



(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)



1-0036429

(51)¹⁹ H04B 7/06

(13) B

(21) 1-2019-02210

(22) 29/09/2017

(86) PCT/CN2017/104656 29/09/2017

(87) WO 2018/059567 05/04/2018

(30) 201610872026.4 29/09/2016 CN; 201710067261.9 06/02/2017 CN; 201710336128.9 12/05/2017 CN

(45) 25/07/2023 424

(43) 25/06/2019 375A

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

Huawei Administration Building, Bantian, Longgang District Shenzhen, Guangdong 518129, China

(72) HUANG, Yi (CN); LI, Yuanjie (CN); REN, Haibao (CN); JI, Liuliu (CN).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP TRUYỀN THÔNG, THIẾT BỊ TRUYỀN THÔNG, PHƯƠNG TIỆN LƯU TRỮ BẤT BIẾN ĐỌC ĐƯỢC BỞI MÁY TÍNH, THIẾT BỊ ĐẦU CUỐI VÀ HỆ THỐNG CHIP

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp truyền thông, thiết bị đầu cuối, hệ thống chip và vật ghi đọc được bằng máy tính. Phương pháp này bao gồm các bước: gửi, bởi thiết bị người dùng (User Equipment - UE), ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa (Precoding Matrix Indicator - PMI) tới điểm truyền/thu (Transmission Reception Point - TRP), trong đó PMI được sử dụng để chỉ báo ma trận tiền mã hóa đích và giá trị thông số mã tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối, trong đó ma trận tiền mã hóa đích là ma trận tiền mã hóa trong số mã; số mã là số mã được tạo ra trước bởi UE dựa trên thông số cấu hình số mã; ít nhất một vài ma trận tiền mã hóa trong số mã nhận được nhờ sự biến đổi từ các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối và giá trị thông số; có ít nhất hai số mã khối; có sự tương ứng giữa số lượng của các giá trị thông số và số lượng của các số mã khối; thông số cấu hình số mã bao gồm số lượng của các số mã khối trong số mã và độ dài của vectơ tương ứng với ma trận tiền mã hóa trong số mã khối; và số mã khối được tạo nên dựa trên ma trận tiền mã hóa được thiết đặt trước. Theo các phương án, độ chính xác chùm tín hiệu và hiệu suất hệ thống có thể được nâng cao.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến lĩnh vực kỹ thuật truyền thông, và cụ thể là, đến phương pháp và thiết bị phản hồi thông tin trạng thái kênh dựa trên số mã.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Kỹ thuật đa đầu vào đa đầu ra cỡ lớn (massive multiple input multiple output - Massive MIMO), là một trong những kỹ thuật chính của kỹ thuật truy cập vô tuyến mới (New Radio Access Technology - NR), có thể nâng cao dung lượng hệ thống nhờ sử dụng mức tự do không gian cao hơn, và đã được nghiên cứu chuyên sâu.

Trong hệ thống MIMO cỡ lớn, để nâng cao hiệu suất truyền hệ thống bằng cách thực hiện việc tiền mã hóa ở đầu truyền, đầu truyền cần nhận biết thông tin trạng thái kênh (channel state information - CSI), nhưng CSI chủ yếu nhận được bằng cách thực hiện phép đo kênh bởi đầu thu. Do đó, đầu thu cần phản hồi CSI tới đầu truyền. Theo kỹ thuật đã biết, để phản hồi CSI tới đầu truyền, đầu thu chủ yếu phản hồi ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa (Precoding Matrix Indicator - PMI) tới đầu truyền. Cụ thể là, đầu truyền và đầu thu dùng chung số mã. Sau khi nhận được CSI nhờ đánh giá kênh, đầu truyền lựa chọn ma trận tiền mã hóa từ số mã dựa trên CSI, và phản hồi PMI tương ứng với ma trận tiền mã hóa tới trạm gốc. Trạm gốc nhận được ma trận tiền mã hóa tốt nhất dựa trên PMI, và sau đó thực hiện việc xử lý tiền mã hóa.

Tuy nhiên, tất cả các số mã hiện thời được thiết kế cho mảng anten đồng nhất, và chủ yếu được thiết kế nhằm bù pha tuyến tính. Khi các khoảng cách không đồng đều tồn tại trong mảng anten đa panel, sự bù pha tuyến tính không còn thích hợp nữa, và nếu số mã hiện thời được sử dụng, hình dạng chùm tín hiệu được thay đổi, và chùm tín hiệu được yêu cầu không thể nhận được, dẫn tới các vấn đề về việc giảm độ chính xác chùm tín hiệu và tổn hao hiệu suất hệ

thống.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các phương án của sáng chế đề xuất phương pháp và thiết bị phản hồi thông tin trạng thái kênh dựa trên số mã, để nâng cao độ chính xác chùm tín hiệu và hiệu suất hệ thống.

Theo khía cạnh thứ nhất, phương án của sáng chế đề xuất phương pháp phản hồi thông tin trạng thái kênh dựa trên số mã, phương pháp bao gồm các bước:

gửi, bởi thiết bị người dùng UE, ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa PMI tới điểm truyền/thu TRP, trong đó PMI được sử dụng để chỉ báo ma trận tiền mã hóa đích và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối, trong đó ma trận tiền mã hóa đích là ma trận tiền mã hóa trong số mã; số mã là số mã được tạo ra trước bởi UE dựa trên thông số cấu hình số mã; ít nhất một vài ma trận tiền mã hóa trong số mã nhận được nhờ sự biến đổi từ các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối và giá trị thông số; có ít nhất hai số mã khối; có sự tương ứng giữa số lượng của các giá trị thông số và số lượng của các số mã khối; thông số cấu hình số mã bao gồm số lượng của các số mã khối trong số mã và độ dài của vectơ tương ứng với ma trận tiền mã hóa trong số mã khối; và số mã khối được tạo nên dựa trên ma trận tiền mã hóa được thiết đặt trước.

Theo cách thực hiện khả thi, các số mã khối bao gồm số mã khối theo chiều ngang và số mã khối theo chiều thẳng đứng; và

thông số cấu hình số mã bao gồm: số lượng của các số mã khối theo chiều ngang và độ dài của vectơ tương ứng với ma trận tiền mã hóa trong số mã khối theo chiều ngang, trong đó có ít nhất hai số mã khối theo chiều ngang; và

số lượng của các số mã khối theo chiều thẳng đứng và độ dài của vectơ tương ứng với ma trận tiền mã hóa trong số mã khối theo chiều thẳng đứng, trong đó có ít nhất hai số mã khối theo chiều thẳng đứng.

Theo cách thực hiện khả thi, các PMI bao gồm PMI thứ nhất tương ứng với CSI dải tần rộng và PMI thứ hai tương ứng với CSI dải tần con, và PMI thứ nhất hoặc PMI thứ hai được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối.

Theo cách thực hiện khả thi, các PMI bao gồm PMI thứ nhất tương ứng với CSI dải tần rộng và PMI thứ hai tương ứng với CSI dải tần con, và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối được xác định dựa trên PMI thứ nhất hoặc PMI thứ hai.

Theo cách thực hiện khả thi, PMI thứ nhất được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số, và PMI thứ nhất tương ứng với hai chỉ số số mã, trong đó một chỉ số số mã được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều ngang, và chỉ số số mã còn lại được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều thẳng đứng.

Theo cách thực hiện khả thi, PMI thứ nhất được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số, và PMI thứ nhất tương ứng với hai chỉ số số mã, trong đó giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều ngang được xác định dựa trên một chỉ số số mã, và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều thẳng đứng được xác định dựa trên chỉ số số mã còn lại; hoặc

PMI thứ hai được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số, và PMI thứ hai tương ứng với hai chỉ số số mã, trong đó một chỉ số số mã được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều ngang, và chỉ số số mã còn lại được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều thẳng đứng.

Theo cách thực hiện khả thi, giá trị thông số được chỉ báo bởi PMI thứ hai, và PMI thứ hai tương ứng với hai chỉ số số mã, trong đó giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều ngang được chỉ báo bởi một chỉ số số mã, và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch

số mã khối theo chiều thẳng đứng được chỉ báo bởi chỉ số số mã còn lại.

Theo cách thực hiện khả thi, các PMI bao gồm PMI thứ nhất tương ứng với CSI dải tần rộng, PMI thứ hai tương ứng với CSI dải tần hẹp, và PMI thứ ba, và PMI thứ ba được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối.

Theo cách thực hiện khả thi, PMI thứ ba tương ứng với hai chỉ số số mã, trong đó một chỉ số số mã được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều ngang, và chỉ số số mã còn lại được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều thẳng đứng.

Theo cách thực hiện khả thi, trước khi gửi, bởi thiết bị người dùng UE, ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa PMI tới điểm truyền/thu TRP, phương pháp còn bao gồm bước:

thu, bởi UE, thông số cấu hình số mã được gửi bởi TRP.

Theo cách thực hiện khả thi, việc thu, bởi thiết bị người dùng UE, thông số cấu hình số mã được gửi bởi TRP bao gồm bước:

thu, bởi UE, báo hiệu lớp cao hơn hoặc báo hiệu lớp vật lý được gửi bởi TRP, trong đó báo hiệu lớp cao hơn hoặc báo hiệu lớp vật lý mang thông số cấu hình số mã.

Theo cách thực hiện khả thi, vector tương ứng với mỗi số mã khối là vector tương ứng với chùm tín hiệu ở cùng góc phát xạ. Ví dụ, vector có thể là vector biến đổi Fourier rời rạc (Discrete Fourier Transform - DFT).

Theo cách thực hiện khả thi, nếu thông số chênh lệch số mã khối là độ lệch pha, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong số mã được thể hiện cụ thể theo công thức 1.1 sau:

$$W_{l,m,n,\phi,\theta}^{(1)} = \begin{bmatrix} v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \\ \varphi_n \cdot v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \end{bmatrix} \quad \text{Công thức 1.1}$$

Một cách tùy chọn, công thức 1.1 có thể là

$$W_{l,m,n,\phi,\theta}^{(1)} = \frac{1}{2N_1N_2K_1K_2} \cdot \begin{bmatrix} v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \\ \varphi_n v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \end{bmatrix},$$

trong đó $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân cực của anten; $v_{l,\theta} = [v_l \ e^{j\theta_1}v_l \ \dots \ e^{j\theta_{N_l}}v_l]$; một cách tùy chọn, $v_{l,\theta} = [v_l \ e^{j\theta_1}v_l \ \dots \ e^{j\theta_{N_l-1}}v_l]^T$, trong đó $v_{l,\theta}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong số mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các số mã khối N_l theo chiều ngang và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối;

$$v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 \cdot K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix},$$

trong đó v_l biểu diễn rằng mỗi số mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_l , và K_l là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi số mã khối theo chiều ngang; θ biểu diễn thông số chênh lệch pha theo chiều ngang; $(\theta_1 \ \dots \ \theta_{N_l})$ biểu diễn các độ lệch pha giữa các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối khác nhau theo chiều ngang;

$$u_{m,\phi} = [u_m \ e^{j\phi_1}u_m \ \dots \ e^{j\phi_{N_2}}u_m]$$

; một cách tùy chọn, $u_{m,\phi} = [u_m \ e^{j\phi_1}u_m \ \dots \ e^{j\phi_{N_2-1}}u_m]^T$, trong đó $u_{m,\phi}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong số mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các số mã khối N_2 theo chiều thẳng đứng và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối;

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 \cdot K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix},$$

trong đó u_m biểu diễn rằng mỗi số mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_2 , và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi số mã theo chiều thẳng đứng; ϕ biểu diễn thông số chênh lệch pha theo chiều thẳng đứng; $(\phi_1 \ \dots \ \phi_{N_2})$ biểu diễn các độ lệch pha giữa các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối khác nhau theo chiều thẳng đứng; O_l và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l , m , và n đều là chức năng của chỉ số số mã; chỉ số số mã có sự tương ứng với PMI; j là số ảo đơn vị; và $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker.

Theo cách thực hiện khả thi, nếu thông số chênh lệch số mã khối là độ lệch

giá trị môđun, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong sổ mã được thể hiện cụ thể theo công thức 1.2 sau:

$$W_{l,m,n,\beta,\alpha}^{(1)} = \begin{bmatrix} v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \\ \varphi_n \cdot v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \end{bmatrix} \quad \text{Công thức 1.2}$$

Một cách tùy chọn, công thức 1.2 có thể là:

$$W_{l,m,n,\phi,\theta}^{(1)} = \frac{1}{2N_1N_2K_1K_2} \cdot \begin{bmatrix} v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \\ \varphi_n v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \end{bmatrix},$$

trong đó $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân cực của anten; $v_{l,\beta} = [v_l \ \beta_1 v_l \ \cdots \ \beta_{N_1} v_l]$; một cách tùy chọn, $v_{l,\beta} = [v_l \ \beta_1 v_l \ \cdots \ \beta_{N_1-1} v_l]^T$, trong đó $v_{l,\theta}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong sổ mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các sổ mã khối N_l theo chiều ngang và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch

sổ mã khối; $v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi}{O_1 \cdot K_1}} & \cdots & e^{j\frac{2\pi(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix}$, trong đó v_l biểu diễn rằng mỗi sổ mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_l , và K_l là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi sổ mã khối theo chiều ngang; β biểu diễn thông số chênh lệch giá trị môđun theo chiều ngang; $(\beta_1 \ \cdots \ \beta_{N_1})$ biểu diễn các độ lệch giá trị môđun giữa các ma trận tiền mã hóa trong các sổ mã khối khác nhau theo chiều ngang; $u_{m,\alpha} = [u_m \ \alpha_1 u_m \ \cdots \ \alpha_{N_2} u_m]$; một cách tùy chọn,

$u_{m,\alpha} = [u_m \ \alpha_1 u_m \ \cdots \ \alpha_{N_2-1} u_m]^T$, trong đó $u_{m,\alpha}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong sổ mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các sổ mã khối N_2 theo chiều thẳng đứng và giá trị thông số mà tương ứng với thông số

chênh lệch sổ mã khối; $u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 \cdot K_2}} & \cdots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}$, trong đó u_m biểu diễn rằng mỗi sổ mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_2 , và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi sổ mã khối theo chiều thẳng đứng; α biểu diễn thông số chênh

lệch giá trị môđun theo chiều thẳng đứng; $(\alpha_1 \cdots \alpha_{N_1})$ biểu diễn các độ lệch giá trị môđun giữa các ma trận tiền mã hóa trong các sổ mã khối khác nhau theo chiều thẳng đứng; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l , m , và n đều là chức năng của chỉ số sổ mã; chỉ số sổ mã có sự tương ứng với PMI; j là số ảo đơn vị; và $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker.

Theo cách thực hiện khả thi, các vector tương ứng với các sổ mã khối là các vector tương ứng với các chùm tín hiệu ở các góc phát xạ khác nhau.

Theo cách thực hiện khả thi, nếu thông số chênh lệch sổ mã khối là độ lệch pha, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong sổ mã được thể hiện theo công thức 1.3:

$$W_{l,m,n,\phi,\theta}^{(1)} = \begin{bmatrix} v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \\ \varphi_n \cdot v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \end{bmatrix} \quad \text{Công thức 1.3}$$

Một cách tùy chọn, công thức 1.3 có thể là:

$$W_{l,m,n,\phi,\theta}^{(1)} = \frac{1}{2N_1N_2K_1K_2} \cdot \begin{bmatrix} v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \\ \varphi_n v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \end{bmatrix},$$

trong đó $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân cực của anten; $v_{l,\theta} = [v_{l_1} \quad e^{j\theta_1} v_{l_2} \quad \cdots \quad e^{j\theta_{N_1}} v_{l_{N_1}}]$, trong đó $l = l_1 \cdots l_{N_1}$; một cách tùy chọn, $v_{l,\theta} = [v_{l_0} \quad e^{j\theta_1} v_{l_1} \quad \cdots \quad e^{j\theta_{N_1-1}} v_{l_{N_1-1}}]^T$, trong đó $l = l_0, l_1, \dots, l_{N_1-1}$, và $v_{l,\theta}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong sổ mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các sổ mã khối N_l theo chiều ngang và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch sổ mã khối;

$$v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi}{O_1 \cdot K_1}} & \cdots & e^{j\frac{2\pi(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix},$$

trong đó v_l biểu diễn rằng mỗi sổ mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_l , và K_l là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi sổ mã khối theo chiều ngang; θ biểu diễn thông số chênh lệch pha theo chiều ngang; $(\theta_1 \cdots \theta_{N_1})$ biểu diễn các độ lệch pha giữa các ma trận tiền mã hóa

trong các số mã khối khác nhau theo chiều ngang;
 $u_{m,\phi} = [u_{m_1} \ e^{j\phi_1} u_{m_2} \ \cdots \ e^{j\phi_{N_2}} u_{m_{N_2}}]$, trong đó $m = m_1 \cdots m_{N_2}$; một cách tùy
 chọn, $u_{m,\phi} = [u_{m_0} \ e^{j\phi_1} u_{m_1} \ \cdots \ e^{j\phi_{N_2-1}} u_{m_{N_2-1}}]^T$, trong đó $m = m_0, m_1, \dots, m_{N_2-1}$, và
 $u_{m,\phi}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong số mã mà nhận được nhờ sự
 biến đổi từ các số mã khối N_2 theo chiều thẳng đứng và giá trị thông số
 mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối;
 $u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 \cdot K_2}} & \cdots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}$, trong đó u_m biểu diễn rằng mỗi số mã
 khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_2 , và K_2 là số
 lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi số mã theo chiều thẳng
 đứng; ϕ biểu diễn thông số chênh lệch pha theo chiều thẳng đứng;
 $(\phi_1 \ \cdots \ \phi_{N_2})$ biểu diễn các độ lệch pha giữa các ma trận tiền mã hóa
 trong các số mã khối khác nhau theo chiều thẳng đứng; O_1 và O_2 biểu
 diễn các hệ số lấy mẫu lên; l , m , và n đều là chức năng của chỉ số số
 mã; chỉ số số mã có sự tương ứng với PMI; j là số ảo đơn vị; và $\otimes$
 biểu diễn tích Kronecker.

Theo cách thực hiện khả thi, nếu thông số chênh lệch số mã khối là độ lệch
 giá trị môđun, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong số mã được thể hiện theo
 công thức 1.4:

$$W_{l,m,n,\beta,\alpha}^{(1)} = \begin{bmatrix} v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \\ \varphi_n \cdot v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \end{bmatrix} \quad \text{Công thức 1.4}$$

Một cách tùy chọn, công thức 1.4 có thể là:

$$W_{l,m,n,\phi,\theta}^{(1)} = \frac{1}{2N_1N_2K_1K_2} \cdot \begin{bmatrix} v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \\ \varphi_n v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \end{bmatrix},$$

trong đó $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân
 cực của anten; $v_{l,\beta} = [v_l \ \beta_1 v_{l_2} \ \cdots \ \beta_{N_1} v_{l_{N_1}}]$; một cách tùy chọn,
 $v_{l,\beta} = [v_{l_0} \ \beta_1 v_{l_1} \ \cdots \ \beta_{N_1-1} v_{l_{N_1-1}}]^T$, trong đó $v_{l,\beta}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa

trong số mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các số mã khối N_l theo chiều ngang và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch

số mã khối; $v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 \cdot K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix}$, trong đó $l = l_1 \dots l_{N_1}$; một cách

tùy chọn, $l = l_0, l_1, \dots, l_{N_1-1}$; và v_l biểu diễn rằng mỗi số mã khối được tạo nên dựa trên vectơ mà độ dài của nó là K_l , và K_l là số lượng của các

cổng CSI-RS tương ứng với mỗi số mã khối theo chiều ngang; β biểu diễn thông số chênh lệch giá trị môđun theo chiều ngang;

$(\beta_1 \dots \beta_{N_1})$ biểu diễn các độ lệch giá trị môđun giữa các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối khác nhau theo chiều ngang;

$u_{m,\alpha} = \begin{bmatrix} u_{m_1} & \alpha_1 u_{m_2} & \dots & \alpha_{N_2} u_{m_3} \end{bmatrix}$, trong đó $m = m_1 \dots m_{N_2}$; một cách tùy chọn,

$u_{m,\alpha} = \begin{bmatrix} u_{m_0} & \alpha_1 u_{m_1} & \dots & \alpha_{N_2-1} u_{m_{N_2-1}} \end{bmatrix}^T$, trong đó $m = m_0, m_1, \dots, m_{N_2-1}$, và $u_{m,\alpha}$ biểu

diễn ma trận tiền mã hóa trong số mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các số mã khối N_2 theo chiều thẳng đứng và giá trị thông số mà tương

ứng với thông số chênh lệch số mã khối; $u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 \cdot K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}$,

trong đó u_m biểu diễn rằng mỗi số mã khối được tạo nên dựa trên vectơ mà độ dài của nó là K_2 , và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS

tương ứng với mỗi số mã khối theo chiều thẳng đứng; α biểu diễn

thông số chênh lệch giá trị môđun theo chiều thẳng đứng; $(\alpha_1 \dots \alpha_{N_1})$

biểu diễn các độ lệch giá trị môđun giữa các ma trận tiền mã hóa trong

các số mã khối khác nhau theo chiều thẳng đứng; O_1 và O_2 biểu diễn

các hệ số lấy mẫu lên; l , m , và n đều là chức năng của chỉ số số mã; chỉ

số số mã có sự tương ứng với PMI; j là số ảo đơn vị; và $\otimes$ biểu diễn

tích Kronecker.

Theo giải pháp khả thi, hệ số biên độ và hệ số pha có thể được kết hợp để sử dụng.

Theo khía cạnh thứ hai, phương án của sáng chế đề xuất phương pháp phản

hồi thông tin trạng thái kênh dựa trên số mã, bao gồm các bước:

thu, bởi điểm truyền/thu TFP, ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa PMI được gửi bởi thiết bị người dùng UE, trong đó PMI được sử dụng để chỉ báo ma trận tiền mã hóa đích và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối, trong đó

ma trận tiền mã hóa đích là ma trận tiền mã hóa trong số mã; số mã là số mã được tạo ra trước bởi TRP dựa trên thông số cấu hình số mã; ít nhất một vài ma trận tiền mã hóa trong số mã nhận được nhờ sự biến đổi từ các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối và giá trị thông số; có ít nhất hai số mã khối; có sự tương ứng giữa số lượng của các giá trị thông số và số lượng của các số mã khối; thông số cấu hình số mã bao gồm số lượng của các số mã khối trong số mã và độ dài của vector tương ứng với ma trận tiền mã hóa trong số mã khối; và số mã khối được tạo nên dựa trên ma trận tiền mã hóa được thiết đặt trước.

Theo cách thực hiện khả thi, các số mã khối bao gồm số mã khối theo chiều ngang và số mã khối theo chiều thẳng đứng; và

thông số cấu hình số mã bao gồm: số lượng của các số mã khối theo chiều ngang và độ dài của vector tương ứng với ma trận tiền mã hóa trong số mã khối theo chiều ngang, trong đó có ít nhất hai số mã khối theo chiều ngang; và

số lượng của các số mã khối theo chiều thẳng đứng và độ dài của vector tương ứng với ma trận tiền mã hóa trong số mã khối theo chiều thẳng đứng, trong đó có ít nhất hai số mã khối theo chiều thẳng đứng.

Theo cách thực hiện khả thi, các PMI bao gồm PMI thứ nhất tương ứng với CSI dải tần rộng và PMI thứ hai tương ứng với CSI dải tần con, và PMI thứ nhất hoặc PMI thứ hai được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối.

Theo cách thực hiện khả thi, PMI thứ nhất được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số, và PMI thứ nhất tương ứng với hai chỉ số số mã, trong đó một chỉ số số mã được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số

chênh lệch số mã khối theo chiều ngang, và chỉ số số mã còn lại được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều thẳng đứng; hoặc

PMI thứ hai được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số, và PMI thứ hai tương ứng với hai chỉ số số mã, trong đó một chỉ số số mã được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều ngang, và chỉ số số mã còn lại được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều thẳng đứng.

Theo cách thực hiện khả thi, các PMI bao gồm PMI thứ nhất tương ứng với CSI dải tần rộng, PMI thứ hai tương ứng với CSI dải tần hẹp, và PMI thứ ba, và PMI thứ ba được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối.

Theo cách thực hiện khả thi, PMI thứ ba tương ứng với hai chỉ số số mã, trong đó một chỉ số số mã được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều ngang, và chỉ số số mã còn lại được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều thẳng đứng.

Theo cách thực hiện khả thi, trước khi thu, bởi điểm truyền/thu TFP, ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa PMI được gửi bởi thiết bị người dùng UE, phương pháp còn bao gồm bước:

gửi, bởi TRP, thông số cấu hình số mã tới UE.

Theo cách thực hiện khả thi, việc gửi, bởi TRP, thông số cấu hình số mã tới UE bao gồm các bước:

gửi, bởi TRP, báo hiệu lớp cao hơn hoặc báo hiệu lớp vật lý tới UE, trong đó báo hiệu lớp cao hơn hoặc báo hiệu lớp vật lý mang thông số cấu hình số mã.

Đối với cấu trúc cụ thể của ma trận tiền mã hóa trong số mã, xem các phần mô tả nêu trên, và các phần chi tiết không được mô tả lại ở đây.

Theo khía cạnh thứ ba, phương án của sáng chế đề xuất thiết bị người dùng.

Thiết bị người dùng có thể thực hiện chức năng được thực hiện bởi thiết bị người dùng theo các phương án về phương pháp nêu trên, và chức năng có thể được thực hiện bởi phần cứng hoặc có thể được thực hiện bằng cách chạy phần mềm tương ứng bởi phần cứng. Phần cứng hoặc phần mềm bao gồm một hoặc nhiều môđun tương ứng với chức năng nêu trên.

Theo khía cạnh thứ tư, phương án của sáng chế đề xuất điểm truyền/thu. Điểm truyền/thu có thể thực hiện chức năng được thực hiện bởi điểm truyền/thu theo các phương án về phương pháp nêu trên, và chức năng có thể được thực hiện bởi phần cứng hoặc có thể được thực hiện bằng cách chạy phần mềm tương ứng bởi phần cứng. Phần cứng hoặc phần mềm bao gồm một hoặc nhiều môđun tương ứng với chức năng nêu trên.

Theo khía cạnh thứ năm, phương án của sáng chế đề xuất thiết bị người dùng, bao gồm bộ xử lý, bộ nhớ, và giao diện truyền thông. Bộ nhớ được tạo cấu hình để lưu trữ lệnh; giao diện truyền thông được tạo cấu hình để truyền thông với thiết bị khác; và bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện lệnh được lưu trữ trong bộ nhớ, để khiến cho thiết bị người dùng thực hiện phương pháp theo khía cạnh thứ nhất.

Theo khía cạnh thứ sáu, phương án của sáng chế đề xuất điểm truyền/thu, bao gồm bộ xử lý, bộ nhớ, và giao diện truyền thông. Bộ nhớ được tạo cấu hình để lưu trữ lệnh; giao diện truyền thông được tạo cấu hình để truyền thông với thiết bị khác; và bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện lệnh được lưu trữ trong bộ nhớ, để khiến cho điểm truyền/thu thực hiện phương pháp theo khía cạnh thứ hai.

Theo khía cạnh thứ bảy, phương án của sáng chế đề xuất vật ghi đọc được bởi máy tính. Vật ghi đọc được bởi máy tính bao gồm lệnh thực hiện được bởi máy tính, và lệnh thực hiện được bởi máy tính được sử dụng để khiến cho thiết bị người dùng thực hiện phương pháp theo khía cạnh thứ nhất của sáng chế.

Theo khía cạnh thứ tám, phương án của sáng chế đề xuất vật ghi đọc được bởi máy tính. Vật ghi đọc được bởi máy tính bao gồm lệnh thực hiện được bởi máy tính, và lệnh thực hiện được bởi máy tính được sử dụng để khiến cho điểm

truyền/thu thực hiện phương pháp theo khía cạnh thứ hai của sáng chế.

Theo khía cạnh thứ chín, phương án của sáng chế đề xuất hệ thống trên chip. Hệ thống trên chip có thể áp dụng được tới thiết bị người dùng, và hệ thống trên chip bao gồm ít nhất một giao diện truyền thông, ít nhất một bộ xử lý, và ít nhất một bộ nhớ. Giao diện truyền thông, bộ nhớ, và bộ xử lý được kết nối nhờ sử dụng kênh truyền; và bộ xử lý thực hiện lệnh được lưu trữ trong bộ nhớ, để khiến cho thiết bị người dùng thực hiện phương pháp theo khía cạnh thứ nhất của sáng chế.

Theo khía cạnh thứ mười, phương án của sáng chế đề xuất hệ thống trên chip. Hệ thống trên chip có thể áp dụng được tới điểm truyền/thu, và hệ thống trên chip bao gồm ít nhất một giao diện truyền thông, ít nhất một bộ xử lý, và ít nhất một bộ nhớ. Giao diện truyền thông, bộ nhớ, và bộ xử lý được kết nối nhờ sử dụng kênh truyền; và bộ xử lý thực hiện lệnh được lưu trữ trong bộ nhớ, để khiến cho điểm truyền/thu thực hiện phương pháp theo khía cạnh thứ hai của sáng chế.

Theo khía cạnh thứ mười một, phương án của sáng chế đề xuất hệ thống truyền thông. Hệ thống truyền thông bao gồm thiết bị người dùng và điểm truyền/thu. Thiết bị người dùng được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp theo khía cạnh thứ nhất của sáng chế; và điểm truyền/thu được tạo cấu hình để thực hiện phương pháp theo khía cạnh thứ hai của sáng chế.

Theo phương pháp phản hồi thông tin trạng thái kênh dựa trên số mã, và thiết bị mà được đề xuất trong các phương án, UE gửi ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa PMI tới TRP. PMI được sử dụng để chỉ báo ma trận tiền mã hóa đích và giá trị thông số mã tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối. Ma trận tiền mã hóa đích là ma trận tiền mã hóa trong số mã; và ít nhất một vài ma trận tiền mã hóa trong số mã nhận được nhờ sự biến đổi từ các ma trận tiền mã hóa trong số mã khối và giá trị thông số, để đưa ra giá trị thông số mã tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối tới số mã, sao cho số mã bao gồm các thông số chênh lệch chẳng hạn như độ lệch pha và độ lệch giá trị môđun giữa các panen liên kề, nhờ vậy đảm bảo độ định hướng chùm tín hiệu và nâng cao hiệu

suất hệ thống.

Theo khía cạnh thứ mười hai,

phương án của sáng chế đề xuất phương pháp truyền thông, có thể áp dụng được tới quy trình ứng dụng của ma trận tiền mã hóa, và bao gồm các bước:

gửi, bởi thiết bị đầu cuối, thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa tới thiết bị mạng truy cập vô tuyến, trong đó thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa được sử dụng để chỉ báo ma trận tiền mã hóa trong sổ mã; sổ mã bao gồm thông tin về số lượng của các sổ mã khối và thông tin về độ lệch pha giữa các sổ mã khối khác nhau; và số lượng của các sổ mã khối ít nhất là hai; và

thu, bởi thiết bị đầu cuối, dữ liệu đường xuống từ thiết bị mạng truy cập vô tuyến;

hoặc,

phương án của sáng chế đề xuất phương pháp truyền thông, có thể áp dụng được tới quy trình ứng dụng của ma trận tiền mã hóa, và bao gồm các bước:

gửi, bởi thiết bị đầu cuối, thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa tới thiết bị mạng truy cập vô tuyến, trong đó thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa được sử dụng để chỉ báo ma trận tiền mã hóa trong sổ mã, và sổ mã bao gồm thông tin về số lượng của các panen anten tương ứng và thông tin về độ lệch pha giữa các panen anten tương ứng khác nhau; và

thu, bởi thiết bị đầu cuối, dữ liệu đường xuống từ thiết bị mạng truy cập vô tuyến.

hoặc,

phương án của sáng chế đề xuất phương pháp truyền thông, có thể áp dụng được tới quy trình ứng dụng của ma trận tiền mã hóa, và bao gồm các bước:

gửi, bởi thiết bị đầu cuối, thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa

tới thiết bị mạng truy cập vô tuyến, trong đó thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa được sử dụng để chỉ báo ma trận tiền mã hóa trong sổ mã, và sổ mã bao gồm số lượng của các nhóm cổng anten và thông tin về hệ số pha giữa các nhóm cổng anten khác nhau; và

thu, bởi thiết bị đầu cuối, dữ liệu đường xuống từ thiết bị mạng truy cập vô tuyến.

Dựa vào khía cạnh thứ mười hai, theo cách thực hiện khả thi, ma trận tiền mã hóa trong sổ mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,n,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \\ e^{j\theta_1} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số dãy; $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha hoặc hệ số pha giữa hai hướng phân cực của anten, trong đó khoảng giá trị của n thỏa mãn $\{0, 1, 2, 3\}$; l và m đều biểu diễn chức năng của PMI thứ nhất; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn

số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn;

$$v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix}^T,$$

trong đó v_l biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_l , thành phần thứ k_1 của v_l là $e^{j\frac{2\pi l k_1}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_1 có thể là $\{1, 2, \dots, K_l-1\}$, và K_l là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm cổng

anten;

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}^T,$$

trong đó u_m biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_2 , thành phần thứ k_2 của u_m là $e^{j\frac{2\pi m k_2}{O_2 K_2}}$, giá trị của k_2 có thể là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng

CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm; $(\theta_1 \cdots \theta_{N-1})$ biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các nhóm cổng Anten khác nhau, hoặc biểu diễn các độ lệch pha giữa các số mã khối, hoặc biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các panen Anten; $\theta_r = 2\pi i_{1,r+2} / X$, trong đó $r=1, \dots, N-1$, và X là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker; và N biểu diễn số lượng của các nhóm cổng Anten, hoặc biểu diễn số lượng của các panen Anten, hoặc N là 2 hoặc 4.

Dựa vào khía cạnh thứ mười hai, theo cách thực hiện khả thi, ma trận tiền mã hóa trong số mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,n,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \\ e^{j\theta_1} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \\ \vdots \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số dãy;

$$v_{l,m} = \begin{bmatrix} u_m & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} u_m & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} u_m \end{bmatrix}^T, \text{ trong đó } v_{l,m} \text{ biểu diễn vector mà}$$

độ dài của nó là $K_1 \times K_2$, thành phần thứ k_1 của là $v_{l,m} e^{j\frac{2\pi l k_1}{O_1 K_1}} u_m$, giá trị của k_1 có thể là $\{1, 2, \dots, K_1-1\}$, và K_1 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm;

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}^T \text{ hoặc } u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix},$$

trong đó u_m biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_2 , thành phần thứ k_2 của u_m là $e^{j\frac{2\pi l k_2}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_2 có thể là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là

số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm; O_l và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l và m đều biểu diễn chức năng của PMI thứ nhất; $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha hoặc hệ số pha giữa hai hướng phân cực của anten, trong đó giá trị của N là $\{0, 1, 2, 3\}$; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn; $(\theta_1 \cdots \theta_{N-1})$ biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các nhóm cổng anten khác nhau, hoặc biểu diễn các độ lệch pha giữa các số mã khối, hoặc biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các panen anten; $\theta_r = 2\pi i_{1,r+2} / X$, trong đó $r=1, \dots, N-1$, và X là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$; và N biểu diễn số lượng của các nhóm cổng anten, hoặc N biểu diễn số lượng của các panen anten, hoặc N là 2, 4, hoặc 8.

