, gNB tính toán, trong mẫu hình giao nhau, các nội dung sau: công suất nén tương ứng, được ký hiệu là $\mathbf{f}_{l,j}^H [\mathbf{W}_2]_{l,:} \mathbf{f}_{l,j}$, $j = 0, K, N_3 - 1$, $l = 0, K, 2L - 1$, sau khi nén mỗi hệ số trong hàng thứ l trong mỗi ma trận hệ số kết hợp băng con $\mathbf{W}_2$ bằng cách sử dụng vector cơ sở miền tần số $\mathbf{f}_{l,j}$, trong đó $\mathbf{f}_{l,j}$ biểu diễn việc nén của mỗi hệ số kết hợp băng con trong hàng thứ l trong $\mathbf{W}_2$ bằng cách sử dụng vector cơ sở miền tần số thứ j , và $[\mathbf{W}_2]_{l,:}$ biểu diễn mỗi hệ số kết hợp băng con của hàng thứ l trong $\mathbf{W}_2$. M_l vector cơ sở miền tần số với công suất nén tối đa được chọn từ N_3 vector cơ sở miền tần số ứng viên.

Giống như vậy, việc nén miền tần số được thực hiện trên mỗi hệ số kết

hợp băng con của tất cả các hàng trong $\mathbf{W}_2$ để thu được $K = \sum_{l=0}^{2L-1} M_l$ các vector cơ sở miền tần số.

A5: gNB thiết lập các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS

bằng K cổng ăng ten, bởi:

$$F_{p,k} = \mathbf{v}_l \otimes \mathbf{f}_{l,m_l} \in C^{N_1 N_2 N_3 \times 1},$$

$$l = 0, \dots, 2L - 1; m_l = 0, \dots, M_l - 1; p = 0, 1; k = l\tilde{M} + m_l, \tilde{M} = \begin{cases} M_0, l = 0, \\ M_{l-1}, l > 0. \end{cases}$$

Trong đó, $\mathbf{f}_{l,m}$ biểu diễn vector cơ sở miền tần số thứ m được chọn từ M_l vector cơ sở miền tần số, được sử dụng để nén mỗi hệ số kết hợp băng con của hàng thứ l trong $\mathbf{W}_2$.

A6: đầu cuối nhận các CSI-RS tương ứng một cách riêng rẽ thông qua K cổng ăng ten, tính toán công suất nhận của các CSI-RS trên các cổng ăng ten tương ứng một cách riêng rẽ và chọn K0 cổng ăng ten với công suất nhận tối đa và báo cáo K0 cổng ăng ten được chọn tới gNB.

K0 kênh hiệu dụng liên kết xuống sau khi chịu sự tạo chùm có thể được biểu diễn dưới dạng:

$$\tilde{\mathbf{H}}_{eff} = \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{H}}_{0,0} & \dots & \tilde{\mathbf{H}}_{0,K'-1} & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} & \tilde{\mathbf{H}}_{1,K'} & \dots & \tilde{\mathbf{H}}_{1,K0-1} \end{bmatrix} \in C^{2N_r \times K0}$$

Trong đó, $\tilde{\mathbf{H}}_{p,j}, j \in \{0, \dots, K0\}, p \in \{0, 1\}$ có thể thu được thông qua ước tính các CSI-RS nhận được trên K0 cổng ăng ten.

A7: đầu cuối thực hiện khai triển giá trị riêng trên ma trận hiệp biến của K0 kênh hiệu dụng liên kết xuống $\tilde{\mathbf{H}}_{eff}$, một hoặc nhiều vector riêng tương ứng với giá trị riêng tối đa được chọn làm K0 hệ số kết hợp chùm, được ký hiệu là $\beta_{k'}^{DL}, k' = 0, K, K0$, và đầu cuối định lượng K0 hệ số kết hợp chùm thu được để thu được $\hat{\beta}_{k'}^{DL}$, và báo cáo $\hat{\beta}_{k'}^{DL}$ dưới dạng tập hệ số kết hợp chùm tới gNB.

Hơn nữa, đầu cuối còn có thể tính toán RI tương ứng và CQI tương ứng theo các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm, và báo cáo RI và CQI tới gNB.

A8: gNB nhận K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm được báo bởi đầu cuối và tính toán ma trận tiền tạo mã của dữ liệu đường truyền liên kết xuống được sử dụng trên lớp truyền x, được ký hiệu là:

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} \hat{F}_{0,0} & L & \hat{F}_{0,K'-1} & 0 & L & 0 \\ 0 & L & 0 & \hat{F}_{1,K'} & L & \hat{F}_{1,K0-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{p}}_0^{\text{DL}} \\ M \\ \hat{\mathbf{p}}_{K'-1}^{\text{DL}} \\ \hat{\mathbf{p}}_{K'}^{\text{DL}} \\ M \\ \hat{\mathbf{p}}_{K0-1}^{\text{DL}} \end{bmatrix}$$

Trong đó, $\hat{F}_{p,k}$, $k \in \{0, K, K0\}$, $p \in \{0, 1\}$ biểu diễn các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên K0 cổng ăng ten được chọn bởi đầu cuối theo hai hướng phân cực.

Kịch bản áp dụng 2: Rank=1, K cổng ăng ten là được liên kết, và các vector cơ sở miền không gian được sử dụng bởi nhiều cổng ăng ten theo các hướng phân cực khác nhau là giống nhau.

Cụ thể là, giả định là, đầu cuối sử dụng Nr ăng ten để gửi hoặc nhận tín hiệu, một lớp của dữ liệu của đường truyền liên kết xuống được gọi là lớp truyền x, số lượng của các vector cơ sở miền không gian được sử dụng bởi gNB bằng 2L, và số lượng của các vector cơ sở miền tần số được sử dụng bởi gNB bằng M.

Mảng ăng ten phẳng hai chiều hai phân cực được lắp đặt trên gNB, mảng ăng ten này được ánh xạ vào $2N_1N_2$ cổng ăng ten, N_1 biểu diễn số lượng của các cổng ăng ten theo hướng chiều ngang và N_2 biểu diễn số lượng của các cổng ăng ten theo hướng chiều dọc, và số lượng của các băng con PMI được ký hiệu là N_3 .

Ma trận tiền tạo mã được sử dụng bởi đường truyền dữ liệu liên kết xuống có thể thu được bằng cách thực thi các hoạt động sau đây.

B1: đầu cuối gửi SRS tới gNB.

B2: gNB ước tính và thu được thông tin tình trạng kênh liên kết lên $\hat{\mathbf{H}}^{\text{UL}}$ theo SRS.

$\hat{\mathbf{H}}_{2p}^{UL} = \hat{\mathbf{H}}_1^{UL} + \hat{\mathbf{H}}_2^{UL}$ biểu diễn kênh theo hướng phân cực thứ nhất và

$\hat{\mathbf{H}}_1^{UL}, \hat{\mathbf{H}}_2^{UL} \in C^{N_r \times N_1 N_2}$ biểu diễn kênh theo hướng phân cực thứ hai

trên mỗi băng con PMI. Trạm cơ sở tính toán, bằng $\mathbf{v}_i'^H \bar{\mathbf{H}}^{UL} \mathbf{v}_i'$, $i=0, N_1 N_2 - 1$ trong mẫu hình giao nhau, giá trị công suất sau khi nén $\bar{\mathbf{H}}^{UL}$ bằng cách sử dụng vector cơ sở miền không gian $\mathbf{v}_i'$, trong đó $\bar{\mathbf{H}}^{UL} \in C^{N_r \times N_1 N_2}$ biểu diễn giá trị trung bình kênh của các băng con PMI tương ứng theo hai hướng phân cực, và

$$\bar{\mathbf{H}}^{UL} = \frac{1}{N_3} \sum_{n=1}^{N_3} (\hat{\mathbf{H}}_{1,n}^{UL} + \hat{\mathbf{H}}_{2,n}^{UL}) \in C^{N_r \times N_1 N_2}$$

$\mathbf{v}_i'$ biểu diễn vector cơ sở miền không gian

thứ i .

