



(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)



1-0048811

(51)^{2021.01} H04B 7/06

(13) B

(21) 1-2022-04855

(22) 09/02/2021

(86) PCT/CN2021/076244 09/02/2021

(87) WO2021/160122 19/08/2021

(30) 202010085292.9 10/02/2020 CN; 202110152398.0 03/02/2021 CN

(45) 25/07/2025 448

(43) 25/10/2022 415A

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

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

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

(74) Công ty TNHH Đại Tín và Liên Danh (DAITIN AND ASSOCIATES CO.,LTD)

(54) PHƯƠNG PHÁP VÀ THIẾT BỊ PHẢN HỒI THÔNG TIN TRẠNG THÁI KÊNH

(21) 1-2022-04855

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp và thiết bị phản hồi thông tin trạng thái kênh. Phương pháp theo sáng chế bao gồm: nhận các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền bởi phía mạng bằng các cổng ăng-ten, trong đó các chùm được sử dụng trong định dạng chùm được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian, hoặc dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số, vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số được xác định dựa trên kênh đường lên; xác định thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng để truyền dữ liệu dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số; và phản hồi thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng cho phía mạng để xác định tiền mã hóa của dữ liệu truyền đường xuống ở phía mạng.

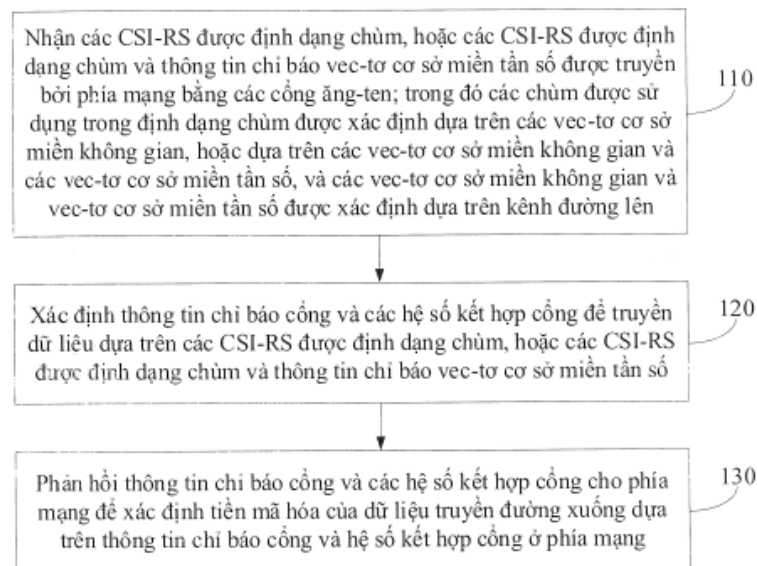


Fig.1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

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

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong hệ thống RAT mới thế hệ thứ 5 (5G NR), phản hồi thông tin trạng thái kênh (Channel State Information, CSI) là công nghệ quan trọng để thực hiện mã hóa hiệu suất cao.

Hiện tại, đối với sách mã lựa chọn công nghệ nâng cao Rel-16, thiết bị đầu cuối cần thực hiện tính toán phân tách giá trị đơn giá (Singular Value Decomposition, SVD) trên mỗi băng con chỉ báo ma trận tiền mã hóa (Precoding Matrix Indicator, PMI) và độ phức tạp tính toán thiết bị đầu cuối cao. Ngoài ra, thiết bị đầu cuối cần tính toán thông tin độ trễ đường xuống và báo cáo thông tin độ trễ đường xuống cho phía mạng, điều này làm cho chi phí phản hồi lớn.

Do đó, khi thông tin trạng thái kênh được phản hồi, lượng tính toán và chi phí phản hồi cao nên thiết bị đầu cuối sẽ hạn chế việc cải thiện 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, thiết bị đầu cuối, phía mạng và phương tiện lưu trữ, giải quyết vấn đề là số lượng tính toán và chi phí phản hồi cao làm cho thiết bị đầu cuối hạn chế hiệu suất hệ thống trong quá trình phản hồi thông tin trạng thái kênh truyền thống.

Theo khía cạnh thứ nhất, một phương án của sáng chế đề xuất phương pháp phản hồi thông tin trạng thái kênh (Channel State Information, CSI), bao gồm:

nhận các tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh (Channel State Information Reference Signals, CSI-RS) được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền bởi phía mạng bằng các công

ăng-ten; trong đó các chùm được sử dụng trong định dạng chùm được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian, hoặc dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số, và các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số được xác định dựa trên một kênh đường lên;

xác định thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công để truyền dữ liệu dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số; và

phản hồi thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công cho phía mạng để xác định tiền mã hóa của dữ liệu truyền đường xuống dựa trên thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công ở phía mạng.

Theo một phương án, việc xác định thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công để truyền dữ liệu dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số, cụ thể bao gồm:

xác định nhiều thông tin kênh hiệu quả dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số; và

xác định thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công để truyền dữ liệu dựa trên nhiều thông tin kênh hiệu quả.

Theo một phương án, việc nhận các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền bởi phía mạng bằng các cổng ăng-ten, cụ thể bao gồm:

nhận các CSI-RS được định dạng chùm thứ nhất được truyền bởi phía mạng bằng các cổng ăng-ten;

trong đó các chùm thứ nhất được sử dụng trong định dạng chùm CSI-RS thứ nhất được xác định dựa trên tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và tất cả các vec-tơ cơ sở miền tần số.

Theo một phương án, số lượng vec-tơ cơ sở miền không gian là $2L$, số lượng vec-tơ cơ sở miền tần số là M , và L và M đều là số nguyên dương;

số lượng chùm thứ nhất không nhỏ hơn $2L + M - 1$, trong đó

$2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất được xác định dựa trên $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian, và $M - 1$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước và $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số; vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước là một trong $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian.