Dựa vào khía cạnh thứ mười hai, theo cách thực hiện khả thi, ma trận tiền

mã hóa trong số mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_l \otimes u_m \\ e^{j\theta_1} v_l \otimes u_m \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} v_l \otimes u_m \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số dãy;

$$v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 K_1}} \end{bmatrix}^T, \text{ trong đó } v_l \text{ biểu diễn vector DFT mà độ}$$

dài của nó là K_l , thành phần thứ k_1 của v_l là $e^{j\frac{2\pi l k_1}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_1 có thể là $\{1, 2, \dots, K_l-1\}$, và K_l là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều

ngang trong mỗi nhóm cổng anten;

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 K_2}} \end{bmatrix}^T,$$

trong đó u_m biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_2 , thành phần

thứ k_2 của u_m là $e^{j\frac{2\pi m k_2}{O_2 K_2}}$, giá trị của k_2 có thể là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là

số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm;

l là chức năng của chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, và có sự

tương ứng với PMI thứ nhất; m là chức năng của chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, và có sự tương ứng với PMI thứ nhất; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn; $(\theta_1 \cdots \theta_{N-1})$ biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo các hướng phân cực khác nhau trong cùng nhóm cổng anten, hoặc biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo cùng hướng phân cực trong các nhóm cổng anten khác nhau, hoặc biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo các hướng phân cực khác nhau trong các nhóm cổng anten khác nhau; và N biểu diễn sản phẩm của số lượng của các nhóm cổng anten và số lượng của các hướng phân cực của anten, hoặc N là 2, 4, hoặc 8.

Dựa vào khía cạnh thứ mười hai, theo cách thực hiện khả thi, ma trận tiền mã hóa trong số mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_{l,m} \\ e^{j\theta_1} v_{l,m} \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} v_{l,m} \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số dãy;

$$v_{l,m} = \begin{bmatrix} u_m & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} u_m & \cdots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} u_m \end{bmatrix}^T, \text{ trong đó } v_{l,m} \text{ biểu diễn vector mà}$$

độ dài của nó là $K_1 \times K_2$, thành phần thứ k_1 của $v_{l,m}$ là $e^{j\frac{2\pi l k_1}{O_1 K_1}} u_m$, giá trị của k_1 có thể là $\{1, 2, \dots, K_1-1\}$, và K_1 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm cổng anten;

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \cdots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}^T \text{ hoặc } u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \cdots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix},$$

trong đó u_m biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_2 , thành phần

thứ k_2 của u_m là $e^{j\frac{2\pi lk_2}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_2 có thể là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm cổng anten; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l là chức năng của chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, và có sự tương ứng với PMI thứ nhất; m là chức năng của chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, và có sự tương ứng với PMI thứ nhất; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo các hướng phân cực khác nhau trong cùng nhóm cổng anten, hoặc biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo cùng hướng phân cực trong các nhóm cổng anten khác nhau, hoặc biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo các hướng phân cực khác nhau trong các nhóm cổng anten khác nhau; và N biểu diễn sản phẩm của số lượng của các nhóm cổng anten và số lượng của các hướng phân cực của anten, hoặc N là 2, 4, hoặc 8.

Theo cách thực hiện khả thi, bất kỳ một trong số các cách thực hiện nêu trên còn bao gồm: hệ số pha là $\theta_r = 2\pi i_{2,r} / X$, trong đó X có thể là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$, và $r=1 \dots N-1$.

Theo cách thực hiện khả thi, bất kỳ một trong số các cách thực hiện nêu trên còn bao gồm bước: thu, bởi thiết bị đầu cuối, báo hiệu lớp cao hơn từ thiết bị mạng truy cập vô tuyến, trong đó báo hiệu lớp cao hơn bao gồm thông tin về số lượng của các số mã khối.

Theo cách thực hiện khả thi, bất kỳ một trong số các cách thực hiện nêu trên còn bao gồm bước: thu, bởi thiết bị đầu cuối, báo hiệu lớp cao hơn từ thiết bị mạng truy cập vô tuyến, trong đó báo hiệu lớp cao hơn bao gồm thông tin về số lượng của các panen anten tương ứng.

Theo cách thực hiện khả thi, bất kỳ một trong số các cách thực hiện nêu trên còn bao gồm bước:

thu, bởi thiết bị đầu cuối, báo hiệu lớp cao hơn từ thiết bị mạng

truy cập vô tuyến, trong đó báo hiệu lớp cao hơn bao gồm số lượng của các nhóm cổng anten.

Theo cách thực hiện khả thi, bất kỳ một trong số các cách thực hiện nêu trên còn bao gồm: cổng anten là cổng tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh.

Theo cách thực hiện khả thi, bất kỳ một trong số các cách thực hiện nêu trên còn bao gồm: thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa bao gồm ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ nhất tương ứng với thông tin trạng thái kênh dải tần rộng CSI, và/hoặc, ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ hai tương ứng với thông tin trạng thái kênh dải tần con CSI.

Theo cách thực hiện khả thi, bất kỳ một trong số các cách thực hiện nêu trên còn bao gồm: ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ nhất và/hoặc ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ hai bao gồm thông tin được sử dụng để chỉ báo độ lệch pha giữa các số mã khối.

Theo cách thực hiện khả thi, bất kỳ một trong số các cách thực hiện nêu trên còn bao gồm: thông tin được sử dụng để chỉ báo độ lệch pha giữa các số mã khối bao gồm ít nhất một giá trị chỉ số, và có sự tương ứng giữa giá trị chỉ số và độ lệch pha giữa các số mã khối.

Theo cách thực hiện khả thi, bất kỳ một trong số các cách thực hiện nêu trên còn bao gồm:

thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa bao gồm ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ nhất tương ứng với thông tin trạng thái kênh dải tần rộng CSI, ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ hai tương ứng với thông tin trạng thái kênh dải tần con CSI, và ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ ba, và ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ ba bao gồm thông tin được sử dụng để chỉ báo độ lệch pha giữa các số mã khối.

Theo khía cạnh thứ mười ba,

phương án của sáng chế đề xuất phương pháp truyền thông, có thể áp dụng được tới quy trình ứng dụng của ma trận tiền mã hóa, và bao

gồm các bước:

thu, bởi thiết bị đầu cuối, báo hiệu từ thiết bị mạng truy cập vô tuyến, trong đó báo hiệu bao gồm bất kỳ một trong số thông tin sau: thông tin về số lượng của các sổ mã khối, thông tin về số lượng của các panen anten tương ứng, và số lượng của các nhóm cổng anten; và

nhận biết, bởi thiết bị đầu cuối dựa trên bất kỳ một trong số thông tin về số lượng của các sổ mã khối, thông tin về số lượng của các panen anten tương ứng, và số lượng của các nhóm cổng anten, sổ mã mà cần được sử dụng.

Theo cách thực hiện khả thi, cổng anten là cổng tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh.

Theo khía cạnh thứ mười bốn,

phương án của sáng chế đề xuất phương pháp truyền thông, có thể áp dụng được tới quy trình ứng dụng của ma trận tiền mã hóa, và bao gồm các bước:

thu, bởi thiết bị mạng truy cập vô tuyến, thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa từ thiết bị đầu cuối, trong đó thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa được sử dụng để chỉ báo ma trận tiền mã hóa trong sổ mã; sổ mã bao gồm thông tin về số lượng của các sổ mã khối và thông tin về độ lệch pha giữa các sổ mã khối khác nhau; và số lượng của các sổ mã khối ít nhất là hai; và

gửi, bởi thiết bị mạng truy cập vô tuyến, dữ liệu đường xuống tới thiết bị đầu cuối; hoặc

phương án của sáng chế đề xuất phương pháp truyền thông, có thể áp dụng được tới quy trình ứng dụng của ma trận tiền mã hóa, và bao gồm các bước:

thu, bởi thiết bị mạng truy cập vô tuyến, thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa từ thiết bị đầu cuối, trong đó thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa được sử dụng để chỉ báo ma trận tiền mã hóa trong sổ mã, và sổ mã bao gồm thông tin về số lượng của các panen anten tương ứng

và thông tin về độ lệch pha giữa các panen anten tương ứng khác nhau;
và

gửi, bởi thiết bị mạng truy cập vô tuyến, dữ liệu đường xuống tới thiết bị đầu cuối; hoặc

phương án của sáng chế đề xuất phương pháp truyền thông, có thể áp dụng được tới quy trình ứng dụng của ma trận tiền mã hóa, và bao gồm các bước:

thu, bởi thiết bị mạng truy cập vô tuyến, thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa từ thiết bị đầu cuối, trong đó thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa được sử dụng để chỉ báo ma trận tiền mã hóa trong sổ mã, và sổ mã bao gồm số lượng của các nhóm cổng anten và thông tin về hệ số pha giữa các nhóm cổng anten khác nhau; và

gửi, bởi thiết bị mạng truy cập vô tuyến, dữ liệu đường xuống tới thiết bị đầu cuối.

Theo cách thực hiện khả thi, bất kỳ một trong số các cách thực hiện nêu trên còn bao gồm: ma trận tiền mã hóa trong sổ mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,n,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \\ e^{j\theta_1} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \\ \vdots \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số dãy; $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha hoặc hệ số pha giữa hai hướng phân cực của anten, trong đó khoảng giá trị của n thỏa mãn $\{0, 1, 2, 3\}$; l và m đều biểu diễn chức năng của PMI thứ nhất; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn

số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn;

$$v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix}^T,$$

trong đó v_l biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_l , thành phần thứ k_1 của v_l là $e^{j\frac{2\pi l k_1}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_1 có thể là $\{1, 2, \dots, K_l-1\}$, và K_l là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm cổng

anten; $u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 K_2}} \end{bmatrix}^T$, trong đó u_m biểu diễn vector

DFT mà độ dài của nó là K_2 , thành phần thứ k_2 của u_m là $e^{j\frac{2\pi l k_2}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_2 có thể là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng

CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các nhóm cổng anten khác nhau, hoặc biểu diễn các độ lệch pha giữa các sở mã khối, hoặc biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các panen anten;

$\theta_r = 2\pi i_{1,r+2} / X$, trong đó $r=1, \dots, N-1$, và X là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker; và N biểu diễn số lượng của các nhóm cổng anten, hoặc biểu diễn số lượng của các panen anten, hoặc N là 2 hoặc 4.

Theo cách thực hiện khả thi, bất kỳ một trong số các cách thực hiện nêu trên còn bao gồm: ma trận tiền mã hóa trong sở mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,n,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \\ e^{j\theta_1} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \\ \vdots \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số dãy;

$v_{l,m} = \begin{bmatrix} u_m & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} u_m & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 K_1}} u_m \end{bmatrix}^T$, trong đó $v_{l,m}$ biểu diễn vector mà độ

dài của nó là $K_I \times K_2$, thành phần thứ k_1 của $v_{l,m}$ là $e^{j\frac{2\pi k_1}{O_1 K_1}} u_m$, giá trị của k_1 có thể là $\{1, 2, \dots, K_I-1\}$, và K_I là số lượng của các cổng CSI-RS

theo chiều ngang trong mỗi nhóm;

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 K_2}} \end{bmatrix}^T$$

hoặc $u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 K_2}} \end{bmatrix}$, trong đó u_m biểu diễn vector

DFT mà độ dài của nó là K_2 , thành phần thứ k_2 của u_m là $e^{j\frac{2\pi k_2}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_2 có thể là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm; O_I và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l và m đều biểu diễn chức năng của PMI thứ nhất; $\varphi_n = e^{j\pi n / 2}$ biểu diễn độ lệch pha hoặc hệ số pha giữa hai hướng phân cực của anten, trong đó giá trị của N là $\{0, 1, 2, 3\}$; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các nhóm cổng anten khác nhau, hoặc biểu diễn các độ lệch pha giữa các số mã khối, hoặc biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các panen anten; $\theta_r = 2\pi i_{1,r+2} / X$, trong đó $r=1, \dots, N-1$, và X là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$; và N biểu diễn số lượng của các nhóm cổng anten, hoặc N biểu diễn số lượng của các panen anten, hoặc N là 2, 4, hoặc 8.

Theo cách thực hiện khả thi, bất kỳ một trong số các cách thực hiện nêu trên còn bao gồm: ma trận tiền mã hóa trong số mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N'K_1K_2}} \begin{bmatrix} v_l \otimes u_m \\ e^{j\theta_1} v_l \otimes u_m \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} v_l \otimes u_m \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số dãy;

$v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 K_1}} \end{bmatrix}^T$, trong đó v_l biểu diễn vector DFT mà độ

dài của nó là K_1 , thành phần thứ k_1 của v_l là $e^{j\frac{2\pi l k_1}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_1 có thể là $\{1, 2, \dots, K_1-1\}$, và K_1 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều

ngang trong mỗi nhóm cổng anten; $u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 K_2}} \end{bmatrix}^T$,

trong đó u_m biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_2 , thành phần thứ k_2 của u_m là $e^{j\frac{2\pi m k_2}{O_2 K_2}}$, giá trị của k_2 có thể là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm; l là chức năng của chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, và có sự tương ứng với PMI thứ nhất; m là chức năng của chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, và có sự tương ứng với PMI thứ nhất; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo các hướng phân cực khác nhau trong cùng nhóm cổng anten, hoặc biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo cùng hướng phân cực trong các nhóm cổng anten khác nhau, hoặc biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo các hướng phân cực khác nhau trong các nhóm cổng anten khác nhau; và N biểu diễn sản phẩm của số lượng của các nhóm cổng anten và số lượng của các hướng phân cực của anten, hoặc N là 2, 4, hoặc 8.

Theo cách thực hiện khả thi, bất kỳ một trong số các cách thực hiện nêu trên còn bao gồm: ma trận tiền mã hóa trong số mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N'K_1K_2}} \begin{bmatrix} v_{l,m} \\ e^{j\theta_1} v_{l,m} \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} v_{l,m} \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số dãy;

$$v_{l,m} = \begin{bmatrix} u_m & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} u_m & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} u_m \end{bmatrix}^T, \text{ trong đó } v_{l,m} \text{ biểu diễn vector mà độ}$$

dài của nó là $K_l \times K_2$, thành phần thứ k_1 của $v_{l,m}$ là $e^{j\frac{2\pi l k_1}{O_1 K_1}} u_m$, giá trị của k_1 có thể là $\{1, 2, \dots, K_l-1\}$, và K_l là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm cổng anten;

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}^T \text{ hoặc } u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix},$$

trong đó u_m biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_2 , thành phần thứ k_2 của u_m là $e^{j\frac{2\pi l k_2}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_2 có thể là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm cổng anten; O_l và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l là chức năng của chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, và có sự tương ứng với PMI thứ nhất; m là chức năng của chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, và có sự tương ứng với PMI thứ nhất; O_l và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo các hướng phân cực khác nhau trong cùng nhóm cổng anten, hoặc biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo cùng hướng phân cực trong các nhóm cổng anten khác nhau, hoặc biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo các hướng phân cực khác nhau trong các nhóm cổng anten khác nhau; và N biểu diễn sản phẩm của số lượng của các nhóm cổng anten và số lượng của các hướng

phân cực của anten, hoặc N là 2, 4, hoặc 8.

Theo cách thực hiện khả thi, bất kỳ một trong số các cách thực hiện nêu trên còn bao gồm: hệ số pha là $\theta_r = 2\pi i_{2,r} / X$, trong đó X có thể là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$, và $r=1 \dots N-1$.

Theo cách thực hiện khả thi, bất kỳ một trong số các cách thực hiện nêu trên còn bao gồm bước: gửi, bởi thiết bị mạng truy cập vô tuyến, báo hiệu lớp cao hơn tới thiết bị đầu cuối, trong đó báo hiệu lớp cao hơn bao gồm thông tin về số lượng của các số mã khối. Theo cách thực hiện khả thi, bất kỳ một cách thực hiện nào trong số các cách thực hiện nêu trên còn bao gồm::

gửi, bởi thiết bị mạng truy cập vô tuyến, báo hiệu lớp cao hơn tới thiết bị đầu cuối, trong đó báo hiệu lớp cao hơn bao gồm thông tin về số lượng của các panen anten tương ứng.

Theo cách thực hiện khả thi, bất kỳ một trong số các cách thực hiện nêu trên còn bao gồm bước: gửi, bởi thiết bị mạng truy cập vô tuyến, báo hiệu lớp cao hơn tới thiết bị đầu cuối, trong đó báo hiệu lớp cao hơn bao gồm số lượng của các nhóm cổng anten.

Theo cách thực hiện khả thi, bất kỳ một trong số các cách thực hiện nêu trên còn bao gồm: cổng anten là cổng tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh.

Theo cách thực hiện khả thi, bất kỳ một trong số các cách thực hiện nêu trên còn bao gồm: thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa bao gồm ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ nhất tương ứng với thông tin trạng thái kênh dải tần rộng CSI, và/hoặc, ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ hai tương ứng với thông tin trạng thái kênh dải tần con CSI.

Theo cách thực hiện khả thi, bất kỳ một trong số các cách thực hiện nêu trên còn bao gồm:

ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ nhất và/hoặc ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ hai bao gồm thông tin được sử dụng để chỉ báo độ lệch pha giữa các số mã khối.

Theo cách thực hiện khả thi, bất kỳ một trong số các cách thực hiện nêu

trên còn bao gồm: thông tin được sử dụng để chỉ báo độ lệch pha giữa các số mã khối bao gồm ít nhất một giá trị chỉ số, và có sự tương ứng giữa giá trị chỉ số và độ lệch pha giữa các số mã khối.

Theo cách thực hiện khả thi, bất kỳ một trong số các cách thực hiện nêu trên còn bao gồm: thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa bao gồm ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ nhất tương ứng với thông tin trạng thái kênh dải tần rộng CSI, ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ hai tương ứng với thông tin trạng thái kênh dải tần con CSI, và ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ ba, và ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ ba bao gồm thông tin được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối; hoặc thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa bao gồm ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ nhất tương ứng với thông tin trạng thái kênh dải tần rộng CSI, ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ hai tương ứng với thông tin trạng thái kênh dải tần con CSI, và ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ ba, và ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ ba bao gồm thông tin được sử dụng để chỉ báo độ lệch pha giữa các số mã khối.

Theo khía cạnh thứ mười lăm,

phương án của sáng chế đề xuất phương pháp truyền thông, có thể áp dụng được tới quy trình ứng dụng của ma trận tiền mã hóa, và bao gồm các bước:

gửi, bởi thiết bị mạng truy cập vô tuyến, báo hiệu tới thiết bị đầu cuối, trong đó báo hiệu bao gồm bất kỳ một trong số thông tin sau: thông tin về số lượng của các số mã khối, thông tin về số lượng của các panen anten tương ứng, và số lượng của các nhóm cổng anten; và

nhận biết, bởi thiết bị đầu cuối dựa trên bất kỳ một trong số thông tin về số lượng của các số mã khối, thông tin về số lượng của các panen anten tương ứng, và số lượng của các nhóm cổng anten, số mã mà cần được sử dụng.

Theo cách thực hiện khả thi, cổng anten là cổng tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh.

Theo khía cạnh thứ mười sáu,

phương án của sáng chế đề xuất thiết bị đầu cuối, bao gồm bộ xử lý, bộ nhớ, và bộ thu phát, trong đó bộ nhớ được tạo cấu hình để lưu trữ lệnh; bộ thu phát được sử dụng bởi thiết bị đầu cuối để truyền thông với thiết bị khác; và bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện lệnh được lưu trữ trong bộ nhớ, để khiến cho thiết bị đầu cuối thực hiện thao tác theo bất kỳ một trong số các cách thực hiện theo khía cạnh thứ mười hai và khía cạnh thứ mười ba.

Theo khía cạnh thứ mười bảy,

phương án của sáng chế đề xuất thiết bị mạng truy cập vô tuyến, bao gồm bộ xử lý, bộ nhớ, và bộ thu phát, trong đó bộ nhớ được tạo cấu hình để lưu trữ lệnh; bộ thu phát được sử dụng bởi thiết bị mạng truy cập vô tuyến để truyền thông với thiết bị khác; và bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện lệnh được lưu trữ trong bộ nhớ, để khiến cho thiết bị mạng truy cập vô tuyến thực hiện thao tác theo bất kỳ một trong số các cách thực hiện theo khía cạnh thứ mười bốn và khía cạnh thứ mười lăm.

Theo khía cạnh thứ mười tám,

phương án của sáng chế đề xuất hệ thống chip, có thể áp dụng được tới thiết bị đầu cuối, và bao gồm ít nhất một bộ xử lý, trong đó ít nhất một bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện lệnh được lưu trữ, để khiến cho thiết bị đầu cuối thực hiện thao tác theo bất kỳ một trong số các cách thực hiện theo khía cạnh thứ mười hai và khía cạnh thứ mười ba.

Theo khía cạnh thứ mười chín,

phương án của sáng chế đề xuất hệ thống chip, có thể áp dụng được tới thiết bị mạng truy cập vô tuyến, và bao gồm ít nhất một bộ xử lý, trong đó ít nhất một bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện lệnh được lưu trữ, để khiến cho thiết bị mạng truy cập vô tuyến thực hiện thao tác theo bất kỳ một trong số các cách thực hiện theo khía cạnh thứ

mười bốn và khía cạnh thứ mười lăm.

Theo khía cạnh thứ hai mươi,

phương án của sáng chế đề xuất sản phẩm chương trình máy tính, có thể áp dụng được tới thiết bị đầu cuối. Sản phẩm chương trình máy tính bao gồm lệnh, và khi được thực hiện, lệnh khiến cho thiết bị đầu cuối thực hiện thao tác theo bất kỳ một trong số các cách thực hiện theo khía cạnh thứ mười hai và khía cạnh thứ mười ba. Lệnh có thể được thực hiện bởi thiết bị tính toán. Ví dụ, thiết bị tính toán có thể là mạch tính toán và xử lý trong thiết bị đầu cuối hoặc có thể là mạch tính toán và xử lý ngoài thiết bị đầu cuối; hoặc thiết bị tính toán có thể có một phần được bố trí trong thiết bị đầu cuối và phần còn lại được bố trí ngoài thiết bị đầu cuối.

Theo khía cạnh thứ hai mươi một,

phương án của sáng chế đề xuất sản phẩm chương trình máy tính, có thể áp dụng được tới thiết bị mạng truy cập vô tuyến. Sản phẩm chương trình máy tính bao gồm lệnh, và khi được thực hiện, lệnh khiến cho thiết bị mạng truy cập vô tuyến thực hiện thao tác theo bất kỳ một trong số các cách thực hiện theo khía cạnh thứ mười bốn và khía cạnh thứ mười lăm. Lệnh có thể được thực hiện bởi thiết bị tính toán. Ví dụ, thiết bị tính toán có thể là mạch tính toán và xử lý trong thiết bị mạng truy cập vô tuyến hoặc có thể là mạch tính toán và xử lý ngoài thiết bị mạng truy cập vô tuyến; hoặc thiết bị tính toán có thể có một phần được bố trí trong thiết bị mạng truy cập vô tuyến và phần còn lại được bố trí ngoài thiết bị mạng truy cập vô tuyến.

Theo khía cạnh thứ hai mươi hai,

phương án của sáng chế đề xuất vật ghi đọc được bởi máy tính, có thể áp dụng được tới thiết bị đầu cuối. Vật ghi đọc được bởi máy tính lưu trữ lệnh, và khi được thực hiện, lệnh khiến cho thiết bị đầu cuối thực hiện thao tác theo bất kỳ một trong số các cách thực hiện theo khía cạnh thứ mười hai và khía cạnh thứ mười ba.

Theo khía cạnh thứ hai mươi ba,

phương án của sáng chế đề xuất vật ghi đọc được bởi máy tính, có thể áp dụng được tới thiết bị mạng truy cập vô tuyến. Vật ghi đọc được bởi máy tính lưu trữ lệnh, và khi được thực hiện, lệnh khiến cho thiết bị mạng truy cập vô tuyến thực hiện thao tác theo bất kỳ một trong số các cách thực hiện theo khía cạnh thứ mười bốn và khía cạnh thứ mười lăm.

Theo khía cạnh thứ hai mươi tư,

phương án của sáng chế đề xuất thiết bị đầu cuối, được tạo cấu hình để thực hiện thao tác theo bất kỳ một trong số các cách thực hiện theo khía cạnh thứ mười hai và khía cạnh thứ mười ba.

Theo khía cạnh thứ hai mươi lăm,

phương án của sáng chế đề xuất thiết bị mạng truy cập vô tuyến, được tạo cấu hình để thực hiện thao tác theo bất kỳ một trong số các cách thực hiện theo khía cạnh thứ mười bốn và khía cạnh thứ mười lăm.

Theo khía cạnh thứ hai mươi sáu,

phương án của sáng chế đề xuất hệ thống truyền thông, bao gồm thiết bị đầu cuối theo khía cạnh thứ mười sáu và khía cạnh thứ hai mươi tư và/hoặc thiết bị mạng truy cập vô tuyến theo khía cạnh thứ mười bảy và khía cạnh thứ hai mươi lăm.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 thể hiện kiến trúc mạng mà trong đó phương án của sáng chế có thể áp dụng được;

Fig.2 là hình vẽ cấu trúc giản lược của anten mảng đa panen theo một phương án của sáng chế;

Fig.3 là lưu đồ giản lược của phương pháp phản hồi thông tin trạng thái kênh dựa trên số mã theo một phương án của sáng chế;

Fig.4 là hình vẽ giản lược thứ nhất của panen anten và chùm tín hiệu theo một phương án của sáng chế;

Fig.5 là hình vẽ giản lược thứ hai của panen anten và chùm tín hiệu theo một phương án của sáng chế;

Fig.6 là hình vẽ giản lược thứ ba của panen anten và chùm tín hiệu theo một phương án của sáng chế;

Fig.7 là hình vẽ cấu trúc giản lược của thiết bị người dùng theo một phương án của sáng chế;

Fig.8 là hình vẽ giản lược của cấu trúc phần cứng của thiết bị người dùng theo một phương án của sáng chế;

Fig.9 là hình vẽ cấu trúc giản lược của TRP theo một phương án của sáng chế;

Fig.10 là hình vẽ giản lược của cấu trúc phần cứng của TRP theo một phương án của sáng chế;

Fig.11 là hình vẽ cấu trúc giản lược của hệ thống trên chip theo một phương án của sáng chế; và

Fig.12 là hình vẽ cấu trúc giản lược của hệ thống trên chip theo một phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Để làm cho các mục đích, các giải pháp kỹ thuật, và các ưu điểm của các phương án của sáng chế rõ ràng hơn, phần dưới đây mô tả một cách rõ ràng và đầy đủ các giải pháp kỹ thuật theo các phương án của sáng chế dựa trên các hình vẽ kèm theo theo các phương án của sáng chế. Rõ ràng, các phương án được mô tả là một vài mà không phải tất cả các phương án của sáng chế. Tất cả các phương án khác nhận được bởi những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng dựa vào các phương án của sáng chế mà không có các sự nỗ lực sáng tạo sẽ nằm trong phạm vi bảo hộ của sáng chế.

Các kiến trúc mạng và các trường hợp kinh doanh được mô tả theo các phương án của sáng chế nhằm mô tả một cách rõ ràng hơn các giải pháp kỹ thuật theo các phương án của sáng chế, nhưng không được dự định để giới hạn các giải pháp kỹ thuật được đề xuất trong các phương án của sáng chế. Những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng có thể nhận biết

rằng khi các kiến trúc mạng cải tiến và trường hợp kinh doanh mới nổi lên, các giải pháp kỹ thuật được đề xuất trong các phương án của sáng chế còn có thể áp dụng được tới vấn đề kỹ thuật tương tự.

Kiến trúc mạng có thể và trường hợp ứng dụng có thể của các phương án của sáng chế đầu tiên được mô tả dưới đây dựa trên Fig.1 và Fig.2.

Fig.1 thể hiện kiến trúc mạng mà trong đó phương án của sáng chế có thể áp dụng được. Fig.2 là hình vẽ cấu trúc giản lược của anten mảng đa panen theo một phương án của sáng chế. Như được thể hiện trên Fig.1, kiến trúc mạng chủ yếu bao gồm trạm gốc 01 và thiết bị người dùng (User equipment - UE) 02. Trạm gốc 01 thực hiện truyền thông không dây với UE 02.

UE theo các phương án của sáng chế có thể bao gồm các thiết bị cầm tay khác nhau có chức năng truyền thông không dây, thiết bị trên xe, thiết bị đeo được, thiết bị tính toán, thiết bị xử lý khác được kết nối với môdem không dây, các dạng khác nhau của các thiết bị đầu cuối, trạm di động (Mobile Station - MS), hoặc tương tự. Nhằm mô tả đơn giản, các thiết bị nêu trên được gọi chung là UE. Trạm gốc (Base Station - BS) theo các phương án của sáng chế là thiết bị được thực hiện trong mạng truy cập vô tuyến và được tạo cấu hình để cấp chức năng truyền thông không dây tới thiết bị đầu cuối. Trạm gốc có thể bao gồm các trạm gốc lớn, các trạm gốc nhỏ, các trạm chuyển tiếp, và các điểm truy cập dưới các dạng khác nhau. Trong các hệ thống sử dụng các kỹ thuật truy cập vô tuyến khác nhau, các thiết bị có chức năng của trạm gốc có thể có các tên khác nhau, ví dụ, trong hệ thống phát triển dài hạn (Long Term Evolution - LTE), thiết bị được đề cập đến là NodeB cải tiến (evolved NodeB - eNB hoặc eNodeB), và trong hệ thống truyền thông 3G, thiết bị được đề cập đến là NodeB (Node B). Ngoài ra, thiết bị còn có thể áp dụng được tới hệ thống cải tiến tiếp theo của hệ thống LTE, ví dụ, hệ thống thế hệ thứ 5 (5th Generation - 5G). Cần lưu ý rằng, khi các giải pháp theo các phương án của sáng chế được áp dụng tới thế hệ thứ 5 hoặc hệ thống khác mà có thể xuất hiện trong tương lai, các tên của trạm gốc và thiết bị đầu cuối có thể được thay đổi. Ví dụ, tên của trạm gốc được thay đổi thành điểm truyền/thu (Transmission Reception Point - TRP), nhưng điều này

không ảnh hưởng tới cách thực hiện của các giải pháp theo các phương án của sáng chế. Theo các phương án dưới đây, các giải pháp kỹ thuật theo các phương án được mô tả chi tiết nhờ sử dụng TRP như thiết bị thực hiện.

Khi hệ thống MIMO cỡ lớn được áp dụng tới kiến trúc mạng, anten truyền cỡ lớn được tạo cấu hình có thể được thể hiện trên Fig.2. Như được thể hiện trên Fig.2, anten truyền cỡ lớn có thể là anten mảng panen đa anten. Anten mảng panen đa anten bao gồm các panen anten M1 theo chiều thẳng đứng và các panen anten M2 theo chiều ngang. Theo chiều thẳng đứng, theo cột bất kỳ của các panen anten, khoảng cách giữa các panen anten liền kề theo chiều thẳng đứng là d_1 , cụ thể, khoảng cách hàng giữa các panen anten liền kề trong mỗi hàng là d_1 . Các khoảng cách giữa các panen anten liền kề theo chiều thẳng đứng có thể giống nhau hoặc khác nhau. Theo chiều ngang, theo hàng bất kỳ của các panen anten, khoảng cách giữa các panen anten liền kề theo chiều ngang là d_2 , cụ thể, khoảng cách cột giữa các panen anten liền kề trong mỗi cột là d_2 . Các khoảng cách giữa các panen anten liền kề theo chiều ngang có thể giống nhau hoặc khác nhau. Theo phương án này, anten mảng được bố trí trên mỗi panen anten.

Theo quy trình thực hiện trong đó TRP truyền thông với UE, TRP chủ yếu thực hiện, nhờ sử dụng ma trận tiền mã hóa, việc tiền xử lý trên dữ liệu mà cần được gửi, để làm giảm nhiễu từ các dòng dữ liệu khác nhau của cùng người dùng hoặc các dòng dữ liệu của các người dùng khác nhau, nhờ vậy nâng cao hiệu suất hệ thống. Thông tin được yêu cầu bởi TRP để thực hiện việc tiền xử lý dựa trên thông tin đo của kênh đường xuống mà được phản hồi bởi UE. UE thực hiện đánh giá kênh theo tín hiệu tham chiếu được gửi bởi TRP, ví dụ, tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh (Channel Channel State Information Reference Signal - CSI-RS), và xác định thông tin trạng thái kênh (Channel State Information - CSI) dựa trên kết quả đánh giá. CSI bao gồm thông tin chẳng hạn như dây truyền (số lượng của các lớp dữ liệu dùng để truyền), ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa (precoding matrix indicator - PMI), và ký hiệu chỉ báo chất lượng kênh (channel quality indicator - CQI). Tiếp theo, UE phản hồi CSI

được xác định tới TRP, như tham chiếu để thực hiện việc lập lịch đường xuống và truyền dữ liệu bởi TRP.

Nói chung, đối với mỗi dãy, số lượng cụ thể của các ma trận tiền mã hóa được sử dụng để chỉ báo các kênh được lượng tử hóa. Các ma trận tiền mã hóa được thiết kế này tạo nên sổ mã. Mỗi ma trận tiền mã hóa trong sổ mã tương ứng với một hoặc nhiều chỉ số sổ mã. Nói chung, có sự tương ứng giữa chỉ số sổ mã và PMI tương ứng. Sổ mã được định trước. Cả TRP và UE lưu trữ sổ mã tương ứng, và có sự hiểu biết chung về sự tương ứng giữa mỗi ma trận tiền mã hóa trong sổ mã, chỉ số sổ mã, và PMI. Khi UE lựa chọn, dựa trên kênh đường xuống được đánh giá, ma trận tiền mã hóa từ sổ mã được định rõ, và xác định chỉ số sổ mã của ma trận tiền mã hóa, UE chỉ cần phản hồi PMI tương ứng với ma trận tiền mã hóa được lựa chọn tới TRP. TRP có thể xác định ma trận tiền mã hóa cụ thể dựa trên PMI được phản hồi bởi UE.

Để giải quyết vấn đề là sổ mã hiện thời chỉ có thể áp dụng được tới mảng tuyến tính và không thể áp dụng được tới mảng anten đa panen có các khoảng cách hàng hoặc các khoảng cách cột không đồng đều, cụ thể, vấn đề là sổ mã hiện thời không thể áp dụng được tới cấu trúc giống như cấu trúc của mảng anten được thể hiện trên Fig.2, phương án đề xuất phương pháp phản hồi thông tin trạng thái kênh dựa trên sổ mã. Theo phương pháp, cấu trúc sổ mã mới được đề xuất có thể áp dụng được tới mảng anten đa panen. Phương pháp được đề xuất theo phương án này của sáng chế được mô tả chi tiết dưới đây nhờ sử dụng phương án cụ thể. Theo phương án sau, tên của trạm gốc được thay đổi thành TRP.