Sau khi nén $\bar{\mathbf{H}}_p^{UL}$ bằng cách sử dụng vector cơ sở miền không gian, gNB chọn L vector cơ sở miền không gian mà là giống nhau theo hai hướng phân cực, có giá trị công suất tối đa và là trực giao, để thu được ma trận được bao gồm từ các vector cơ sở miền không gian được chọn bởi gNB, được ký hiệu là:

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} \mathbf{v}_0 & \mathbf{v}_1 & \dots & \mathbf{v}_{L-1} & & 0 \\ & & & & \mathbf{v}_L & \mathbf{v}_{L+1} & \dots & \mathbf{v}_{2L-1} \end{bmatrix} \in C^{2N_1 N_2 \times 2L}$$

Trong đó, $\mathbf{v}_0 = \mathbf{v}_L, \mathbf{v}_1 = \mathbf{v}_{L+1}, \dots, \mathbf{v}_{L-1} = \mathbf{v}_{2L-1}$.

B3: đối với băng con PMI thứ n , gNB thực hiện khai triển giá trị riêng trên ma trận hiệp biến của kênh của băng con, đặt vector riêng tương ứng với giá trị riêng tối đa bằng $\mathbf{h}_n$, do đó hệ số kết hợp băng con tương ứng với băng con PMI bằng $\mathbf{V}^H \mathbf{h}_n \in C^{2L \times 1}$.

Tương tự, hệ số kết hợp băng con tương ứng với mỗi trong số N_3 băng con PMI có thể thu được, nghĩa là, tập hệ số kết hợp băng con tương ứng với tất cả các băng con PMI được biểu diễn dưới dạng $\mathbf{W}_2 \in C^{2L \times N_3}$.

B4: gNB tính toán $\mathbf{f}_j^H \mathbf{W}_2 \mathbf{f}_j$, $j = 0, K, N_3 - 1$ trong mẫu hình

giao nhau, và chọn M vector cơ sở miền tần số với công suất nén tối đa từ N_3

vector cơ sở miền tần số ứng viên.

Do đó, gNB có thể thu được M vector cơ sở miền tần số, được ký hiệu là:

$$\mathbf{f}_m, m = 0, K, M$$

B5: gNB thiết lập các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS bằng K cổng ăng ten, bởi:

$$\mathbf{F}_{p,k} = \mathbf{v}_l \otimes \mathbf{f}_m \in \mathbb{C}^{N_1 N_2 N_3 \times 1},$$

$$l = 0, K, 2L - 1, m = 0, K, M - 1, p = 0, 1, k = lM + m.$$

Sau đó, gNB gửi các CSI-RS mà chịu sự tạo chùm tới đầu cuối.

B6: đầu cuối nhận các CSI-RS tương ứng một cách riêng rẽ thông qua K cổng ăng ten, tính toán một cách riêng rẽ công suất nhận của các CSI-RS trên các cổng ăng ten tương ứng, chọn K0 cổng ăng ten với công suất nhận tối đa, tính toán tập hệ số kết hợp chùm tương ứng, và báo cáo K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm tới gNB.

Các quá trình thực thi cụ thể là giống như A6-A7, nên không được mô tả chi tiết ở đây.

B7: gNB nhận K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm được báo bởi đầu cuối và tính toán ma trận tiền tạo mã của dữ liệu đường truyền liên kết xuống được sử dụng trên lớp truyền x, được ký hiệu là:

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} \hat{F}_{0,0} & L & \hat{F}_{0,K'-1} & \mathbf{0} & L & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & L & \mathbf{0} & \hat{F}_{1,K'} & L & \hat{F}_{1,K0-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{p}}_0^{\text{DL}} \\ M \\ \hat{\mathbf{p}}_{K'-1}^{\text{DL}} \\ \hat{\mathbf{p}}_{K'}^{\text{DL}} \\ M \\ \hat{\mathbf{p}}_{K0-1}^{\text{DL}} \end{bmatrix}.$$

Trong đó, $\hat{F}_{p,k}, k \in \{0, K, K0\}, p \in \{0, 1\}$ biểu diễn các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên K0 cổng ăng ten được chọn bởi đầu cuối theo hai hướng phân cực.

Kịch bản áp dụng 3: Rank=2; và K cổng ăng ten được sử dụng.

Cụ thể là, giả định là, đầu cuối sử dụng Nr ăng ten để gửi hoặc nhận tín hiệu, hai lớp của dữ liệu của đường truyền liên kết xuống được gọi là lớp truyền

x và lớp truyền y . Đối với mỗi lớp truyền, số lượng của các vector cơ sở miền không gian được sử dụng bởi gNB bằng $2L$, và số lượng của các vector cơ sở miền tần số được sử dụng bằng M' .

Mảng ăng ten phẳng hai chiều hai phân cực được lắp đặt trên gNB, mảng ăng ten này được ánh xạ vào $2N_1N_2$ cổng ăng ten, N_1 biểu diễn số lượng của các cổng ăng ten theo hướng chiều ngang và N_2 biểu diễn số lượng của các cổng ăng ten theo hướng chiều dọc, và số lượng của các băng con PMI được ký hiệu là N_3 .

Ma trận tiền tạo mã được sử dụng bởi đường truyền dữ liệu liên kết xuống có thể thu được thông qua tính toán bởi các hoạt động sau đây.

C1: đầu cuối gửi SRS tới gNB.

C2: đối với lớp truyền x , việc tính toán các vector cơ sở miền không gian và các vector cơ sở miền tần số được sử dụng bởi gNB là giống như A2-A4 trên đây hoặc B2-B4 trên đây và không được mô tả chi tiết ở đây.

Đối với lớp truyền y , gNB sử dụng các vector cơ sở miền không gian mà giống như hoặc khác với các vector cơ sở miền không gian của lớp truyền x , và sử dụng các vector cơ sở miền tần số mà giống như hoặc khác với các vector cơ sở miền tần số của lớp truyền x , để tính toán các chùm để gửi dữ liệu.

Khi gNB sử dụng các vector cơ sở miền không gian giống nhau và các vector cơ sở miền tần số khác nhau đối với lớp truyền x và lớp truyền y , việc chọn các vector cơ sở miền tần số bởi gNB đối với lớp truyền y là nén mỗi hệ số kết hợp băng con tới hệ số tương ứng với lớp truyền y , tính toán mỗi hệ số kết hợp băng con tương ứng với lớp truyền y là giống như A3 nêu trên hoặc B3 nêu trên, trong đó sự khác biệt giữa hai trường hợp là đối với băng con PMI thứ n , gNB thực hiện khai triển giá trị riêng trên ma trận hiệp biến của băng con PMI, đặt vector riêng tương ứng với giá trị riêng tối đa thứ hai là $\mathbf{h}'_n$, và tính toán hệ số kết hợp băng con của băng con PMI bằng $\mathbf{V}^H \mathbf{h}'_n \in C^{2L \times 1}$.

Tương tự, hệ số kết hợp băng con tương ứng với mỗi trong số N_3 băng con PMI có thể được tính toán.

C3: khi các vector cơ sở miền không gian giống nhau và các vector cơ sở

miền tần số giống nhau được sử dụng đối với lớp truyền x và lớp truyền y, trong khi tính toán các hệ số kết hợp chùm tương ứng với lớp truyền y, đầu cuối thực hiện khai triển giá trị riêng trên ma trận hiệp biến của K0 kênh hiệu dụng liên kết xuống $\tilde{\mathbf{H}}_{\text{eff}}$, và chọn một hoặc nhiều vector riêng tương ứng với giá trị riêng tối đa thứ hai làm K0 hệ số kết hợp chùm, được ký hiệu là $\beta_{k'}^{\text{DL}}, k' = 0, K, K0$.