Theo một phương án, việc xác định nhiều thông tin kênh hiệu quả dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số, cụ thể bao gồm:

xác định $2L$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất dựa trên các CSI-RS thứ nhất được định dạng chùm bởi $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất;

xác định $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số và $M - 1$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất dựa trên các CSI-RS thứ nhất được định dạng chùm bởi $M - 1$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất;

xác định $(2L-1)(M-1)$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ hai dựa trên $2L - 1$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất tương ứng với các CSI-RS được định dạng chùm đặt trước trong $2L$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất và $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số; và

lấy $2L + M - 1$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất và $(2L - 1)(M - 1)$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ hai làm thông tin kênh hiệu quả.

Theo một phương án, việc xác định $(2L - 1)(M - 1)$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ hai dựa trên $2L - 1$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất tương ứng với các CSI-RS được định dạng chùm đặt trước trong $2L$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất và $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số, cụ thể bao gồm:

tính toán lần lượt một tích Hadamard của mỗi đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất tương ứng với $2L - 1$ hoặc nhiều hơn CSI-RS được định dạng chùm đặt trước và mỗi vec-tơ cơ sở miền tần số trong $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số để thu được $(2L - 1)(M - 1)$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ hai.

Theo một phương án, việc nhận các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền bởi phía mạng bằng các cổng ăng-ten, cụ thể bao gồm:

nhận các CSI-RS được định dạng chùm thứ hai và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền bởi phía mạng bằng các cổng ăng-ten;

trong đó các chùm thứ hai được sử dụng trong định dạng chùm các CSI-RS thứ hai được xác định dựa trên tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và một phần của các vec-tơ cơ sở miền tần số, và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được cấu hình để chỉ báo phần khác của các vec-tơ cơ sở miền tần số.

Theo một phương án, số lượng vec-tơ cơ sở miền không gian là $2L$, số lượng vec-tơ cơ sở miền tần số là M , và L và M đều là số nguyên dương;

số lượng chùm thứ hai không nhỏ hơn $2LM'$, trong đó M' là số nguyên dương nhỏ hơn M ;

$2LM'$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai được xác định dựa trên $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian và M' vec-tơ cơ sở miền tần số bất kỳ; M' vec-tơ cơ sở miền tần số bất kỳ bao gồm vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất, và tất cả các phần tử của vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất là 1;

thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số bao gồm $\left\lceil \log_2 \left(\frac{N_3 - 1}{M - M'} \right) \right\rceil$ bit thông tin chỉ báo để chỉ báo $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số, trong đó N_3 là số lượng các băng con PMI; hoặc,

thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số bao gồm $\lceil \log_2(\alpha M) \rceil$ bit để chỉ báo các điểm bắt đầu của $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số, và $\left\lceil \log_2 \left(\frac{\alpha M - 1}{M - M'} \right) \right\rceil$ bit thông tin chỉ báo để chỉ báo $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số; hoặc,

thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số bao gồm $\lceil \log_2(M - 1) \rceil$ bit để chỉ báo M vec-tơ cơ sở miền tần số liên tiếp.

Theo một phương án, việc xác định nhiều thông tin kênh hiệu quả dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số, cụ thể bao gồm:

xác định $2LM'$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất dựa trên các CSI-RS thứ hai được định dạng chùm bởi $2LM'$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai;

xác định $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số dựa trên thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số;

xác định $2L(M - M')$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ hai dựa trên thông tin kênh hiệu quả thứ nhất tương ứng với $2L$ hoặc xác định nhiều chùm thứ hai dựa trên các vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất trong $2LM'$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai, và $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số; và

lấy $2LM'$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất và $2L(M - M')$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ hai làm thông tin kênh hiệu quả.

Theo một phương án, việc xác định thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công để truyền dữ liệu dựa trên nhiều thông tin kênh hiệu quả, cụ thể bao gồm:

thực hiện phân tách giá trị riêng trên ma trận hiệp phương sai của nhiều thông tin kênh hiệu quả để thu được các vec-tơ riêng tương ứng với các giá trị riêng lớn nhất, số lượng của chúng là số lượng của các lớp truyền đường xuống;

chọn từ các vec-tơ riêng tương ứng với lớp truyền đường xuống bất kỳ, các phần tử khác 0 có biên độ lớn nhất, số lượng của chúng không lớn hơn số lượng công đặt trước để thu nhận hệ số kết hợp công của lớp truyền đường xuống bất kỳ; và

xác định thông tin chỉ báo công để truyền dữ liệu của lớp truyền đường xuống bất kỳ dựa trên công mà kênh hiệu quả tương ứng với hệ số kết hợp công của lớp truyền đường xuống bất kỳ được áp dụng.

Theo một phương án, việc lựa chọn, từ các vec-tơ riêng tương ứng với lớp truyền đường xuống bất kỳ, các phần tử khác 0 có biên độ lớn nhất, số lượng của chúng không

lớn hơn số lượng cổng đặt trước, để thu được hệ số kết hợp cổng của lớp truyền đường xuống bất kỳ, cụ thể bao gồm:

lựa chọn từ các vec-tơ riêng tương ứng với lớp truyền đường xuống bất kỳ, các phần tử khác 0 có biên độ lớn nhất, số lượng của chúng không lớn hơn số lượng cổng đặt trước; và

chuẩn hóa và lượng tử hóa các phần tử khác 0 có biên độ lớn nhất, số lượng của chúng không lớn hơn số lượng cổng đặt trước, để thu được hệ số kết hợp cổng của lớp truyền đường xuống bất kỳ.