Fig.3 là lưu đồ giản lược của phương pháp phản hồi thông tin trạng thái kênh dựa trên sổ mã theo một phương án của sáng chế. Như được thể hiện trên Fig.3, phương pháp bao gồm các bước sau:

S301: UE xác định ma trận tiền mã hóa đích trong sổ mã được tạo ra trước.

S302: UE gửi ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa PMI tới TRP, trong đó PMI được sử dụng để chỉ báo ma trận tiền mã hóa đích và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch sổ mã khởi.

S303: TRP xác định ma trận tiền mã hóa đích trong sổ mã được tạo ra trước dựa trên PMI.

Theo phương án này, S301 và S302 là các bước tùy chọn. Theo phương án này, quy trình xử lý trong đó UE gửi PMI tới TRP, và quy trình xử lý trong đó TRP thu PMI được gửi bởi UE chủ yếu được liên quan.

Trong suốt thời gian thực hiện cụ thể, TRP tạo cấu hình trước tín hiệu tham chiếu cho UE. Tín hiệu tham chiếu cụ thể có thể là CSI-RS. UE thực hiện đánh giá kênh dựa trên tín hiệu tham chiếu, và lựa chọn ma trận tiền mã hóa đích từ sổ mã được tạo ra trước theo tiêu chí được thiết đặt trước. Tiêu chí được thiết đặt trước có thể là tiêu chí dung lượng kênh lớn nhất, tiêu chí kích thước khối vận chuyển lớn nhất, tiêu chí tỉ lệ tín hiệu trên nhiễu cộng tạp âm lớn nhất, hoặc tương tự. Theo phương án này của sáng chế, quy trình thực hiện cụ thể trong đó UE lựa chọn ma trận tiền mã hóa đích từ sổ mã không được giới hạn cụ thể. Có thể nhận biết từ phần nêu trên rằng, mỗi ma trận tiền mã hóa trong sổ mã tương ứng với một hoặc nhiều chỉ số sổ mã. Nói chung, có sự tương ứng giữa chỉ số sổ mã và PMI tương ứng. Do đó, PMI có thể được sử dụng để chỉ báo ma trận tiền mã hóa.

Ở S302, sau khi nhận được ma trận tiền mã hóa đích, UE có thể xác định, dựa trên sự tương ứng nêu trên, PMI được sử dụng để chỉ báo ma trận tiền mã hóa đích, và gửi PMI tới trạm gốc. Theo phương án này, PMI có thể chỉ báo ma trận tiền mã hóa đích, và còn có thể chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch sổ mã khối.

Ma trận tiền mã hóa đích là ma trận tiền mã hóa trong sổ mã, cụ thể, ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ sổ mã. Cấu trúc của sổ mã được đề xuất theo phương án này của sáng chế được mô tả dưới đây.

Theo phương án này, ít nhất một vài ma trận tiền mã hóa trong sổ mã nhận được nhờ sự biến đổi từ các ma trận tiền mã hóa trong các sổ mã khối và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch sổ mã khối. Có ít nhất hai sổ mã khối, và sổ mã khối được tạo nên dựa trên ma trận tiền mã hóa được thiết đặt trước.

Ví dụ, theo chiều ngang, có các số mã khối M_1 , và theo chiều thẳng đứng, có các số mã khối M_2 . M_1 là số lượng của các panen anten theo chiều ngang, và M_2 là số lượng của các panen anten theo chiều thẳng đứng. Cụ thể, có sự tương ứng giữa số lượng của các số mã khối và số lượng của các panen anten. Cụ thể, số mã khối theo chiều ngang tương ứng với panen anten theo chiều ngang, và số mã khối theo chiều thẳng đứng tương ứng với panen anten theo chiều thẳng đứng.

Ma trận tiền mã hóa trong mỗi số mã khối được tạo nên dựa trên vector. Vector có thể là, ví dụ, vector biến đổi Fourier rời rạc (Discrete Fourier Transform - DFT). Có sự tương ứng giữa độ dài của vector và số lượng của các cổng CSI-RS trên panen anten. Ví dụ, nếu theo chiều ngang, có các cổng CSI-RS K_1 trên mỗi panen, độ dài của vector tương ứng với ma trận tiền mã hóa trong số mã khối theo chiều ngang là K_1 ; và nếu theo chiều thẳng đứng, có các cổng CSI-RS K_2 trên mỗi panen, độ dài của vector tương ứng với ma trận tiền mã hóa trong số mã khối theo chiều thẳng đứng là K_2 .

Thông số chênh lệch số mã khối có thể là thông số chênh lệch chẳng hạn như độ lệch pha hoặc độ lệch giá trị môđun. Ma trận tiền mã hóa trong số mã có thể nhận được nhờ sự biến đổi từ ma trận tiền mã hóa trong số mã khối và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối. Sự biến đổi có thể là thao tác nhân hoặc thao tác chia của ma trận tiền mã hóa và giá trị thông số, hoặc mối tương quan thao tác khác. Điều này không được giới hạn cụ thể theo phương án này. Một cách tùy chọn, có sự tương ứng giữa số lượng của các giá trị thông số và số lượng của các số mã khối. Ví dụ, số lượng của các giá trị thông số và số lượng của các số mã khối có thể bằng nhau, hoặc số lượng của các giá trị thông số có thể ít hơn so với số lượng của các số mã khối. Ví dụ, khi độ lệch pha giữa các panen liên kế theo chiều ngang được thảo luận, bởi vì mỗi panen tương ứng với một số mã khối, số lượng của các độ lệch pha ít hơn 1 so với số lượng của các số mã khối.

Hơn nữa, UE có thể nhận được, từ thông số cấu hình số mã, số lượng của các số mã khối trong số mã và độ dài của vector tương ứng với ma trận tiền mã

hóa trong sổ mã khối. Theo phương án này, thông số cấu hình sổ mã bao gồm số lượng của các sổ mã khối trong sổ mã và độ dài của vector tương ứng với ma trận tiền mã hóa trong sổ mã khối.

Một cách tùy chọn, thông số cấu hình sổ mã được gửi trước bởi TRP tới UE. Ví dụ, TRP có thể gửi báo hiệu lớp cao hơn hoặc báo hiệu lớp vật lý tới UE. Báo hiệu lớp cao hơn hoặc báo hiệu lớp vật lý mang thông số cấu hình sổ mã. Ví dụ, báo hiệu lớp cao hơn có thể là báo hiệu điều khiển tài nguyên vô tuyến (Radio Resource Control - RRC), và báo hiệu lớp vật lý có thể là thông tin điều khiển đường xuống (Downlink Control Information - DCI).

Một cách tương ứng, như được nêu trên, khi các sổ mã khối bao gồm sổ mã khối theo chiều ngang và sổ mã khối theo chiều thẳng đứng, thông số cấu hình sổ mã bao gồm số lượng của các sổ mã khối theo chiều ngang và độ dài của vector tương ứng với ma trận tiền mã hóa trong sổ mã khối theo chiều ngang, trong đó có ít nhất hai sổ mã khối theo chiều ngang; và số lượng của các sổ mã khối theo chiều thẳng đứng và độ dài của vector tương ứng với ma trận tiền mã hóa trong sổ mã khối theo chiều thẳng đứng, trong đó có ít nhất hai sổ mã khối theo chiều thẳng đứng.

Một cách tùy chọn, ở S302, PMI được gửi bởi UE tới TRP cụ thể có thể được thực hiện theo cách thực hiện sau.

Theo cách thực hiện khả thi, các PMI bao gồm PMI thứ nhất tương ứng với CSI dải tần rộng và PMI thứ hai tương ứng với CSI dải tần con, và PMI thứ nhất hoặc PMI thứ hai được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch sổ mã khối.

Trong suốt thời gian thực hiện cụ thể, các PMI hiện thời bao gồm PMI thứ nhất và PMI thứ hai, và trường ký hiệu chỉ báo có thể được bổ sung vào PMI thứ nhất hoặc PMI thứ hai. Trường ký hiệu chỉ báo được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch sổ mã khối. Cụ thể là, số chỉ số có thể được thiết đặt trong trường ký hiệu chỉ báo cho giá trị thông số, và các số giá trị khác nhau tương ứng với các giá trị thông số khác nhau.

Theo cách thực hiện khả thi khác, các PMI bao gồm PMI thứ nhất tương

ứng với CSI dải tần rộng, PMI thứ hai tương ứng với CSI dải tần hẹp, và PMI thứ ba, và PMI thứ ba được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối.

Trong suốt thời gian thực hiện cụ thể, PMI thứ ba có thể được bổ sung, và PMI thứ ba được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối.

Ở S303, sau khi trạm gốc nhận được PMI, bởi vì trạm gốc cũng tạo ra số mã tương ứng dựa trên thông số cấu hình số mã, trạm gốc có thể xác định ma trận tiền mã hóa đích cụ thể dựa trên PMI được phản hồi bởi UE. Ví dụ, PMI thứ nhất tương ứng với hai chỉ số số mã, và PMI thứ hai tương ứng với một chỉ số số mã; và trạm gốc có thể xác định ma trận tiền mã hóa đích cụ thể dựa trên chỉ số số mã.

Theo phương pháp phản hồi thông tin trạng thái kênh dựa trên số mã được đề xuất theo phương án này, UE gửi ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa PMI tới TRP. PMI được sử dụng để chỉ báo ma trận tiền mã hóa đích và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối. Ma trận tiền mã hóa đích là ma trận tiền mã hóa trong số mã; và ít nhất một vài ma trận tiền mã hóa trong số mã nhận được nhờ sự biến đổi từ các ma trận tiền mã hóa trong số mã khối và giá trị thông số, để đưa ra giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối tới số mã, sao cho số mã bao gồm các thông số chênh lệch chẳng hạn như độ lệch pha và độ lệch giá trị môđun giữa các panen liên kề, nhờ vậy đảm bảo độ định hướng chùm tín hiệu và nâng cao hiệu suất hệ thống.

Cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong số mã theo phương án này của sáng chế được mô tả chi tiết dưới đây nhờ sử dụng phương án cụ thể.

Thứ nhất, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong số mã khi vector DFT tương ứng với mỗi số mã khối là vector DFT tương ứng với chùm tín hiệu ở cùng góc phát xạ được mô tả dưới đây. Fig.4 là hình vẽ giản lược thứ nhất của panen anten và chùm tín hiệu theo một phương án của sáng chế. Như được thể hiện trên Fig.4, vector DFT tương ứng với mỗi số mã khối là vector DFT tương ứng với chùm tín hiệu ở cùng góc phát xạ. Các vector DFT tương ứng với các số mã

khối được kết hợp thành vector DFT tương ứng với chùm tín hiệu truyền theo cách nối hoặc tương tự.

Một cách tùy chọn, theo cách thực hiện khả thi, tất cả các cổng Anten có thể được nhóm thành các nhóm N (giá trị của N có thể là 2, 4, 8, hoặc tương tự). Có các cổng CSI-RS K_1 theo chiều ngang trong mỗi nhóm, và có các cổng CSI-RS K_2 theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm. Đối với Anten phân cực chéo, tổng số lượng của các cổng Anten là $2 \cdot N \cdot K_1 \cdot K_2$. Nếu thông số chênh lệch số mã khối là độ lệch pha, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong số mã được thể hiện cụ thể theo công thức 1.1 sau:

$$W = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} W_3 W_1 W_2,$$

trong đó

$$W_3 = \begin{bmatrix} I_{2K_1K_2} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & e^{j\theta_1} \cdot I_{2K_1K_2} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & e^{j\theta_{N-1}} \cdot I_{2K_1K_2} \end{bmatrix},$$

$$W_1 = \begin{bmatrix} B_1^{(1)} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & B_2^{(1)} & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & B_1^{(N)} & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & B_2^{(N)} \end{bmatrix}, \text{ và } W_2 = \begin{bmatrix} e_{i_1}^{(B)} \\ \varphi_n e_{i_1}^{(B)} \\ \vdots \\ e_{i_N}^{(B)} \\ \varphi_n e_{i_N}^{(B)} \end{bmatrix},$$

trong đó W_3 được chỉ báo bởi PMI thứ ba $i_{3,r}$, trong đó $r=1..N-1$, và PMI thứ ba có thể là PMI dải tần rộng; ví dụ, $\theta_r = 2\pi i_{3,r} / X$, trong đó X có thể là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$; $I_{2K_1K_2}$ biểu diễn ma trận đơn vị có kích thước là $2K_1K_2 \times 2K_1K_2$; W_1 được chỉ báo bởi PMI thứ nhất, và PMI thứ nhất là PMI dải tần rộng; $B_1^{(1)}$, $B_2^{(1)}$, $B_1^{(N)}$, và $B_2^{(N)}$ biểu diễn các ma trận có các kích thước là $K_1K_2 \times B$, trong đó mỗi cột tương ứng với một vector DFT; W_2 được chỉ báo bởi PMI thứ hai, và PMI thứ hai là PMI dải tần con; $e_i^{(B)}$ là vector có kích thước là $B \times 1$, trong đó thành phần thứ i là 1, và các

thành phần còn lại là 0; $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân cực của anten; n biểu diễn chức năng của PMI thứ hai; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; và π biểu diễn tỉ số tuần hoàn.

Theo cách thực hiện khả thi, tất cả các cổng anten có thể được nhóm thành các nhóm N (giá trị của N có thể là 2, 4, 8, hoặc tương tự). Có các cổng CSI-RS K_1 theo chiều ngang trong mỗi nhóm, và có các cổng CSI-RS K_2 theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm. Do đó, tổng số lượng của các cổng anten là $2 \cdot N \cdot K_1 \cdot K_2$ (tương ứng với anten được phân cực kép). Nếu thông số chênh lệch số mã khối là độ lệch pha, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong số mã được thể hiện cụ thể theo công thức 1.1 sau:

$$W = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} W_1 W_3 W_2,$$

trong đó

$$W_1 = \begin{bmatrix} B_1^{(1)} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & B_2^{(1)} & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & B_1^{(N)} & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & B_2^{(N)} \end{bmatrix},$$

$$W_3 = \begin{bmatrix} I_{2B} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & e^{j\theta_1} I_{2B} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & e^{j\theta_{N-1}} I_{2B} \end{bmatrix}, \text{ và}$$

$$W_2 = \begin{bmatrix} e_{i_1}^{(B)} \\ \varphi_n e_{i_1}^{(B)} \\ \vdots \\ e_{i_N}^{(B)} \\ \varphi_n e_{i_N}^{(B)} \end{bmatrix},$$

trong đó W_3 được chỉ báo bởi PMI thứ ba i_{3r} , trong đó $r = 1, \dots, N-1$, và PMI thứ ba có thể là PMI dải tần rộng hoặc có thể là PMI dải tần con; ví dụ, $\theta_r = 2\pi i_{3r} / X$, trong đó X có thể là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$; I_{2B} biểu diễn ma trận đơn vị có kích thước là

$2B \times 2B$; W_1 được chỉ báo bởi PMI thứ nhất, và PMI thứ nhất là PMI dải tần rộng; $B_1^{(1)}$, $B_2^{(1)}$, $B_1^{(N)}$, và $B_2^{(N)}$ biểu diễn các ma trận có các kích thước là $K_1 K_2 \times B$, trong đó mỗi cột tương ứng với một vector DFT; W_2 được chỉ báo bởi PMI thứ hai, và PMI thứ hai là PMI dải tần con; $e_i^{(B)}$ là vector có kích thước là $B \times 1$, trong đó thành phần thứ i là 1, và các thành phần còn lại là 0; $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân cực của anten; n biểu diễn chức năng của PMI thứ hai; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; và π biểu diễn tỉ số tuần hoàn.

Theo cách thực hiện khả thi, tất cả các cổng anten có thể được nhóm thành các nhóm N (giá trị của N có thể là 2, 4, 8, hoặc tương tự). Có các cổng CSI-RS K_1 theo chiều ngang trong mỗi nhóm, và có các cổng CSI-RS K_2 theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm. Do đó, tổng số lượng của các cổng anten là $2 * N * K_1 * K_2$ (tương ứng với anten được phân cực kép). Nếu thông số chênh lệch số mã khối là độ lệch pha, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong số mã có thể được thể hiện cụ thể như sau:

$$W = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} W_1 W_2,$$

$$W_1 = \begin{bmatrix} B_1^{(1)} & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & B_2^{(1)} & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & B_1^{(N)} & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & B_2^{(N)} \end{bmatrix}, \text{ và}$$

trong đó

$$W_2 = \begin{bmatrix} \begin{pmatrix} e_{i_1}^{(B)} \\ \varphi_n e_{i_1}^{(B)} \end{pmatrix} \\ e^{j\theta_1} \begin{pmatrix} e_{i_2}^{(B)} \\ \varphi_n e_{i_2}^{(B)} \end{pmatrix} \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} \begin{pmatrix} e_{i_N}^{(B)} \\ \varphi_n e_{i_N}^{(B)} \end{pmatrix} \end{bmatrix},$$

trong đó W_1 được chỉ báo bởi PMI thứ nhất, và PMI thứ nhất có thể là PMI dải tần rộng; $B_1^{(1)}$, $B_2^{(1)}$, $B_1^{(N)}$, và $B_2^{(N)}$ biểu diễn các ma trận có các kích thước là $K_1 K_2 \times B$, trong đó mỗi cột tương ứng với một vector DFT; W_2 được chỉ báo bởi PMI thứ hai, và PMI thứ hai có thể là

PMI dải tần con; $e_i^{(B)}$ là vector có kích thước là $B \times 1$, trong đó thành phần thứ i là 1, và các thành phần còn lại là 0; $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân cực của anten; n biểu diễn chức năng của PMI thứ hai; $\theta_r = 2\pi i_{2r}/X$, trong đó $r = 1, \dots, N-1$, và X có thể là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; và π biểu diễn tỉ số tuần hoàn;

hoặc,

$$W = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} W_1 W_2 W_3,$$

$$\text{trong đó } W_1 = \begin{bmatrix} B_1^{(1)} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & B_2^{(1)} & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & B_1^{(N)} & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & B_2^{(N)} \end{bmatrix},$$

$$W_2 = \begin{bmatrix} e_{i_1}^{(K_1K_2)} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \varphi_n e_{i_1}^{(K_1K_2)} & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \ddots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & e_{i_N}^{(K_1K_2)} & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \varphi_n e_{i_N}^{(K_1K_2)} \end{bmatrix}, \text{ và } W_3 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ e^{j\theta_1} \\ e^{j\theta_1} \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} \\ e^{j\theta_{N-1}} \end{bmatrix},$$

trong đó W_1 được chỉ báo bởi PMI thứ nhất, và PMI thứ nhất có thể là PMI dải tần rộng; $B_1^{(1)}$, $B_2^{(1)}$, $B_1^{(N)}$, và $B_2^{(N)}$ biểu diễn các ma trận có các kích thước là $K_1K_2 \times B$, trong đó mỗi cột tương ứng với một vector DFT; W_2 được chỉ báo bởi PMI thứ hai, và PMI thứ hai là PMI dải tần con; $e_i^{(K_1K_2)}$ là vector có kích thước là $K_1K_2 \times 1$, trong đó thành phần thứ i là 1, và các thành phần còn lại là 0; $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân cực của anten; n biểu diễn chức năng của PMI thứ hai; W_3 được chỉ báo bởi PMI thứ ba i_{3r} , trong đó $r = 1, \dots, N-1$, và PMI thứ ba có thể là PMI dải tần con; ví dụ,

$\theta_r = 2\pi j_{3,r} / X$, trong đó X có thể là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; và π biểu diễn tỉ số tuần hoàn.

Theo cách thực hiện khả thi, tất cả các cổng Anten được nhóm thành các nhóm N (giá trị của N có thể là 2, 4, 8, hoặc tương tự). Có các cổng CSI-RS K_1 theo chiều ngang trong mỗi nhóm, và có các cổng CSI-RS K_2 theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm. Do đó, tổng số lượng của các cổng Anten là $2 * N * K_1 * K_2$ (tương ứng với Anten được phân cực kép). Khi sử dụng dãy 1 làm ví dụ, nếu thông số chênh lệch số mã khối là độ lệch pha, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong số mã có thể như sau:

$$W_{l,m,c_{0,0,1},c_{0,1,1},\dots,c_{N-1,0,1},c_{N-1,1,1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} \begin{bmatrix} c_{0,0,1}b_{l,m} \\ c_{0,1,1}b_{l,m} \\ \vdots \\ c_{N-1,0,1}b_{l,m} \\ c_{N-1,1,1}b_{l,m} \end{bmatrix},$$

trong đó N có thể biểu diễn số lượng của các nhóm cổng Anten hoặc có thể biểu diễn số lượng của các panen Anten;

$c_{0,0,1}, c_{0,1,1}, \dots, c_{N-1,0,1}, c_{N-1,1,1}$ biểu diễn các hệ số pha hoặc các độ lệch pha giữa các nhóm cổng Anten, hoặc biểu diễn các hệ số pha hoặc các độ lệch pha giữa các cổng Anten trên các panen Anten khác nhau, hoặc biểu diễn các hệ số pha hoặc các độ lệch pha giữa các cổng Anten theo

các hướng phân cực khác nhau; $c_{0,0,1}, c_{0,1,1}, \dots, c_{N-1,0,1}, c_{N-1,1,1}$ có thể là chức năng của PMI thứ nhất, PMI thứ hai, hoặc PMI thứ ba; PMI thứ nhất là PMI dải tần rộng, PMI thứ hai là PMI dải tần con, và PMI thứ ba có

thể là PMI dải tần rộng hoặc PMI dải tần con; $b_{l,m}$ biểu diễn vector DFT hai chiều mà độ dài của nó là $K_1 * K_2$, ví dụ, có thể là tích Kronecker của hai vector DFT một chiều; và l và m đều biểu diễn chức năng của PMI thứ nhất, và PMI thứ nhất có thể là PMI dải tần rộng.

Ví dụ,

cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong sổ mã được thể hiện cụ thể theo công thức 1.1 sau:

$$W_{l,m,n,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \\ e^{j\theta_1} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \end{bmatrix} \quad \text{Công thức 1.1}$$

trong đó $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha hoặc hệ số pha giữa hai hướng phân cực của anten, trong đó n biểu diễn chức năng của PMI thứ hai, và giá trị là $\{0, 1, 2, 3\}$, và PMI thứ hai có thể là PMI dải tần rộng hoặc có thể là PMI dải tần con; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn;

$v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix}^T$, trong đó v_l biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_l , và K_l là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều

ngang trong mỗi nhóm; $u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}^T$, trong đó u_m

biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_2 , và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn các thông số chênh lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các nhóm cổng anten khác nhau, hoặc biểu diễn các thông số chênh lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các panen anten; các giá trị của $(e^{j\theta_1} \dots e^{j\theta_{N-1}})$ có thể là $\{+1, -1, +j, -j\}$; O_l và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker; và N có thể biểu diễn số lượng của các nhóm cổng anten hoặc có thể biểu diễn số lượng của các panen anten.

Ngoài ra, trong số mã đa panen có dãy là r , (r có thể bằng 2, 3, hoặc 4), các nhóm cổng anten trên các lớp khác nhau có thể sử dụng cùng $(\theta_1 \cdots \theta_{N-1})$. Điều này giống như phương án sau, và các phần chi tiết không được mô tả lại. Ví dụ, cấu trúc của số mã với dãy 2 có thể như sau:

$$W_{l,m,n,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_{l_1} \otimes u_{m_1} & v_{l_2} \otimes u_{m_2} \\ \varphi_n v_{l_1} \otimes u_{m_1} & \varphi_n v_{l_2} \otimes u_{m_2} \\ e^{j\theta_1} \begin{pmatrix} v_{l_1} \otimes u_{m_1} \\ \varphi_n v_{l_1} \otimes u_{m_1} \end{pmatrix} & e^{j\theta_1} \begin{pmatrix} v_{l_2} \otimes u_{m_2} \\ \varphi_n v_{l_2} \otimes u_{m_2} \end{pmatrix} \\ \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} \begin{pmatrix} v_{l_1} \otimes u_{m_1} \\ \varphi_n v_{l_1} \otimes u_{m_1} \end{pmatrix} & e^{j\theta_{N-1}} \begin{pmatrix} v_{l_2} \otimes u_{m_2} \\ \varphi_n v_{l_2} \otimes u_{m_2} \end{pmatrix} \end{bmatrix}, \text{ trong đó}$$

$v_{l_1} \otimes u_{m_1}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa tương ứng với mỗi nhóm cổng anten trên lớp dữ liệu thứ nhất; $v_{l_2} \otimes u_{m_2}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa tương ứng với mỗi nhóm cổng anten trên lớp dữ liệu thứ hai; phương pháp phản hồi PMI tương ứng giống như phương pháp phản hồi PMI với dãy 1; và

$\varphi_n = e^{j\pi/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân cực của anten; n biểu diễn chức năng của PMI thứ hai, và giá trị là $\{0, 1, 2, 3\}$; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số

tuần hoàn; $v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} & \cdots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 K_1}} \end{bmatrix}^T$, trong đó v_l biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_l , K_l là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm, và $l=1$ hoặc 2;

$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \cdots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 K_2}} \end{bmatrix}^T$, trong đó u_m biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_2 , K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm, và $m=1$ hoặc 2; $(\theta_1 \cdots \theta_{N-1})$ biểu diễn các thông số chênh lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các nhóm cổng

anten khác nhau, hoặc biểu diễn các thông số chênh lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các panen anten; các giá trị của $(e^{j\theta_1} \dots e^{j\theta_{N-1}})$ có thể là $\{+1, -1, +j, -j\}$; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker; và N có thể biểu diễn số lượng của các nhóm cổng anten hoặc có thể biểu diễn số lượng của các panen anten.

Theo cách khác, cấu trúc của ma trận trong số mã với dãy 1 có thể như sau:

$$W_{l,m,n,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \\ e^{j\theta_1} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \\ \vdots \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \end{bmatrix},$$

trong đó $v_{l,m} = \begin{bmatrix} u_m & e^{j\frac{2\pi}{O_1 K_1}} u_m & \dots & e^{j\frac{2\pi(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} u_m \end{bmatrix}^T$, trong đó $v_{l,m}$ biểu diễn vector mà độ dài của nó là $K_1 \times K_2$, và K_1 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm;

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}^T \quad \text{hoặc} \quad u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix},$$

trong đó u_m biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_2 , và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm; l và m đều biểu diễn chức năng của PMI thứ nhất, và PMI thứ nhất có thể là PMI dải tần rộng; $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân cực của anten, trong đó n biểu diễn chức năng của PMI thứ hai, và giá trị là $\{0, 1, 2, 3\}$, và PMI thứ hai có thể là PMI dải tần rộng hoặc có thể là PMI dải tần con; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn các thông số chênh lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các nhóm

cổng Anten khác nhau, hoặc biểu diễn các thông số chênh lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các Anten Anten; các giá trị của $(e^{j\theta_1} \dots e^{j\theta_{N-1}})$ có thể là $\{+1, -1, +j, -j\}$; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker; và N có thể biểu diễn số lượng của các nhóm cổng Anten hoặc có thể biểu diễn số lượng của các Anten Anten.

Một cách tương ứng, cấu trúc của ma trận trong số mã với dãy 2 có thể như sau:

$$W_{l,m,n,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_{l_1,m_1} & v_{l_2,m_2} \\ \varphi_n v_{l_1,m_1} & \varphi_n v_{l_2,m_2} \\ e^{j\theta_1} \begin{pmatrix} v_{l_1,m_1} \\ \varphi_n v_{l_1,m_1} \end{pmatrix} & e^{j\theta_1} \begin{pmatrix} v_{l_2,m_2} \\ \varphi_n v_{l_2,m_2} \end{pmatrix} \\ \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} \begin{pmatrix} v_{l_1,m_1} \\ \varphi_n v_{l_1,m_1} \end{pmatrix} & e^{j\theta_{N-1}} \begin{pmatrix} v_{l_2,m_2} \\ \varphi_n v_{l_2,m_2} \end{pmatrix} \end{bmatrix},$$

trong đó v_{l_1,m_1} biểu diễn ma trận tiền mã hóa tương ứng với mỗi nhóm cổng Anten trên lớp dữ liệu thứ nhất; v_{l_2,m_2} biểu diễn ma trận tiền mã hóa tương ứng với mỗi nhóm cổng Anten trên lớp dữ liệu thứ hai; phương pháp phản hồi PMI tương ứng giống như phương pháp phản hồi PMI với dãy 1; và

$$v_{l,m} = \begin{bmatrix} u_m & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} u_m & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} u_m \end{bmatrix}^T, \text{ trong đó } v_{l,m} \text{ biểu diễn vector}$$

mà độ dài của nó là $K_1 \times K_2$, và K_1 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm; $l=1$ hoặc 2; $m=1$ hoặc 2;

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}^T \text{ hoặc } u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix},$$

trong đó u_m biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_2 , K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm, và

$m=1$ hoặc 2 ; l và m đều biểu diễn chức năng của PMI thứ nhất, và PMI thứ nhất có thể là PMI dải tần rộng; $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân cực của anten; n biểu diễn chức năng của PMI thứ hai, và giá trị là $\{0, 1, 2, 3\}$; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn; $(\theta_1 \cdots \theta_{N-1})$ biểu diễn các thông số chênh lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các nhóm cổng anten khác nhau, hoặc biểu diễn các thông số chênh lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các panen anten; các giá trị của $(e^{j\theta_1} \cdots e^{j\theta_{N-1}})$ có thể là $\{+1, -1, +j, -j\}$; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker; và N có thể biểu diễn số lượng của các nhóm cổng anten hoặc có thể biểu diễn số lượng của các panen anten;

hoặc,

$$W_{l,m,n,a_1,\dots,a_N}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} \begin{bmatrix} a_1 \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \\ a_2 \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \\ \vdots \\ \vdots \\ a_N \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \end{bmatrix},$$

trong đó $(a_1, \dots, a_N)$ biểu diễn các hệ số biên độ, và

$$0 \leq a_1, \dots, a_N \leq 1.$$

(1) Một cách tùy chọn, các PMI được phản hồi bởi thiết bị người dùng tới trạm gốc bao gồm PMI thứ nhất, PMI thứ hai, và PMI thứ ba. PMI thứ nhất tương ứng với hai chỉ số số mã. Nhằm mô tả đơn giản, hai chỉ số số mã được đề cập đến là chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất. PMI thứ hai tương ứng với chỉ số số mã thứ hai. PMI thứ ba tương ứng với chỉ số số mã thứ ba. Giá trị của n được chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ hai. Giá trị của m được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng

thứ nhất hoặc được chỉ báo bởi chỉ số sỏ mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất và chỉ số sỏ mã thứ hai. Giá trị của l được chỉ báo bởi chỉ số sỏ mã theo chiều ngang thứ nhất hoặc được chỉ báo bởi chỉ số sỏ mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số sỏ mã thứ hai. $(\theta_1 \cdots \theta_{N-1})$ có thể được chỉ báo bởi chỉ số sỏ mã thứ ba.

Ví dụ, chỉ số sỏ mã thứ ba bao gồm các giá trị $i_{3,r}$, trong đó $r=1, \dots, N-1$, và $\theta_r = 2\pi i_{3,r} / X$, trong đó X có thể là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$. Ví dụ cụ thể về sỏ mã khi $N=2$ được đưa ra dưới đây:

3, 1,	3, 2	$i_{1,1}$	$i_{1,2}$	i_2			
				0	1	2	3
$0, 1, 2, 3$	$0, 1, 2, 3$	$0, 1, \dots, O_1N_1-1$	$0, 1, \dots, O_2N_2-1$	$W_{i_{1,1}, i_{1,2}, 0, i_2}^{(1)}$	$W_{i_{1,1}, i_{1,2}, 1, i_2}^{(1)}$	$W_{i_{1,1}, i_{1,2}, 2, i_2}^{(1)}$	$W_{i_{1,1}, i_{1,2}, 3, i_2}^{(1)}$
$W_{l,m,n,p,q}^{(1)} = \begin{bmatrix} e^{j2\pi p/X} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \\ e^{j2\pi q/X} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{\sqrt{4K_1K_2}} \quad \text{hoặc} \quad W_{l,m,n,p,q}^{(1)} = \begin{bmatrix} e^{j2\pi p/X} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \\ e^{j2\pi q/X} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{\sqrt{4K_1K_2}}$							

hoặc,

$i_{3,1}$	$i_{1,1}$	$i_{1,2}$	i_2			
			0	1	2	3
$0, 1, 2, 3$	$0, 1, \dots, O_1N_1-1$	$0, 1, \dots, O_2N_2-1$	$W_{i_{1,1}, i_{1,2}, 0, i_2}^{(1)}$	$W_{i_{1,1}, i_{1,2}, 1, i_2}^{(1)}$	$W_{i_{1,1}, i_{1,2}, 2, i_2}^{(1)}$	$W_{i_{1,1}, i_{1,2}, 3, i_2}^{(1)}$
$W_{l,m,n,q}^{(1)} = \begin{bmatrix} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \\ e^{j2\pi q/X} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{\sqrt{4K_1K_2}} \quad \text{hoặc} \quad W_{l,m,n,q}^{(1)} = \begin{bmatrix} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \\ e^{j2\pi q/X} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{\sqrt{4K_1K_2}}$						

PMI thứ nhất là PMI dải tần rộng, PMI thứ hai là PMI dải tần con, và PMI thứ ba có thể là PMI dải tần rộng hoặc có thể là PMI dải tần con.