C4: khi các vector cơ sở miền không gian khác nhau hoặc các vector cơ sở miền tần số khác nhau được sử dụng đối với lớp truyền x và lớp truyền y, trong khi tính toán các hệ số kết hợp chùm của lớp truyền y, chế độ tính toán được sử dụng bởi đầu cuối là giống như chế độ tính toán của lớp truyền x.

C5: khi các vector cơ sở miền không gian giống nhau và các vector cơ sở miền tần số giống nhau được sử dụng đối với lớp truyền x và lớp truyền y, ma trận tiền tạo mã của hai lớp truyền được tính toán bởi gNB có thể được ký hiệu là:

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} \hat{F}_{0,0} & L & \hat{F}_{0,K'-1} & 0 & L & 0 \\ 0 & L & 0 & \hat{F}_{1,K'} & L & \hat{F}_{1,K0-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\beta}_{0,0}^{\text{DL}} & \hat{\beta}_{1,0}^{\text{DL}} \\ M & M \\ \hat{\beta}_{0,K'-1}^{\text{DL}} & \hat{\beta}_{1,K'-1}^{\text{DL}} \\ \hat{\beta}_{0,K'}^{\text{DL}} & \hat{\beta}_{1,K'}^{\text{DL}} \\ M & M \\ \hat{\beta}_{0,K0-1}^{\text{DL}} & \hat{\beta}_{1,K0-1}^{\text{DL}} \end{bmatrix}.$$

Trong đó, $\hat{F}_{p,k}, k \in \{0, K, K0\}, p \in \{0, 1\}$ biểu diễn các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS bởi K0 cổng được chọn bởi đầu cuối theo hai hướng phân cực, và $\hat{\beta}_{r,k'}^{\text{DL}}, r = 0, 1, k' = 0, K, K0$ biểu diễn các hệ số kết hợp chùm tương ứng với hai lớp truyền.

Khi các vector cơ sở miền không gian khác nhau hoặc các vector cơ sở miền tần số khác nhau được sử dụng đối với lớp truyền x và lớp truyền y, phương pháp để tính toán ma trận tiền tạo mã của hai lớp truyền bởi gNB là giống như của lớp truyền x, nghĩa là, ma trận tiền tạo mã của lớp truyền y được tính toán thông qua công thức sau:

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} \hat{F}_{0,0} & L & \hat{F}_{0,K'-1} & \mathbf{0} & L & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & L & \mathbf{0} & \hat{F}_{1,K'} & L & \hat{F}_{1,K0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{p}}_0^{\text{DL}} \\ M \\ \hat{\mathbf{p}}_{K'-1}^{\text{DL}} \\ \hat{\mathbf{p}}_{K'}^{\text{DL}} \\ M \\ \hat{\mathbf{p}}_{K0-1}^{\text{DL}} \end{bmatrix}.$$

Dựa trên cùng ý đồ sáng tạo, như được thể hiện trên Fig. 2, phương án của sáng chế đề xuất thiết bị phía mạng (ví dụ, gNB, eNB, v.v.), bao gồm: bộ nhớ 20, được tạo cấu hình để lưu trữ các lệnh thực thi được; và bộ xử lý 21, được tạo cấu hình để đọc các lệnh thực thi được được lưu trữ trong bộ nhớ và thực thi các hoạt động sau đây.

Trong đường truyền liên kết xuống, CSI-RS tương ứng mà chịu sự tạo chùm được gửi tới đầu cuối một cách riêng rẽ trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, trong đó chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trên cổng ăng ten là thu được theo thông tin góc và thông tin độ trễ được xác định trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên của đầu cuối, và các chùm được sử dụng bởi các CSI-RS được gửi một cách riêng rẽ tới đầu cuối bởi các cổng ăng ten tương ứng là độc lập và khác nhau.

K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm được báo bởi đầu cuối là nhận được, trong đó K0 cổng ăng ten được chọn bởi đầu cuối trên cơ sở của các CSI-RS nhận được tương ứng, tập hệ số kết hợp chùm là thu được bằng cách tính toán trên cơ sở của các CSI-RS nhận được trên K0 cổng ăng ten, và K0 là số nguyên lớn hơn không.

Đối với đầu cuối, ma trận tiền tạo mã của đường truyền liên kết xuống của đầu cuối được xác định theo các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm.

Như được thể hiện trên Fig. 2, cấu trúc buýt có thể bao gồm số lượng bất kỳ của các buýt được nối thông và các cầu, liên kết một cách cụ thể các mạch khác nhau của một hoặc nhiều bộ xử lý được biểu diễn bởi bộ xử lý 21 và một hoặc nhiều bộ nhớ được biểu diễn bởi bộ nhớ 20. Cấu trúc buýt còn có thể liên

kết các mạch khác nhau khác như thiết bị ngoại vi, bộ ổn định điện áp và mạch quản lý công suất, mà đã được biết trong lĩnh vực này và do đó không được mô tả tiếp ở đây. Giao diện buýt tạo ra giao diện. Bộ thu phát có thể là nhiều thành phần, mà chính là bao gồm bộ phát và bộ nhận, và tạo ra thiết bị để truyền thông với các thiết bị khác nhau khác trong môi trường truyền. Bộ xử lý 21 chịu trách nhiệm quản lý cấu trúc buýt và xử lý chung, và bộ nhớ 20 có thể lưu trữ dữ liệu được sử dụng trong khi thực thi các hoạt động bởi bộ xử lý 21.

Một cách tùy chọn, trước khi gửi, trong đường truyền liên kết xuống, CSI-RS tương ứng mà chịu sự tạo chùm tới đầu cuối một cách riêng rẽ trên cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, bộ xử lý 21 còn được tạo cấu hình để: nhận SRS được gửi bởi đầu cuối; tính toán thông tin tình trạng kênh liên kết lên tương ứng trên cơ sở của SRS; xác định thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên của đầu cuối một cách riêng rẽ trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên; và tính toán các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng một cách riêng rẽ trong đường truyền liên kết xuống trên cơ sở của thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên của đầu cuối.

Một cách tùy chọn, trong khi thu được chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trên cổng bất kỳ trong số các cổng ăng ten theo thông tin góc và thông tin độ trễ được xác định trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên của đầu cuối, bộ xử lý 21 được tạo cấu hình để: xác định thông tin góc tương ứng với một cổng bất kỳ trong số các cổng ăng ten và thông tin độ trễ tương ứng với một cổng bất kỳ trong số các cổng ăng ten, trong đó thông tin góc là thu được thông qua tính toán bằng cách sử dụng vector cơ sở miền không gian tương ứng, và thông tin độ trễ là thu được thông qua tính toán bằng cách sử dụng vector cơ sở miền tần số tương ứng; và tính toán và thu được chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trên cổng bất kỳ trong số các cổng ăng ten trên cơ sở của tích số Kronecke của vector cơ sở miền không gian và vector cơ sở miền tần số.

Một cách tùy chọn, vector cơ sở miền không gian hoặc/và vector cơ sở miền tần số được biểu diễn dưới dạng bất kỳ trong số các dạng sau đây: vector

riêng; vectơ biến đổi Fourier rời rạc (DFT); vectơ biến đổi cosin rời rạc (DCT); hệ số đa thức; và vectơ biến đổi Karhunen-Loeve (KLT).