Theo một phương án, phương pháp này còn bao gồm: trước khi nhận các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền bởi phía mạng bằng các cổng ăng-ten,

truyền các tín hiệu tham chiếu âm thanh (Sounding Reference Signal, SRS) đến phía mạng để xác định các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số tương ứng với kênh đường lên dựa trên các SRS ở phía mạng.

Theo khía cạnh thứ hai, một phương án của sáng chế đề xuất phương pháp phản hồi thông tin trạng thái kênh (CSI), bao gồm:

truyền các tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh (CSI-RS) được định dạng chùm hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số tối thiểu bị đầu cuối bằng các cổng ăng-ten, trong đó các chùm được sử dụng trong định dạng chùm được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian, hoặc dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số, và các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số được xác định dựa trên kênh đường lên;

nhận thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng để truyền dữ liệu được phản hồi bởi thiết bị đầu cuối; trong đó thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng được xác định bởi thiết bị đầu cuối dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số; và

xác định tiền mã hóa của dữ liệu truyền đường xuống dựa trên thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng.

Theo một phương án, việc truyền các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số tới thiết bị đầu cuối bằng các cổng ăng-ten, cụ thể bao gồm:

truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ nhất đến thiết bị đầu cuối bằng các cổng ăng-ten;

trong đó các chùm thứ nhất được sử dụng để định dạng chùm CSI-RS thứ nhất được xác định dựa trên tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và tất cả các vec-tơ cơ sở miền tần số.

Theo một phương án, số lượng vec-tơ cơ sở miền không gian là $2L$, số lượng vec-tơ cơ sở miền tần số là M , và L và M đều là số nguyên dương;

số lượng chùm thứ nhất không nhỏ hơn $2L + M - 1$;

$2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất được xác định dựa trên $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian, và $M - 1$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước và $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số; vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước là một trong $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian.

Theo một phương án, việc truyền các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số tới một thiết bị đầu cuối bằng các cổng ăng-ten, cụ thể bao gồm:

truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ hai và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số đến thiết bị đầu cuối bằng các cổng ăng-ten;

trong đó các chùm thứ hai được sử dụng trong định dạng chùm CSI-RS thứ hai được xác định dựa trên tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và một phần của các vec-tơ cơ sở miền tần số, và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được cấu hình để chỉ báo phần khác của các vec-tơ cơ sở miền tần số.

Theo một phương án, số lượng vec-tơ cơ sở miền không gian là $2L$, số lượng vec-tơ cơ sở miền tần số là M , và L và M đều là số nguyên dương;

số lượng chùm thứ hai không nhỏ hơn $2LM'$, trong đó M' là số nguyên dương nhỏ hơn M ;

$2LM'$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai được xác định dựa trên $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian và M' vec-tơ cơ sở miền tần số bất kỳ; M' vec-tơ cơ sở miền tần số bất kỳ bao gồm vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất và tất cả các phần tử của vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất là 1;

thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số bao gồm $\left\lceil \log_2 \left(\frac{N_3 - 1}{M - M'} \right) \right\rceil$ bit thông tin chỉ báo để chỉ báo $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số, trong đó N_3 là số lượng các băng con PMI; hoặc,

thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số bao gồm $\lceil \log_2(\alpha M) \rceil$ bit để chỉ báo điểm bắt đầu của $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số, và $\left\lceil \log_2 \left(\frac{\alpha M - 1}{M - M'} \right) \right\rceil$ bit thông tin chỉ báo để chỉ báo $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số; hoặc,

thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số bao gồm $\lceil \log_2(M - 1) \rceil$ bit để chỉ báo M vec-tơ cơ sở miền tần số liên tiếp.

Theo một phương án, thu được các chùm được sử dụng trong định dạng chùm bằng cách tính tích Kronecker của các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số.

Theo một phương án, phương pháp này còn bao gồm: trước khi truyền các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số tới thiết bị đầu cuối bằng các cổng ăng-ten,

nhận các tín hiệu tham chiếu âm thanh (SRS) được truyền bởi thiết bị đầu cuối; và

xác định các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số tương ứng với kênh đường lên dựa trên các SRS.

Theo khía cạnh thứ ba, một phương án của sáng chế đề xuất một thiết bị phản hồi thông tin trạng thái kênh (CSI), bao gồm:

một đơn vị nhận, được cấu hình để nhận các tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh (CSI-RS) được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền bởi phía mạng bằng các cổng ăng-ten; trong đó các chùm được sử dụng trong định dạng chùm được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian, hoặc dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số, và các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số được xác định dựa trên kênh đường lên;

một đơn vị xác định cổng, được cấu hình để xác định thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng để truyền dữ liệu dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số; và

một đơn vị phản hồi, được cấu hình để phản hồi thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng cho phía mạng để xác định tiền mã hóa của dữ liệu truyền đường xuống dựa trên thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng.

Theo khía cạnh thứ tư, một phương án của sáng chế đề xuất một thiết bị phản hồi thông tin trạng thái kênh (CSI), bao gồm:

một đơn vị truyền, được cấu hình để truyền các tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh (CSI-RS) được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số tới thiết bị đầu cuối bằng các cổng ăng-ten; trong đó các chùm được sử dụng trong định dạng chùm được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian, hoặc dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số, và các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số được xác định dựa trên kênh đường lên;

một đơn vị nhận cổng, được cấu hình để nhận thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng để truyền dữ liệu được phản hồi bởi thiết bị đầu cuối; thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng được xác định bởi thiết bị đầu cuối dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số;

một đơn vị tiền mã hóa, được cấu hình để xác định tiền mã hóa của dữ liệu truyền đường xuống dựa trên thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng.