(2) Một cách tùy chọn, các PMI được phản hồi bởi thiết bị người dùng tới trạm gốc bao gồm PMI thứ nhất và PMI thứ hai. PMI thứ nhất tương ứng với hai chỉ số số mã. Nhằm mô tả đơn giản, hai chỉ số số mã được đề cập đến là chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất. PMI thứ hai tương ứng với chỉ số số mã thứ hai. Giá trị của n được chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ hai. Giá trị của n được chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ hai. Giá trị của m được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất hoặc được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai. Giá trị của l được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất hoặc được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai. $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ có thể được chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ nhất. Theo cách thực hiện có thể, chỉ số số mã thứ nhất bao gồm các giá trị $N+2$, trong đó một giá trị $i_{1,1}$ được sử dụng để xác định giá trị của l , giá trị khác $i_{1,2}$ được sử dụng để xác định giá trị của m , và các giá trị N còn lại được sử dụng để xác định $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$, ví dụ, $\theta_r = 2\pi i_{1,r+2} / X$, trong đó $r = 1, \dots, N-1$, và X có thể là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$. Ví dụ cụ thể về số mã khi $N=2$ được đưa ra dưới đây:

$i_{1,1}$	$i_{1,2}$	$i_{1,3}$	$i_{1,4}$	i_2			
1	2	3		0	1	2	3
0, 1, ..., $O_1 N_1 - 1$	0, 1, ..., $O_2 N_2 - 1$	0, 1, ..., 3	0, 1, ..., 3	$W_{i_{1,1}, i_{1,2}, 0}^{(1)}$	$W_{i_{1,1}, i_{1,2}, 1}^{(1)}$	$W_{i_{1,1}, i_{1,2}, 2}^{(1)}$	$W_{i_{1,1}, i_{1,2}, 3}^{(1)}$
$W_{l,m,n,p,q}^{(1)} = \begin{bmatrix} e^{j2\pi p / X} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \\ e^{j2\pi q / X} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{\sqrt{4K_1 K_2}} \quad \text{hoặc} \quad W_{l,m,n,p,q}^{(1)} = \begin{bmatrix} e^{j2\pi p / X} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \\ e^{j2\pi q / X} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \end{bmatrix}$							

$\frac{1}{\sqrt{4K_1K_2}}$

hoặc,

$i_{1,1}$	$i_{1,2}$	$i_{1,3}$	i_2			
			0	1	2	3
0, 1, ..., O_1N_1-1	0, 1, ..., O_2N_2-1	0, 1, ..., 3	$W_{i_{1,1},i_{1,2},0,i_{1,3}}^{(1)}$	$W_{i_{1,1},i_{1,2},1,i_{1,3}}^{(1)}$	$W_{i_{1,1},i_{1,2},2,i_{1,3}}^{(1)}$	$W_{i_{1,1},i_{1,2},3,i_{1,3}}^{(1)}$
$W_{l,m,n,q}^{(1)} = \begin{bmatrix} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \\ e^{j2\pi q/X} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{\sqrt{4K_1K_2}} \quad \text{hoặc} \quad W_{l,m,n,q}^{(1)} = \begin{bmatrix} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \\ e^{j2\pi q/X} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{\sqrt{4K_1K_2}}$						

PMI thứ nhất là PMI dải tần rộng, và PMI thứ hai là PMI dải tần con.

(3) Ngoài ra, theo cách khác, $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ có thể được chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ hai. Ví dụ, chỉ số số mã thứ hai bao gồm các giá trị $N+1$, trong đó một giá trị $i_{2,N+1}$ được sử dụng để xác định độ lệch pha $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ giữa các hướng phân cực của anten, và các giá trị N còn lại $i_{2,r}$, trong đó $r = 1, \dots, N$, được sử dụng để xác định $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$, trong đó $\theta_r = 2\pi i_{2,r} / X, r = 1, \dots, N-1$, trong đó X có thể là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$; và $\varphi_n = e^{j\pi n/2}, n = i_{2,N}$.

$i_{1,1}$	$i_{1,2}$	$i_{2,1}, i_{2,2}$			
		0, 1, ..., 3			
		$i_{2,3}$			
		0	1	2	3
0, 1, ..., O_1N_1-1	0, 1, ..., O_2N_2-1	$W_{i_{1,1},i_{1,2},i_{2,1},i_{2,2}}^{(1)}$	$W_{i_{1,1},i_{1,2},i_{2,1},i_{2,2}}^{(1)}$	$W_{i_{1,1},i_{1,2},i_{2,1},i_{2,2}}^{(1)}$	$W_{i_{1,1},i_{1,2},i_{2,1},i_{2,2},3}^{(1)}$

$$W_{l,m,n,p,q}^{(1)} = \begin{bmatrix} e^{j2\pi p/X} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \\ e^{j2\pi q/X} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{\sqrt{4K_1 K_2}} \quad \text{hoặc} \quad W_{l,m,n,p,q}^{(1)} = \begin{bmatrix} e^{j2\pi p/X} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \\ e^{j2\pi q/X} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{\sqrt{4K_1 K_2}}$$

hoặc,

$i_{1,1}$	$i_{1,2}$	$i_{2,1}$			
		0, 1, ..., 3			
		$i_{2,2}$			
		0	1	2	3
0, 1, ..., $O_1 N_1 - 1$	0, 1, ..., $O_2 N_2 - 1$	$W_{i_{1,1}, i_{1,2}, i_{2,1}}^{(1)}$	$W_{i_{1,1}, i_{1,2}, i_{2,1}}^{(1)}$	$W_{i_{1,1}, i_{1,2}, i_{2,1}}^{(1)}$	$W_{i_{1,1}, i_{1,2}, i_{2,1}, 3}^{(1)}$
$W_{l,m,n,q}^{(1)} = \begin{bmatrix} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \\ e^{j2\pi q/X} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{\sqrt{4K_1 K_2}} \quad \text{hoặc} \quad W_{l,m,n,q}^{(1)} = \begin{bmatrix} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \\ e^{j2\pi q/X} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{\sqrt{4K_1 K_2}}$					

PMI thứ nhất là PMI dải tần rộng, và PMI thứ hai là PMI dải tần con. Ví dụ về hệ số biên độ giống như vậy.

Theo cách thực hiện khả thi, anten có thể là anten được phân cực kép hoặc anten phân cực đơn, và các anten theo hai hướng phân cực có thể được cấp trên mỗi panen, hoặc anten chỉ theo một hướng phân cực có thể được cấp trên mỗi panen (cụ thể, các anten theo hai hướng phân cực được phân phối trên hai panen). Theo cách thực hiện khả thi, tất cả các cổng anten được nhóm thành các nhóm N (giá trị của N có thể là 2, 4, 8, hoặc tương tự). Ví dụ, mỗi nhóm tương ứng với cổng anten theo một hướng phân cực trên một panen anten. Số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều ngang là K_1 , và số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều thẳng đứng là K_2 . Do đó, tổng số lượng của các cổng anten là $N * K_1 * K_2$. Nếu thông số chênh lệch số mã khối là độ lệch pha, cấu trúc của ma

trận tiền mã hóa trong sổ mã với dãy 1 có thể được thể hiện cụ thể như sau:

$$W_{l,m,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_l \otimes u_m \\ e^{j\theta_1} v_l \otimes u_m \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} v_l \otimes u_m \end{bmatrix},$$

trong đó $v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 K_1}} \end{bmatrix}^T$, trong đó v_l biểu diễn

vector DFT mà độ dài của nó là K_1 , và K_1 là số lượng của các công CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm;

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 K_2}} \end{bmatrix}^T, \text{ trong đó } u_m \text{ biểu diễn vector DFT mà độ}$$

dài của nó là K_2 , và K_2 là số lượng của các công CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm; l là chức năng của chỉ số sổ mã theo chiều ngang thứ nhất, và có sự tương ứng với PMI thứ nhất; m là chức năng của chỉ số sổ mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, và có sự tương ứng với PMI thứ nhất; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn các thông số chênh lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các nhóm công anten khác nhau, hoặc biểu diễn các hệ số pha giữa các công anten theo các hướng phân cực khác nhau, hoặc biểu diễn các thông số chênh lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các panen anten; các giá trị của $(e^{j\theta_1} \dots e^{j\theta_{N-1}})$ có thể là $\{+1, -1, +j, -j\}$; và N có thể biểu diễn số lượng của các nhóm công anten hoặc có thể biểu diễn số lượng của các panen anten.

Cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong sổ mã với dãy 2 có thể như sau:

$$W_{l,m,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_{l_1} \otimes u_{m_1} & v_{l_2} \otimes u_{m_2} \\ e^{j\theta_1} v_{l_1} \otimes u_{m_1} & e^{j\theta_1} v_{l_2} \otimes u_{m_2} \\ \vdots & \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} v_{l_1} \otimes u_{m_1} & e^{j\theta_{N-1}} v_{l_2} \otimes u_{m_2} \end{bmatrix},$$

trong đó $v_l \otimes u_m$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa tương ứng với mỗi nhóm cổng anten trên lớp dữ liệu thứ nhất; $v_l \otimes u_m$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa tương ứng với mỗi nhóm cổng anten trên lớp dữ liệu thứ hai; phương pháp phản hồi PMI tương ứng giống như phương pháp phản hồi PMI với dãy 1; và

trong đó
$$v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 K_1}} \end{bmatrix}^T$$
, trong đó v_l biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_l , K_l là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm, $l=1$ hoặc 2 ;

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 K_2}} \end{bmatrix}^T$$
, trong đó u_m biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_2 , K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm, và $m=1$ hoặc 2 ; l là chức năng của chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, và có sự tương ứng với PMI thứ nhất; m là chức năng của chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, và có sự tương ứng với PMI thứ nhất; PMI thứ nhất có thể là PMI dải tần rộng; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn các thông số chênh lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các nhóm cổng anten khác nhau, hoặc biểu diễn các hệ số pha giữa các cổng anten theo các hướng phân cực khác nhau, hoặc biểu diễn các thông số chênh lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các panen anten; các giá trị của $(e^{j\theta_1} \dots e^{j\theta_{N-1}})$ có thể là $\{+1, -1, +j, -j\}$; và N có thể biểu diễn số lượng của các nhóm cổng anten hoặc có thể biểu diễn số lượng của các panen anten.

Theo cách khác, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong số mã với dãy 1 có thể như sau:

$$W_{l,m,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_{l,m} \\ e^{j\theta_1} v_{l,m} \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} v_{l,m} \end{bmatrix},$$

$$\text{trong đó } v_{l,m} = \begin{bmatrix} u_m & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} u_m & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} u_m \end{bmatrix}^T, \text{ trong đó } v_{l,m} \text{ biểu}$$

diễn vector mà độ dài của nó là $K_1 \times K_2$, và K_1 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm;

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}^T \text{ hoặc } u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}, \text{ trong}$$

đó u_m biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_2 , và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l là chức năng của chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, và có sự tương ứng với PMI thứ nhất; PMI thứ nhất có thể là PMI dải tần rộng; m là chức năng của chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, và có sự tương ứng với PMI thứ nhất; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn các thông số chênh lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các nhóm cổng anten khác nhau, hoặc biểu diễn các hệ số pha giữa các cổng anten theo các hướng phân cực khác nhau, hoặc biểu diễn các thông số chênh lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các panen anten; các giá trị của $(e^{j\theta_1} \dots e^{j\theta_{N-1}})$ có thể là $\{+1, -1, +j, -j\}$; và N có thể biểu diễn số lượng của các nhóm cổng anten hoặc có thể biểu diễn số lượng của các panen anten.

Cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong số mã với dãy 2 có thể như sau:

$$W_{l,m,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_{l_1,m_1} & v_{l_2,m_2} \\ e^{j\theta_1} v_{l_1,m_1} & e^{j\theta_1} v_{l_2,m_2} \\ \vdots & \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} v_{l_1,m_1} & e^{j\theta_{N-1}} v_{l_2,m_2} \end{bmatrix},$$

trong đó $v_{l,m}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa tương ứng với mỗi nhóm cổng Anten trên lớp dữ liệu thứ nhất; v_{l_2,m_2} biểu diễn ma trận tiền mã hóa tương ứng với mỗi nhóm cổng Anten trên lớp dữ liệu thứ hai; phương pháp phản hồi PMI tương ứng giống như phương pháp phản hồi PMI với dây 1; l là chức năng của chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, và có sự tương ứng với PMI thứ nhất; m là chức năng của chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, và có sự tương ứng với PMI thứ nhất; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn các thông số chênh lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các nhóm cổng Anten khác nhau, hoặc biểu diễn các hệ số pha giữa các cổng Anten theo các hướng phân cực khác nhau, hoặc biểu diễn các thông số chênh lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các Anten Anten; các giá trị của $(e^{j\theta_1} \dots e^{j\theta_{N-1}})$ có thể là $\{+1, -1, +j, -j\}$; và N có thể biểu diễn số lượng của các nhóm cổng Anten hoặc có thể biểu diễn số lượng của các Anten Anten;

hoặc,

$$W_{l,m,a_1,\dots,a_N}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{NK_1K_2}} \begin{bmatrix} a_1 v_{l,m} \\ a_2 v_{l,m} \\ \vdots \\ a_N v_{l,m} \end{bmatrix},$$

trong đó $(a_1, \dots, a_N)$ biểu diễn các hệ số biên độ, và $0 \leq a_1, \dots, a_N \leq 1$.

Một cách tùy chọn, các PMI được phản hồi bởi thiết bị người dùng tới trạm gốc bao gồm PMI thứ nhất và PMI thứ hai. PMI thứ nhất tương ứng với hai chỉ

số số mã. Nhằm mô tả đơn giản, hai chỉ số số mã được đề cập đến là chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất. PMI thứ hai tương ứng với chỉ số số mã thứ hai. Giá trị của n được chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ hai. Giá trị của m được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất hoặc được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai. Giá trị của l được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất hoặc được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai.

$(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn các thông số chênh lệch, ví dụ, các độ lệch pha, giữa các nhóm công anten khác nhau, và $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ có thể được xác định bởi chỉ số số mã thứ hai. Ví dụ, chỉ số số mã thứ hai bao gồm các giá trị $i_{2,r}$, trong đó $r = 1, \dots, N-1$, và $\theta_r = 2\pi i_{2,r} / X$, trong đó X có thể là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$. Theo cách khác, tất cả các giá trị hoặc một vài giá trị trong $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ có thể được xác định bởi chỉ số số mã thứ nhất. Ví dụ, chỉ số số mã thứ nhất bao gồm các giá trị $i_{1,r}$, trong đó $r = 1, \dots, N-1$, và $\theta_r = 2\pi i_{1,r} / X$, trong đó X có thể là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$. Theo cách khác, tất cả các giá trị hoặc một vài giá trị trong $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ có thể được xác định bởi cả PMI thứ nhất và PMI thứ hai. Ví dụ, $\theta_i = a_i \cdot b_i$, trong đó $a_i \in \left\{ e^{j\frac{\pi}{4}}, e^{j\frac{3\pi}{4}}, e^{j\frac{5\pi}{4}}, e^{j\frac{7\pi}{4}} \right\}$, $b_i \in \left\{ e^{j\frac{-\pi}{4}}, e^{j\frac{\pi}{4}} \right\}$, a_i được xác định bởi PMI thứ nhất, và b_i được xác định bởi PMI thứ hai.

Ví dụ cụ thể về số mã khi $N=4$ được đưa ra dưới đây:

$i_{1,1}$	$i_{1,2}$	$i_{2,1}, i_{2,2}, i_{2,3}, i_{2,4}$
		0, 1, 2, 3
0, 1, ..., $O_1 N_1 - 1$	0, 1, ..., $O_2 N_2 - 1$	$W_{i_{1,1}, i_{1,2}, i_{2,1}, i_{2,2}, i_{2,3}, i_{2,4}}^{(1)}$

$$W_{l,m,p_1,\dots,p_4}^{(1)} = \begin{bmatrix} e^{j2\pi p_1/X} v_l \otimes u_m \\ e^{j2\pi p_2/X} v_l \otimes u_m \\ e^{j\pi p_3/X} v_l \otimes u_m \\ e^{j\pi p_4/X} v_l \otimes u_m \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{\sqrt{4K_1K_2}} \quad \text{hoặc} \quad W_{l,m,n,p,q}^{(1)} = \begin{bmatrix} e^{j2\pi p_1/X} v_{l,m} \\ e^{j2\pi p_2/X} v_{l,m} \\ e^{j2\pi p_3/X} v_{l,m} \\ e^{j2\pi p_4/X} v_{l,m} \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{\sqrt{4K_1K_2}}$$

hoặc,

$i_{1,1}$	$i_{1,2}$	$i_{2,1}, i_{2,2}, i_{2,3}$
		0, 1, 2, 3
0, 1, ..., O_1N_1-1	0, 1, ..., O_2N_2-1	$W_{i_{1,1}, i_{1,2}, i_{2,1}, i_{2,2}, i_{2,3}}^{(1)}$
$W_{l,m,p_1,\dots,p_3}^{(1)} = \begin{bmatrix} v_l \otimes u_m \\ e^{j2\pi p_1/X} v_l \otimes u_m \\ e^{j\pi p_2/X} v_l \otimes u_m \\ e^{j\pi p_3/X} v_l \otimes u_m \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{\sqrt{4K_1K_2}}$		hoặc $W_{l,m,n,p,q}^{(1)} = \begin{bmatrix} v_{l,m} \\ e^{j2\pi p_1/X} v_{l,m} \\ e^{j2\pi p_2/X} v_{l,m} \\ e^{j2\pi p_3/X} v_{l,m} \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{\sqrt{4K_1K_2}}$

Các PMI thứ nhất $i_{1,1}$ và $i_{1,2}$ là các PMI dải tần rộng, và các PMI thứ hai $i_{2,1}, i_{2,2}, i_{2,3}$, và $i_{2,4}$ là các PMI dải tần con, hoặc một vài giá trị là các PMI dải tần rộng, và các giá trị còn lại là các PMI dải tần con. Ví dụ về hệ số biên độ giống như vậy.

Theo cách thực hiện có thể, nếu thông số chênh lệch số mã khối là độ lệch pha, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong số mã được thể hiện cụ thể theo công thức 1.1 sau:

$$W_{l,m,n,\theta,\phi}^{(1)} = \begin{bmatrix} v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \\ \varphi_n \cdot v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \end{bmatrix} \quad \text{Công thức 1.1}$$

Một cách tùy chọn, công thức có thể là $W_{l,m,n,\phi,\theta}^{(1)} = \frac{1}{2N_1N_2K_1K_2} \cdot \begin{bmatrix} v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \\ \varphi_n v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \end{bmatrix}$,

trong đó $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân cực của anten; $v_{l,\theta} = [v_l \quad e^{j\theta_1} v_l \quad \dots \quad e^{j\theta_{N_1}} v_l]$; một cách tùy chọn,

$v_{l,\theta} = [v_l \quad e^{j\theta_1} v_l \quad \dots \quad e^{j\theta_{N_1-1}} v_l]^T$, trong đó v_l biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong số mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các số mã khối N_l theo chiều ngang và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối;

$$v_l = \left[1 \quad e^{j\frac{2\pi}{O_1 \cdot K_1}} \quad \dots \quad e^{j\frac{2\pi(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \right]$$
 , trong đó v_l biểu diễn rằng mỗi số mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_l , và K_l là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi số mã khối theo chiều ngang; θ biểu diễn thông số chênh lệch pha theo chiều ngang; $(\theta_1 \quad \dots \quad \theta_{N_1})$ biểu diễn độ lệch pha giữa các vector tiền mã hóa trong các số mã khối khác nhau theo chiều ngang;

$$u_{m,\phi} = [u_m \quad e^{j\phi_1} u_m \quad \dots \quad e^{j\phi_{N_2-1}} u_m]$$
 ; một cách tùy chọn,

$$u_{m,\phi} = [u_m \quad e^{j\phi_1} u_m \quad \dots \quad e^{j\phi_{N_2-1}} u_m]^T$$
 , trong đó $u_{m,\phi}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong số mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các số mã khối N_2 theo chiều thẳng đứng và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối;

$$u_m = \left[1 \quad e^{j\frac{2\pi m}{O_2 \cdot K_2}} \quad \dots \quad e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \right]$$
 , trong đó u_m biểu diễn rằng mỗi số mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_2 , và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi số mã theo chiều thẳng đứng; ϕ biểu diễn thông số chênh lệch pha theo chiều thẳng đứng; $(\phi_1 \quad \dots \quad \phi_{N_2})$ biểu diễn các độ lệch pha giữa các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối khác nhau theo chiều thẳng đứng; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l , m , và n đều là chức năng của chỉ số số mã; chỉ số số mã có sự tương ứng với PMI; j là số ảo đơn vị; và $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker.

$$W_{l,m,n,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \left(\begin{array}{c} v_l \otimes u_m \\ e^{j\theta_1} \cdot v_l \otimes u_m \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} \cdot v_l \otimes u_m \\ \varphi_n \left(\begin{array}{c} v_l \otimes u_m \\ e^{j\theta_1} \cdot v_l \otimes u_m \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} \cdot v_l \otimes u_m \end{array} \right) \end{array} \right) \cdot \frac{1}{2N_1 N_2 K_1 K_2} \quad (\phi_1, \phi_2 \dots \phi_n)$$

Theo cách khác,

không cần được chỉ báo, và phương pháp chỉ báo PMI dưới đây giống như phương pháp nêu trên, và được bỏ qua ở đây),

$$\text{trong đó } v_l = \left[1 \quad e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} \quad \dots \quad e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \right]^T, \text{ trong đó } v_l \text{ biểu diễn}$$

vector DFT mà độ dài của nó là K_l , và K_l là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm;

$$u_m = \left[1 \quad e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} \quad \dots \quad e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \right]^T, \text{ trong đó } u_m \text{ biểu diễn vector DFT mà}$$

độ dài của nó là K_2 , và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm.

$$W_{l,m,n,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \left(\begin{array}{c} v_{l,m} \\ e^{j\theta_1} v_{l,m} \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} v_{l,m} \\ \varphi_n \left(\begin{array}{c} v_{l,m} \\ e^{j\theta_1} v_{l,m} \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} v_{l,m} \end{array} \right) \end{array} \right) \cdot \frac{1}{2N_1 N_2 K_1 K_2} \quad (\phi_1, \phi_2 \dots \phi_n)$$

Theo cách khác,

không cần được chỉ báo, và phương pháp chỉ báo PMI dưới đây giống như phương pháp nêu trên, và được bỏ qua ở đây),

$$\text{trong đó } v_{l,m} = \left[u_m \quad e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} u_m \quad \dots \quad e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} u_m \right]^T, \text{ trong đó } v_{l,m} \text{ biểu}$$

diễn vector mà độ dài của nó là $K_l K_2$, và K_l là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm;

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 K_2}} \end{bmatrix}^T \text{ hoặc } u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 K_2}} \end{bmatrix}, \text{ trong}$$

đó u_m biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_2 , và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm; và O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên.

Theo cách thực hiện có thể này, cách chỉ báo độ lệch pha nhờ sử dụng PMI có thể được phân loại thành các cách có thể sau:

Cách thứ nhất: Các PMI bao gồm PMI thứ nhất và PMI thứ hai. PMI thứ nhất tương ứng với hai chỉ số số mã. Nhằm mô tả đơn giản, hai chỉ số số mã được đề cập đến là chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất. PMI thứ hai tương ứng với chỉ số số mã thứ hai. Các độ lệch pha $(\theta_1 \dots \theta_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, và các độ lệch pha $(\phi_1 \dots \phi_{N_2})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất. Một cách tùy chọn, giá trị của n được chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ hai; giá trị của m được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai; và giá trị của l được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai.

Ví dụ cụ thể được sử dụng để mô tả mối tương quan giữa l , m , và n . Để biết thêm thông tin chi tiết, xem bảng 1.

Bảng 1

i_2		
1	2	3
$W_{2i_{1,1}, 2i_{1,2}, 1}^{(1)}$	$W_{2i_{1,1}, 2i_{1,2}, 2}^{(1)}$	$W_{2i_{1,1}, 2i_{1,2}, 3}^{(1)}$
i_2		
5	6	7

$W_{2i_{1,1}+1,2i_{1,2},1}^{(1)}$	$W_{2i_{1,1}+1,2i_{1,2},2}^{(1)}$	$W_{2i_{1,1}+1,2i_{1,2},3}^{(1)}$
i_2		
9	10	11
$W_{2i_{1,1},2i_{1,2}+1,1}^{(1)}$	$W_{2i_{1,1},2i_{1,2}+1,2}^{(1)}$	$W_{2i_{1,1},2i_{1,2}+1,3}^{(1)}$

Trên bảng 1, $i_{1,1}$ biểu diễn chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất; $i_{1,2}$ biểu diễn chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất; và i_2 biểu diễn chỉ số số mã thứ hai. Các giá trị cụ thể của $i_{1,1}$ và $i_{1,2}$ không được giới hạn cụ thể theo phương án này. Khi $i_2=2$, $l=2i_{1,1}$, $m=2i_{1,2}$, và $n=2$. Khi $i_2=6$, $l=2i_{1,1}+1$, $m=2i_{1,2}$, và $n=2$. Khi $i_2=10$, $l=2i_{1,1}$, $m=2i_{1,2}+1$, và $n=2$.

Những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng có thể hiểu rằng, cách xác định mối tương quan giữa l , m , và n , và xác định các giá trị của l , m , và n dưới đây giống như cách xác định theo phương án này. Do đó, các phần chi tiết không được mô tả lại.

Cách thứ hai: Các PMI bao gồm PMI thứ nhất và PMI thứ hai. PMI thứ nhất tương ứng với hai chỉ số số mã. Nhằm mô tả đơn giản, hai chỉ số số mã được đề cập đến là chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất. PMI thứ hai tương ứng với chỉ số số mã thứ hai. Các giá trị của n , độ lệch pha $(\phi_1 \cdots \phi_{N_2})$, và độ lệch pha $(\theta_1 \cdots \theta_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ hai. Giá trị của m được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai. Giá trị của l được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai.

Một cách tùy chọn, giá trị của PMI thứ hai có thể tương ứng với hai chỉ số số mã. Nhằm mô tả đơn giản, hai chỉ số số mã được đề cập đến là chỉ số số mã theo chiều ngang thứ hai và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ hai. Các độ lệch pha $(\phi_1 \cdots \phi_{N_2})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ

hai. $(\theta_1 \cdots \theta_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ hai. Giá trị của n được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ hai và chỉ số số mã theo chiều ngang thứ hai. Giá trị của m được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ hai. Giá trị của l được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều ngang thứ hai.

Cách thứ ba: Các PMI bao gồm PMI thứ nhất, PMI thứ hai, và PMI thứ ba. PMI thứ nhất tương ứng với hai chỉ số số mã. Nhằm mô tả đơn giản, hai chỉ số số mã được đề cập đến là chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất. PMI thứ hai tương ứng với chỉ số số mã thứ hai. PMI thứ ba tương ứng với chỉ số số mã thứ ba. Các giá trị của các độ lệch pha $(\theta_1 \cdots \theta_{N_1})$ và $(\phi_1 \cdots \phi_{N_2})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ ba. Một cách tùy chọn, giá trị của n được chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ hai; giá trị của m được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai; và giá trị của l được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai. Một cách tùy chọn, ví dụ, chỉ số số mã thứ ba bao gồm các giá trị i_{3r} và i_{3s} , trong đó $r = 1, \dots, N_1 - 1$, $s = 1, \dots, N_2 - 1$, $\theta_r = 2\pi i_{3r} / X$, và $\phi_s = 2\pi i_{3s} / X$, trong đó X có thể là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8\}$. PMI thứ nhất có thể là PMI dải tần rộng, PMI thứ hai là PMI dải tần con, và PMI thứ ba có thể là PMI dải tần rộng hoặc có thể là PMI dải tần con.

Một cách tùy chọn, PMI thứ ba có thể tương ứng với hai chỉ số số mã. Nhằm mô tả đơn giản, hai chỉ số số mã được đề cập đến là chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ ba và chỉ số số mã theo chiều ngang thứ ba. Trong trường hợp này, các giá trị của $(\phi_1 \cdots \phi_{N_2})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ ba, và các giá trị của $(\theta_1 \cdots \theta_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ ba.

Một cách tùy chọn, ví dụ, chỉ số số mã theo chiều ngang thứ ba bao gồm

các giá trị l_{3r}^h , trong đó $r = 1, \dots, N_1 - 1$, và $\theta_r = 2\pi l_{3r}^h / X$, trong đó X có thể là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$; và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ ba bao gồm các giá trị l_{3r}^v , trong đó $r = 1, \dots, N_2 - 1$, và $\phi_r = 2\pi l_{3r}^v / X$, trong đó X có thể là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8\}$. PMI thứ nhất là PMI dải tần rộng, PMI thứ hai là PMI dải tần con, và PMI thứ ba có thể là PMI dải tần rộng hoặc có thể là PMI dải tần con. Về phía UE, UE có thể thực hiện đánh giá kênh dựa trên tín hiệu tham chiếu, theo đó xác định $W_{l,m,n,\theta,\phi}^{(1)}$, các giá trị của $(l, m, n, \theta_1, \dots, \theta_{N_1}, \phi_1, \dots, \phi_{N_2})$, và chỉ số số mã, và sau đó phản hồi PMI tương ứng với chỉ số số mã tới trạm gốc. Về phía trạm gốc, chỉ số số mã tương ứng với PMI nhận được, và các giá trị của $(l, m, n, \beta_1, \dots, \beta_{N_1}, \alpha_1, \dots, \alpha_{N_2})$ có thể nhận được. Ma trận tiền mã hóa đích có thể nhận được dựa trên các giá trị của $(l, m, n, \theta_1, \dots, \theta_{N_1}, \phi_1, \dots, \phi_{N_2})$ và $W_{l,m,n,\theta,\phi}^{(1)}$.

Theo cách thực hiện có thể khác, nếu thông số chênh lệch số mã khối là độ lệch giá trị môđun, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong số mã được thể hiện cụ thể theo công thức 1.2 sau:

$$W_{l,m,n,\beta,\alpha}^{(1)} = \begin{bmatrix} v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \\ \varphi_n \cdot v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \end{bmatrix} \quad \text{Công thức 1.2.}$$

Một cách tùy chọn, công thức có thể là:

$$W_{l,m,n,\phi,\theta}^{(1)} = \frac{1}{2N_1N_2K_1K_2} \cdot \begin{bmatrix} v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \\ \varphi_n v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \end{bmatrix},$$

trong đó $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân cực của anten; $v_{l,\beta} = [v_l \ \beta_1 v_l \ \dots \ \beta_{N_1} v_l]$; một cách tùy chọn, $v_{l,\beta} = [v_l \ \beta_1 v_l \ \dots \ \beta_{N_1-1} v_l]^T$, trong đó $v_{l,\beta}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong số mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các số mã khối N_1 theo chiều ngang và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối; $v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi}{O_1 \cdot K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix}$, trong đó v_l biểu diễn rằng

mỗi số mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_l , và K_l là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi số mã khối theo chiều ngang; β biểu diễn thông số chênh lệch giá trị môđun theo chiều ngang; $(\beta_1 \cdots \beta_{N_l})$ biểu diễn các độ lệch giá trị môđun giữa các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối khác nhau theo chiều ngang; $u_{m,\alpha} = [u_m \ \alpha_1 u_m \ \cdots \ \alpha_{N_2} u_m]$; một cách tùy chọn, $u_{m,\alpha} = [u_m \ \alpha_1 u_m \ \cdots \ \alpha_{N_2-1} u_m]^T$, trong đó $u_{m,\alpha}$ biểu diễn N_2 các vector DFT tương ứng với các số mã khối N_2 theo chiều thẳng đứng; $u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 \cdot K_2}} & \cdots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}$, trong đó u_m biểu diễn rằng mỗi số mã khối được tạo nên dựa trên vector DFT mà độ dài của nó là K_2 , và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi số mã khối theo chiều thẳng đứng; α biểu diễn thông số chênh lệch giá trị môđun theo chiều thẳng đứng; $(\alpha_1 \cdots \alpha_{N_l})$ biểu diễn các độ lệch giá trị môđun giữa các vector tiền mã hóa trong các số mã khối khác nhau theo chiều thẳng đứng; O_l và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l, m , và n đều là chức năng của chỉ số số mã; chỉ số số mã có sự tương ứng với PMI; j là số ảo đơn vị; và $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker.

Theo cách thực hiện có thể này, cách chỉ báo độ lệch giá trị môđun nhờ sử dụng PMI có thể được phân loại theo các cách thực hiện có thể sau:

Cách thứ nhất: Các PMI bao gồm PMI thứ nhất và PMI thứ hai. PMI thứ nhất tương ứng với hai chỉ số số mã. Nhằm mô tả đơn giản, hai chỉ số số mã được đề cập đến là chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất. PMI thứ hai tương ứng với chỉ số số mã thứ hai. Các độ lệch giá trị môđun $(\beta_1 \cdots \beta_{N_l})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất. Các độ lệch giá trị môđun $(\alpha_1 \cdots \alpha_{N_l})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất. Một cách tùy chọn, giá trị của n được

chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ hai; giá trị của m được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai; và giá trị của l được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai.

Cách thứ hai: Các PMI bao gồm PMI thứ nhất và PMI thứ hai. PMI thứ nhất tương ứng với hai chỉ số số mã. Nhằm mô tả đơn giản, hai chỉ số số mã được đề cập đến là chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất. PMI thứ hai tương ứng với chỉ số số mã thứ hai. Các giá trị của n , $(\alpha_1 \cdots \alpha_{N_1})$, và $(\beta_1 \cdots \beta_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ hai. Giá trị của m được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai. Giá trị của l được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai.

Một cách tùy chọn, giá trị của PMI thứ hai có thể tương ứng với hai chỉ số số mã. Nhằm mô tả đơn giản, hai chỉ số số mã được đề cập đến là chỉ số số mã theo chiều ngang thứ hai và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ hai. $(\alpha_1 \cdots \alpha_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ hai. $(\beta_1 \cdots \beta_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ hai. Giá trị của n được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ hai và chỉ số số mã theo chiều ngang thứ hai. Giá trị của m được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ hai. Giá trị của l được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều ngang thứ hai.

Cách thứ ba: Các PMI bao gồm PMI thứ nhất, PMI thứ hai, và PMI thứ ba. PMI thứ nhất tương ứng với hai chỉ số số mã. Nhằm mô tả đơn giản, hai chỉ số số mã được đề cập đến là chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất. PMI thứ hai tương ứng với chỉ số số mã thứ hai. PMI thứ ba tương ứng với chỉ số số mã thứ ba. Các giá trị của $(\alpha_1 \cdots \alpha_{N_1})$, $(\beta_1 \cdots \beta_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ ba. Một cách tùy chọn, giá trị của n được chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ hai; giá trị của m được chỉ báo bởi

chỉ số sỏ mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất và chỉ số sỏ mã thứ hai; và giá trị của l được chỉ báo bởi chỉ số sỏ mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số sỏ mã thứ hai.

Một cách tùy chọn, giá trị của PMI thứ ba có thể tương ứng với hai chỉ số sỏ mã. Nhằm mô tả đơn giản, hai chỉ số sỏ mã được đề cập đến là chỉ số sỏ mã theo chiều thẳng đứng thứ ba và chỉ số sỏ mã theo chiều ngang thứ ba. Trong trường hợp này, các giá trị của $(\alpha_1 \cdots \alpha_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số sỏ mã theo chiều thẳng đứng thứ ba, và các giá trị của $(\beta_1 \cdots \beta_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số sỏ mã theo chiều ngang thứ ba.

Về phía UE, UE có thể thực hiện đánh giá kênh dựa trên tín hiệu tham chiếu, theo đó xác định $W_{l,m,n,\theta,\phi}^{(1)}$, các giá trị của $(l,m,n,\beta_1,\dots,\beta_{N_1},\alpha_1,\dots,\alpha_{N_2})$, và chỉ số sỏ mã, và sau đó phản hồi PMI tương ứng với chỉ số sỏ mã tới trạm gốc. Về phía trạm gốc, chỉ số sỏ mã tương ứng với PMI nhận được, và các giá trị của $(l,m,n,\beta_1,\dots,\beta_{N_1},\alpha_1,\dots,\alpha_{N_2})$ có thể nhận được. Ma trận tiền mã hóa đích có thể nhận được dựa trên các giá trị của $(l,m,n,\beta_1,\dots,\beta_{N_1},\alpha_1,\dots,\alpha_{N_2})$ và $W_{l,m,n,\theta,\phi}^{(1)}$.