Một cách tùy chọn, các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS bởi bộ xử lý 21 trên các cổng ăng ten khác nhau được liên kết với lớp truyền giống nhau là thu được thông qua tính toán trên cơ sở của thông tin góc giống nhau hoặc khác nhau và thông tin độ trễ giống nhau hoặc khác nhau; các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS bởi bộ xử lý 21 trên các cổng ăng ten khác nhau được liên kết với các lớp truyền khác nhau mà thu được thông qua tính toán trên cơ sở của thông tin góc giống nhau hoặc khác nhau và thông tin độ trễ giống nhau hoặc khác nhau; và các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS bởi bộ xử lý 21 trên các cổng ăng ten khác nhau theo các hướng phân cực khác nhau là thu được thông qua tính toán trên cơ sở của thông tin góc giống nhau hoặc khác nhau và thông tin độ trễ giống nhau hoặc khác nhau.

Dựa trên cùng ý đồ sáng tạo, như được thể hiện trên Fig. 3, phương án của sáng chế đề xuất đầu cuối, bao gồm: bộ nhớ 30, được tạo cấu hình để lưu trữ các lệnh thực thi được; và bộ xử lý 31, được tạo cấu hình để đọc các lệnh thực thi được được lưu trữ trong bộ nhớ và thực thi các hoạt động sau đây.

Thông qua các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng trong đường truyền liên kết xuống, CSI-RS mà chịu sự tạo chùm và được gửi bởi phía mạng được nhận một cách riêng rẽ, trong đó chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trên cổng ăng ten là thu được theo thông tin góc và thông tin độ trễ được xác định trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên của đầu cuối, và các chùm được sử dụng bởi các CSI-RS được gửi tới đầu cuối một cách riêng rẽ bởi các cổng ăng ten tương ứng là độc lập và khác nhau.

K0 cổng ăng ten được chọn trên cơ sở của các CSI-RS nhận được tương ứng và tập hệ số kết hợp chùm tương ứng với K0 cổng ăng ten được tính toán trên cơ sở của các CSI-RS nhận được trên K0 cổng ăng ten.

K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm được báo cáo tới phía mạng, sao cho phía mạng xác định, đối với đầu cuối, ma trận tiền tạo mã của đường truyền liên kết xuống của đầu cuối theo các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm.

Như được thể hiện trên Fig. 3, cấu trúc buýt có thể bao gồm số lượng bất kỳ của các buýt được nối thông và các cầu, liên kết một cách cụ thể các mạch khác nhau của một hoặc nhiều bộ xử lý được biểu diễn bởi bộ xử lý 31 và các bộ nhớ được biểu diễn bởi bộ nhớ 30. Cấu trúc buýt còn có thể liên kết các mạch khác nhau khác như thiết bị ngoại vi, bộ ổn định điện áp và mạch quản lý công suất, mà đã được biết trong lĩnh vực kỹ thuật và do đó sẽ không được mô tả tiếp ở đây. Giao diện buýt tạo giao diện. Bộ thu phát có thể là nhiều thành phần, mà chính là bao gồm bộ phát và bộ nhận, và tạo ra bộ phận để truyền thông với các thiết bị khác nhau khác trong môi trường truyền. Đối với thiết bị người dùng khác nhau, giao diện người dùng cũng có thể là giao diện có khả năng được kết nối ngoài hoặc được kết nối trong với các thiết bị cần thiết, các thiết bị được kết nối bao gồm nhưng không bị giới hạn ở bàn phím, bộ hiển thị, loa, micrô, cần điều khiển, v.v..

Bộ xử lý 31 chịu trách nhiệm quản lý cấu trúc buýt và xử lý chung, và bộ nhớ 30 có thể lưu trữ dữ liệu được sử dụng trong khi thực thi các hoạt động bởi bộ xử lý 31.

Một cách tùy chọn, trước khi nhận một cách riêng rẽ, thông qua các cổngăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng trong đường truyền liên kết xuống, CSI-RS mà chịu sự tạo chùm và được gửi bởi phía mạng, bộ xử lý 31 còn được tạo cấu hình để: gửi SRS tới phía mạng sao cho phía mạng thực thi, trên cơ sở của SRS, các hoạt động sau đây: tính toán thông tin tình trạng kênh liên kết lên tương ứng trên cơ sở của SRS, xác định một cách riêng rẽ thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên của đầu cuối trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên, và tính toán một cách riêng rẽ chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trên các cổngăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng trong đường truyền liên kết xuống trên cơ sở của thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên của đầu cuối.

Một cách tùy chọn, trong khi chọn K0 cổngăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được tương ứng, bộ xử lý 31 được tạo cấu hình để: tính toán công suất nhận của mỗi CSI-RS nhận được, và chọn các cổngăng ten mà các CSI-RS

K0 với công suất nhận tối đa tương ứng với chúng; hoặc tính toán hệ số kết hợp chùm của cổng ăng ten tương ứng với mỗi CSI-RS nhận được, và chọn các cổng ăng ten với công suất tối đa của hệ số kết hợp chùm tương ứng với các CSI-RS K0; trong đó K0 được tạo cấu hình bởi phía mạng, hoặc được báo bởi đầu cuối, hoặc được tạo cấu hình bằng sự phối hợp của đầu cuối và phía mạng.

Một cách tùy chọn, trong khi chọn K0 cổng ăng ten và tính toán tập hệ số kết hợp chùm tương ứng với K0 cổng ăng ten, bộ xử lý 31 được tạo cấu hình để: tính toán một cách riêng rẽ hệ số kết hợp chùm tương ứng với mỗi cổng trong số K0 cổng ăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được trên K0 cổng ăng ten; và định lượng các hệ số kết hợp chùm thu được và báo cáo tập hệ số kết hợp chùm tới phía mạng.

Một cách tùy chọn, bộ xử lý 31 còn được tạo cấu hình để: tính toán RI tương ứng và CQI tương ứng trên cơ sở của các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên K0 cổng ăng ten và kết hợp với tập hệ số kết hợp chùm, và báo cáo RI và CQI tới phía mạng.

Dựa trên cùng ý đồ sáng tạo, như được thể hiện trên Fig. 4, phương án của sáng chế đề xuất phía mạng, bao gồm: khối gửi 40, được tạo cấu hình để gửi, trong đường truyền liên kết xuống, CSI-RS tương ứng mà chịu sự tạo chùm tới đầu cuối một cách riêng rẽ trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, trong đó chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trên cổng ăng ten là thu được theo thông tin góc và thông tin độ trễ được xác định trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên của đầu cuối, và các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS một cách riêng rẽ tới đầu cuối trên các cổng ăng ten tương ứng là độc lập và khác nhau; khối nhận 41, được tạo cấu hình để nhận K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm được báo bởi đầu cuối, trong đó K0 cổng ăng ten được chọn bởi đầu cuối trên cơ sở của các CSI-RS nhận được tương ứng, tập hệ số kết hợp chùm là thu được bằng cách tính toán trên cơ sở của các CSI-RS nhận được trên K0 cổng ăng ten, và K0 là số nguyên lớn hơn không; và khối xử lý 42, được tạo cấu hình để xác định, đối với đầu cuối, ma trận tiền tạo mã của đường truyền liên kết xuống của đầu cuối theo các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm.

Khối gửi 40, khối nhận 41 và khối xử lý 42 nêu trên thực hiện phương pháp bất kỳ được thực thi bởi phía mạng theo các phương án nêu trên.

Dựa trên cùng ý đồ sáng tạo, như được thể hiện trên Fig. 5, phương án của sáng chế đề xuất đầu cuối, bao gồm: khối nhận 50, được tạo cấu hình để nhận một cách riêng rẽ, trong đường truyền liên kết xuống trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, tín hiệu thông tin tham chiếu tình trạng kênh (CSI-RS) mà chịu sự tạo chùm và được gửi bởi trạm cơ sở, trong đó chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trên cổng ăng ten là thu được theo thông tin góc và thông tin độ trễ được xác định trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên của đầu cuối, và các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS một cách riêng rẽ tới đầu cuối trên các cổng ăng ten là độc lập và khác nhau; khối tính toán 51, được tạo cấu hình để chọn K0 cổng ăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được tương ứng và tính toán tập hệ số kết hợp chùm tương ứng với K0 cổng ăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được trên K0 cổng ăng ten; và khối gửi 52, được tạo cấu hình để báo cáo K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm tới trạm cơ sở, để cho phép trạm cơ sở xác định, đối với đầu cuối, ma trận tiền tạo mã của đường truyền liên kết xuống của đầu cuối theo các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm.