Theo khía cạnh thứ năm, một phương án của sáng chế đề xuất một thiết bị đầu cuối, bao gồm bộ nhớ, bộ xử lý và chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ và có thể thực thi trên bộ xử lý, trong đó chương trình, khi được thực thi trên bộ xử lý, làm cho bộ xử lý thực hiện các bước sau:

nhận các tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh (CSI-RS) được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền bởi phía mạng bằng các cổng ăng-ten; trong đó các chùm được sử dụng trong định dạng chùm được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian, hoặc dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số, và các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số được xác định dựa trên kênh đường lên;

xác định thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng để truyền dữ liệu dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số;

phản hồi thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng cho phía mạng để xác định tiền mã hóa của dữ liệu truyền đường xuống dựa trên thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng ở phía mạng.

Theo khía cạnh thứ sáu, một phương án của sáng chế đề xuất phía mạng, bao gồm bộ nhớ, bộ xử lý và chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ và có thể thực thi trên bộ xử lý, trong đó chương trình, khi được thực thi trên bộ xử lý, làm cho bộ xử lý thực hiện các bước sau:

truyền các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số tới một thiết bị đầu cuối bằng các cổng ăng-ten; trong đó các chùm được sử dụng trong định dạng chùm được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian, hoặc dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số, và các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số được xác định dựa trên một kênh đường lên;

nhận thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng để truyền dữ liệu được phản hồi bởi thiết bị đầu cuối; thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng được xác định

bởi thiết bị đầu cuối dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số; và

xác định tiền mã hóa của dữ liệu truyền đường xuống dựa trên thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công.

Theo khía cạnh thứ bảy, một phương án của sáng chế đề xuất một phương tiện lưu trữ có thể đọc được bằng máy tính tạm thời, lưu trữ chương trình máy tính, trong đó chương trình máy tính, khi được thực thi bởi bộ xử lý, làm cho bộ xử lý thực hiện các bước của phương pháp theo khía cạnh thứ nhất và thứ hai.

Bằng phương pháp và thiết bị phản hồi thông tin trạng thái kênh, thiết bị đầu cuối, phía mạng và phương tiện lưu trữ theo các phương án của sáng chế, tính tương hỗ của thông tin góc và thông tin độ trễ của các kênh đường lên và kênh đường xuống được áp dụng, do đó thiết bị đầu cuối có thể xác định thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công để truyền dữ liệu dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số mà không cần tính toán thêm thông tin độ trễ của kênh đường xuống, điều này làm giảm độ phức tạp tính toán của thiết bị đầu cuối, giảm chi phí phản hồi của thiết bị đầu cuối và cải thiện hiệu suất hệ thống.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sau đây, các phương pháp thực hiện của sáng chế hoặc của kỹ thuật trước đây sẽ được mô tả rõ ràng thông qua các phương án và hình vẽ kèm theo. Hiển nhiên là, các hình vẽ kèm theo chỉ mô tả một số phương án của sáng chế. Dựa trên những hình vẽ này, người có trình độ trung bình trong cùng lĩnh vực kỹ thuật có thể đưa ra các hình vẽ khác mà không cần cải tiến.

Fig.1 là lưu đồ minh họa phương pháp phản hồi thông tin trạng thái kênh theo một phương án của sáng chế;

Fig.2 là lưu đồ minh họa phương pháp phản hồi thông tin trạng thái kênh theo một phương án khác của sáng chế;

Fig.3 là lưu đồ minh họa phương pháp phản hồi thông tin trạng thái kênh theo một phương án khác của sáng chế;

Fig.4 là sơ đồ cấu trúc minh họa thiết bị phản hồi thông tin trạng thái kênh theo một phương án của sáng chế;

Fig.5 là sơ đồ cấu trúc minh họa thiết bị phản hồi thông tin trạng thái kênh theo một phương án khác của sáng chế;

Fig.6 là sơ đồ cấu trúc minh họa thiết bị đầu cuối theo một phương án của sáng chế; và

Fig.7 là sơ đồ cấu trúc minh họa phía mạng theo một phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, các mục tiêu, giải pháp kỹ thuật, và ưu điểm của sáng chế sẽ được mô tả rõ ràng hơn thông qua các phương án cùng với các hình vẽ kèm theo. Rõ ràng, các phương án chỉ mô tả một phần của sáng chế. Dựa trên các phương án của sáng chế, tất cả các phương án khác được đưa ra bởi người có trình độ trung bình trong cùng lĩnh vực kỹ thuật mà không có cải tiến vẫn thuộc phạm vi của sáng chế.

Với sự phát triển và thay đổi của các yêu cầu về dịch vụ thông tin di động, một hệ thống truyền thông không dây mới RAT mới thế hệ thứ 5 (5G NR) được đề xuất. Trong Rel-16, xác định một sách mã lựa chọn cổng Loại II nâng cao, có thể hỗ trợ Cấp = 1 ~ 4. Nó thực hiện lựa chọn cổng thông qua $\mathbf{W}_1$ và thực hiện được sự hợp nhất tuyến tính giữa các cổng bằng cách sử dụng cùng một phương pháp với sách mã Rel-16 Loại II. Mỗi cổng tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh (CSI-RS) trải qua định dạng chùm và định dạng chùm của nó có thể được xác định bằng tính tương hỗ của thông tin góc kênh đường lên và đường xuống. Biểu diễn $\mathbf{W}_1$ của sách mã lựa chọn cổng như sau:

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

trong đó X là số lượng cổng CSI-RS và có cùng giá trị với cấu hình ăng-ten được hỗ trợ bởi sách mã Loại II nâng cao trong Rel-16. Tham số $L \in \{2, 4\}$ có thể cấu hình được. Mỗi khối lựa chọn cổng được biểu diễn như sau:

$$\mathbf{E}_{\frac{X}{2} \times L} = \begin{bmatrix} \mathbf{e}_{\text{mod}(md, \frac{X}{2})}^{(\frac{X}{2})} & \mathbf{e}_{\text{mod}(md+1, \frac{X}{2})}^{(\frac{X}{2})} & \cdots & \mathbf{e}_{\text{mod}(md+L-1, \frac{X}{2})}^{(\frac{X}{2})} \end{bmatrix},$$

trong đó $\mathbf{e}_i^{(\frac{X}{2})}$ đại diện cho một vec-tơ có chiều dài $\frac{X}{2}$, phần tử thứ i trong đó là 1 và các phần tử còn lại là 0. Tham số m được sử dụng để chọn L công liên tiếp và giá trị của m là $m \in \{0, 1, \dots, \lfloor \frac{X}{2d} \rfloor - 1\}$, sử dụng phản hồi băng rộng. Tham số $d \in \{1, 2, 3, 4\}$ có thể được cấu hình và cần thỏa mãn điều kiện $d \leq L$, được sử dụng để điều chỉnh khoảng lấy mẫu của mỗi L chùm và ảnh hưởng đến chi phí phản hồi; cách nêu trên tương đương với việc chia $X/2$ công thành $X/2d$ nhóm, do đó làm giảm chi phí phản hồi của chỉ báo m . Ngoài ra, cần phải xem xét để tránh việc chọn các chùm có hướng tương tự đối với sự xuất hiện tuyến tính liên quan đến việc lựa chọn d .

Đối với L công đã chọn, cấu trúc sách mã Loại II của Rel-16 được sử dụng để tính toán và thu nhận sách mã lựa chọn công. Lấy Cấp = 1 làm ví dụ, cấu trúc sách mã Loại II của Rel-16 có thể được viết như sau:

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

trong đó $\mathbf{W}$ là ma trận tiền mã hóa $X \times N_3$, N_3 đại diện cho số băng con chỉ báo ma trận tiền mã hóa (PMI). $\mathbf{W}_f$ đại diện cho vec-tơ cơ sở miền tần số được sử dụng để nén các hệ số kết hợp miền tần số, bao gồm M vec-tơ biến đổi Fourier rời rạc (Discrete Fourier Transform, DFT) và $\tilde{\mathbf{W}}_2$ đại diện cho các hệ số kết hợp tuyến tính thu được bằng cách nén N_3 hệ số băng con PMI với $\mathbf{W}_f$.

Hiện tại, đối với sách mã lựa chọn công nâng cao trong Rel-16, thiết bị đầu cuối cần thực hiện tính toán SVD trên mỗi băng con PMI, và độ phức tạp tính toán cho thiết bị đầu cuối là cao. Ngoài ra, thiết bị đầu cuối cần tính toán thông tin độ trễ đường xuống và báo cáo thông tin độ trễ đường xuống cho phía mạng, điều này làm cho tổng phí phản hồi lớn hơn. Do đó, một phương án của sáng chế đề xuất một phương pháp phản hồi thông tin trạng thái kênh có thể giải quyết các vấn đề trên.

Fig.1 là lưu đồ minh họa phương pháp phản hồi thông tin trạng thái kênh theo một phương án của sáng chế. Như được minh họa trên Fig.1, phương pháp này có thể được thực hiện bởi một thiết bị đầu cuối và phương pháp bao gồm:

bước 110: nhận các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền bởi phía mạng bằng các cổng ăng-ten; trong đó các chùm được sử dụng trong định dạng chùm được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian, hoặc dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số, và các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số được xác định dựa trên kênh đường lên.

Cụ thể, phía mạng ước tính trước và thu nhận kênh đường lên, và thông báo cho thiết bị đầu cuối về thông tin của kênh đường lên bằng cách truyền các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số tới thiết bị đầu cuối.

Ở đây, nếu phía mạng chỉ truyền các CSI-RS được định dạng chùm tới thiết bị đầu cuối, thì chùm được sử dụng trong định dạng chùm có thể được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số tương ứng với kênh đường lên; nếu phía mạng không chỉ truyền các CSI-RS được định dạng chùm mà còn truyền thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số đến thiết bị đầu cuối, chùm được sử dụng trong định dạng chùm chỉ có thể được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian tương ứng với kênh đường lên, hoặc dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số tương ứng với kênh đường lên, và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được sử dụng để chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số mà không được sử dụng để xác định chùm được sử dụng trong định dạng chùm. Thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số có thể được truyền đến thiết bị đầu cuối bằng một loại bất kỳ trong các loại sau bao gồm: báo hiệu điều khiển tài nguyên vô tuyến (Radio Resource Control, RRC), báo hiệu phản tử điều khiển truy cập phương tiện (Media Access Control-Control Element, MAC-CE) và báo hiệu thông tin điều khiển đường xuống (Downlink Control Information, DCI).

Hơn nữa, chùm được sử dụng trong định dạng chùm có thể được xác định dựa trên thông tin góc của kênh đường lên, hoặc thông tin góc và thông tin độ trễ của kênh đường lên; thông tin góc được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và thông tin độ trễ được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền tần số.

Tương ứng, phía mạng ước tính trước và thu nhận thông tin góc và thông tin độ trễ của kênh đường lên, đồng thời truyền các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS

được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số tới thiết bị đầu cuối, và thiết bị đầu cuối có thể được thông báo về thông tin góc và thông tin độ trễ của kênh đường lên.