Tiếp theo, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong sỏ mã khi các vector tương ứng với các sỏ mã khối là các vector tương ứng với các chùm tín hiệu ở các góc phát xạ khác nhau được mô tả. Fig.5 là hình vẽ giản lược thứ hai của panen anten và chùm tín hiệu theo một phương án của sáng chế. Như được thể hiện trên Fig.5, các vector tương ứng với các sỏ mã khối có thể là các vector DFT tương ứng với chùm tín hiệu ở cùng góc phát xạ hoặc các vector DFT tương ứng với các chùm tín hiệu ở các góc phát xạ khác nhau. Các vector DFT tương ứng với các sỏ mã khối được kết hợp thành vector DFT tương ứng với chùm tín hiệu truyền theo cách nối hoặc tương tự.

Theo cách thực hiện có thể, nếu thông số chênh lệch sỏ mã khối là độ lệch pha, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong sỏ mã được thể hiện theo công thức 1.3:

$$W_{l,m,n,\phi,\theta}^{(1)} = \begin{bmatrix} v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \\ \varphi_n \cdot v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \end{bmatrix} \quad \text{Công thức 1.3.}$$

Một cách tùy chọn, công thức có thể là:

$$W_{l,m,n,\phi,\theta}^{(1)} = \frac{1}{2N_1N_2K_1K_2} \cdot \begin{bmatrix} v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \\ \varphi_n v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \end{bmatrix},$$

trong đó $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân cực

của anten; $v_{l,\theta} = \begin{bmatrix} v_{l_1} & e^{j\theta_1} v_{l_2} & \dots & e^{j\theta_{N_1}} v_{l_{N_1}} \end{bmatrix}$, trong đó $l = l_1 \dots l_{N_1}$; một cách

tùy chọn, $v_{l,\theta} = \begin{bmatrix} v_{l_0} & e^{j\theta_1} v_{l_1} & \dots & e^{j\theta_{N_1-1}} v_{l_{N_1-1}} \end{bmatrix}^T$, trong đó $l = l_0, l_1, \dots, l_{N_1-1}$, và v_{l_0}

biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong số mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các số mã khối N_l theo chiều ngang và giá trị thông số mã tương

ứng với thông số chênh lệch số mã khối; $v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 \cdot K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix}$,

trong đó v_l biểu diễn rằng mỗi số mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_l , và K_l là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi số mã khối theo chiều ngang; θ biểu diễn thông số chênh

lệch pha theo chiều ngang; $(\theta_1 \dots \theta_{N_1})$ biểu diễn các độ lệch pha giữa các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối khác nhau theo

chiều ngang; $u_{m,\phi} = \begin{bmatrix} u_{m_1} & e^{j\phi_1} u_{m_2} & \dots & e^{j\phi_{N_2}} u_{m_{N_2}} \end{bmatrix}$, trong đó $m = m_1 \dots m_{N_2}$;

một cách tùy chọn, $u_{m,\phi} = \begin{bmatrix} u_{m_0} & e^{j\phi_1} u_{m_1} & \dots & e^{j\phi_{N_2-1}} u_{m_{N_2-1}} \end{bmatrix}^T$, trong đó

$m = m_0, m_1, \dots, m_{N_2-1}$, và $u_{m,\phi}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong số mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các số mã khối N_2 theo chiều thẳng đứng và giá trị thông số mã tương ứng với thông số chênh lệch số mã

khối; $u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 \cdot K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}$, trong đó u_m biểu diễn rằng mỗi

số mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_2 , và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi số mã theo chiều

thẳng đứng; ϕ biểu diễn thông số chênh lệch pha theo chiều thẳng đứng; $(\phi \cdots \phi_{N_2})$ biểu diễn các độ lệch pha giữa các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối khác nhau theo chiều thẳng đứng; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l , m , và n đều là chức năng của chỉ số số mã; chỉ số số mã có sự tương ứng với PMI; j là số ảo đơn vị; và $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker.

Theo cách thực hiện có thể này, cách chỉ báo độ lệch pha nhờ sử dụng PMI có thể được phân loại thành các cách có thể sau:

Cách thứ nhất: Các PMI bao gồm PMI thứ nhất và PMI thứ hai. PMI thứ nhất tương ứng với hai chỉ số số mã. Nhằm mô tả đơn giản, hai chỉ số số mã được đề cập đến là chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất. PMI thứ hai tương ứng với chỉ số số mã thứ hai. $(\phi \cdots \phi_{N_2})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất. $(\theta \cdots \theta_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất. Một cách tùy chọn, giá trị của n được chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ hai; $(m_1 \cdots m_{N_2})$ được chỉ báo bởi cả chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai; và $(l_1 \cdots l_{N_1})$ được chỉ báo bởi cả chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai. Một cách tùy chọn, $(m_0, m_1, \dots, m_{N_2-1})$ có thể được chỉ báo bởi cả chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai, và $(l_0, l_1, \dots, l_{N_1-1})$ có thể được chỉ báo bởi cả chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai.

Một cách tùy chọn, PMI thứ nhất có thể tương ứng với chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, chỉ số số mã theo chiều ngang chênh lệch thứ nhất, chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng chênh lệch thứ nhất. $(\phi \cdots \phi_{N_2})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất. Các giá trị của $(\theta \cdots \theta_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã

theo chiều ngang thứ nhất. Một cách tùy chọn, giá trị của n được chỉ báo bởi chỉ số sỏ mã thứ hai. Trong trường hợp này, nên có mối tương quan chức năng thiết đặt trước (chẳng hạn như mối tương quan tuyến tính) giữa $(m_1 \cdots m_{N_2})$, và $(m_1 \cdots m_{N_2})$ được chỉ báo bởi chỉ số sỏ mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, chỉ số sỏ mã theo chiều thẳng đứng chênh lệch thứ nhất, và chỉ số sỏ mã thứ hai. Cũng nên có mối tương quan chức năng thiết đặt trước (chẳng hạn như mối tương quan tuyến tính) giữa $(l_1 \cdots l_{N_1})$, và $(l_1 \cdots l_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số sỏ mã theo chiều ngang thứ nhất, chỉ số sỏ mã theo chiều ngang chênh lệch thứ nhất, và chỉ số sỏ mã thứ hai. Một cách tùy chọn, nên có mối tương quan chức năng thiết đặt trước (chẳng hạn như mối tương quan tuyến tính) giữa $(m_0, m_1, \cdots, m_{N_2-1})$, và $(m_0, m_1, \cdots, m_{N_2-1})$ được chỉ báo bởi chỉ số sỏ mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, chỉ số sỏ mã theo chiều thẳng đứng chênh lệch thứ nhất, và chỉ số sỏ mã thứ hai. Cũng nên có mối tương quan chức năng thiết đặt trước (chẳng hạn như mối tương quan tuyến tính) giữa $(l_0, l_1, \cdots, l_{N_1-1})$, và $(l_0, l_1, \cdots, l_{N_1-1})$ được chỉ báo bởi chỉ số sỏ mã theo chiều ngang thứ nhất, chỉ số sỏ mã theo chiều ngang chênh lệch thứ nhất, và chỉ số sỏ mã thứ hai.

Cách thứ hai: Các PMI bao gồm PMI thứ nhất và PMI thứ hai. PMI thứ nhất tương ứng với hai chỉ số sỏ mã. Nhằm mô tả đơn giản, hai chỉ số sỏ mã được đề cập đến là chỉ số sỏ mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số sỏ mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất. PMI thứ hai tương ứng với chỉ số sỏ mã thứ hai. Các giá trị của n , $(\phi_1 \cdots \phi_{N_2})$, và $(\theta_1 \cdots \theta_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số sỏ mã thứ hai. $(m_1 \cdots m_{N_2})$ được chỉ báo bởi cả chỉ số sỏ mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất và chỉ số sỏ mã thứ hai, và $(l_1 \cdots l_{N_1})$ được chỉ báo bởi cả chỉ số sỏ mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số sỏ mã thứ hai. Một cách tùy chọn, $(m_0, m_1, \cdots, m_{N_2-1})$ có thể được chỉ báo bởi cả chỉ số sỏ mã theo chiều thẳng đứng

thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai, và $(l_0, l_1, \dots, l_{N_1-1})$ có thể được chỉ báo bởi cả chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai.

Một cách tùy chọn, giá trị của PMI thứ hai có thể tương ứng với hai chỉ số số mã. Nhằm mô tả đơn giản, hai chỉ số số mã được đề cập đến là chỉ số số mã theo chiều ngang thứ hai và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ hai.

$(\theta_1 \dots \theta_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ hai.

$(\theta_1 \dots \theta_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ hai. Giá trị của n được chỉ báo bởi cả chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ hai và chỉ số số mã theo chiều ngang thứ hai. $(m_1 \dots m_{N_2})$ được chỉ báo bởi cả chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ hai.

$(l_1 \dots l_{N_1})$ được chỉ báo bởi cả chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều ngang thứ hai. Một cách tùy chọn, $(m_0, m_1, \dots, m_{N_2-1})$ có thể được chỉ báo bởi cả chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ hai, và $(l_0, l_1, \dots, l_{N_1-1})$ có thể được chỉ báo bởi cả chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều ngang thứ hai.

Cách thứ ba: Các PMI bao gồm PMI thứ nhất, PMI thứ hai, và PMI thứ ba. PMI thứ nhất tương ứng với hai chỉ số số mã. Nhằm mô tả đơn giản, hai chỉ số số mã được đề cập đến là chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất. PMI thứ hai tương ứng với chỉ số số mã thứ hai. PMI thứ ba tương ứng với chỉ số số mã thứ ba. Giá trị của n được chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ hai. $(m_1 \dots m_{N_2})$ được chỉ báo bởi tất cả chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, chỉ số số mã thứ hai, và chỉ số số mã thứ ba. $(l_1 \dots l_{N_1})$ được chỉ báo bởi tất cả chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, chỉ số số mã thứ hai, và chỉ số số mã thứ ba. $(\phi_1 \dots \phi_{N_2})$ và $(\theta_1 \dots \theta_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ ba. Một cách tùy chọn, $(m_0, m_1, \dots, m_{N_2-1})$ có thể được chỉ báo bởi tất cả

chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, chỉ số số mã thứ hai, và chỉ số số mã thứ ba; $(l_0, l_1, \dots, l_{N_1-1})$ có thể được chỉ báo bởi tất cả chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, chỉ số số mã thứ hai, và chỉ số số mã thứ ba; và $(\phi_1 \dots \phi_{N_2})$ và $(\theta_1 \dots \theta_{N_1})$ có thể được chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ ba.

Một cách tùy chọn, PMI thứ ba có thể tương ứng với chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ ba và chỉ số số mã theo chiều ngang thứ ba. Trong trường hợp này, $(\phi_1 \dots \phi_{N_2})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ ba, và $(\theta_1 \dots \theta_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ ba. $(m_1 \dots m_{N_2})$ được chỉ báo bởi tất cả chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, chỉ số số mã thứ hai, và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ ba. $(l_1 \dots l_{N_1})$ được chỉ báo bởi tất cả chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, chỉ số số mã thứ hai, và chỉ số số mã theo chiều ngang thứ ba. Một cách tùy chọn, $(m_0, m_1, \dots, m_{N_2-1})$ có thể được chỉ báo bởi tất cả chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, chỉ số số mã thứ hai, và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ ba, và $(l_0, l_1, \dots, l_{N_1-1})$ có thể được chỉ báo bởi tất cả chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, chỉ số số mã thứ hai, và chỉ số số mã theo chiều ngang thứ ba.

Về phía UE, UE có thể thực hiện đánh giá kênh dựa trên tín hiệu tham chiếu, theo đó xác định $W_{l,m,n,\theta,\phi}^{(1)}$, các giá trị của $(l_1 \dots l_{N_1}, m_1 \dots m_{N_2}, n, \theta_1, \dots, \theta_{N_1}, \phi_1, \dots, \phi_{N_2})$, và chỉ số số mã, và sau đó phản hồi PMI tương ứng với chỉ số số mã tới trạm gốc. Về phía trạm gốc, chỉ số số mã tương ứng với PMI nhận được, và các giá trị của $(l_1 \dots l_{N_1}, m_1 \dots m_{N_2}, n, \theta_1, \dots, \theta_{N_1}, \phi_1, \dots, \phi_{N_2})$ có thể nhận được. Ma trận tiền mã hóa đích có thể nhận được dựa trên các giá trị của $(l_1 \dots l_{N_1}, m_1 \dots m_{N_2}, n, \theta_1, \dots, \theta_{N_1}, \phi_1, \dots, \phi_{N_2})$ và $W_{l,m,n,\theta,\phi}^{(1)}$.

Một cách tùy chọn, về phía UE, UE có thể thực hiện đánh giá kênh dựa trên

tín hiệu tham chiếu, theo đó xác định $W_{l,m,n,\theta,\phi}^{(1)}$, các giá trị của $(l_0, l_1, \dots, l_{N_1-1})$, $(m_0, m_1, \dots, m_{N_2-1})$, $(\phi_1 \dots \phi_{N_2})$, $(\theta_1 \dots \theta_{N_1})$, và n , và chỉ số số mã, và sau đó phản hồi PMI tương ứng với chỉ số số mã tới trạm gốc. Về phía trạm gốc, chỉ số số mã tương ứng với PMI nhận được, và các giá trị của $(l_0, l_1, \dots, l_{N_1-1})$, $(m_0, m_1, \dots, m_{N_2-1})$, $(\phi_1 \dots \phi_{N_2})$, $(\theta_1 \dots \theta_{N_1})$, và n có thể nhận được. Ma trận tiền mã hóa đích có thể nhận được dựa trên các giá trị của $(l_0, l_1, \dots, l_{N_1-1})$, $(m_0, m_1, \dots, m_{N_2-1})$, $(\phi_1 \dots \phi_{N_2})$, $(\theta_1 \dots \theta_{N_1})$, và n , và $W_{l,m,n,\theta,\phi}^{(1)}$.

Theo cách thực hiện có thể khác, nếu thông số chênh lệch số mã khối là độ lệch giá trị môđun, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong số mã được thể hiện theo công thức 1.4:

$$W_{l,m,n,\beta,\alpha}^{(1)} = \begin{bmatrix} v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \\ \varphi_n \cdot v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \end{bmatrix} \quad \text{Công thức 1.4.}$$

Một cách tùy chọn, công thức có thể là:

$$W_{l,m,n,\phi,\theta}^{(1)} = \frac{1}{2N_1N_2K_1K_2} \cdot \begin{bmatrix} v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \\ \varphi_n v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \end{bmatrix},$$

trong đó $\varphi_n = e^{jn/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân cực của anten; $v_{l,\beta} = [v_{l_1} \ \beta_1 v_{l_2} \ \dots \ \beta_{N_1} v_{l_{N_1}}]$; một cách tùy chọn,

$v_{l,\beta} = [v_{l_0} \ \beta_1 v_{l_1} \ \dots \ \beta_{N_1-1} v_{l_{N_1-1}}]^T$, trong đó $v_{l,\beta}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong số mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các số mã khối N_l theo chiều ngang và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh

lệch số mã khối; $v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 \cdot K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix}$, trong đó $l = l_1 \dots l_{N_1}$; một

cách tùy chọn, $l = l_0, l_1, \dots, l_{N_1-1}$, v_l biểu diễn rằng mỗi số mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_l , và K_l là số lượng của các công CSI-RS tương ứng với mỗi số mã khối theo chiều ngang; β

biểu diễn thông số chênh lệch giá trị môđun theo chiều ngang;
 $(\beta_1 \cdots \beta_{N_1})$ biểu diễn các độ lệch giá trị môđun giữa các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối khác nhau theo chiều ngang;
 $u_{m,\alpha} = [u_{m_1} \quad \alpha_1 u_{m_2} \quad \cdots \quad \alpha_{N_2} u_{m_3}]$, trong đó $m = m_1 \cdots m_{N_2}$; một cách tùy chọn,
 $u_{m,\alpha} = [u_{m_0} \quad \alpha_1 u_{m_1} \quad \cdots \quad \alpha_{N_2-1} u_{m_{N_2-1}}]^T$, trong đó $m = m_0, m_1, \cdots, m_{N_2-1}$, và $u_{m,\alpha}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong số mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các số mã khối N_2 theo chiều thẳng đứng và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối;
 $u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j \frac{2\pi m}{O_2 \cdot K_2}} & \cdots & e^{j \frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}$, trong đó u_m biểu diễn rằng mỗi số mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_2 , và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi số mã khối theo chiều thẳng đứng; α biểu diễn thông số chênh lệch giá trị môđun theo chiều thẳng đứng; $(\alpha_1 \cdots \alpha_{N_1})$ biểu diễn các độ lệch giá trị môđun giữa các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối khác nhau theo chiều thẳng đứng; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l , m , và n đều là chức năng của chỉ số số mã; chỉ số số mã có sự tương ứng với PMI; j là số ảo đơn vị; và $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker.

Theo cách thực hiện có thể này, cách chỉ báo độ lệch giá trị môđun nhờ sử dụng PMI có thể được phân loại thành các cách có thể sau:

Cách thứ nhất: Các PMI bao gồm PMI thứ nhất và PMI thứ hai. PMI thứ nhất tương ứng với hai chỉ số số mã. Nhằm mô tả đơn giản, hai chỉ số số mã được đề cập đến là chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất. PMI thứ hai tương ứng với chỉ số số mã thứ hai.

$(\alpha_1 \cdots \alpha_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất.

$(\beta_1 \cdots \beta_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất. Một cách tùy chọn, giá trị của n được chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ hai; $(m_1 \cdots m_{N_2})$ được

chỉ báo bởi cả chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai; và $(l_1 \cdots l_M)$ được chỉ báo bởi cả chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai. Một cách tùy chọn, $(m_0, m_1, \dots, m_{N_2-1})$ có thể được chỉ báo bởi cả chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai, và $(l_0, l_1, \dots, l_{M-1})$ có thể được chỉ báo bởi cả chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai.

Một cách tùy chọn, PMI thứ nhất có thể tương ứng với chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, chỉ số số mã theo chiều ngang chên lệch thứ nhất, chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng chên lệch thứ nhất. $(\alpha_1 \cdots \alpha_M)$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất. $(\beta_1 \cdots \beta_M)$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất. Một cách tùy chọn, giá trị của n được chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ hai. Trong trường hợp này, nên có mối tương quan chức năng thiết đặt trước (chẳng hạn như mối tương quan tuyến tính) giữa $(m_1 \cdots m_{N_2})$, và $(m_1 \cdots m_{N_2})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng chên lệch thứ nhất, và chỉ số số mã thứ hai. Cũng nên có mối tương quan chức năng thiết đặt trước (chẳng hạn như mối tương quan tuyến tính) giữa $(l_1 \cdots l_M)$, và $(l_1 \cdots l_M)$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, chỉ số số mã theo chiều ngang chên lệch thứ nhất, và chỉ số số mã thứ hai. Một cách tùy chọn, nên có mối tương quan chức năng thiết đặt trước (chẳng hạn như mối tương quan tuyến tính) giữa $(m_0, m_1, \dots, m_{N_2-1})$, và $(m_0, m_1, \dots, m_{N_2-1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng chên lệch thứ nhất, và chỉ số số mã thứ hai. Cũng nên có mối tương quan chức năng thiết đặt trước (chẳng hạn như mối tương quan tuyến tính) giữa $(l_0, l_1, \dots, l_{M-1})$, và $(l_0, l_1, \dots, l_{M-1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, chỉ số số mã theo chiều ngang chên lệch thứ nhất, và chỉ số số mã thứ

hai.

Cách thứ hai: Các PMI bao gồm PMI thứ nhất và PMI thứ hai. PMI thứ nhất tương ứng với hai chỉ số số mã. Nhằm mô tả đơn giản, hai chỉ số số mã được đề cập đến là chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất. PMI thứ hai tương ứng với chỉ số số mã thứ hai. Các giá trị của n , $(\alpha_1 \cdots \alpha_{N_1})$, và $(\beta_1 \cdots \beta_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ hai. $(m_1 \cdots m_{N_2})$ được chỉ báo bởi cả chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai. $(l_1 \cdots l_{N_1})$ được chỉ báo bởi cả chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai. Một cách tùy chọn, $(m_0, m_1, \dots, m_{N_2-1})$ có thể được chỉ báo bởi cả chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai, và $(l_0, l_1, \dots, l_{N_1-1})$ có thể được chỉ báo bởi cả chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã thứ hai.

Một cách tùy chọn, giá trị của PMI thứ hai có thể tương ứng với hai chỉ số số mã. Nhằm mô tả đơn giản, hai chỉ số số mã được đề cập đến là chỉ số số mã theo chiều ngang thứ hai và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ hai. $(\alpha_1 \cdots \alpha_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ hai; $(\beta_1 \cdots \beta_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ hai; và giá trị của n được chỉ báo bởi cả chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ hai và chỉ số số mã theo chiều ngang thứ hai. $(m_1 \cdots m_{N_2})$ được chỉ báo bởi cả chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ hai. $(l_1 \cdots l_{N_1})$ được chỉ báo bởi cả chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều ngang thứ hai. Một cách tùy chọn, $(m_0, m_1, \dots, m_{N_2-1})$ có thể được chỉ báo bởi cả chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ hai, và $(l_0, l_1, \dots, l_{N_1-1})$ có thể được chỉ báo bởi cả chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều ngang thứ hai.

Cách thứ ba: Các PMI bao gồm PMI thứ nhất, PMI thứ hai, và PMI thứ ba. PMI thứ nhất tương ứng với hai chỉ số số mã. Nhằm mô tả đơn giản, hai chỉ số số mã được đề cập đến là chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất. PMI thứ hai tương ứng với chỉ số số mã thứ hai. PMI thứ ba tương ứng với chỉ số số mã thứ ba. Giá trị của " được chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ hai. $(m_1 \cdots m_{N_2})$ được chỉ báo bởi tất cả chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, chỉ số số mã thứ hai, và chỉ số số mã thứ ba. $(l_1 \cdots l_{N_1})$ được chỉ báo bởi tất cả chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, chỉ số số mã thứ hai, và chỉ số số mã thứ ba. $(\alpha_1 \cdots \alpha_{N_1})$ và $(\beta_1 \cdots \beta_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ ba. Một cách tùy chọn, $(m_0, m_1, \cdots, m_{N_2-1})$ có thể được chỉ báo bởi tất cả chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, chỉ số số mã thứ hai, và chỉ số số mã thứ ba; $(l_0, l_1, \cdots, l_{N_1-1})$ có thể được chỉ báo bởi tất cả chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, chỉ số số mã thứ hai, và chỉ số số mã thứ ba; và $(\alpha_1 \cdots \alpha_{N_1})$ và $(\beta_1 \cdots \beta_{N_1})$ có thể được chỉ báo bởi chỉ số số mã thứ ba.

Một cách tùy chọn, PMI thứ ba có thể tương ứng với chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ ba và chỉ số số mã theo chiều ngang thứ ba. Trong trường hợp này, $(\alpha_1 \cdots \alpha_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ ba. $(\beta_1 \cdots \beta_{N_1})$ được chỉ báo bởi chỉ số số mã theo chiều ngang thứ ba. $(m_1 \cdots m_{N_2})$ được chỉ báo bởi tất cả chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, chỉ số số mã thứ hai, và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ ba. $(l_1 \cdots l_{N_1})$ được chỉ báo bởi tất cả chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, chỉ số số mã thứ hai, và chỉ số số mã theo chiều ngang thứ ba.

Về phía UE, UE có thể thực hiện đánh giá kênh dựa trên tín hiệu tham chiếu, theo đó xác định $W_{l,m,n,\beta,\alpha}^{(1)}$, các giá trị của

$(l_1 \cdots l_{N_1}, m_1 \cdots m_{N_2}, n, \beta_1, \cdots, \beta_{N_1}, \alpha_1, \cdots, \alpha_{N_2})$, và chỉ số số mã, và sau đó phản hồi PMI tương ứng với chỉ số số mã tới trạm gốc. Về phía trạm gốc, chỉ số số mã tương ứng với PMI nhận được, và các giá trị của $(l_1 \cdots l_{N_1}, m_1 \cdots m_{N_2}, n, \beta_1, \cdots, \beta_{N_1}, \alpha_1, \cdots, \alpha_{N_2})$ có thể nhận được. Ma trận tiền mã hóa đích có thể nhận được dựa trên các giá trị của $(l_1 \cdots l_{N_1}, m_1 \cdots m_{N_2}, n, \beta_1, \cdots, \beta_{N_1}, \alpha_1, \cdots, \alpha_{N_2})$ và $W_{l,m,n,\beta,\alpha}^{(1)}$.

Một cách tùy chọn, $(m_0, m_1, \cdots, m_{N_2-1})$ có thể được chỉ báo bởi tất cả chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, chỉ số số mã thứ hai, và chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ ba, và $(l_0, l_1, \cdots, l_{N_1-1})$ có thể được chỉ báo bởi tất cả chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, chỉ số số mã thứ hai, và chỉ số số mã theo chiều ngang thứ ba. Về phía UE, UE có thể thực hiện đánh giá kênh dựa trên tín hiệu tham chiếu, theo đó xác định $W_{l,m,n,\beta,\alpha}^{(1)}$, các giá trị của $(l_0, l_1, \cdots, l_{N_1-1})$, $(m_0, m_1, \cdots, m_{N_2-1})$, $(\alpha_1 \cdots \alpha_{N_1})$, $(\beta_1 \cdots \beta_{N_1})$, và n , và chỉ số số mã, và sau đó phản hồi PMI tương ứng với chỉ số số mã tới trạm gốc. Về phía trạm gốc, chỉ số số mã tương ứng với PMI nhận được, và các giá trị của $(l_0, l_1, \cdots, l_{N_1-1})$, $(m_0, m_1, \cdots, m_{N_2-1})$, $(\alpha_1 \cdots \alpha_{N_1})$, $(\beta_1 \cdots \beta_{N_1})$ và n có thể nhận được. Ma trận tiền mã hóa đích có thể nhận được dựa trên các giá trị của $(l_0, l_1, \cdots, l_{N_1-1})$, $(m_0, m_1, \cdots, m_{N_2-1})$, $(\alpha_1 \cdots \alpha_{N_1})$, $(\beta_1 \cdots \beta_{N_1})$, và n , và $W_{l,m,n,\beta,\alpha}^{(1)}$.

Những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng có thể hiểu rằng, theo các phương án khác nêu trên, sự tương ứng giữa PMI và chỉ số số mã và các chức năng chỉ báo khác nhau của chỉ số số mã chỉ thể hiện một vài ví dụ cụ thể dưới dạng giản đồ. Trong suốt thời gian thực hiện cụ thể, dựa vào các phương án nêu trên, có thể có nhiều cách thực hiện, và các phần chi tiết không được mô tả lại theo phương án này.

Theo phương án này, các vector tương ứng với các số mã khối là các vector

trọng số tương ứng với các chùm tín hiệu liên kề ở các góc khác nhau. Fig.6 là hình vẽ giản lược thứ ba của panen anten và chùm tín hiệu theo một phương án của sáng chế. Như được thể hiện trên Fig.6, các vectơ DFT tương ứng với các số mã khối là các vectơ DFT tương ứng với chùm tín hiệu ở cùng góc phát xạ hoặc các vectơ DFT tương ứng với các chùm tín hiệu ở các góc phát xạ khác nhau. Các vectơ DFT tương ứng với các số mã khối được kết hợp thành vectơ DFT tương ứng với chùm tín hiệu truyền theo cách nối hoặc tương tự.

Trong trường hợp này, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong số mã được thể hiện cụ thể theo công thức 2.9 sau:

$$W_{m_1, \dots, m_k, l_1, \dots, l_k, n}^{(1)} = \begin{bmatrix} c_{1,1} \cdot u_{m_1} \otimes v_{l_1} + c_{2,1} \cdot u_{m_2} \otimes v_{l_2} + \dots + c_{K,1} \cdot u_{m_K} \otimes v_{l_K} \\ \vdots \\ c_{1,N_1 N_2} \cdot u_{m'_1} \otimes v_{l'_1} + c_{2,N_1 N_2} \cdot u_{m'_2} \otimes v_{l'_2} + \dots + c_{K,N_1 N_2} \cdot u_{m'_K} \otimes v_{l'_K} \\ \varphi_n \left(c_{1,1} \cdot u_{m_1} \otimes v_{l_1} + c_{2,1} \cdot u_{m_2} \otimes v_{l_2} + \dots + c_{K,1} \cdot u_{m_K} \otimes v_{l_K} \right) \\ \vdots \\ \varphi_n \left(c_{1,N_1 N_2} \cdot u_{m'_1} \otimes v_{l'_1} + c_{2,N_1 N_2} \cdot u_{m'_2} \otimes v_{l'_2} + \dots + c_{K,N_1 N_2} \cdot u_{m'_K} \otimes v_{l'_K} \right) \end{bmatrix}$$

Công thức 2.9

trong đó $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân cực

của anten; $u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}^T$ hoặc

$u_m = \begin{cases} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 K_2}} \end{bmatrix}^T & K_2 > 1 \\ 1 & K_2 = 1 \end{cases}$, trong đó $m = m_1, \dots, m_K, m'_1, \dots, m'_K$; và

$v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix}^T$ hoặc $v_l = \begin{cases} \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 K_1}} \end{bmatrix}^T & K_1 > 1 \\ 1 & K_1 = 1 \end{cases}$

biểu diễn vectơ gốc trọng số DFT, trong đó $l = l_1, \dots, l_K, l'_1, \dots, l'_K$. Các giá trị K nhận được bởi $(m_1, m_2, \dots, m_K) - (m'_1, m'_2, \dots, m'_K)$ có thể bằng nhau (nếu các giá trị K bằng nhau, các giá trị K tương đương với một giá trị), hoặc không bằng nhau. Các giá trị K nhận được bởi

$(l_1, l_2, \dots, l_K) - (l'_1, l'_2, \dots, l'_K)$ có thể bằng nhau (nếu các giá trị K bằng nhau, các giá trị K tương đương với một giá trị), hoặc không bằng nhau. Giá trị của K có thể được tạo cấu hình nhờ sử dụng báo hiệu lớp cao hơn.

$(c_{11}, c_{21}, \dots, c_{K,1}, c_{1,N_1N_2}, c_{2,N_1N_2}, \dots, c_{K,N_1N_2})$ biểu diễn các giá trị có trọng số của các thành phần chùm tín hiệu khác nhau, và K_1 là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi số mã khối theo chiều ngang, và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi số mã khối theo chiều thẳng đứng; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; và l , m , và n đều là chức năng của chỉ số số mã. Ít nhất một trong số các giá trị có trọng số $(c_{11}, c_{21}, \dots, c_{K,1}, c_{1,N_1N_2}, c_{2,N_1N_2}, \dots, c_{K,N_1N_2})$ có thể là trọng số pha hoặc trọng số biên độ hoặc sản phẩm của trọng số pha và trọng số biên độ; và/hoặc một vài trong số $(c_{11}, c_{21}, \dots, c_{K,1}, c_{1,N_1N_2}, c_{2,N_1N_2}, \dots, c_{K,N_1N_2})$ có thể là 0.

Ví dụ, $c_{i,j} = p_{i,j}^{(1)} p_{i,j}^{(2)} \varphi_{i,j}$, trong đó $p_{i,j}^{(1)}$ biểu diễn hệ số biên độ dải tần rộng; $p_{i,j}^{(2)}$ biểu diễn hệ số biên độ dải tần con; $\varphi_{i,j}$ biểu diễn hệ số pha; và $\varphi_{i,j} = e^{j2\pi i_{2,r}/N_{PSK}}$, trong đó $r=1, 2, \dots$, hoặc KN_1N_2 , và giá trị của N_{PSK} có thể là một trong $\{2, 4, 8\}$. Theo cách khác, $c_{i,j} = p_{i,j}^{(1)} p_{i,j}^{(2)} \varphi_{i,j}$, trong đó $p_{i,j}^{(1)}$ biểu diễn hệ số biên độ dải tần rộng; $p_{i,j}^{(2)}$ biểu diễn hệ số biên độ dải tần con; $\varphi_{i,j}$ biểu diễn hệ số pha; và $\varphi_{i,j} = e^{j2\pi i_{2,r}/N_{PSK}}$, trong đó $r=1, 2, \dots$, hoặc KN_1N_2 , và giá trị của N_{PSK} có thể là một trong $\{2, 4, 8\}$. Theo cách khác, $c_{i,j} = p_{i,j}^{(1)} p_{i,j}^{(2)} \varphi_{i,j}^{(1)} \varphi_{i,j}^{(2)}$, trong đó $p_{i,j}^{(1)}$ biểu diễn hệ số biên độ dải tần rộng; $p_{i,j}^{(2)}$ biểu diễn hệ số biên độ dải tần con; $\varphi_{i,j}^{(1)}$ biểu diễn hệ số pha dải tần rộng; và $\varphi_{i,j}^{(2)}$ biểu diễn hệ số pha dải tần con, trong đó $i=1, \dots$, hoặc K, và $j=1, \dots$, hoặc N_1N_2 .

UE có thể phản hồi hai đoạn thông tin PMI. $(m_1, m_2, \dots, m_K)$ có thể được mã hóa nhờ sử dụng chỉ số số mã tương ứng với PMI thứ nhất, và được phản hồi

nhờ sử dụng PMI thứ nhất; và $(l_1, l_2, \dots, l_K)$ có thể được mã hóa nhờ sử dụng chỉ số số mã tương ứng với PMI thứ nhất, và được phản hồi nhờ sử dụng PMI thứ nhất. Một cách tùy chọn, $(m'_1, m'_2, \dots, m'_K)$ có thể được mã hóa nhờ sử dụng chỉ số số mã tương ứng với PMI thứ nhất, và được phản hồi nhờ sử dụng PMI thứ nhất; hoặc $(m_1, m_2, \dots, m_K) - (m'_1, m'_2, \dots, m'_K)$ có thể được mã hóa nhờ sử dụng chỉ số số mã tương ứng với PMI thứ nhất, và được phản hồi nhờ sử dụng PMI thứ nhất, hoặc được mã hóa nhờ sử dụng chỉ số số mã tương ứng với PMI thứ hai, và được phản hồi nhờ sử dụng PMI thứ hai. Một cách tùy chọn, $(l'_1, l'_2, \dots, l'_K)$ có thể được mã hóa nhờ sử dụng chỉ số số mã tương ứng với PMI thứ nhất, và được phản hồi nhờ sử dụng PMI thứ nhất; hoặc $(l_1, l_2, \dots, l_K) - (l'_1, l'_2, \dots, l'_K)$ có thể được mã hóa nhờ sử dụng chỉ số số mã tương ứng với PMI thứ nhất, và được phản hồi nhờ sử dụng PMI thứ nhất, hoặc được mã hóa nhờ sử dụng chỉ số số mã tương ứng với PMI thứ hai, và được phản hồi nhờ sử dụng PMI thứ hai.