Khối nhận 50, khối tính toán 51 và khối gửi 52 nêu trên hợp tác một cách tương hỗ để thực hiện phương pháp bất kỳ được thực thi bởi đầu cuối theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên.

Dựa trên cùng ý đồ sáng tạo, vật lưu trữ được đề xuất, và khi một hoặc nhiều lệnh trong vật lưu trữ được thực thi bởi bộ xử lý, thì bộ xử lý có thể thực thi phương pháp bất kỳ được thực thi bởi trạm cơ sở nêu trên.

Dựa trên cùng ý đồ sáng tạo, vật lưu trữ được đề xuất, và khi một hoặc nhiều lệnh trong vật lưu trữ được thực thi bởi bộ xử lý, thì bộ xử lý có thể thực thi phương pháp bất kỳ được thực thi bởi đầu cuối nêu trên.

Tóm lại, theo các phương án của sáng chế, trong đường truyền liên kết xuống, phía mạng gửi riêng biệt, trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, CSI-RS mà chịu sự tạo chùm tới đầu cuối bằng

cách sử dụng các chùm được tính toán theo thông tin góc và thông tin độ trễ được xác định trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên, nhận K0 cổng ăng ten và hệ số kết hợp chùm, mà được chọn dựa trên các CSI-RS và được báo bởi đầu cuối, và xác định ma trận tiền tạo mã đối với đường truyền liên kết xuống của đầu cuối theo các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên K0 cổng ăng ten, và tập hệ số kết hợp chùm. Theo cách này, cả tính thuận nghịch thông tin góc lẫn tính thuận nghịch thông tin độ trễ giữa các kênh liên kết lên và các kênh liên kết xuống đều có thể được sử dụng cùng lúc để tính toán trực tiếp các chùm được tạo mà không phải thực hiện tính toán SVD đối với thông tin kênh hiệu dụng của mỗi băng con PMI, nhờ đó giảm đáng kể mức độ phức tạp tính toán của đầu cuối, giảm một cách hiệu quả chi phí phản hồi của đầu cuối, và hơn nữa, còn nâng cao hiệu suất của hệ thống.

Những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này phải hiểu rằng các phương án của sáng chế có thể được đề xuất dưới dạng phương pháp, hệ thống, hoặc sản phẩm chương trình máy tính. Do đó, sáng chế có thể có dạng của phương án hoàn toàn phần cứng, phương án hoàn toàn phần mềm hoặc phương án kết hợp phần cứng với phần mềm. Ngoài ra, sáng chế có thể có dạng của sản phẩm chương trình máy tính được thực hiện trên một hoặc nhiều môi trường lưu trữ ứng dụng máy tính (bao gồm nhưng không bị giới hạn bởi bộ nhớ đĩa, CD-ROM, bộ nhớ quang, v.v.) chứa mã chương trình ứng dụng máy tính.

Sáng chế được mô tả có dựa vào lưu đồ và/hoặc sơ đồ khối của phương pháp, thiết bị (hệ thống) và sản phẩm chương trình máy tính theo các phương án của sáng chế. Cần hiểu rằng mỗi luồng và/hoặc khối trong lưu đồ và/hoặc sơ đồ khối, và sự kết hợp của các luồng và/hoặc các khối trong lưu đồ và/hoặc sơ đồ khối có thể được thực hiện trên các lệnh chương trình máy tính. Các lệnh chương trình máy tính này có thể được tạo ra cho bộ xử lý của máy tính đa năng, máy tính chuyên dụng, bộ xử lý nhúng hoặc các thiết bị xử lý dữ liệu lập trình được khác để tạo ra máy, sao cho thiết bị được tạo cấu hình để thực hiện các chức năng được chỉ ra trong một hoặc nhiều luồng trong lưu đồ và/hoặc một hoặc nhiều khối trong sơ đồ khối có thể được tạo ra trên lệnh được thực thi bởi bộ xử lý của máy tính hoặc các thiết bị xử lý dữ liệu lập trình được khác.

Các lệnh chương trình máy tính này có thể được lưu trữ trong bộ nhớ máy tính đọc được có khả năng hướng dẫn máy tính hoặc các thiết bị xử lý dữ liệu lập trình được khác làm việc trong chế độ cụ thể, sao cho lệnh được lưu trữ trong bộ nhớ máy tính đọc được tạo ra sản phẩm bao gồm thiết bị lệnh, và thiết bị lệnh thực hiện các chức năng được chỉ ra trong một hoặc nhiều luồng trong lưu đồ và/hoặc một hoặc nhiều khối trong sơ đồ khối.

Các lệnh chương trình máy tính này cũng có thể được nạp vào máy tính hoặc các thiết bị xử lý dữ liệu lập trình được khác, sao cho dãy các bước hoạt động được thực thi trên máy tính hoặc các thiết bị lập trình được khác để tạo ra quá trình xử lý được thực hiện bởi máy tính, do đó lệnh được thực thi trên máy tính hoặc các thiết bị lập trình được khác tạo ra các bước được sử dụng để thực hiện các chức năng được chỉ ra trong một hoặc nhiều luồng của lưu đồ và/hoặc một hoặc nhiều khối của sơ đồ khối.

Mặc dù các phương án có lợi của sáng chế đã được mô tả, những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực có thể thực hiện các thay đổi và các cải biến khác đối với các phương án này khi họ nắm được ý đồ sáng tạo cơ bản. Cho nên các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo cần được diễn giải là bao gồm các phương án có lợi và tất cả các thay đổi và biến thể mà nằm trong phạm vi của sáng chế.

Rõ ràng là, những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực có thể thực hiện các thay đổi và biến đổi khác nhau đối với các phương án của sáng chế mà không ra khỏi phạm vi các phương án của sáng chế. Trong trường hợp này, nếu các thay đổi và biến đổi này của các phương án của sáng chế nằm trong phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ của sáng chế, thì sáng chế cũng được dự kiến là bao gồm các thay đổi và biến đổi này.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp xác định ma trận tiền tạo mã dựa trên tính thuận nghịch của kênh, bao gồm:

gửi, bởi phía mạng, tín hiệu thông tin tham chiếu tình trạng kênh (CSI-RS) mà chịu sự tạo chùm tên đầu cuối trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, trong đó chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trên cổng bất kỳ trong số các cổng ăng ten là thu được theo thông tin góc và thông tin độ trễ được xác định trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên của đầu cuối;

nhận, bởi phía mạng, thông tin về K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm được báo cáo bởi đầu cuối, trong đó K0 cổng ăng ten được chọn bởi đầu cuối trên cơ sở của các CSI-RS nhận được tương ứng, tập hệ số kết hợp chùm là thu được bằng cách tính toán trên cơ sở của các CSI-RS nhận được trên K0 cổng ăng ten, và K0 là số nguyên lớn hơn không; và

xác định, bởi phía mạng, ma trận tiền tạo mã của truyền liên kết xuống của đầu cuối theo các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó trước khi gửi, bởi phía mạng, CSI-RS mà chịu sự tạo chùm tới đầu cuối trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, phương pháp này còn bao gồm các bước:

nhận, bởi phía mạng, tín hiệu chuẩn thăm dò (SRS) được gửi bởi đầu cuối;

tính toán, bởi phía mạng, thông tin tình trạng kênh liên kết lên trên cơ sở của SRS;

xác định, bởi phía mạng, thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên của đầu cuối trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên; và

tính toán, bởi phía mạng, các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng trên cơ sở của thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên

của đầu cuối.