Ở đây, nếu phía mạng chỉ truyền các CSI-RS được định dạng chùm tới thiết bị đầu cuối, chùm được sử dụng trong định dạng chùm được xác định dựa trên thông tin góc và thông tin độ trễ của kênh đường lên; nếu phía mạng truyền không chỉ CSI-RS được định dạng chùm mà còn truyền cả thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số đến thiết bị đầu cuối, chùm được sử dụng trong định dạng chùm chỉ có thể được xác định dựa trên thông tin góc của kênh đường lên hoặc dựa trên thông tin góc và thông tin độ trễ của kênh đường lên, và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được sử dụng để chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số mà không được sử dụng để xác định chùm được sử dụng trong định dạng chùm.

Cần lưu ý rằng vec-tơ cơ sở miền không gian được sử dụng để xác định thông tin góc của kênh đường lên có thể được biểu thị dưới dạng vec-tơ riêng, DFT, biến đổi cosin rời rạc (Discrete Cosine Transform, DCT), hệ số đa thức, biến đổi Karhunen-Loeve (Karhunen-Loeve transform, KLT) và tương tự. Vec-tơ cơ sở miền tần số của thông tin độ trễ có thể được biểu thị dưới dạng DFT, DCT, hệ số đa thức và tương tự. Số lượng cụ thể của vec-tơ cơ sở miền không gian và số lượng cụ thể của vec-tơ cơ sở miền tần số có thể được thỏa thuận trước giữa phía mạng và thiết bị đầu cuối, hoặc được cấu hình bởi phía mạng tới thiết bị đầu cuối thông qua báo hiệu, điều này không bị giới hạn cụ thể trong phương án này của sáng chế.

Bước 120: xác định thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công để truyền dữ liệu dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số.

Cụ thể, do tính tương hỗ của thông tin góc và thông tin độ trễ của kênh đường lên và kênh đường xuống, cụ thể là sự tương đương giữa kênh đường lên và kênh đường xuống về thông tin góc và thông tin độ trễ, kênh đường lên và kênh đường xuống tương ứng với các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số giống nhau. Sau khi nhận được CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số, thay vì tính toán thông tin góc và thông tin độ trễ của kênh đường xuống, thiết bị đầu cuối có thể thu nhận vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-

tơ cơ sở miền tần số mà có thể được sử dụng để xác định thông tin góc và thông tin độ trễ của kênh đường xuống bằng cách sử dụng trực tiếp các CSI-RS được định dạng chùm hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số, sau đó chọn các cổng để truyền dữ liệu, và tạo thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng tương ứng với mỗi cổng được chỉ báo bởi thông tin chỉ báo cổng.

Bước 130: phản hồi thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng cho phía mạng để xác định tiền mã hóa của dữ liệu truyền đường xuống dựa trên thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng ở phía mạng.

Bằng phương pháp theo phương án của sáng chế, tính tương hỗ của thông tin góc và thông tin độ trễ của các kênh đường lên và kênh đường xuống được áp dụng, và thiết bị đầu cuối có thể xác định thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng để truyền dữ liệu dựa trên CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số mà không cần tính toán thêm thông tin độ trễ của kênh đường xuống, điều này làm giảm độ phức tạp tính toán và chi phí phản hồi của thiết bị đầu cuối và cải thiện hơn nữa hiệu suất hệ thống.

Dựa trên phương án nêu trên, bước 120 cụ thể bao gồm:

Bước 121: xác định nhiều thông tin kênh hiệu quả dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số.

Cụ thể, sau khi nhận các CSI-RS được định dạng chùm, thiết bị đầu cuối có thể ước tính thông tin kênh hiệu quả của một cổng tương ứng dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm. Trên cơ sở này, thiết bị đầu cuối cũng có thể thu nhận thông tin kênh hiệu quả tương ứng khi các chùm được tạo ra dựa trên mỗi vec-tơ cơ sở miền không gian và mỗi vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền theo vec-tơ cơ sở miền tần số có trong thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số, kết hợp với thông tin kênh hiệu quả được ước tính. Ở đây, số lượng của nhiều thông tin kênh hiệu quả không nhỏ hơn tích của số lượng vec-tơ cơ sở miền không gian và số lượng vec-tơ cơ sở miền tần số.

Bước 122: Xác định thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng để truyền dữ liệu dựa trên nhiều thông tin kênh hiệu quả.

Cụ thể, sau khi thu nhận nhiều thông tin kênh hiệu quả, thiết bị đầu cuối có thể chọn thông tin kênh hiệu quả để truyền dữ liệu từ nhiều thông tin kênh hiệu quả và tạo thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công dựa trên công được sử dụng tương ứng với thông tin kênh hiệu quả đã chọn, và báo cáo thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công cho phía mạng để phía mạng tính toán tiền mã hóa đường xuống. Ở đây, số lượng công mà thiết bị đầu cuối lựa chọn có thể do phía mạng cấu hình, được báo cáo bởi thiết bị đầu cuối hoặc được thỏa thuận trước giữa phía mạng và thiết bị đầu cuối.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, bước 110 cụ thể bao gồm: nhận được CSI-RS được định dạng chùm thứ nhất được truyền bởi phía mạng bằng các côngăng-ten; trong đó các chùm thứ nhất được sử dụng để định dạng chùm các CSI-RS thứ nhất được xác định dựa trên tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và tất cả các vec-tơ cơ sở miền tần số.

Cụ thể, để đảm bảo báo hiệu đường xuống hoặc chi phí tài nguyên CSI-RS, phía mạng có thể truyền ngầm định vec-tơ cơ sở miền tần số tới thiết bị đầu cuối bằng cách truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ nhất tới thiết bị đầu cuối.