Ít nhất một trong số các giá trị có trọng số $(c_{11}, c_{21}, \dots, c_{K1}, c_{1N_1N_2}, c_{2N_1N_2}, \dots, c_{KN_1N_2})$ có thể được mã hóa nhờ sử dụng chỉ số số mã tương ứng với PMI thứ nhất, và được phản hồi nhờ sử dụng PMI thứ nhất, hoặc có thể được mã hóa nhờ sử dụng chỉ số số mã tương ứng với PMI thứ hai, và được phản hồi nhờ sử dụng PMI thứ hai, hoặc có thể được mã hóa nhờ sử dụng chỉ số số mã tương ứng với PMI thứ nhất và chỉ số số mã tương ứng với PMI thứ hai, và được phản hồi nhờ sử dụng PMI thứ nhất và PMI thứ hai. Ví dụ, ít nhất một giá trị có trọng số là sản phẩm của trọng số pha và trọng số biên độ. Trọng số biên độ có thể được phản hồi nhờ sử dụng PMI thứ nhất, và trọng số pha có thể được phản hồi nhờ sử dụng PMI thứ hai; hoặc trọng số pha hoặc trọng số biên độ có thể bao gồm hai thành phần, trong đó thành phần thứ nhất được phản hồi nhờ sử dụng PMI thứ nhất, và thành phần thứ hai được phản hồi nhờ sử dụng PMI thứ hai.

Theo cách khác, UE có thể phản hồi ba đoạn thông tin PMI tới TRP.

$(m_1, m_2, \dots, m_K) - (m'_1, m'_2, \dots, m'_K)$ có thể được mã hóa nhờ sử dụng chỉ số số mã

tương ứng với PMI thứ nhất, và được phản hồi nhờ sử dụng PMI thứ nhất, hoặc có thể được mã hóa nhờ sử dụng chỉ số số mã tương ứng với PMI thứ hai, và được phản hồi nhờ sử dụng PMI thứ hai, hoặc có thể được mã hóa nhờ sử dụng chỉ số số mã tương ứng với PMI thứ ba, và được phản hồi nhờ sử dụng PMI thứ ba. $(l_1, l_2, \dots, l_K) - (l'_1, l'_2, \dots, l'_K)$ có thể được mã hóa nhờ sử dụng chỉ số số mã tương ứng với PMI thứ nhất, và được phản hồi nhờ sử dụng PMI thứ nhất, hoặc có thể được mã hóa nhờ sử dụng chỉ số số mã tương ứng với PMI thứ hai, và được phản hồi nhờ sử dụng PMI thứ hai, hoặc có thể được mã hóa nhờ sử dụng chỉ số số mã tương ứng với PMI thứ ba, và được phản hồi nhờ sử dụng PMI thứ ba. Ít nhất một trong số các giá trị có trọng số $(c_{11}, c_{21}, \dots, c_{K1}, c_{1, N_1 N_2}, c_{2, N_1 N_2}, \dots, c_{K, N_1 N_2})$ có thể được phản hồi nhờ sử dụng ít nhất một trong số PMI thứ nhất, PMI thứ hai, và PMI thứ ba. Ví dụ, ít nhất một giá trị có trọng số là sản phẩm của trọng số pha và trọng số biên độ. Trọng số biên độ có thể được phản hồi nhờ sử dụng ít nhất một trong số PMI thứ nhất, PMI thứ hai, và PMI thứ ba, và trọng số pha có thể được phản hồi nhờ sử dụng ít nhất một trong số PMI thứ nhất, PMI thứ hai, và PMI thứ ba.

Theo phương pháp phản hồi thông tin trạng thái kênh dựa trên số mã được đề xuất theo phương án nêu trên của sáng chế, trong cấu trúc anten đa panen, độ định hướng chùm tín hiệu có thể được đảm bảo, và hiệu suất hệ thống có thể được nâng cao dựa trên số mã hiện thời. Thiết kế đơn giản, và dấu hiệu có cấu trúc của số mã DFT có thể được đảm bảo. Số mã được tạo ra nhờ sử dụng thông số cấu hình số mã, nhờ vậy đạt được khả năng mở rộng tương đối tốt.

Bảng 2 đưa ra sự so sánh hiệu suất trong trường hợp tám anten. Tám anten được nhóm thành hai nhóm, và mỗi nhóm bao gồm bốn anten. Khoảng cách giữa các anten trong nhóm bằng 0.5 thời gian của bước sóng, và khoảng cách giữa các nhóm anten bằng tám lần của bước sóng. Số mã DFT là số mã LTE R10. Số mã nâng cao (CB nâng cao) đưa ra giải pháp số mã dựa trên sự bù pha và sự lựa chọn chùm tín hiệu liền kề mà được đề xuất trong các phương án của sáng chế, cụ thể, phương án tương ứng với Fig.5. Có thể nhận biết từ Bảng 2 rằng, số

mã được đề xuất theo phương án này của sáng chế có sự gia tăng hiệu suất rõ ràng so với số mã hiện thời.

Bảng 2

Tỉ lệ tín hiệu trên tạp âm	3	7	11	15	19	23
Số mã R10	8,4977	12,3307	17,2316	20,7689	22,8085	23,6347
CB nâng cao	9,1604	13,3258	18,877	22,2036	24,4787	25,1669
Sự gia tăng	7,79%	8,07%	9,55%	6,90%	7,32%	6,48%

Các giải pháp được đề xuất trong các phương án của sáng chế nêu trên chủ yếu xét về sự tương tác giữa TRP và thiết bị người dùng. Có thể hiểu rằng, để thực hiện các chức năng nêu trên, TRP và thiết bị người dùng bao gồm các cấu trúc phần cứng tương ứng và/hoặc các môđun phần mềm để thực hiện các chức năng. Dựa trên các ví dụ về các bộ phận và các bước thuật toán được mô tả theo các phương án được bộ lộ trong sáng chế, các phương án của sáng chế có thể được thực hiện dưới dạng phần cứng hoặc dưới dạng kết hợp của phần cứng và phần mềm máy tính. Xem các chức năng được thực hiện bởi phần cứng hay bởi phần cứng điều khiển phần mềm máy tính phụ thuộc vào các ứng dụng cụ thể và các điều kiện hạn chế thiết kế của các giải pháp kỹ thuật. Những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng có thể sử dụng các phương pháp khác nhau để thực hiện các chức năng được mô tả cho mỗi ứng dụng cụ thể, nhưng không cần xem xét rằng, cách thực hiện vượt quá phạm vi của các giải pháp kỹ thuật của các phương án của sáng chế.

Theo các phương án của sáng chế, các bộ phận chức năng của TRP và thiết bị người dùng có thể được chia theo các ví dụ nêu trên theo phương pháp, ví dụ, các bộ phận chức năng có thể được chia cho các chức năng tương ứng khác nhau, hoặc hai hoặc nhiều chức năng hơn có thể được tích hợp trong bộ phận xử lý. Bộ phận tích hợp có thể được thực hiện dưới dạng của phần cứng, hoặc có thể được thực hiện dưới dạng của bộ phận chức năng phần mềm. Cần lưu ý rằng, theo các

phương án của sáng chế, sự phân chia bộ phận là ví dụ và chỉ là sự phân chia chức năng logic và có thể là sự phân chia khác trong suốt thời gian thực hiện thực tế.

Khi bộ phận tập trung được sử dụng, Fig.7 là hình vẽ cấu trúc giản lược của thiết bị người dùng theo một phương án của sáng chế. Như được thể hiện trên Fig.7, thiết bị người dùng 100 bao gồm bộ phận xử lý 12 và bộ phận truyền thông 13. Bộ phận xử lý 12 được tạo cấu hình để điều khiển và quản lý thao tác của thiết bị người dùng. Ví dụ, bộ phận xử lý 12 có thể xác định mã trận tiền mã hóa đích trong số mã được tạo ra trước. Bộ phận truyền thông 13 được tạo cấu hình để: hỗ trợ sự truyền thông giữa thiết bị người dùng và TRP, ví dụ, gửi PMI tới TRP, và thu thông số cấu hình số mã được gửi bởi TRP. Thiết bị người dùng còn có thể bao gồm bộ phận lưu trữ 11, được tạo cấu hình để lưu trữ mã chương trình và dữ liệu của thiết bị người dùng.

Bộ phận xử lý 12 có thể là bộ xử lý, ví dụ, có thể là bộ xử lý trung tâm (Central Processing Unit - CPU), bộ xử lý đa năng, bộ xử lý tín hiệu kỹ thuật số (Digital Signal Processor - DSP), mạch tích hợp chuyên dụng (Application-Specific Integrated Circuit - ASIC), mảng cổng lập trình được dạng trường (Field Programmable Gate Array - FPGA), hoặc thiết bị logic lập trình được khác, thiết bị logic tranzito, thành phần phần cứng, hoặc sự kết hợp bất kỳ của chúng. Bộ phận xử lý 12 có thể thực hiện hoặc thực thi các ví dụ khác nhau của các khối logic, môđun, và các mạch được mô tả dựa vào nội dung được bộ lộ trong sáng chế. Theo cách khác, bộ xử lý có thể là sự kết hợp mà thực hiện chức năng tính toán, ví dụ, bao gồm một bộ vi xử lý hoặc sự kết hợp của các bộ vi xử lý, hoặc sự kết hợp của DSP và bộ vi xử lý. Bộ phận truyền thông 13 là giao diện truyền thông, ví dụ, bộ thu phát hoặc mạch bộ thu phát. Bộ phận lưu trữ 11 có thể là bộ nhớ.

Khi bộ phận xử lý 12 là bộ xử lý, bộ phận truyền thông 13 là giao diện truyền thông, và bộ phận lưu trữ 11 là bộ nhớ, thiết bị người dùng theo phương án này của sáng chế có thể là thiết bị người dùng được thể hiện trên Fig.8.

Fig.8 là hình vẽ giản lược của cấu trúc phần cứng của thiết bị người dùng

theo một phương án của sáng chế. Như được thể hiện trên Fig.8, thiết bị người dùng có thể bao gồm giao diện truyền thông 21, bộ xử lý 23, bộ nhớ 22, và ít nhất một kênh truyền thông 20. Kênh truyền thông 20 được tạo cấu hình để thực hiện sự truyền thông và sự kết nối giữa các thành phần. Bộ nhớ 22 có thể bao gồm bộ nhớ RAM tốc độ cao, và còn có thể bao gồm bộ nhớ bất khả biến NVM, ví dụ, ít nhất một thiết bị lưu trữ đĩa từ. Mã chương trình thực hiện được bởi máy tính có thể được lưu trữ trong bộ nhớ 22, và mã chương trình bao gồm lệnh. Khi bộ xử lý 22 thực hiện lệnh, lệnh khiến cho bộ xử lý 22 hoàn thành các chức năng xử lý khác nhau và thực hiện các bước về phương pháp theo phương án này.

Khi bộ phận tích hợp được sử dụng, Fig.9 là hình vẽ cấu trúc giản lược của TRP theo một phương án của sáng chế. TRP 300 bao gồm bộ phận xử lý 32 và bộ phận truyền thông 33. Bộ phận truyền thông 33 được sử dụng để hỗ trợ sự truyền thông giữa TRP và thiết bị người dùng. Bộ phận xử lý 32 được tạo cấu hình để điều khiển và quản lý thao tác của TRP. Ví dụ, bộ phận xử lý 32 có thể xác định, dựa trên PMI, ma trận tiền mã hóa đích trong sổ mã được tạo ra trước. Bộ phận truyền thông 33 có thể thu PMI được gửi bởi UE, và gửi thông số cấu hình sổ mã tới UE. TRP còn có thể bao gồm bộ phận lưu trữ 31, được tạo cấu hình để lưu trữ mã chương trình và dữ liệu của TRP.

Bộ phận xử lý 32 có thể là bộ xử lý, ví dụ, có thể là bộ xử lý trung tâm (Central Processing Unit, CPU), bộ xử lý đa năng, bộ xử lý tín hiệu kỹ thuật số (Digital Signal Processor, DSP), mạch tích hợp chuyên dụng (Application-Specific Integrated Circuit, ASIC), mảng cổng lập trình được dạng trường (Field Programmable Gate Array, FPGA), hoặc thiết bị logic lập trình được khác, thiết bị logic tranzito, thành phần phần cứng, hoặc sự kết hợp bất kỳ của chúng. Bộ phận xử lý 32 có thể thực hiện hoặc thực thi các ví dụ khác nhau của các khối logic, môđun, và các mạch được mô tả dựa vào nội dung được bộ lộ trong sáng chế. Theo cách khác, bộ xử lý có thể là sự kết hợp mà thực hiện chức năng tính toán, ví dụ, bao gồm một bộ vi xử lý hoặc sự kết hợp của các bộ vi xử lý, hoặc sự kết hợp của DSP và bộ vi xử lý. Bộ phận truyền thông 33 có

thể là giao diện truyền thông, ví dụ, bao gồm bộ thu phát hoặc mạch bộ thu phát. Bộ phận lưu trữ 31 có thể là bộ nhớ.

Khi bộ phận xử lý 32 là bộ xử lý, bộ phận truyền thông 33 là giao diện truyền thông, và bộ phận lưu trữ 31 là bộ nhớ, TRP theo phương án này của sáng chế có thể là TRP được thể hiện trên Fig.10. Fig.10 là hình vẽ giản lược của cấu trúc phần cứng của TRP theo một phương án của sáng chế. Như được thể hiện trên Fig.10, TRP có thể bao gồm giao diện truyền thông 41, bộ xử lý 43, bộ nhớ 42, và ít nhất một kênh truyền thông 40. Kênh truyền thông 40 được tạo cấu trúc để thực hiện sự truyền thông và sự kết nối giữa các thành phần. Bộ nhớ 42 có thể bao gồm bộ nhớ RAM tốc độ cao, và còn có thể bao gồm bộ nhớ bất biến NVM, ví dụ, ít nhất một thiết bị lưu trữ đĩa từ. Mã chương trình thực hiện được bởi máy tính có thể được lưu trữ trong bộ nhớ 42, và mã chương trình bao gồm lệnh. Khi bộ xử lý 42 thực hiện lệnh, lệnh khiến cho bộ xử lý 42 hoàn thành các chức năng xử lý khác nhau và thực hiện các bước về phương pháp theo phương án này.

Phương án của sáng chế còn đề xuất hệ thống trên chip. Fig.11 là hình vẽ cấu trúc giản lược của hệ thống trên chip theo một phương án của sáng chế. Như được thể hiện trên Fig.11, hệ thống trên chip có thể áp dụng được tới thiết bị người dùng. Hệ thống trên chip bao gồm ít nhất một giao diện truyền thông 51, ít nhất một bộ xử lý 53, và ít nhất một bộ nhớ 52. Giao diện truyền thông 51, bộ nhớ 52, và bộ xử lý 53 được kết nối nhờ sử dụng kênh truyền 50. Bộ xử lý thực hiện lệnh được lưu trữ trong bộ nhớ, để khiến cho thiết bị người dùng thực hiện phương pháp nêu trên.

Phương án của sáng chế còn đề xuất hệ thống trên chip. Fig.12 là hình vẽ cấu trúc giản lược của hệ thống trên chip theo một phương án của sáng chế. Như được thể hiện trên Fig.12, hệ thống trên chip có thể áp dụng được tới TRP. Hệ thống trên chip bao gồm ít nhất một giao diện truyền thông 61, ít nhất một bộ xử lý 63, và ít nhất một bộ nhớ 62. Giao diện truyền thông 61, bộ nhớ 62, và bộ xử lý 63 được kết nối nhờ sử dụng kênh truyền 60. Bộ xử lý thực hiện lệnh được lưu trữ trong bộ nhớ, để khiến cho TRP thực hiện phương pháp nêu trên.

Sáng chế còn đề xuất các phương án sau:

Phương án 1: Phương pháp phản hồi thông tin trạng thái kênh dựa trên số mã bao gồm các bước:

gửi, bởi thiết bị người dùng UE, ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa PMI tới điểm truyền/thu TRP, trong đó PMI được sử dụng để chỉ báo ma trận tiền mã hóa đích và giá trị thông số mã tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối, trong đó

ma trận tiền mã hóa đích là ma trận tiền mã hóa trong số mã; số mã là số mã được tạo ra trước bởi UE dựa trên thông số cấu hình số mã; ít nhất một vài ma trận tiền mã hóa trong số mã nhận được nhờ sự biến đổi từ các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối và giá trị thông số; có ít nhất hai số mã khối; có sự tương ứng giữa số lượng của các giá trị thông số và số lượng của các số mã khối; thông số cấu hình số mã bao gồm số lượng của các số mã khối trong số mã và độ dài của vector tương ứng với ma trận tiền mã hóa trong số mã khối; và số mã khối được tạo nên dựa trên ma trận tiền mã hóa được thiết đặt trước.

Phương án 2: Theo phương pháp theo phương án 1, các số mã khối bao gồm số mã khối theo chiều ngang và số mã khối theo chiều thẳng đứng; và

thông số cấu hình số mã bao gồm: số lượng của các số mã khối theo chiều ngang và độ dài của vector tương ứng với ma trận tiền mã hóa trong số mã khối theo chiều ngang, trong đó có ít nhất hai số mã khối theo chiều ngang; và

số lượng của các số mã khối theo chiều thẳng đứng và độ dài của vector tương ứng với ma trận tiền mã hóa trong số mã khối theo chiều thẳng đứng, trong đó có ít nhất hai số mã khối theo chiều thẳng đứng.

Phương án 3: Theo phương pháp theo phương án 2, các PMI bao gồm PMI thứ nhất tương ứng với CSI dải tần rộng và PMI thứ hai tương ứng với CSI dải tần con, và PMI thứ nhất hoặc PMI thứ hai được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mã tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối.

Phương án 4: Theo phương pháp theo phương án 3, PMI thứ nhất được sử

dụng để chỉ báo giá trị thông số, và PMI thứ nhất tương ứng với hai chỉ số số mã, trong đó một chỉ số số mã được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều ngang, và chỉ số số mã còn lại được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều thẳng đứng; hoặc

PMI thứ hai được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số, và PMI thứ hai tương ứng với hai chỉ số số mã, trong đó một chỉ số số mã được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều ngang, và chỉ số số mã còn lại được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều thẳng đứng.

Phương án 5: Theo phương pháp theo phương án 2, các PMI bao gồm PMI thứ nhất tương ứng với CSI dải tần rộng, PMI thứ hai tương ứng với CSI dải tần hẹp, và PMI thứ ba, và PMI thứ ba được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối.

Phương án 6: Theo phương pháp theo phương án 5, PMI thứ ba tương ứng với hai chỉ số số mã, trong đó một chỉ số số mã được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều ngang, và chỉ số số mã còn lại được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều thẳng đứng.

Phương án 7: Theo phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 1 đến 6, trước khi gửi, bởi thiết bị người dùng UE, ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa PMI tới điểm truyền/thu TRP, phương pháp còn bao gồm bước:

thu, bởi UE, thông số cấu hình số mã được gửi bởi TRP.

Phương án 8: Theo phương pháp theo phương án 7, việc thu, bởi thiết bị người dùng UE, thông số cấu hình số mã được gửi bởi TRP bao gồm bước:

thu, bởi UE, báo hiệu lớp cao hơn hoặc báo hiệu lớp vật lý được gửi bởi TRP, trong đó báo hiệu lớp cao hơn hoặc báo hiệu lớp vật lý mang thông số cấu hình số mã.

Phương án 9: Theo phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 2 đến 6, vector tương ứng với mỗi số mã khối là vector tương ứng với chùm tín hiệu ở cùng góc phát xạ.

Phương án 10: Theo phương pháp theo phương án 9, nếu thông số chênh lệch số mã khối là độ lệch pha, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong số mã được thể hiện cụ thể theo công thức 1.1 sau:

$$W_{l,m,n,\phi,\theta}^{(1)} = \frac{1}{2N_1N_2K_1K_2} \cdot \begin{bmatrix} v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \\ \varphi_n v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \end{bmatrix} \quad \text{Công thức 1.1}$$

trong đó $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân cực của anten; $v_{l,\theta} = \begin{bmatrix} v_l & e^{j\theta_1} v_l & \dots & e^{j\theta_{N_1-1}} v_l \end{bmatrix}^T$, trong đó $v_{l,\theta}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong số mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các số mã khối N_l theo chiều ngang và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối; $[\cdot]^T$ biểu diễn thao tác chuyển vị liên hợp; $v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi}{O_1 \cdot K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix}$, trong đó v_l biểu diễn rằng mỗi số mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_l , và K_l là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi số mã khối theo chiều ngang; θ biểu diễn thông số chênh lệch pha theo chiều ngang; $(\theta_1 \dots \theta_{N_1})$ biểu diễn các độ lệch pha giữa các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối khác nhau theo chiều ngang; $u_{m,\phi} = \begin{bmatrix} u_m & e^{j\phi_1} u_m & \dots & e^{j\phi_{N_2-1}} u_m \end{bmatrix}^T$, trong đó $[\cdot]^T$ biểu diễn thao tác chuyển vị liên hợp, và $u_{m,\phi}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong số mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các số mã khối N_2 theo chiều thẳng đứng và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối; $u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi}{O_2 \cdot K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}$, trong đó u_m biểu diễn rằng mỗi

sổ mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_2 , và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi sổ mã theo chiều thẳng đứng; ϕ biểu diễn thông số chênh lệch pha theo chiều thẳng đứng; $(\phi_1 \cdots \phi_{N_2})$ biểu diễn các độ lệch pha giữa các ma trận tiền mã hóa trong các sổ mã khối khác nhau theo chiều thẳng đứng; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l , m , và n đều là chức năng của chỉ số sổ mã; chỉ số sổ mã có sự tương ứng với PMI; j là số ảo đơn vị; và $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker.

Phương án 11: Theo phương pháp theo phương án 9, nếu thông số chênh lệch sổ mã khối là độ lệch giá trị môđun, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong sổ mã được thể hiện cụ thể theo công thức 1.2 sau:

$$W_{l,m,n,\phi,\theta}^{(1)} = \frac{1}{2N_1N_2K_1K_2} \cdot \begin{bmatrix} v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \\ \varphi_n v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \end{bmatrix} \quad \text{Công thức 1.2}$$

trong đó $\varphi_n = e^{jm/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân cực của anten; $v_{l,\beta} = [v_l \quad \beta_1 v_l \quad \cdots \quad \beta_{N_1-1} v_l]^T$, trong đó $[\cdot]^T$ biểu diễn thao

tác chuyển vị liên hợp, và v_l biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong sổ mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các sổ mã khối N_l theo chiều ngang và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch sổ mã

khối; $v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 \cdot K_1}} & \cdots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix}$, trong đó v_l biểu diễn rằng mỗi sổ

mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_l , và K_l là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi sổ mã khối theo chiều ngang; β biểu diễn thông số chênh lệch giá trị môđun theo chiều ngang; $(\beta_1 \cdots \beta_{N_1})$ biểu diễn các độ lệch giá trị môđun giữa các

ma trận tiền mã hóa trong các sổ mã khối khác nhau theo chiều ngang;

$u_{m,\alpha} = [u_m \quad \alpha_1 u_m \quad \cdots \quad \alpha_{N_2-1} u_m]^T$, trong đó $[\cdot]^T$ biểu diễn thao tác chuyển

vị liên hợp, và $u_{m,\alpha}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong số mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các số mã khối N_2 theo chiều thẳng đứng và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối;

$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 \cdot K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}$, trong đó u_m biểu diễn rằng mỗi số mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_2 , và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi số mã khối theo chiều thẳng đứng; α biểu diễn thông số chênh lệch giá trị môđun theo chiều thẳng đứng; $(\alpha_1 \dots \alpha_{N_1})$ biểu diễn các độ lệch giá trị môđun giữa các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối khác nhau theo chiều thẳng đứng; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l , m , và n đều là chức năng của chỉ số số mã; chỉ số số mã có sự tương ứng với PMI; j là số ảo đơn vị; và $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker.

Phương án 12: Theo phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 2 đến 6, các vector tương ứng với các số mã khối là các vector tương ứng với các chùm tín hiệu ở các góc phát xạ khác nhau.

Phương án 13: Theo phương pháp theo phương án 12, nếu thông số chênh lệch số mã khối là độ lệch pha, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong số mã được thể hiện theo công thức 1.3:

$$W_{l,m,n,\phi,\theta}^{(1)} = \frac{1}{2N_1N_2K_1K_2} \cdot \begin{bmatrix} v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \\ \varphi_n v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \end{bmatrix} \quad \text{Công thức 1.3}$$

trong đó $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân cực của anten; $v_{l,\beta} = [v_l \ \beta_1 v_l \ \dots \ \beta_{N_1-1} v_l]^T$, trong đó $l = l_0, l_1, \dots, l_{N_1-1}$, $[\cdot]^T$

biểu diễn thao tác chuyển vị liên hợp, và $v_{l,\beta}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong số mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các số mã khối N_1 theo chiều ngang và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh

lệch số mã khối; $v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 \cdot K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix}$, trong đó l biểu diễn rằng mỗi số mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_1 , và K_1 là số lượng của các công CSI-RS tương ứng với mỗi số mã khối theo chiều ngang; θ biểu diễn thông số chênh lệch pha theo chiều ngang; $(\theta_1 \dots \theta_{N_1})$ biểu diễn các độ lệch pha giữa các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối khác nhau theo chiều ngang; $u_{m,\phi} = \begin{bmatrix} u_{m_0} & e^{j\phi} u_{m_1} & \dots & e^{j\phi_{N_2-1}} u_{m_{N_2-1}} \end{bmatrix}^T$, trong đó $[\cdot]^T$ biểu diễn thao tác chuyển vị liên hợp, $m=m_0, m_1, \dots, m_{N_2-1}$, và $u_{m,\phi}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong số mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các số mã khối N_2 theo chiều thẳng đứng và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối; $u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 \cdot K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}$, trong đó u_m biểu diễn rằng mỗi số mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_2 , và K_2 là số lượng của các công CSI-RS tương ứng với mỗi số mã theo chiều thẳng đứng; ϕ biểu diễn thông số chênh lệch pha theo chiều thẳng đứng; $(\phi_1 \dots \phi_{N_2})$ biểu diễn các độ lệch pha giữa các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối khác nhau theo chiều thẳng đứng; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l , m , và n đều là chức năng của chỉ số số mã; chỉ số số mã có sự tương ứng với PMI; j là số ảo đơn vị; và $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker.

Phương án 14: Theo phương pháp theo phương án 12, nếu thông số chênh lệch số mã khối là độ lệch giá trị môđun, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong số mã được thể hiện theo công thức 1.4:

$$W_{l,m,n,\phi,\theta}^{(1)} = \frac{1}{2N_1N_2K_1K_2} \cdot \begin{bmatrix} v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \\ \varphi_n v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \end{bmatrix} \quad \text{Công thức 1.4}$$

trong đó $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân cực

của anten; $v_{l,\beta} = [v_{l_0} \ \beta v_{l_1} \ \cdots \ \beta_{N_l-1} v_{l_{N_l-1}}]^T$, trong đó $v_{l,\beta}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong số mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các số mã khối N_l theo chiều ngang và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối;

$$v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 \cdot K_1}} & \cdots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix},$$

trong đó $l = l_0, l_1, \dots, l_{N_l-1}$; và v_l biểu diễn rằng mỗi số mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_l , và K_l là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi số mã khối theo chiều ngang; β biểu diễn thông số chênh lệch giá trị môđun theo chiều ngang; $(\beta_1 \ \cdots \ \beta_{N_l})$ biểu diễn các độ lệch giá trị môđun giữa các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối khác nhau theo chiều ngang; $u_{m,\alpha} = [u_{m_0} \ \alpha_1 u_{m_1} \ \cdots \ \alpha_{N_2-1} u_{m_{N_2-1}}]^T$, trong đó $[\cdot]^T$ biểu diễn thao tác chuyển vị liên hợp, $m = m_1 \cdots m_{N_2}$, và $u_{m,\alpha}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong số mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các số mã khối N_2 theo chiều thẳng đứng và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối;

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 \cdot K_2}} & \cdots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix},$$

trong đó u_m biểu diễn rằng mỗi số mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_2 , và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi số mã khối theo chiều thẳng đứng; α biểu diễn thông số chênh lệch giá trị môđun theo chiều thẳng đứng; $(\alpha_1 \ \cdots \ \alpha_{N_2})$ biểu diễn các độ lệch giá trị môđun giữa các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối khác nhau theo chiều thẳng đứng; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l , m , và n đều là chức năng của chỉ số số mã; chỉ số số mã có sự tương ứng với PMI; j là số ảo đơn vị; và $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker.

Phương án 15: Phương pháp phản hồi thông tin trạng thái kênh dựa trên số

mã bao gồm các bước:

thu, bởi điểm truyền/thu TRP, ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa PMI được gửi bởi thiết bị người dùng UE, trong đó PMI được sử dụng để chỉ báo ma trận tiền mã hóa đích và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối, trong đó

ma trận tiền mã hóa đích là ma trận tiền mã hóa trong số mã; số mã là số mã được tạo ra trước bởi TRP dựa trên thông số cấu hình số mã; ít nhất một vài ma trận tiền mã hóa trong số mã nhận được nhờ sự biến đổi từ các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối và giá trị thông số; có ít nhất hai số mã khối; có sự tương ứng giữa số lượng của các giá trị thông số và số lượng của các số mã khối; thông số cấu hình số mã bao gồm số lượng của các số mã khối trong số mã và độ dài của vector tương ứng với ma trận tiền mã hóa trong số mã khối; và số mã khối được tạo nên dựa trên ma trận tiền mã hóa được thiết đặt trước.

Phương án 16: Theo phương pháp theo phương án 15, các số mã khối bao gồm số mã khối theo chiều ngang và số mã khối theo chiều thẳng đứng; và

thông số cấu hình số mã bao gồm: số lượng của các số mã khối theo chiều ngang và độ dài của vector tương ứng với ma trận tiền mã hóa trong số mã khối theo chiều ngang, trong đó số lượng của các số mã khối ít nhất là hai theo chiều ngang; và

số lượng của các số mã khối theo chiều thẳng đứng và độ dài của vector tương ứng với ma trận tiền mã hóa trong số mã khối theo chiều thẳng đứng, trong đó có ít nhất hai số mã khối theo chiều thẳng đứng.

Phương án 17: Theo phương pháp theo phương án 16, các PMI bao gồm PMI thứ nhất tương ứng với CSI dải tần rộng và PMI thứ hai tương ứng với CSI dải tần con, và PMI thứ nhất hoặc PMI thứ hai được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối.

Phương án 18: Theo phương pháp theo phương án 17, PMI thứ nhất được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số, và PMI thứ nhất tương ứng với hai chỉ số số mã, trong đó một chỉ số số mã được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà

tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều ngang, và chỉ số số mã còn lại được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều thẳng đứng; hoặc

PMI thứ hai được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số, và PMI thứ hai tương ứng với hai chỉ số số mã, trong đó một chỉ số số mã được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều ngang, và chỉ số số mã còn lại được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều thẳng đứng.

Phương án 19: Theo phương pháp theo phương án 16, các PMI bao gồm PMI thứ nhất tương ứng với CSI dải tần rộng, PMI thứ hai tương ứng với CSI dải tần hẹp, và PMI thứ ba, và PMI thứ ba được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối.

Phương án 20: Theo phương pháp theo phương án 19, PMI thứ ba tương ứng với hai chỉ số số mã, trong đó một chỉ số số mã được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều ngang, và chỉ số số mã còn lại được sử dụng để chỉ báo giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối theo chiều thẳng đứng.

Phương án 21: Theo phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 15 đến 20, trước khi thu, bởi điểm truyền/thu TFP, ký hiệu chỉ báo ma trận tiền mã hóa PMI được gửi bởi thiết bị người dùng UE, phương pháp còn bao gồm bước:

gửi, bởi TRP, thông số cấu hình số mã tới UE.

Phương án 22: Theo phương pháp theo phương án 21, việc gửi, bởi TRP, thông số cấu hình số mã tới UE bao gồm bước:

gửi, bởi TRP, báo hiệu lớp cao hơn hoặc báo hiệu lớp vật lý tới UE, trong đó báo hiệu lớp cao hơn hoặc báo hiệu lớp vật lý mang thông số cấu hình số mã.

Phương án 23: Theo phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 16 đến 20, vector tương ứng với mỗi số mã khối là vector tương

ứng với chùm tín hiệu ở cùng góc phát xạ.

Phương án 24: Theo phương pháp theo phương án 23, nếu thông số chênh lệch số mã khối là độ lệch pha, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong số mã được thể hiện cụ thể theo công thức 1.1 sau:

$$W_{l,m,n,\phi,\theta}^{(1)} = \frac{1}{2N_1N_2K_1K_2} \cdot \begin{bmatrix} v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \\ \varphi_n v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \end{bmatrix} \quad \text{Công thức 1.1}$$

trong đó $\varphi_n = e^{jm/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân cực của anten; $v_{l,\theta} = \begin{bmatrix} v_l & e^{j\theta_1} v_l & \dots & e^{j\theta_{N_1-1}} v_l \end{bmatrix}^T$, trong đó v_l biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong số mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các số mã khối N_l theo chiều ngang và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối; $v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi}{O_1 \cdot K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix}$, trong đó v_l biểu diễn rằng mỗi số mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_l , và K_l là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi số mã khối theo chiều ngang; θ biểu diễn thông số chênh lệch pha theo chiều ngang; $(\theta_1 \dots \theta_{N_1})$ biểu diễn các độ lệch pha giữa các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối khác nhau theo chiều ngang; $u_{m,\phi} = \begin{bmatrix} u_m & e^{j\phi_1} u_m & \dots & e^{j\phi_{N_2-1}} u_m \end{bmatrix}^T$, trong đó $u_{m,\phi}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong số mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các số mã khối N_2 theo chiều thẳng đứng và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối; $u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 \cdot K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}$, trong đó u_m biểu diễn rằng mỗi số mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_2 , và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi số mã theo chiều thẳng đứng; ϕ biểu diễn thông số chênh lệch pha theo chiều thẳng đứng; $(\phi_1 \dots \phi_{N_2})$ biểu diễn các độ lệch pha

giữa các ma trận tiền mã hóa trong các sổ mã khối khác nhau theo chiều thẳng đứng; O_l và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l , m , và n đều là chức năng của chỉ số sổ mã; chỉ số sổ mã có sự tương ứng với PMI; j là số ảo đơn vị; và $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker.