3. Phương pháp theo điểm 2, trong đó bước tính toán, bởi phía mạng, các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng trên cơ sở của thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên của đầu cuối, bao gồm các bước: xác định, bởi phía mạng, thông tin góc và thông tin độ trễ tương với các cổng ăng ten tương ứng, trong đó thông tin góc là thu được thông qua tính toán bằng cách sử dụng vector cơ sở miền không gian tương ứng, và thông tin độ trễ là thu được thông qua tính toán bằng cách sử dụng vector cơ sở miền tần số tương ứng; và tính toán, bởi phía mạng, các chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trên các cổng ăng ten tương ứng trên cơ sở của tích số Krônecke của vector cơ sở miền không gian và vector cơ sở miền tần số.

4. Phương pháp theo điểm 3, trong đó vector cơ sở miền không gian hoặc/và vector cơ sở miền tần số được biểu diễn dưới dạng bất kỳ trong số các dạng sau: vector riêng;

vector biến đổi Fourier rời rạc (DFT);

vector biến đổi cosin rời rạc (DCT);

hệ số đa thức; và

vector biến đổi Karhunen-Loeve (KLT).

5. Phương pháp theo điểm 2, trong đó các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS bởi phía mạng trên các cổng ăng ten khác nhau được liên kết với lớp truyền giống nhau mà thu được thông qua tính toán trên cơ sở của thông tin góc giống nhau hoặc khác nhau và thông tin độ trễ giống nhau hoặc khác nhau;

các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS bởi phía mạng trên các cổng ăng ten khác nhau được liên kết với các lớp truyền khác nhau mà thu được thông qua tính toán trên cơ sở của thông tin góc giống nhau hoặc khác nhau và thông tin độ trễ giống nhau hoặc khác nhau; và

các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS bởi phía mạng trên các cổng

ăng ten khác nhau theo các hướng phân cực khác nhau mà thu được thông qua tính toán trên cơ sở của thông tin góc giống nhau hoặc khác nhau và thông tin độ trễ giống nhau hoặc khác nhau.

6. Phương pháp xác định ma trận tiền tạo mã dựa trên tính thuận nghịch của kênh, bao gồm các bước:

nhận, bởi đầu cuối trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, tín hiệu thông tin tham chiếu tình trạng kênh (CSI-RS) mà chịu sự tạo chùm và được gửi bởi phía mạng, trong đó chùm được sử dụng trong khi nhận CSI-RS trên cổng bất kỳ trong số các cổng ăng ten là thu được theo thông tin góc và thông tin độ trễ được xác định trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên của đầu cuối;

chọn, bởi đầu cuối, K0 cổng ăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được tương ứng và tính toán, bởi đầu cuối, tập hệ số kết hợp chùm tương với K0 cổng ăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được trên K0 cổng ăng ten, trong đó K0 là số nguyên lớn hơn không; và

báo cáo, bởi đầu cuối, thông tin về K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm tới phía mạng, trong đó các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm được tạo cấu hình đối với phía mạng để xác định ma trận tiền tạo mã của truyền liên kết xuống của đầu cuối.

7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó trước khi nhận, bởi đầu cuối trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, CSI-RS mà chịu sự tạo chùm và được gửi bởi phía mạng, phương pháp này còn bao gồm các bước:

gửi, bởi đầu cuối, tín hiệu chuẩn thăm dò (SRS) tới phía mạng, trong đó SRS được tạo cấu hình đối với phía mạng để thực thi các hoạt động sau:

tính toán thông tin tình trạng kênh liên kết lên trên cơ sở của SRS, xác định thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên của đầu cuối trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên, và tính toán các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên các cổng ăng ten tương ứng được

liên kết với các lớp truyền tương ứng trên cơ sở của thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên của đầu cuối.

8. Phương pháp theo điểm 6, trong đó bước chọn, bởi đầu cuối, K0 cổng ăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được tương ứng, bao gồm các bước:

tính toán, bởi đầu cuối, công suất nhận của mỗi CSI-RS nhận được, và chọn, bởi đầu cuối, các cổng ăng ten mà các CSI-RS K0 với công suất nhận tối đa tương ứng với nó; hoặc

tính toán, bởi đầu cuối, hệ số kết hợp chùm của cổng ăng ten tương ứng với mỗi CSI-RS nhận được, và chọn, bởi đầu cuối, các cổng ăng ten với công suất tối đa của hệ số kết hợp chùm tương với các CSI-RS K0; trong đó:

K0 được tạo cấu hình bởi phía mạng.

9. Phương pháp theo điểm 6, trong đó bước chọn, bởi đầu cuối, K0 cổng ăng ten và tính toán, bởi đầu cuối, tập hệ số kết hợp chùm tương với K0 cổng ăng ten, bao gồm các bước:

tính toán, bởi đầu cuối, hệ số kết hợp chùm tương ứng với mỗi cổng trong số K0 cổng ăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được trên K0 cổng ăng ten; và định lượng, bởi đầu cuối, các hệ số kết hợp chùm thu được và báo cáo, bởi đầu cuối, tập hệ số kết hợp chùm tới phía mạng.

10. Phương pháp theo điểm 9, còn bao gồm các bước:

tính toán, bởi đầu cuối, chỉ báo hạng (RI) tương ứng và bộ chỉ báo chất lượng kênh (CQI) tương ứng trên cơ sở của các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên K0 cổng ăng ten và kết hợp với tập hệ số kết hợp chùm, và báo cáo, bởi đầu cuối, RI và CQI tới phía mạng.

11. Thiết bị phía mạng, bao gồm:

bộ nhớ, được tạo cấu hình để lưu trữ các lệnh thực thi được; và

bộ xử lý, được tạo cấu hình để đọc các lệnh thực thi được được lưu trữ trong bộ nhớ và thực thi phương pháp theo điểm 1.

12. Thiết bị phía mạng theo điểm 11, trong đó trước khi gửi CSI-RS mà chịu sự tạo chùm tới đầu cuối trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, bộ xử lý được tạo cấu hình để:

nhận tín hiệu chuẩn thăm dò (SRS) được gửi bởi đầu cuối;

tính toán thông tin tình trạng kênh liên kết lên trên cơ sở của SRS;

xác định thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên của đầu cuối trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên; và

tính toán các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng trên cơ sở của thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên của đầu cuối.

13. Thiết bị phía mạng theo điểm 12, trong đó bộ xử lý được tạo cấu hình để tính toán các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng trên cơ sở của thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên của đầu cuối được tạo cấu hình để:

xác định thông tin góc và thông tin độ trễ tương với các cổng ăng ten tương ứng, trong đó thông tin góc là thu được thông qua tính toán bằng cách sử dụng vector cơ sở miền không gian tương ứng, và thông tin độ trễ là thu được thông qua tính toán bằng cách sử dụng vector cơ sở miền tần số tương ứng; và

tính toán các chùm được sử dụng trong khi gửi CSI-RS trên các cổng ăng ten tương ứng trên cơ sở của tích số Kronecke của vector cơ sở miền không gian và vector cơ sở miền tần số.

14. Thiết bị phía mạng theo điểm 13, trong đó vector cơ sở miền không gian hoặc/và vector cơ sở miền tần số được biểu diễn dưới dạng bất kỳ trong số các dạng sau:

vector riêng;

vector biến đổi Fourier rời rạc (DFT);

vector biến đổi cosin rời rạc (DCT);

hệ số đa thức; và

vectơ biến đổi Karhunen-Loeve (KLT).