Các CSI-RS thứ nhất là các CSI-RS khi phía mạng truyền ngầm định các vec-tơ cơ sở miền tần số, các chùm thứ nhất là các chùm được sử dụng để định dạng chùm các CSI-RS thứ nhất và các chùm tương ứng với tất cả các CSI-RS thứ nhất cần được tính toán dựa trên tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian được sử dụng để xác định thông tin góc của kênh đường lên và tất cả vec-tơ cơ sở miền tần số dùng để xác định thông tin độ trễ của kênh đường lên. Do đó, ở phía đầu cuối, tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và tất cả các vec-tơ cơ sở miền tần số chỉ có thể thu được bằng mỗi CSI-RS thứ nhất.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, trong trường hợp phía mạng truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ nhất tới thiết bị đầu cuối, thì số lượng vec-tơ cơ sở miền không gian là $2L$, số lượng vec-tơ cơ sở miền tần số là M , và L và M đều là số nguyên dương; số lượng chùm thứ nhất không nhỏ hơn $2L + M - 1$; $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất được xác định dựa trên $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian, và $M - 1$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất được xác định dựa trên vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước và $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số; vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước là một trong $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian.

Ở đây, cả L và M là các tham số sách mã, L và M có thể được cấu hình bởi phía mạng tới thiết bị đầu cuối thông qua báo hiệu, hoặc có thể được thỏa thuận trước giữa phía mạng và thiết bị đầu cuối. Trong M vec-tơ cơ sở miền tần số, có một vec-tơ cơ sở miền tần số có tất cả các phần tử là 1, tức là vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất.

Trong $2L + M - 1$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất, thu được $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất bằng cách tính tích Kronecker của $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất, tương ứng. Vì tất cả các phần tử của vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất là 1, $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất nêu trên cũng có thể được ghi lại được xác định dựa trên $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian tương ứng.

Thu được $M - 1$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất bằng cách tính tích Kronecker của vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước và $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số tương ứng. Ở đây, $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số là các vec-tơ cơ sở miền tần số khác ngoài vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất trong M vec-tơ cơ sở miền tần số. Vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước là vec-tơ cơ sở miền không gian được chọn trước từ $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian, và vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước có thể được thỏa thuận trước giữa phía mạng và thiết bị đầu cuối hoặc có thể được cấu hình bởi phía mạng tới thiết bị đầu cuối thông qua báo hiệu, không bị giới hạn cụ thể trong phương án này của sáng chế.

Bằng phương pháp theo phương án của sáng chế, việc truyền các vec-tơ cơ sở miền tần số được thực hiện thông qua các CSI-RS thứ nhất được định dạng chùm bởi $2L + M - 1$ chùm thứ nhất, giúp tiết kiệm chi phí báo hiệu đường xuống đồng thời giảm độ phức tạp tính toán của thiết bị đầu cuối.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, trong trường hợp phía mạng truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ nhất tới thiết bị đầu cuối, bước 121 cụ thể bao gồm:

bước 1211: xác định $2L$ hoặc nhiều thông tin kênh hiệu quả thứ nhất dựa trên các CSI-RS thứ nhất được định dạng chùm bởi $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất.

Bước 1212: xác định $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số và $M - 1$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất dựa trên các CSI-RS thứ nhất được định dạng chùm bởi $M - 1$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất.

Cụ thể, dựa trên bất kỳ CSI-RS thứ nhất nào, có thể thu được thông tin kênh hiệu quả tương ứng với các CSI-RS thứ nhất. Để thuận tiện cho việc phân biệt, ở đây, thông tin kênh hiệu quả được xác định trực tiếp dựa trên các CSI-RS được ghi lại làm thông tin kênh hiệu quả thứ nhất. Số lượng đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất phù hợp với số lượng CSI-RS thứ nhất mà thiết bị đầu cuối nhận được và do đó số lượng đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất là $2L + M - 1$ hoặc nhiều hơn.

Bước 1213: xác định $(2L - 1) (M - 1)$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ hai dựa trên $2L - 1$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất tương ứng với các CSI-RS được định dạng chùm đặt trước trong $2L$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất và $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số.

Cụ thể, trong $2L$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất, có $2L - 1$ đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất và các CSI-RS tương ứng là các CSI-RS được định dạng chùm đặt trước. Ở đây, CSI-RS được định dạng chùm đặt trước có thể được thỏa thuận trước giữa phía mạng và thiết bị đầu cuối, hoặc có thể được cấu hình bởi phía mạng tới thiết bị đầu cuối thông qua báo hiệu.

Thu được $(2L - 1) (M - 1)$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ hai bằng cách tính tích Hadamard của thông tin kênh hiệu quả thứ nhất tương ứng với $2L - 1$ CSI-RS được định dạng chùm đặt trước nêu trên và $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số tương ứng. Ở đây, thu được thông tin kênh hiệu quả dựa trên thông tin kênh hiệu quả thứ nhất và vec-tơ cơ sở miền tần số được ghi lại làm thông tin kênh hiệu quả thứ hai.

Bước 1214: lấy $2L + M - 1$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất và $(2L - 1) (M - 1)$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ hai làm thông tin kênh hiệu quả.

Cụ thể, $2L + M - 1$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất được xác định trực tiếp dựa trên các CSI-RS và $(2L - 1) (M - 1)$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ hai thu được dựa trên thông tin kênh hiệu quả thứ nhất và vec-tơ cơ sở miền tần số được lấy làm thông tin kênh hiệu quả.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, bước 1213 cụ thể bao gồm: tính toán lần lượt tích Hadamard của từng đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất tương ứng với $2L - 1$ hoặc

nhiều hơn CSI-RS được định dạng chùm đặt trước và mỗi vec-tơ cơ sở miền tần số trong $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số, để thu được $(2L - 1)(M - 1)$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ hai.