Phương án 25: Theo phương pháp theo phương án 23, nếu thông số chênh lệch sổ mã khối là độ lệch giá trị môđun, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong sổ mã được thể hiện cụ thể theo công thức 1.2 sau:

$$W_{l,m,n,\phi,\theta}^{(1)} = \frac{1}{2N_1N_2K_1K_2} \cdot \begin{bmatrix} v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \\ \varphi_n v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \end{bmatrix} \quad \text{Công thức 1.2}$$

trong đó $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân cực của anten; $v_{l,\beta} = [v_l \ \beta_1 v_l \ \dots \ \beta_{N_1-1} v_l]^T$, trong đó v_l biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong sổ mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các sổ mã khối N_l theo chiều ngang và giá trị thông số mà tương ứng với thông số

chênh lệch sổ mã khối; $v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi}{O_1 \cdot K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix}$, trong đó v_l biểu diễn rằng mỗi sổ mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_l , và K_l là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi sổ mã khối theo chiều ngang; β biểu diễn thông số chênh lệch giá trị môđun theo chiều ngang; $(\beta_1 \ \dots \ \beta_{N_1})$ biểu diễn các độ lệch giá trị môđun giữa các ma trận tiền mã hóa trong các sổ mã khối khác nhau

theo chiều ngang; $u_{m,\alpha} = [u_m \ \alpha_1 u_m \ \dots \ \alpha_{N_2-1} u_m]^T$, trong đó $u_{m,\alpha}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong sổ mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các sổ mã khối N_2 theo chiều thẳng đứng và giá trị thông số mà tương ứng

với thông số chênh lệch sổ mã khối; $u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 \cdot K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}$,

trong đó u_m biểu diễn rằng mỗi sổ mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_2 , và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS

tương ứng với mỗi số mã khối theo chiều thẳng đứng; α biểu diễn thông số chênh lệch giá trị môđun theo chiều thẳng đứng; $(\alpha_1 \cdots \alpha_{N_1})$ biểu diễn các độ lệch giá trị môđun giữa các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối khác nhau theo chiều thẳng đứng; O_l và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l , m , và n đều là chức năng của chỉ số số mã; chỉ số số mã có sự tương ứng với PMI; j là số ảo đơn vị; và $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker.

Phương án 26: Theo phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 16 đến 20, các vector tương ứng với các số mã khối là các vector tương ứng với các chùm tín hiệu ở các góc phát xạ khác nhau.

Phương án 27: Theo phương pháp theo phương án 26, nếu thông số chênh lệch số mã khối là độ lệch pha, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong số mã được thể hiện theo công thức 1.3:

$$W_{l,m,n,\phi,\theta}^{(1)} = \frac{1}{2N_1N_2K_1K_2} \cdot \begin{bmatrix} v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \\ \varphi_n v_{l,\theta} \otimes u_{m,\phi} \end{bmatrix} \quad \text{Công thức 1.3}$$

trong đó $\varphi_n = e^{jn/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân cực của anten; $v_{l,\theta} = \begin{bmatrix} v_{l_0} & e^{j\theta_1} v_{l_1} & \cdots & e^{j\theta_{N_1-1}} v_{l_{N_1-1}} \end{bmatrix}^T$, trong đó $l = l_0, l_1, \dots, l_{N_1-1}$, và

v_{l_0} biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong số mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các số mã khối N_l theo chiều ngang và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối;

$v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi}{O_1 \cdot K_1}} & \cdots & e^{j\frac{2\pi(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix}$, trong đó l biểu diễn rằng mỗi số mã

khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_l , và K_l là số lượng của các công CSI-RS tương ứng với mỗi số mã khối theo chiều ngang; θ biểu diễn thông số chênh lệch pha theo chiều ngang;

$(\theta_1 \cdots \theta_{N_1})$ biểu diễn các độ lệch pha giữa các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối khác nhau theo chiều ngang;

$u_{m,\phi} = \begin{bmatrix} u_{m_0} & e^{j\phi} u_{m_1} & \cdots & e^{j\phi_{N_2-1}} u_{m_{N_2-1}} \end{bmatrix}^T$, trong đó $[\cdot]^T$ biểu diễn thao tác chuyển vị liên hợp, $m = m_0, m_1, \dots, m_{N_2-1}$, và $u_{m,\phi}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong sổ mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các sổ mã khối N_2 theo chiều thẳng đứng và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch sổ mã khối;

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 \cdot K_2}} & \cdots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}$$
, trong đó u_m biểu diễn rằng mỗi sổ mã khối được tạo nên dựa trên vector mà độ dài của nó là K_2 , và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS tương ứng với mỗi sổ mã khối theo chiều thẳng đứng; ϕ biểu diễn thông số chênh lệch pha theo chiều thẳng đứng; $(\phi \cdots \phi_{N_2})$ biểu diễn các độ lệch pha giữa các ma trận tiền mã hóa trong các sổ mã khối khác nhau theo chiều thẳng đứng; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l , m , và n đều là chức năng của chỉ số sổ mã; chỉ số sổ mã có sự tương ứng với PMI; j là số ảo đơn vị; và $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker.

Phương án 28: Theo phương pháp theo phương án 26, nếu thông số chênh lệch sổ mã khối là độ lệch giá trị môđun, cấu trúc của ma trận tiền mã hóa trong sổ mã được thể hiện theo công thức 1.4:

$$W_{l,m,n,\phi,\theta}^{(1)} = \frac{1}{2N_1N_2K_1K_2} \cdot \begin{bmatrix} v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \\ \varphi_n v_{l,\beta} \otimes u_{m,\alpha} \end{bmatrix} \quad \text{Công thức 1.4}$$

trong đó $\varphi_n = e^{j\pi/2}$ biểu diễn độ lệch pha giữa hai hướng phân cực của anten;

$$v_{l,\beta} = \begin{bmatrix} v_{l_0} & \beta_1 v_{l_1} & \cdots & \beta_{N_1-1} v_{l_{N_1-1}} \end{bmatrix}^T,$$

trong đó $v_{l,\beta}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong sổ mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các sổ mã khối N_1 theo chiều ngang và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch sổ mã khối;

$$v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j \frac{2\pi l}{O_1 \cdot K_1}} & \dots & e^{j \frac{2\pi l (K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix},$$
 trong đó $l=l_0, l_1, \dots, l_{N_1-1}$, và v_l biểu diễn rằng mỗi số mã khối được tạo nên dựa trên vectơ mà độ dài của nó là K_1 , và K_1 là số lượng của các công CSI-RS tương ứng với mỗi số mã khối theo chiều ngang; β biểu diễn thông số chênh lệch giá trị môđun theo chiều ngang; $(\beta_1 \dots \beta_{N_1})$ biểu diễn các độ lệch giá trị môđun giữa các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối khác nhau theo chiều ngang; $u_{m,\alpha} = [u_{m_0} \ \alpha_1 u_{m_1} \ \dots \ \alpha_{N_2-1} u_{m_{N_2-1}}]^T$, trong đó $m=m_0, m_1, \dots, m_{N_2-1}$, và $u_{m,\phi}$ biểu diễn ma trận tiền mã hóa trong số mã mà nhận được nhờ sự biến đổi từ các số mã khối N_2 theo chiều thẳng đứng và giá trị thông số mà tương ứng với thông số chênh lệch số mã khối;

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j \frac{2\pi m}{O_2 \cdot K_2}} & \dots & e^{j \frac{2\pi m (K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix},$$
 trong đó u_m biểu diễn rằng mỗi số mã khối được tạo nên dựa trên vectơ mà độ dài của nó là K_2 , và K_2 là số lượng của các công CSI-RS tương ứng với mỗi số mã khối theo chiều thẳng đứng; α biểu diễn thông số chênh lệch giá trị môđun theo chiều thẳng đứng; $(\alpha_1 \dots \alpha_{N_1})$ biểu diễn các độ lệch giá trị môđun giữa các ma trận tiền mã hóa trong các số mã khối khác nhau theo chiều thẳng đứng; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l , m , và n đều là chức năng của chỉ số số mã; chỉ số số mã có sự tương ứng với PMI; j là số ảo đơn vị; và $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker.

Phương án 29: Thiết bị người dùng bao gồm bộ xử lý, bộ nhớ, và giao diện truyền thông. Bộ nhớ được tạo cấu hình để lưu trữ lệnh; giao diện truyền thông được tạo cấu hình để truyền thông với thiết bị khác; và bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện lệnh được lưu trữ trong bộ nhớ, để khiến cho thiết bị người dùng thực hiện phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 1 đến 14.

Phương án 30: Điểm truyền/thu bao gồm bộ xử lý, bộ nhớ, và giao diện truyền thông. Bộ nhớ được tạo cấu hình để lưu trữ lệnh; giao diện truyền thông được tạo cấu hình để truyền thông với thiết bị khác; và bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện lệnh được lưu trữ trong bộ nhớ, để khiến cho điểm truyền/thu thực hiện phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 15 đến 28.

Phương án 31: Phương pháp chỉ báo ma trận tiền mã hóa bao gồm các bước:

gửi, bởi thiết bị đầu cuối, thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa tới thiết bị mạng truy cập vô tuyến, trong đó thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa được sử dụng để chỉ báo ma trận tiền mã hóa trong sổ mã, và sổ mã bao gồm số lượng của các nhóm cổng anten và thông tin về hệ số pha giữa các nhóm cổng anten khác nhau; và

thu, bởi thiết bị đầu cuối, dữ liệu đường xuống từ thiết bị mạng truy cập vô tuyến.

Phương án 32: Theo phương pháp theo phương án 31, ma trận tiền mã hóa trong sổ mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,n,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \\ e^{j\theta_1} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \\ \vdots \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số dãy; $\varphi_n = e^{jm/2}$ biểu diễn độ lệch pha hoặc hệ số pha giữa hai hướng phân cực của anten, trong đó khoảng giá trị của n thỏa mãn $\{0, 1, 2, 3\}$; l và m đều biểu diễn chức năng của PMI thứ nhất; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn

số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn;
$$v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 K_1}} \end{bmatrix}^T,$$

trong đó v_l biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_1 , thành phần

thứ k_1 của v_l $e^{j\frac{2\pi l k_1}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_1 có thể là $\{1, 2, \dots, K_1-1\}$, và K_1 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm cổng

anten;
$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 K_2}} \end{bmatrix}^T,$$
 trong đó u_m biểu diễn vector

DFT mà độ dài của nó là K_2 , thành phần thứ k_2 của u_m $e^{j\frac{2\pi m k_2}{O_2 K_2}}$, giá trị của k_2 có thể là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các nhóm cổng anten khác nhau, hoặc biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các panen anten; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker; và N biểu diễn số lượng của các nhóm cổng anten, hoặc biểu diễn số lượng của các panen anten, hoặc N là 2 hoặc 4.

Phương án 33: Theo phương pháp theo phương án 31, ma trận tiền mã hóa trong số mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,n,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \\ e^{j\theta_1} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \\ \vdots \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số dãy;

$$v_{l,m} = \begin{bmatrix} u_m & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} u_m & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 K_1}} u_m \end{bmatrix}^T,$$
 trong đó $v_{l,m}$ biểu diễn vector mà

độ dài của nó là $K_1 \times K_2$, thành phần thứ k_1 của $v_{l,m}$ $e^{j\frac{2\pi l k_1}{O_1 K_1}} u_m$, giá trị của

k_1 có thể là $\{1, 2, \dots, K_1-1\}$, và K_1 là số lượng của các cổng CSI-RS

theo chiều ngang trong mỗi nhóm; $u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}^T$

hoặc $u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}$, trong đó u_m biểu diễn vector DFT

mà độ dài của nó là K_2 , thành phần thứ k_2 của u_m $e^{j\frac{2\pi k_2}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_2 có thể là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l và m đều biểu diễn chức năng của PMI thứ nhất; $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha hoặc hệ số pha giữa hai hướng phân cực của anten, trong đó giá trị của N là $\{0, 1, 2, 3\}$; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các nhóm cổng anten khác nhau, hoặc biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các panen anten; và N biểu diễn số lượng của các nhóm cổng anten, hoặc N biểu diễn số lượng của các panen anten, hoặc N là 2, 4, hoặc 8.

Phương án 34: Theo phương pháp theo phương án 31, ma trận tiền mã hóa

$$W_{l,m,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_l \otimes u_m \\ e^{j\theta_1} v_l \otimes u_m \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} v_l \otimes u_m \end{bmatrix},$$

trong số mã thỏa mãn:

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số dãy;

$$v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix}^T, \text{ trong đó } v_l \text{ biểu diễn vector DFT mà độ}$$

dài của nó là K_1 , thành phần thứ k_1 của v_l $e^{j\frac{2\pi k_1}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_1 có thể là $\{1, 2, \dots, K_1-1\}$, và K_1 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều

ngang trong mỗi nhóm cổng Anten;
$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 K_2}} \end{bmatrix}^T,$$
 trong đó u_m biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_2 , thành phần thứ k_2 của u_m $e^{j\frac{2\pi k_2}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_2 có thể là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm; l là chức năng của chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, và có sự tương ứng với PMI thứ nhất; m là chức năng của chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, và có sự tương ứng với PMI thứ nhất; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng Anten theo các hướng phân cực khác nhau trong cùng nhóm cổng Anten, hoặc biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng Anten theo cùng hướng phân cực trong các nhóm cổng Anten khác nhau, hoặc biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng Anten theo các hướng phân cực khác nhau trong các nhóm cổng Anten khác nhau; và N biểu diễn sản phẩm của số lượng của các nhóm cổng Anten và số lượng của các hướng phân cực của Anten, hoặc N là 2, 4, hoặc 8.

Phương án 35: Theo phương pháp theo phương án 31, ma trận tiền mã hóa trong số mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_{l,m} \\ e^{j\theta_1} v_{l,m} \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} v_{l,m} \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số dãy;

$$v_{l,m} = \begin{bmatrix} u_m & e^{j\frac{2\pi}{O_1 K_1}} u_m & \dots & e^{j\frac{2\pi(K_1-1)}{O_1 K_1}} u_m \end{bmatrix}^T,$$
 trong đó $v_{l,m}$ biểu diễn vector mà độ dài của nó là $K_1 \times K_2$, thành phần thứ k_1 của $v_{l,m}$ $e^{j\frac{2\pi k_1}{O_1 K_1}} u_m$, giá trị của

k_1 có thể là $\{1, 2, \dots, K_1-1\}$, và K_1 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm cổng anten;

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}^T \quad \text{hoặc} \quad u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix},$$

trong đó u_m biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_2 , thành phần

thứ k_2 của u_m $e^{j\frac{2\pi k_2}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_2 có thể là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm cổng anten; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l là chức năng của chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, và có sự tương ứng với PMI thứ nhất; m là chức năng của chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, và có sự tương ứng với PMI thứ nhất; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo các hướng phân cực khác nhau trong cùng nhóm cổng anten, hoặc biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo cùng hướng phân cực trong các nhóm cổng anten khác nhau, hoặc biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo các hướng phân cực khác nhau trong các nhóm cổng anten khác nhau; và N biểu diễn sản phẩm của số lượng của các nhóm cổng anten và số lượng của các hướng phân cực của anten, hoặc N là 2, 4, hoặc 8.

Phương án 36: Phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 31 đến 35 bao gồm các bước:

thu, bởi thiết bị đầu cuối, báo hiệu từ thiết bị mạng truy cập vô tuyến, trong đó báo hiệu bao gồm số lượng của các nhóm cổng anten; và

nhận biết, bởi thiết bị đầu cuối dựa trên số lượng của các nhóm cổng anten, số mã mà cần được sử dụng.

Phương án 37: Phương pháp chỉ báo ma trận tiền mã hóa theo phương án

35 bao gồm:

cổng anten là cổng tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh.

Phương án 38: Phương pháp truyền thông bao gồm các bước:

thu, bởi thiết bị đầu cuối, báo hiệu từ thiết bị mạng truy cập vô tuyến, trong đó báo hiệu bao gồm số lượng của các nhóm cổng anten; và

nhận biết, bởi thiết bị đầu cuối dựa trên số lượng của các nhóm cổng anten, số mã mà cần được sử dụng.

Phương án 39: Phương pháp truyền thông theo phương án 38 bao gồm:

cổng anten là cổng tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh.

Phương án 40: Phương pháp chỉ báo ma trận tiền mã hóa bao gồm các bước:

thu, bởi thiết bị mạng truy cập vô tuyến, thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa từ thiết bị đầu cuối, trong đó thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa được sử dụng để chỉ báo ma trận tiền mã hóa trong số mã, và số mã bao gồm số lượng của các nhóm cổng anten và thông tin về hệ số pha giữa các nhóm cổng anten khác nhau; và

gửi, bởi thiết bị mạng truy cập vô tuyến, dữ liệu đường xuống tới thiết bị đầu cuối.

Phương án 41: Theo phương pháp theo phương án 40, ma trận tiền mã hóa trong số mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,n,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \\ e^{j\theta_1} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \\ \vdots \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số dãy; $\varphi_n = e^{jm/2}$ biểu diễn độ lệch pha hoặc hệ số pha giữa hai hướng phân cực của anten, trong

đó khoảng giá trị của n thỏa mãn $\{0, 1, 2, 3\}$; l và m đều biểu diễn chức năng của PMI thứ nhất; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn

số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn;

trong đó v_l biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_l , thành phần

thứ k_1 của v_l $e^{j\frac{2\pi k_1}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_1 có thể là $\{1, 2, \dots, K_l-1\}$, và K_l là số lượng của các công CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm công

anten; $u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 K_2}} \end{bmatrix}^T$, trong đó u_m biểu diễn vector

DFT mà độ dài của nó là K_2 , thành phần thứ k_2 của u_m $e^{j\frac{2\pi k_2}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_2 có thể là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các công CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các nhóm công anten khác nhau, hoặc biểu diễn độ lệch pha hoặc hệ số pha giữa các panen anten; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker; và N biểu diễn số lượng của các nhóm công anten, hoặc biểu diễn số lượng của các panen anten, hoặc N là 2 hoặc 4.

Phương án 42: Theo phương pháp theo phương án 40, ma trận tiền mã hóa trong số mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,n,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \\ e^{j\theta_1} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \\ \vdots \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số dãy;

$v_{l,m} = \begin{bmatrix} u_m & e^{j\frac{2\pi}{O_1 K_1}} u_m & \dots & e^{j\frac{2\pi(K_1-1)}{O_1 K_1}} u_m \end{bmatrix}^T$, trong đó $v_{l,m}$ biểu diễn vector mà

độ dài của nó là $K_1 \times K_2$, thành phần thứ k_1 của $v_{l,m}$ $e^{j\frac{2\pi k_1}{O_1 K_1}} u_m$, giá trị của k_1 có thể là $\{1, 2, \dots, K_1-1\}$, và K_1 là số lượng của các cổng CSI-RS

theo chiều ngang trong mỗi nhóm; $u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 K_2}} \end{bmatrix}^T$

hoặc $u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 K_2}} \end{bmatrix}$, trong đó u_m biểu diễn vector DFT

mà độ dài của nó là K_2 , thành phần thứ k_2 của u_m $e^{j\frac{2\pi k_2}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_2 có thể là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy

mẫu lên; l và m đều biểu diễn chức năng của PMI thứ nhất; $\varphi_n = e^{jm/2}$ biểu diễn độ lệch pha hoặc hệ số pha giữa hai hướng phân cực của anten, trong đó giá trị của N là $\{0, 1, 2, 3\}$; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các nhóm cổng anten khác nhau, hoặc biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các panen anten; và N biểu diễn số lượng của các nhóm cổng anten, hoặc N biểu diễn số lượng của các panen anten, hoặc N là 2, 4, hoặc 8.

Phương án 43: Theo phương pháp theo phương án 40, ma trận tiền mã hóa trong sơ đồ mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N'K_1K_2}} \begin{bmatrix} v_l \otimes u_m \\ e^{j\theta_1} v_l \otimes u_m \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} v_l \otimes u_m \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số dãy;

$$v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 K_1}} \end{bmatrix}^T$$
, trong đó v_l biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_1 , thành phần thứ k_1 của v_l $e^{j\frac{2\pi l k_1}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_1 có thể là $\{1, 2, \dots, K_1-1\}$, và K_1 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm cổng anten;

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 K_2}} \end{bmatrix}^T$$
, trong đó u_m biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_2 , thành phần thứ k_2 của u_m $e^{j\frac{2\pi m k_2}{O_2 K_2}}$, giá trị của k_2 có thể là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm; l là chức năng của chỉ số sỏ mã theo chiều ngang thứ nhất, và có sự tương ứng với PMI thứ nhất; m là chức năng của chỉ số sỏ mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, và có sự tương ứng với PMI thứ nhất; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo các hướng phân cực khác nhau trong cùng nhóm cổng anten, hoặc biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo cùng hướng phân cực trong các nhóm cổng anten khác nhau, hoặc biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo các hướng phân cực khác nhau trong các nhóm cổng anten khác nhau; và N biểu diễn sản phẩm của số lượng của các nhóm cổng anten và số lượng của các hướng phân cực của anten, hoặc N là 2, 4, hoặc 8.

Phương án 44: Theo phương pháp theo phương án 40, ma trận tiền mã hóa trong sỏ mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N'K_1K_2}} \begin{bmatrix} v_{l,m} \\ e^{j\theta_1} v_{l,m} \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} v_{l,m} \end{bmatrix}$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số dãy;

$$v_{l,m} = \begin{bmatrix} u_m & e^{j\frac{2\pi}{O_1 K_1}} u_m & \dots & e^{j\frac{2\pi(K_1-1)}{O_1 K_1}} u_m \end{bmatrix}^T, \text{ trong đó } v_{l,m} \text{ biểu diễn vector mà}$$

độ dài của nó là $K_1 \times K_2$, thành phần thứ k_1 của $v_{l,m}$ $e^{j\frac{2\pi k_1}{O_1 K_1}} u_m$, giá trị của k_1 có thể là $\{1, 2, \dots, K_1-1\}$, và K_1 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm cổng anten;

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 K_2}} \end{bmatrix}^T \text{ hoặc } u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 K_2}} \end{bmatrix},$$

trong đó u_m biểu diễn vector DFT mà độ dài của nó là K_2 , thành phần thứ k_2 của u_m $e^{j\frac{2\pi k_2}{O_2 K_2}}$, giá trị của k_2 có thể là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều thẳng đứng trong mỗi nhóm cổng anten; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l là chức năng của chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, và có sự tương ứng với PMI thứ nhất; m là chức năng của chỉ số số mã theo chiều thẳng đứng thứ nhất, và có sự tương ứng với PMI thứ nhất; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo các hướng phân cực khác nhau trong cùng nhóm cổng anten, hoặc biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo cùng hướng phân cực trong các nhóm cổng anten khác nhau, hoặc biểu diễn các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo các hướng phân cực khác nhau trong các nhóm cổng anten khác nhau; và N biểu diễn sản phẩm của số lượng của các nhóm cổng anten và số lượng của các hướng phân cực của anten, hoặc N là 2, 4, hoặc 8.

Phương án 45: Phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 40 đến 44 bao gồm các bước:

gửi, bởi thiết bị mạng truy cập vô tuyến, báo hiệu tới thiết bị đầu cuối, trong đó báo hiệu bao gồm số lượng của các nhóm cổng anten;

và

nhận biết, bởi thiết bị đầu cuối dựa trên số lượng của các nhóm cổng anten, số mã mà cần được sử dụng.

Phương án 46: Phương pháp chỉ báo ma trận tiền mã hóa theo phương án 45 bao gồm:

cổng anten là cổng tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh.

Phương án 47: Phương pháp truyền thông bao gồm các bước:

gửi, bởi thiết bị mạng truy cập vô tuyến, báo hiệu tới thiết bị đầu cuối, trong đó báo hiệu bao gồm số lượng của các nhóm cổng anten; và

nhận biết, bởi thiết bị đầu cuối dựa trên số lượng của các nhóm cổng anten, số mã mà cần được sử dụng; hoặc thu, bởi thiết bị đầu cuối, báo hiệu từ thiết bị mạng truy cập vô tuyến, trong đó báo hiệu bao gồm số lượng của các nhóm cổng anten.

Phương án 48: Phương pháp chỉ báo ma trận tiền mã hóa theo phương án 47 bao gồm:

cổng anten là cổng tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh.

Phương án 49: Thiết bị đầu cuối bao gồm bộ xử lý, bộ nhớ, và bộ thu phát. Bộ nhớ được tạo cấu hình để lưu trữ lệnh; bộ thu phát được sử dụng bởi thiết bị đầu cuối để truyền thông với thiết bị khác; và bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện lệnh được lưu trữ trong bộ nhớ, để khiến cho thiết bị đầu cuối thực hiện thao tác theo phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 31 đến 39.

Phương án 50: Thiết bị mạng truy cập vô tuyến bao gồm bộ xử lý, bộ nhớ, và bộ thu phát. Bộ nhớ được tạo cấu hình để lưu trữ lệnh; bộ thu phát được sử dụng bởi thiết bị mạng truy cập vô tuyến để truyền thông với thiết bị khác; và bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện lệnh được lưu trữ trong bộ nhớ, để khiến cho thiết bị mạng truy cập vô tuyến thực hiện thao tác theo phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 40 đến 48.

Phương án 51. Hệ thống chip bao gồm ít nhất một bộ xử lý. Ít nhất một bộ

xử lý được tạo cấu hình để thực hiện lệnh được lưu trữ, để khiến cho thiết bị đầu cuối thực hiện thao tác theo phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 31 đến 39.

Phương án 52. Hệ thống chip bao gồm ít nhất một bộ xử lý. Ít nhất một bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện lệnh được lưu trữ, để khiến cho thiết bị mạng truy cập vô tuyến thực hiện thao tác theo phương pháp theo phương án bất kỳ trong số các phương án từ 40 đến 48.

Cần lưu ý rằng, các giá trị của $K1$ và $K2$ theo các phương án nêu trên của sáng chế là các số nguyên dương.

Những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng có thể hiểu rằng tất cả hoặc một vài trong số các bước của các phương án về phương pháp có thể được thực hiện bởi chương trình chạy phần cứng thích hợp. Chương trình có thể được lưu trữ trong vật ghi đọc được bởi máy tính. Khi chương trình chạy, các bước của các phương án về phương pháp được thực hiện. Vật ghi nêu trên bao gồm: phương tiện bất kỳ có thể lưu trữ mã chương trình, chẳng hạn như ROM, RAM, đĩa từ, hoặc đĩa quang.

Cuối cùng, cần lưu ý rằng các phương án nêu trên chỉ được dự định để mô tả các giải pháp kỹ thuật của sáng chế, mà không nhằm giới hạn sáng chế. Mặc dù sáng chế được mô tả chi tiết dựa vào các phương án nêu trên, những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng cần hiểu rằng họ vẫn có thể thực hiện các sự cải biến tới các giải pháp kỹ thuật được mô tả theo các phương án nêu trên hoặc thực hiện các sự thay thế tương đương tới một vài hoặc tất cả các dấu hiệu kỹ thuật của chúng, mà không chệch khỏi phạm vi của các giải pháp kỹ thuật của các phương án của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp truyền thông, bao gồm:

thu, bởi thiết bị đầu cuối, báo hiệu lớp cao hơn từ thiết bị mạng truy nhập vô tuyến, trong đó báo hiệu lớp cao hơn bao gồm thông tin về số lượng panen anten tương ứng;

gửi, bởi thiết bị đầu cuối, thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa tới thiết bị mạng truy nhập vô tuyến, trong đó thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa chỉ báo ma trận tiền mã hóa trong số mã, và số mã bao gồm thông tin về số lượng panen anten tương ứng và thông tin về độ lệch pha giữa các panen anten tương ứng khác nhau; và

xử lý, bởi thiết bị đầu cuối, việc truyền dữ liệu với thiết bị mạng truy nhập vô tuyến.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ma trận tiền mã hóa trong số mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,n,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \\ e^{j\theta_1} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \\ \vdots \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số hạng; $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha hoặc hệ số pha giữa hai hướng phân cực của anten, trong đó phạm vi giá trị của n thỏa mãn $\{0, 1, 2, 3\}$; mỗi l và m biểu diễn chức năng của chỉ báo ma trận tiền mã hóa (PMI-Precoding Matrix indicator) thứ nhất; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn;

$v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi}{O_1 K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix}^T$, trong đó v_l biểu diễn vector biến đổi Fourier rời

rạc (DFT-Discrete Fourier Transform) mà có độ dài là K_l , phần tử thứ k_1 của v_l là $e^{j\frac{2\pi l k_1}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_1 là $\{1, 2, \dots, K_l-1\}$, và K_l là số lượng của các công tín hiệu tham chiếu (RS-reference signal) thông tin trạng thái kênh (CSI-channel state information) theo chiều ngang trong mỗi nhóm công anten;

$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 K_2}} \end{bmatrix}^T$, trong đó u_m biểu diễn vectơ DFT mà có độ dài

là K_2 , phần tử thứ k_2 của u_m là $e^{j\frac{2\pi l k_2}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_2 là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các công CSI-RS theo chiều dọc trong mỗi nhóm; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn một trong số phần sau đây: các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các nhóm công anten khác nhau, các độ lệch pha giữa các số mã khối, hoặc các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các panen anten; $\theta_r = 2\pi i_{1,r+2} / X$, trong đó $r=1, \dots, N-1$, và X là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$; O_l và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker; và N biểu diễn một trong số phần sau đây: số lượng nhóm công anten, số lượng panen anten, hoặc số 2 hoặc 4.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ma trận tiền mã hóa trong số mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,n,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \\ e^{j\theta_1} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \\ \vdots \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số hạng;

$v_{l,m} = \begin{bmatrix} u_m & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} u_m & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 K_1}} u_m \end{bmatrix}^T$, trong đó $v_{l,m}$ biểu diễn vectơ mà có độ dài

là $K_l \times K_2$, phần tử thứ k_1 của $v_{l,m}$ là $e^{j\frac{2\pi l k_1}{O_1 K_1}} u_m$, giá trị của k_1 là $\{1, 2, \dots, K_l-1\}$, và K_l là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm;

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 K_2}} \end{bmatrix}^T \quad \text{hoặc} \quad u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 K_2}} \end{bmatrix}, \quad \text{trong đó } u_m$$

biểu diễn vector DFT mà có độ dài là K_2 , phần tử thứ k_2 của u_m là $e^{j\frac{2\pi l k_2}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_2 là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều dọc trong mỗi nhóm cổng anten; O_l và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; mỗi l và m biểu diễn chức năng của PMI thứ nhất; $\varphi_n = e^{j\pi n/2}$ biểu diễn độ lệch pha hoặc hệ số pha giữa hai hướng phân cực của anten, trong đó giá trị của n là $\{0, 1, 2, 3\}$; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn một trong số phần sau đây: các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các nhóm cổng anten khác nhau, các độ lệch pha giữa các số mã khối, hoặc các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các panen anten; $\theta_r = 2\pi i_{r+2}/X$, trong đó $r = 1, \dots, N-1$, và X là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$; và N biểu diễn số lượng nhóm cổng anten, số lượng panen anten, hoặc số 2, 4, hoặc 8.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ma trận tiền mã hóa trong số mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{NK_1 K_2}} \begin{bmatrix} v_l \otimes u_m \\ e^{j\theta_1} v_l \otimes u_m \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} v_l \otimes u_m \end{bmatrix}$$

$$\text{trong đó chỉ số trên của } W \text{ biểu diễn số hạng; } v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_l-1)}{O_1 K_1}} \end{bmatrix}^T,$$

trong đó v_l biểu diễn vector DFT mà có độ dài là K_l , phần tử thứ k_1 của v_l là $e^{j\frac{2\pi l k_1}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_1 là $\{1, 2, \dots, K_l-1\}$, và K_l là số lượng của các cổng CSI-RS

theo chiều ngang trong mỗi nhóm cổng Anten; $u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}^T$, trong đó u_m biểu diễn vector DFT mà có độ dài là K_2 , phần tử thứ k_2 của u_m là $e^{j\frac{2\pi k_2}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_2 là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều dọc trong mỗi nhóm cổng Anten; l là chức năng của chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, và có quan hệ tương quan với PMI thứ nhất; m là chức năng của chỉ số số mã theo chiều dọc thứ nhất, và có quan hệ tương quan với PMI thứ nhất; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn một trong số phần sau đây: các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng Anten theo các hướng phân cực khác nhau trong cùng nhóm cổng Anten, các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng Anten theo cùng hướng phân cực trong các nhóm cổng Anten khác nhau, hoặc các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng Anten theo các hướng phân cực khác nhau trong các nhóm cổng Anten khác nhau; và N biểu diễn tích của số lượng nhóm cổng Anten và số lượng hướng phân cực của Anten, hoặc số 2, 4, hoặc 8.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ma trận tiền mã hóa trong số mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_{l,m} \\ e^{j\theta_1} v_{l,m} \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} v_{l,m} \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số hạng;

$$v_{l,m} = \begin{bmatrix} u_m & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} u_m & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} u_m \end{bmatrix}^T, \text{ trong đó } v_{l,m} \text{ biểu diễn vector mà có độ dài}$$

là $K_1 \times K_2$, phần tử thứ k_1 của $v_{l,m}$ là $e^{j\frac{2\pi k_1}{O_1 K_1}} u_m$, giá trị của k_1 là $\{1, 2, \dots, K_1-1\}$, và K_1 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm cổng

$$\text{anten;} \quad u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}^T \quad \text{hoặc} \quad u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}, \quad \text{trong}$$

đó u_m biểu diễn vector DFT mà có độ dài là K_2 , phần tử thứ k_2 của u_m là $e^{j\frac{2\pi k_2}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_2 là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều dọc trong mỗi nhóm cổng anten; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l là chức năng của chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, và có quan hệ tương quan với PMI thứ nhất; m là chức năng của chỉ số số mã theo chiều dọc thứ nhất, và có quan hệ tương quan với PMI thứ nhất; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn một trong số phần sau đây: các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo các hướng phân cực khác nhau trong cùng nhóm cổng anten, các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo cùng hướng phân cực trong các nhóm cổng anten khác nhau, hoặc các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo các hướng phân cực khác nhau trong các nhóm cổng anten khác nhau; và N biểu diễn tích của số lượng nhóm cổng anten và số lượng hướng phân cực của anten, hoặc số 2, 4, hoặc 8.

6. Phương pháp theo điểm 4 hoặc 5, trong đó hệ số pha là $\theta_r = 2\pi i_{2,r} / X$, trong đó X là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$, và $r = 1, \dots, N-1$.

7. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 6, trong đó thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa bao gồm ít nhất một trong số chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ nhất mà tương ứng với CSI dải tần rộng, hoặc chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ hai mà tương ứng với CSI dải tần con.

8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó ít nhất một trong số chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ nhất hoặc chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ hai bao gồm thông tin mà chỉ báo độ lệch pha giữa các số mã khối.

9. Phương pháp theo điểm 8, trong đó thông tin mà chỉ báo độ lệch pha giữa các số mã khối bao gồm ít nhất một giá trị chỉ số, và giá trị chỉ số tương ứng với độ lệch pha giữa các số mã khối.

10. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 9, trong đó thông tin

chỉ báo ma trận tiền mã hóa bao gồm chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ nhất mà tương ứng với CSI dải tần rộng, chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ hai mà tương ứng với CSI dải tần con, và chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ ba, và trong đó chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ ba bao gồm thông tin mà chỉ báo độ lệch pha giữa các số mã khối.

11. Thiết bị truyền thông, bao gồm:

bộ xử lý;

mạch giao diện được ghép nối với bộ xử lý, trong đó mạch giao diện cung cấp truyền thông giữa thiết bị truyền thông này với thiết bị khác; và

bộ xử lý mà kết hợp với mạch giao diện, có cấu trúc để: thu báo hiệu lớp cao hơn từ thiết bị mạng truy nhập vô tuyến, trong đó báo hiệu lớp cao hơn bao gồm thông tin về số lượng panen anten tương ứng, và gửi thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa tới thiết bị mạng truy nhập vô tuyến, trong đó thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa chỉ báo ma trận tiền mã hóa trong số mã, và số mã bao gồm thông tin về số lượng panen anten tương ứng và thông tin về độ lệch pha giữa các panen anten tương ứng khác nhau; và

bộ xử lý mà kết hợp với mạch giao diện, có cấu trúc để xử lý việc truyền dữ liệu với thiết bị mạng truy nhập vô tuyến.

12. Thiết bị theo điểm 11, trong đó ma trận tiền mã hóa trong số mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,n,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \\ e^{j\theta_1} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \\ \vdots \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số hạng; $\varphi_n = e^{jm/2}$ biểu diễn độ lệch pha hoặc hệ số pha giữa hai hướng phân cực của anten, trong đó phạm vi giá trị của n thỏa mãn $\{0, 1, 2, 3\}$; mỗi l và m biểu diễn chức năng của chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ nhất (PMI); e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn

v_l ; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn;
$$v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix}^T$$
, trong đó v_l biểu diễn vector biến đổi Fourier rời rạc (DFT-Discrete Fourier Transform) mà có độ dài là K_1 , phần tử thứ k_1 của v_l là $e^{j\frac{2\pi l k_1}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_1 là $\{1, 2, \dots, K_1-1\}$, và K_1 là số lượng của các cổng tín hiệu tham chiếu (RS-reference signal) thông tin trạng thái kênh (CSI-channel state information) theo chiều ngang trong mỗi nhóm cổng anten;
$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}^T$$
, trong đó u_m biểu diễn vector DFT mà có độ dài là K_2 , phần tử thứ k_2 của u_m là $e^{j\frac{2\pi m k_2}{O_2 K_2}}$, giá trị của k_2 là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều dọc trong mỗi nhóm; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn một trong số phần sau đây: các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các nhóm cổng anten khác nhau, các độ lệch pha giữa các số mã khối, hoặc các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các panen anten; $\theta_r = 2\pi i_{1,r+2} / X$, trong đó $r = 1, \dots, N-1$, và X là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker; và N biểu diễn một trong số phần sau đây: số lượng nhóm cổng anten, số lượng panen anten, hoặc số 2 hoặc 4.

13. Thiết bị theo điểm 11, trong đó ma trận tiền mã hóa trong số mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,n,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \\ e^{j\theta_1} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số hạng;

$v_{l,m} = \begin{bmatrix} u_m & e^{j\frac{2\pi}{O_1 K_1}} u_m & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} u_m \end{bmatrix}^T$, trong đó $v_{l,m}$ biểu diễn vector mà có độ dài

là $K_1 \times K_2$, phần tử thứ k_1 của $v_{l,m}$ là $e^{j\frac{2\pi l k_1}{O_1 K_1}} u_m$, giá trị của k_1 là $\{1, 2, \dots, K_1-1\}$, và K_1 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm;

$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}^T$ hoặc $u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}$, trong đó u_m

biểu diễn vector DFT mà có độ dài là K_2 , phần tử thứ k_2 của u_m là $e^{j\frac{2\pi m k_2}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_2 là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều dọc trong mỗi nhóm cổng anten; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; mỗi l và m biểu diễn chức năng của PMI thứ nhất; $\varphi_n = e^{jm/2}$ biểu diễn độ lệch pha hoặc hệ số pha giữa hai hướng phân cực của anten, trong đó giá trị của n là $\{0, 1, 2, 3\}$; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn một trong số phần sau đây: các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các nhóm cổng anten khác nhau, các độ lệch pha giữa các số mã khối, hoặc các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các panen anten; $\theta_r = 2\pi a_{1,r+2} / X$, trong đó $r = 1, \dots, N-1$, và X là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$; và N biểu diễn số lượng nhóm cổng anten, số lượng panen anten, hoặc số 2, 4, hoặc 8.

14. Thiết bị theo điểm 11, trong đó ma trận tiền mã hóa trong số mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N'K_1K_2}} \begin{bmatrix} v_l \otimes u_m \\ e^{j\theta_1} v_l \otimes u_m \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} v_l \otimes u_m \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số hạng; $v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi}{O_1 K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix}^T$,

trong đó v_l biểu diễn vector DFT mà có độ dài là K_1 , phần tử thứ k_1 của v_l là $e^{j\frac{2\pi l k_1}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_1 là $\{1, 2, \dots, K_1-1\}$, và K_1 là số lượng của các cổng CSI-RS

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}^T,$$

theo chiều ngang trong mỗi nhóm cổng Anten;

trong đó u_m biểu diễn vector DFT mà có độ dài là K_2 , phần tử thứ k_2 của u_m là $e^{j\frac{2\pi k_2}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_2 là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều dọc trong mỗi nhóm cổng Anten; l là chức năng của chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, và có quan hệ tương quan với PMI thứ nhất; m là chức năng của chỉ số số mã theo chiều dọc thứ nhất, và có quan hệ tương quan với PMI thứ nhất; O_l và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn một trong số phần sau đây: các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng Anten theo các hướng phân cực khác nhau trong cùng nhóm cổng Anten, các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng Anten theo cùng hướng phân cực trong các nhóm cổng Anten khác nhau, hoặc các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng Anten theo các hướng phân cực khác nhau trong các nhóm cổng Anten khác nhau; và N biểu diễn tích của số lượng nhóm cổng Anten và số lượng hướng phân cực của Anten, hoặc số 2, 4, hoặc 8.

15. Thiết bị theo điểm 11, trong đó ma trận tiền mã hóa trong số mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{N'K_1K_2}} \begin{bmatrix} v_{l,m} \\ e^{j\theta_1} v_{l,m} \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} v_{l,m} \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số hạng;

$$v_{l,m} = \begin{bmatrix} u_m & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} u_m & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} u_m \end{bmatrix}^T, \text{ trong đó } v_{l,m} \text{ biểu diễn vector mà có độ dài}$$

là $K_l \times K_2$, phần tử thứ k_1 của $v_{l,m}$ là $e^{j\frac{2\pi k_1}{O_1 K_1}} u_m$, giá trị của k_1 là $\{1, 2, \dots, K_l-1\}$, và K_l là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm cổng

$$\text{anten;} \quad u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}^T \quad \text{hoặc} \quad u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}, \text{ trong}$$

đó u_m biểu diễn vector DFT mà có độ dài là K_2 , phần tử thứ k_2 của u_m là $e^{j\frac{2\pi l k_2}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_2 là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều dọc trong mỗi nhóm cổng anten; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l là chức năng của chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, và có quan hệ tương quan với PMI thứ nhất; m là chức năng của chỉ số số mã theo chiều dọc thứ nhất, và có quan hệ tương quan với PMI thứ nhất; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn một trong số phần sau đây: các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo các hướng phân cực khác nhau trong cùng nhóm cổng anten, các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo cùng hướng phân cực trong các nhóm cổng anten khác nhau, hoặc các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo các hướng phân cực khác nhau trong các nhóm cổng anten khác nhau; và N biểu diễn tích của số lượng nhóm cổng anten và số lượng hướng phân cực của anten, hoặc số 2, 4, hoặc 8.

16. Thiết bị theo điểm 14 hoặc 15, trong đó hệ số pha là $\theta_r = 2\pi i_{2,r} / X$, trong đó X là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$, và $r = 1, \dots, N-1$.

17. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm 11 đến 16, trong đó thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa bao gồm ít nhất một trong số chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ nhất mà tương ứng với CSI dải tần rộng, hoặc chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ hai mà tương ứng với CSI dải tần con.

18. Thiết bị theo điểm 17, trong đó ít nhất một trong số chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ nhất hoặc chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ hai bao gồm thông tin mà chỉ báo độ lệch pha giữa các số mã khối.

19. Thiết bị theo điểm 18, trong đó thông tin mà chỉ báo độ lệch pha giữa các số mã khối bao gồm ít nhất một giá trị chỉ số, và giá trị chỉ số tương ứng với độ lệch pha giữa các số mã khối.

20. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm 11 đến 19, trong đó thông tin chỉ

báo ma trận tiền mã hóa bao gồm chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ nhất mà tương ứng với CSI dải tần rộng, chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ hai mà tương ứng với CSI dải tần con, và chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ ba, và trong đó chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ ba bao gồm thông tin mà chỉ báo độ lệch pha giữa các số mã khối.

21. Phương tiện lưu trữ bất biến đọc được bởi máy tính, trong đó phương tiện lưu trữ bất biến đọc được bởi máy tính lưu trữ các lệnh; và khi được thực thi, các lệnh này làm cho thiết bị đầu cuối thực hiện các hoạt động bao gồm:

thu, báo hiệu lớp cao hơn từ thiết bị mạng truy nhập vô tuyến, trong đó báo hiệu lớp cao hơn bao gồm thông tin về số lượng panen anten tương ứng:

gửi thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa tới thiết bị mạng truy nhập vô tuyến, trong đó thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa chỉ báo ma trận tiền mã hóa trong số mã, và số mã bao gồm thông tin về số lượng panen anten tương ứng và thông tin về độ lệch pha giữa các panen anten tương ứng khác nhau; và

xử lý việc truyền dữ liệu với thiết bị mạng truy nhập vô tuyến.

22. Phương tiện lưu trữ bất biến đọc được bởi máy tính theo điểm 21, trong đó ma trận tiền mã hóa trong số mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,n,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \\ e^{j\theta_1} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \\ \vdots \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} \begin{pmatrix} v_l \otimes u_m \\ \varphi_n v_l \otimes u_m \end{pmatrix} \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số hạng; $\varphi_n = e^{jm/2}$ biểu diễn độ lệch pha hoặc hệ số pha giữa hai hướng phân cực của anten, trong đó phạm vi giá trị của n thỏa mãn $\{0, 1, 2, 3\}$; mỗi l và m biểu diễn chức năng của chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ nhất (PMI); e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn;

vì; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn; $v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi}{O_1 K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix}^T$, trong đó v_l biểu

diễn vector biến đổi Fourier rời rạc (DFT-Discrete Fourier Transform) mà có độ dài là K_1 , phần tử thứ k_1 của v_1 là $e^{j\frac{2\pi l k_1}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_1 là $\{1, 2, \dots, K_1-1\}$, và K_1 là số lượng của các cổng tín hiệu tham chiếu (RS-reference signal) thông tin trạng thái kênh (CSI-channel state information) theo chiều ngang trong mỗi

nhóm cổng anten; $u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 K_2}} \end{bmatrix}^T$, trong đó u_m biểu diễn vector

DFT mà có độ dài là K_2 , phần tử thứ k_2 của u_m là $e^{j\frac{2\pi l k_2}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_2 là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều dọc trong mỗi nhóm; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn một trong số phần sau đây: các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các nhóm cổng anten khác nhau, các độ lệch pha giữa các số mã khối, hoặc các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các panen anten; $\theta_r = 2\pi i_{1,r+2} / X$, trong đó $r=1, \dots, N-1$, và X là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker; và N biểu diễn một trong số phần sau đây: số lượng nhóm cổng anten, số lượng panen anten, hoặc số 2 hoặc 4.

23. Phương tiện lưu trữ bất biến đọc được bởi máy tính theo điểm 21, trong đó ma trận tiền mã hóa trong số mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,n,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \\ e^{j\theta_1} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \\ \vdots \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} \begin{pmatrix} v_{l,m} \\ \varphi_n v_{l,m} \end{pmatrix} \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số hạng;

$v_{l,m} = \begin{bmatrix} u_m & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} u_m & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 K_1}} u_m \end{bmatrix}^T$, trong đó $v_{l,m}$ biểu diễn vector mà có độ dài

là $K_I \times K_2$, phần tử thứ k_1 của $v_{l,m}$ là $e^{j\frac{2\pi l k_1}{O_1 K_1}} u_m$, giá trị của k_1 là $\{1, 2, \dots, K_I-1\}$, và K_I là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm;

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}^T \quad \text{hoặc} \quad u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}, \quad \text{trong đó } u_m$$

biểu diễn vector DFT mà có độ dài là K_2 , phần tử thứ k_2 của u_m là $e^{j\frac{2\pi l k_2}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_2 là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều dọc trong mỗi nhóm cổng anten; O_I và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; mỗi l và m biểu diễn chức năng của PMI thứ nhất; $\varphi_n = e^{jm/2}$ biểu diễn độ lệch pha hoặc hệ số pha giữa hai hướng phân cực của anten, trong đó giá trị của n là $\{0, 1, 2, 3\}$; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn một trong số phần sau đây: các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các nhóm cổng anten khác nhau, các độ lệch pha giữa các số mã khối, hoặc các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các panen anten; $\theta_r = 2\pi i_{r+2} / X$, trong đó $r = 1, \dots, N-1$, và X là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$; và N biểu diễn số lượng nhóm cổng anten, số lượng panen anten, hoặc số 2, 4, hoặc 8.

24. Phương tiện lưu trữ bất biến đọc được bởi máy tính theo điểm 21, trong đó

$$W_{l,m,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{NK_1 K_2}} \begin{bmatrix} v_l \otimes u_m \\ e^{j\theta_1} v_l \otimes u_m \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} v_l \otimes u_m \end{bmatrix}$$

ma trận tiền mã hóa trong số mã thỏa mãn:

$$v_l = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi l}{O_1 K_1}} & \dots & e^{j\frac{2\pi l(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} \end{bmatrix}^T,$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số hạng;

trong đó v_l biểu diễn vector DFT mà có độ dài là K_I , phần tử thứ k_1 của v_l là $e^{j\frac{2\pi l k_1}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_1 là $\{1, 2, \dots, K_I-1\}$, và K_I là số lượng của các cổng CSI-RS

theo chiều ngang trong mỗi nhóm cổng anten;

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}^T,$$

trong đó u_m biểu diễn vectơ DFT mà có độ dài là K_2 , phần tử thứ k_2 của u_m là $e^{j\frac{2\pi lk_2}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_2 là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều dọc trong mỗi nhóm cổng Anten; l là chức năng của chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, và có quan hệ tương quan với PMI thứ nhất; m là chức năng của chỉ số số mã theo chiều dọc thứ nhất, và có quan hệ tương quan với PMI thứ nhất; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $\otimes$ biểu diễn tích Kronecker; e biểu diễn hằng số tự nhiên; j biểu diễn số ảo đơn vị; π biểu diễn tỉ số tuần hoàn; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn một trong số phần sau đây: các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng Anten theo các hướng phân cực khác nhau trong cùng nhóm cổng Anten, các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng Anten theo cùng hướng phân cực trong các nhóm cổng Anten khác nhau, hoặc các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng Anten theo các hướng phân cực khác nhau trong các nhóm cổng Anten khác nhau; và N biểu diễn tích của số lượng nhóm cổng Anten và số lượng hướng phân cực của Anten, hoặc số 2, 4, hoặc 8.

25. Phương tiện lưu trữ bất biến đọc được bởi máy tính theo điểm 21, trong đó ma trận tiền mã hóa trong số mã thỏa mãn:

$$W_{l,m,\theta_1,\dots,\theta_{N-1}}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{NK_1K_2}} \begin{bmatrix} v_{l,m} \\ e^{j\theta_1} v_{l,m} \\ \vdots \\ e^{j\theta_{N-1}} v_{l,m} \end{bmatrix},$$

trong đó chỉ số trên của W biểu diễn số hạng;

$$v_{l,m} = \begin{bmatrix} u_m & e^{j\frac{2\pi}{O_1 K_1}} u_m & \dots & e^{j\frac{2\pi(K_1-1)}{O_1 \cdot K_1}} u_m \end{bmatrix}^T, \text{ trong đó } v_{l,m} \text{ biểu diễn vectơ mà có độ dài}$$

là $K_1 \times K_2$, phần tử thứ k_1 của $v_{l,m}$ là $e^{j\frac{2\pi lk_1}{O_1 K_1}} u_m$, giá trị của k_1 là $\{1, 2, \dots, K_1-1\}$, và K_1 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều ngang trong mỗi nhóm cổng Anten;

$$u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}^T \text{ hoặc } u_m = \begin{bmatrix} 1 & e^{j\frac{2\pi m}{O_2 K_2}} & \dots & e^{j\frac{2\pi m(K_2-1)}{O_2 \cdot K_2}} \end{bmatrix}, \text{ trong}$$

đó u_m biểu diễn vector DFT mà có độ dài là K_2 , phần tử thứ k_2 của u_m là $e^{j \frac{2\pi k_2}{O_1 K_1}}$, giá trị của k_2 là $\{1, 2, \dots, K_2-1\}$, và K_2 là số lượng của các cổng CSI-RS theo chiều dọc trong mỗi nhóm cổng anten; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; l là chức năng của chỉ số số mã theo chiều ngang thứ nhất, và có quan hệ tương quan với PMI thứ nhất; m là chức năng của chỉ số số mã theo chiều dọc thứ nhất, và có quan hệ tương quan với PMI thứ nhất; O_1 và O_2 biểu diễn các hệ số lấy mẫu lên; $(\theta_1 \dots \theta_{N-1})$ biểu diễn một trong số phần sau đây: các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo các hướng phân cực khác nhau trong cùng nhóm cổng anten, các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo cùng hướng phân cực trong các nhóm cổng anten khác nhau, hoặc các độ lệch pha hoặc các hệ số pha giữa các cổng anten theo các hướng phân cực khác nhau trong các nhóm cổng anten khác nhau; và N biểu diễn tích của số lượng nhóm cổng anten và số lượng hướng phân cực của anten, hoặc số 2, 4, hoặc 8.

26. Phương tiện lưu trữ bất biến đọc được bởi máy tính theo điểm 24 hoặc 25, trong đó hệ số pha là $\theta_r = 2\pi i_{2,r} / X$, trong đó X là giá trị trong tập hợp $\{2, 4, 8, \dots\}$, và $r = 1, \dots, N-1$.

27. Phương tiện lưu trữ bất biến đọc được bởi máy tính theo điểm bất kỳ trong số các điểm 21 đến 26, trong đó thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa bao gồm ít nhất một trong số chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ nhất mà tương ứng với CSI dải tần rộng, hoặc chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ hai mà tương ứng với CSI dải tần con.

28. Phương tiện lưu trữ bất biến đọc được bởi máy tính theo điểm 27, trong đó ít nhất một trong số chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ nhất hoặc chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ hai bao gồm thông tin mà chỉ báo độ lệch pha giữa các số mã khối.

29. Phương tiện lưu trữ bất biến đọc được bởi máy tính theo điểm 28, trong đó thông tin mà chỉ báo độ lệch pha giữa các số mã khối bao gồm ít nhất một giá trị chỉ số, và giá trị chỉ số tương ứng với độ lệch pha giữa các số mã khối.

30. Phương tiện lưu trữ bất biến đọc được bởi máy tính theo điểm bất kỳ trong

số các điểm 21 đến 29, trong đó thông tin chỉ báo ma trận tiền mã hóa bao gồm chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ nhất mà tương ứng với CSI dải tần rộng, chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ hai mà tương ứng với CSI dải tần con, và chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ ba, và trong đó chỉ báo ma trận tiền mã hóa thứ ba bao gồm thông tin mà chỉ báo độ lệch pha giữa các số mã khối.

31. Thiết bị đầu cuối, bao gồm bộ xử lý, bộ nhớ, và bộ thu phát, trong đó bộ nhớ có cấu trúc để lưu trữ lệnh, bộ thu phát được sử dụng bởi thiết bị đầu cuối để truyền thông với thiết bị khác, và bộ xử lý có cấu trúc để thực thi lệnh được lưu trữ trong bộ nhớ, để làm cho thiết bị đầu cuối thực hiện hoạt động trong phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 10.

32. Hệ thống chip, bao gồm ít nhất một bộ xử lý, trong đó ít nhất một bộ xử lý có cấu trúc để thực thi lệnh được lưu trữ, để làm cho thiết bị đầu cuối thực hiện hoạt động trong phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 10.

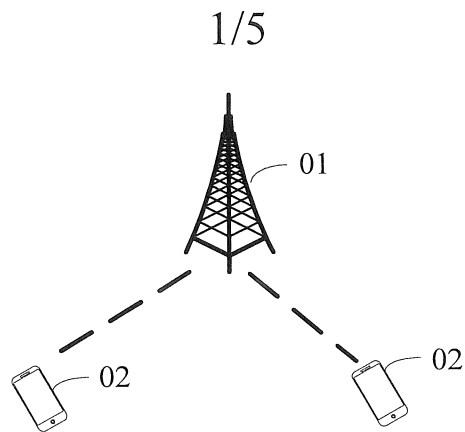


FIG. 1

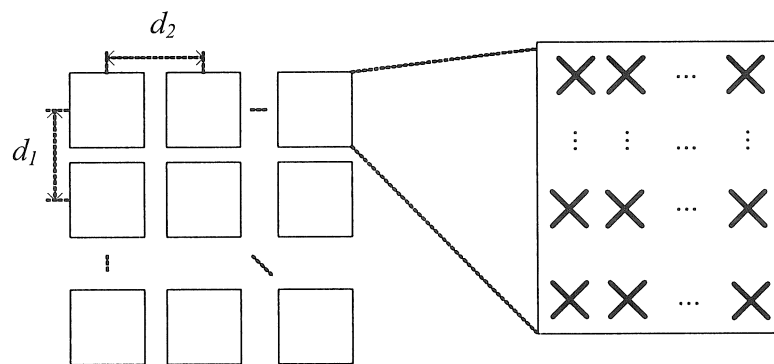


FIG. 2

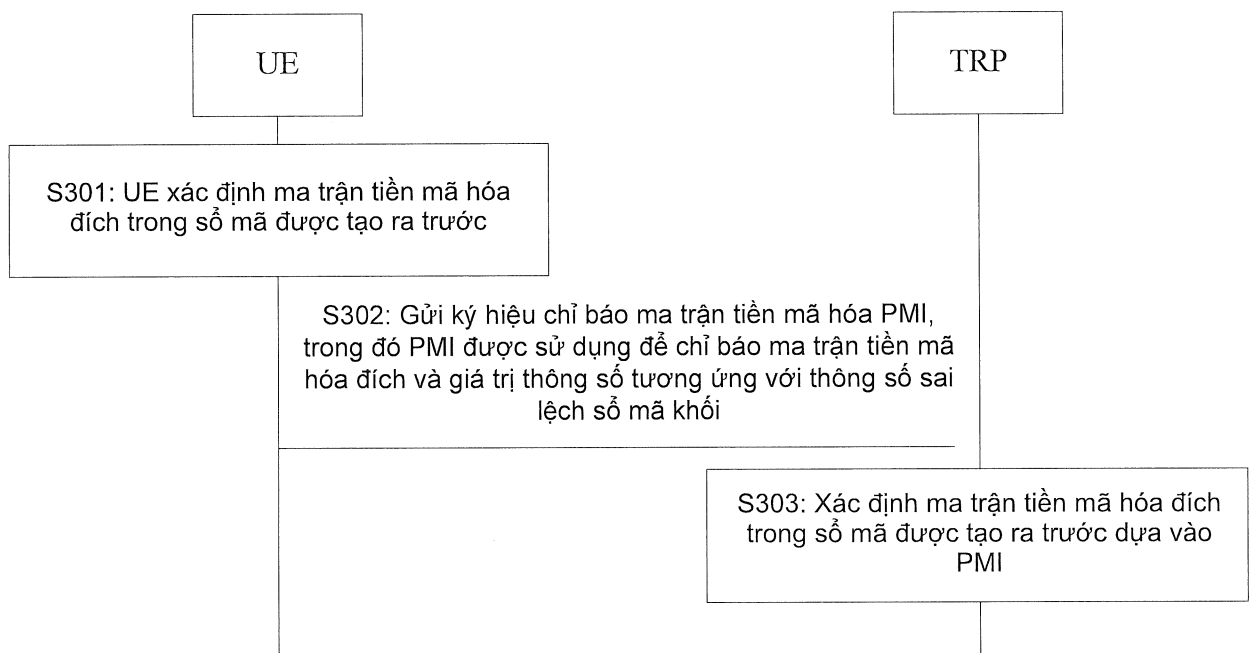


FIG. 3

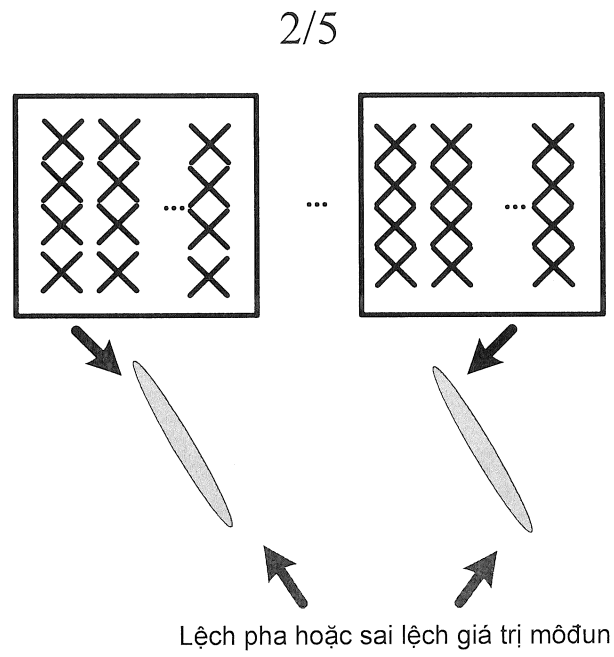


FIG. 4

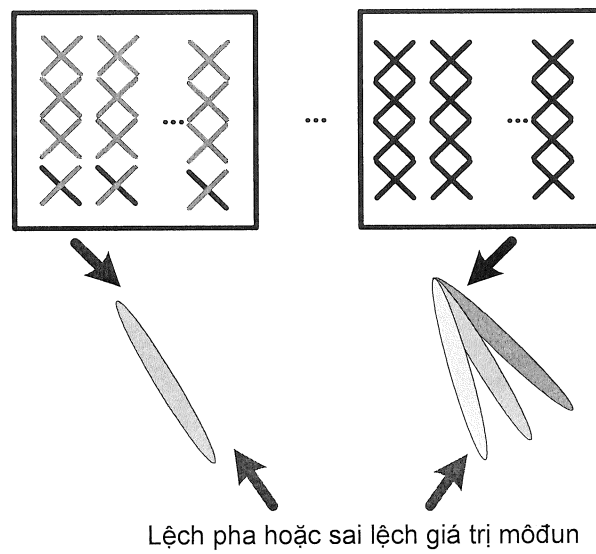


FIG. 5

3/5

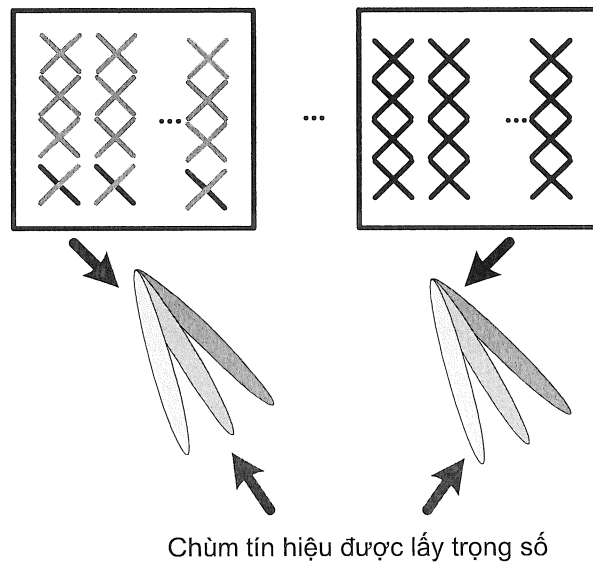


FIG. 6

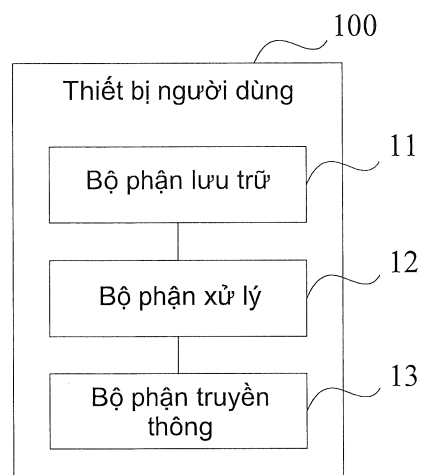


FIG. 7

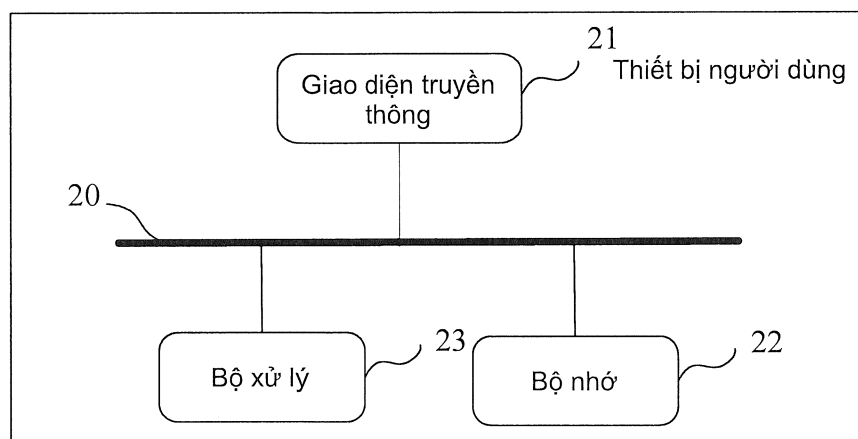


FIG. 8

4/5

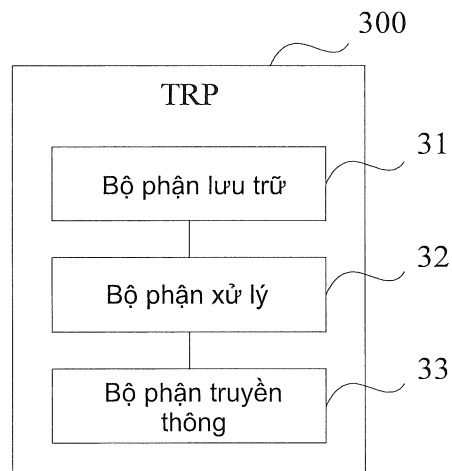


FIG. 9

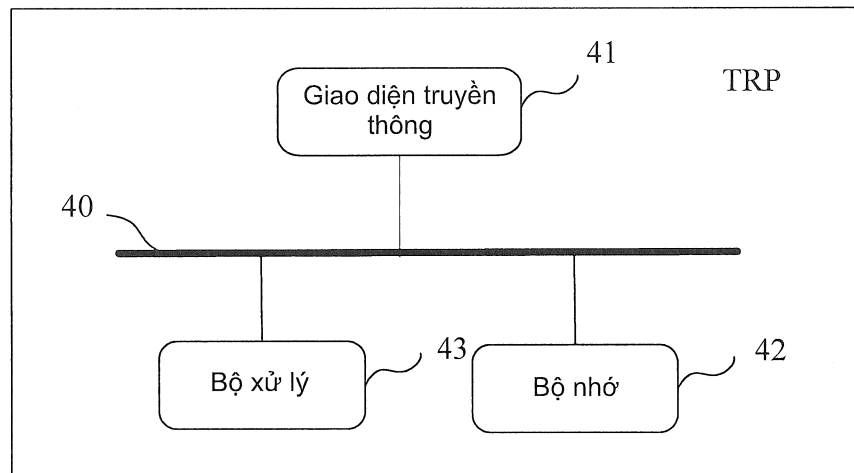


FIG. 10

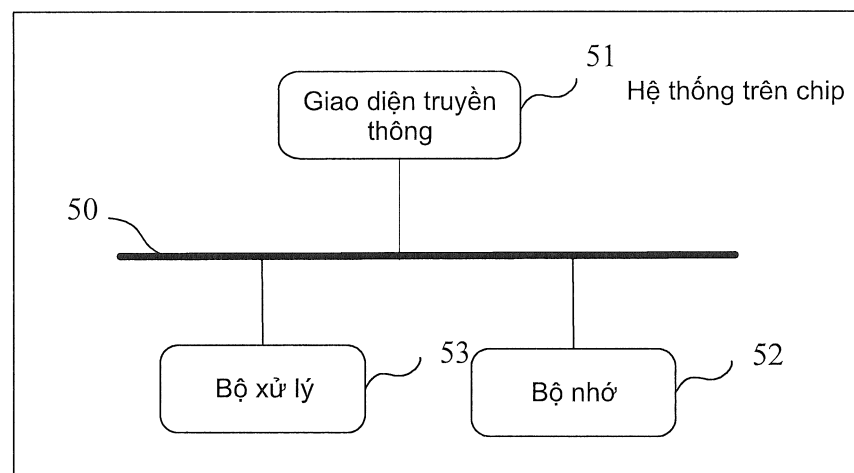


FIG. 11

5/5

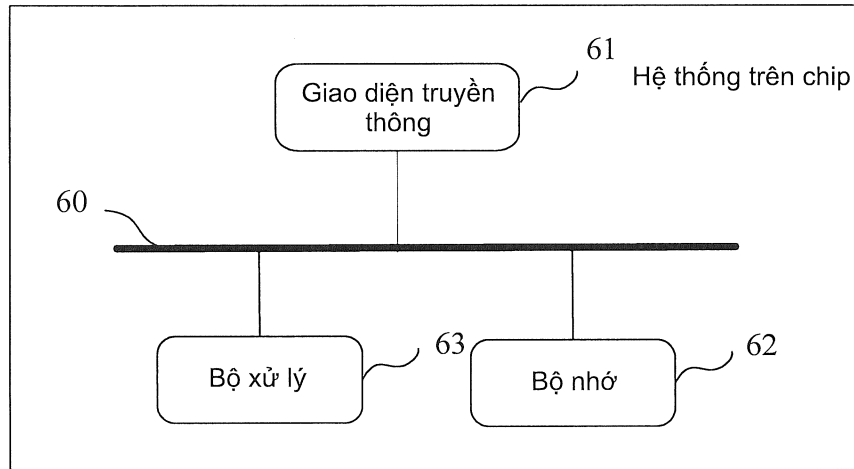


FIG. 12