15. Thiết bị phía mạng theo điểm 12, trong đó các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS bởi bộ xử lý trên các cổng ăng ten khác nhau được liên kết với lớp truyền giống nhau mà thu được thông qua tính toán trên cơ sở của thông tin góc giống nhau hoặc khác nhau và thông tin độ trễ giống nhau hoặc khác nhau;

các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS bởi bộ xử lý trên các cổng ăng ten khác nhau được liên kết với các lớp truyền khác nhau mà thu được thông qua tính toán trên cơ sở của thông tin góc giống nhau hoặc khác nhau và thông tin độ trễ giống nhau hoặc khác nhau; và

các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS bởi bộ xử lý trên các cổng ăng ten khác nhau theo các hướng phân cực khác nhau mà thu được thông qua tính toán trên cơ sở của thông tin góc giống nhau hoặc khác nhau và thông tin độ trễ giống nhau hoặc khác nhau.

16. Đầu cuối, bao gồm:

bộ nhớ, được tạo cấu hình để lưu trữ các lệnh thực thi được; và

bộ xử lý, được tạo cấu hình để đọc các lệnh thực thi được được lưu trữ trong bộ nhớ và thực thi các hoạt động sau đây:

nhận trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, tín hiệu thông tin tham chiếu tình trạng kênh (CSI-RS) mà chịu sự tạo chùm và được gửi bởi phía mạng, trong đó chùm được sử dụng trong khi nhận CSI-RS trên cổng bất kỳ trong số các cổng ăng ten là thu được theo thông tin góc và thông tin độ trễ được xác định trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên của đầu cuối;

chọn K_0 cổng ăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được tương ứng và tính toán tập hệ số kết hợp chùm tương với K_0 cổng ăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được trên K_0 cổng ăng ten, trong đó K_0 là số nguyên lớn hơn không; và

báo cáo thông tin về K_0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm tới phía mạng,

trong đó các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên K0 cổng ăng ten và tập hệ số kết hợp chùm được tạo cấu hình đối với phía mạng để xác định ma trận tiền tạo mã của truyền liên kết xuống của đầu cuối.

17. Đầu cuối theo điểm 16, trong đó trước khi nhận, bởi đầu cuối trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng, CSI-RS mà chịu sự tạo chùm và được gửi bởi phía mạng, bộ xử lý được tạo cấu hình để:

gửi tín hiệu chuẩn thăm dò (SRS) tới phía mạng, trong đó SRS được tạo cấu hình đối với phía mạng để thực thi các hoạt động sau:

tính toán thông tin tình trạng kênh liên kết lên trên cơ sở của SRS, xác định thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên của đầu cuối trên cơ sở của thông tin tình trạng kênh liên kết lên, và tính toán các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên các cổng ăng ten tương ứng được liên kết với các lớp truyền tương ứng trên cơ sở của thông tin góc và thông tin độ trễ của mỗi đường truyền của kênh liên kết lên của đầu cuối.

18. Đầu cuối theo điểm 16, trong đó trong khi chọn K0 cổng ăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được tương ứng, bộ xử lý được tạo cấu hình để:

tính toán công suất nhận của mỗi CSI-RS nhận được, và chọn các cổng ăng ten mà các CSI-RS K0 với công suất nhận tối đa tương ứng tới đó; hoặc

tính toán hệ số kết hợp chùm của cổng ăng ten tương ứng với mỗi CSI-RS nhận được, và chọn các cổng ăng ten với công suất tối đa của hệ số kết hợp chùm tương với các CSI-RS K0; trong đó:

K0 được tạo cấu hình bởi phía mạng.

19. Đầu cuối theo điểm 16, trong đó trong khi chọn K0 cổng ăng ten và tính toán tập hệ số kết hợp chùm tương với K0 cổng ăng ten, bộ xử lý được tạo cấu hình để:

tính toán hệ số kết hợp chùm tương ứng với mỗi cổng trong số K0 cổng ăng ten trên cơ sở của các CSI-RS nhận được trên K0 cổng ăng ten; và

định lượng các hệ số kết hợp chùm thu được và báo cáo tập hệ số kết hợp chùm

tới phía mạng.

20. Đầu cuối theo điểm 19, trong đó bộ xử lý còn được tạo cấu hình để:
tính toán chỉ báo hạng (RI) tương ứng và bộ chỉ báo chất lượng kênh (CQI)
tương ứng trên cơ sở của các chùm được sử dụng trong khi gửi các CSI-RS trên
K0 cổng ăng ten và kết hợp với tập hệ số kết hợp chùm, và báo cáo RI và CQI tới
phía mạng.

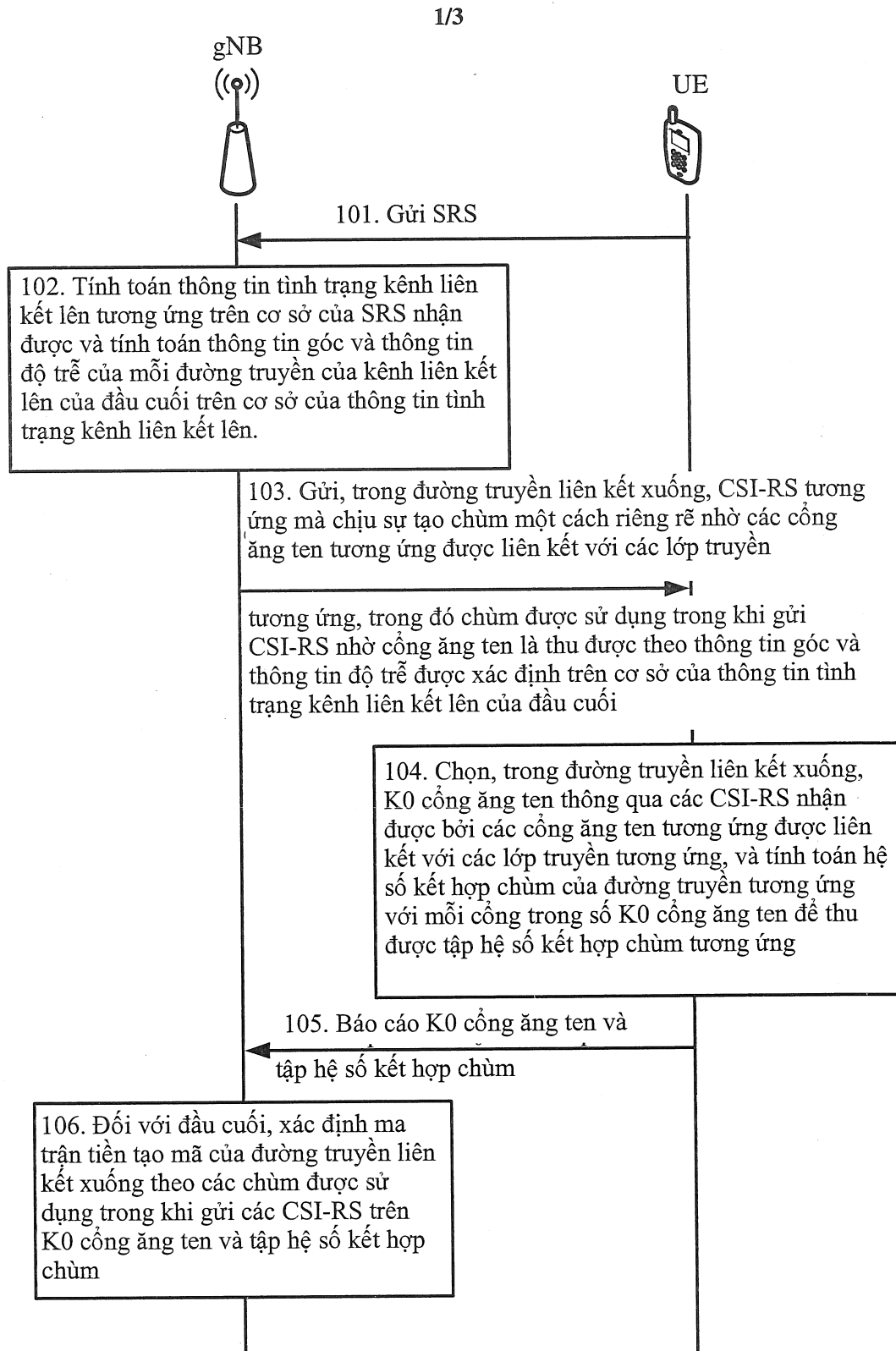


Fig. 1

2/3

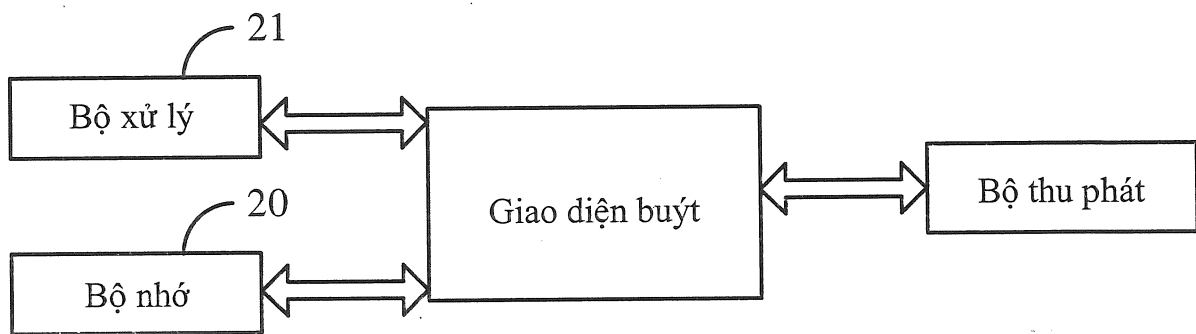


Fig. 2

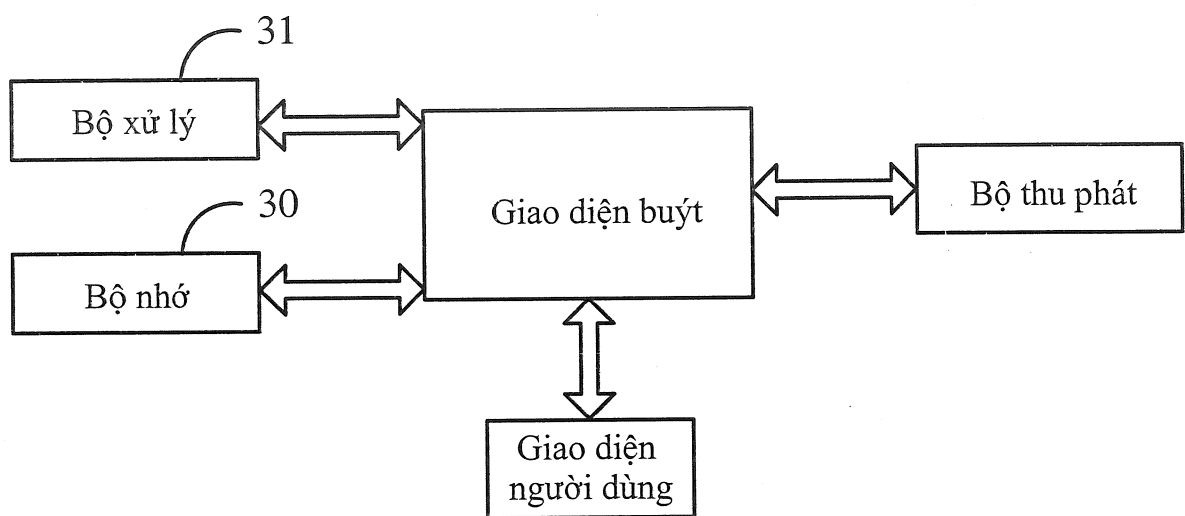


Fig. 3

3/3

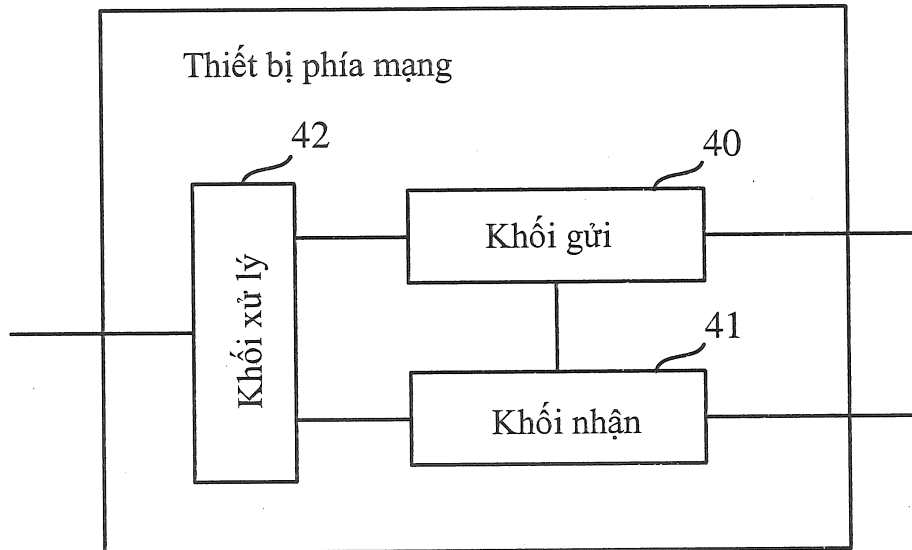


Fig. 4

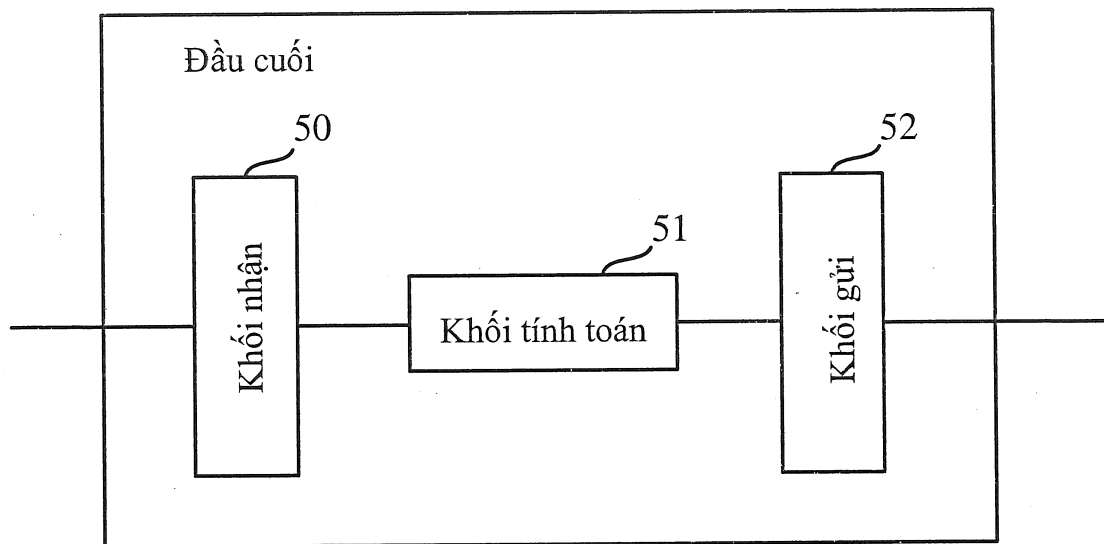


Fig. 5