Cụ thể, tính toán tích Hadamard của mỗi đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất tương ứng với $2L - 1$ hoặc nhiều hơn CSI-RS được định dạng chùm đặt trước và mỗi vec-tơ cơ sở miền tần số trong $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số, và tích Hadamard được coi làm thông tin kênh hiệu quả thứ hai tương ứng với từng đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất tương ứng với $2L - 1$ hoặc nhiều hơn CSI-RS được định dạng chùm đặt trước và mỗi vec-tơ cơ sở miền tần số trong $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số. Mỗi đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất tương ứng với $2L - 1$ hoặc nhiều hơn CSI-RS được định dạng chùm đặt trước và mỗi vec-tơ cơ sở miền tần số trong $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số được kết hợp theo cặp để thu được $(2L - 1)(M - 1)$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ hai.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, giả định rằng các tham số sách mã được cấu hình cho thiết bị đầu cuối bởi phía mạng là $L = 2$, $M = 4$. Thiết bị đầu cuối sử dụng một ăng-ten để truyền tín hiệu đường lên, N_r ăng-ten để nhận tín hiệu đường xuống và đường xuống truyền một lớp dữ liệu. Một mảng ăng-ten phẳng hai chiều phân cực kép được cấu hình ở phía mạng và mảng ăng-ten được ánh xạ vào $2N_1N_2$ cổng ăng-ten truyền, trong đó N_1 và N_2 đại diện cho số cổng ăng-ten theo hướng ngang và dọc tương ứng, số lượng băng con PMI là N_3 , và mỗi băng con có kích thước là 1 PRB. Phía mạng truyền một lớp dữ liệu đến thiết bị đầu cuối.

Phía mạng truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ nhất đến thiết bị đầu cuối thông qua 7 (bằng $2L+M-1$) cổng, chùm của các $2L$ cổng thứ nhất thu được bằng cách tính tích Kronecker của $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian khác nhau và vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất (tức là vec-tơ cơ sở miền tần số có độ dài là N_3 và có tất cả các phần tử là 1), nghĩa là chùm cổng thứ k $\mathbf{b}_k = \mathbf{v}_l \otimes \mathbf{1}_{N_3} \in \mathbb{C}^{N_1N_2N_3 \times 1}$, trong đó $\mathbf{v}_l$ đại diện cho vec-tơ cơ sở miền không gian thứ l . Kênh hiệu quả của cổng thứ l được ước tính bởi thiết bị đầu cuối là:

$$\tilde{\mathbf{H}}_l = \begin{bmatrix} \mathbf{H}_0 \mathbf{v}_l \\ \mathbf{H}_1 \mathbf{v}_l \\ \vdots \\ \mathbf{H}_{N_3-1} \mathbf{v}_l \end{bmatrix}, \quad l \in \{0, \dots, 2L - 1\},$$

trong đó $\mathbf{H}_n$ đại diện cho kênh của băng con thứ n .

Giả sử rằng thu được các chùm của $M - 1$ cổng còn lại được xác định trước bởi phía mạng và thiết bị đầu cuối bằng cách tích tích Kronecker của vec-tơ cơ sở không gian (tức là $\mathbf{v}_0$) được sử dụng trong cổng thứ nhất và $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số khác ngoài vec-tơ cơ sở tần số thứ nhất được phía mạng chọn, nghĩa là, chùm cổng thứ k $\mathbf{b}_k = \mathbf{v}_0 \otimes \mathbf{f}_m \in \mathbb{C}^{N_1 N_2 N_3 \times 1}$, trong đó $\mathbf{f}_m$ đại diện cho vec-tơ cơ sở miền tần số thứ m , khi đó kênh hiệu quả của cổng thứ k được ước tính bởi thiết bị đầu cuối là:

$$\tilde{\mathbf{H}}_k = \begin{bmatrix} \mathbf{H}_0 \mathbf{v}_0 \\ \mathbf{H}_1 \mathbf{v}_0 e^{-j2\pi \frac{k_m}{N_3}} \\ \vdots \\ \mathbf{H}_{N_3-1} \mathbf{v}_0 e^{-j2\pi \frac{(N_3-1)k_m}{N_3}} \end{bmatrix}$$

Trong đó k_m đại diện cho một chỉ số tương ứng với vec-tơ cơ sở miền tần số thứ m trong N_3 vec-tơ cơ sở.

Do đó, vec-tơ cơ sở miền tần số thứ m mà phía mạng sử dụng có thể được xác định

$$\text{theo } \tilde{\mathbf{H}}_0 = \begin{bmatrix} \mathbf{H}_0 \mathbf{v}_0 \\ \mathbf{H}_1 \mathbf{v}_0 \\ \vdots \\ \mathbf{H}_{N_3-1} \mathbf{v}_0 \end{bmatrix} \text{ và } \tilde{\mathbf{H}}_k.$$

Tương tự, thiết bị đầu cuối có thể xác định $M - 1$ hoặc nhiều hơn vec-tơ cơ sở miền tần số được phía mạng sử dụng.

Cuối cùng, thiết bị đầu cuối tính toán $(2L - 1)(M - 1) = 9$ nhiều thông tin kênh hiệu quả còn lại thông qua $\tilde{\mathbf{H}}_k$ theo $\tilde{\mathbf{H}}_l$ và $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số đã xác định, để thu được $K = 2LM = 16$ nhiều thông tin kênh hiệu quả, được ghi lại dưới dạng $\tilde{\mathbf{H}}_{eff} = [\tilde{\mathbf{H}}_0 \quad \dots \quad \tilde{\mathbf{H}}_{15}] \in \mathbb{C}^{N_r N_3 \times K}$.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, bước 110 cụ thể bao gồm: nhận các CSI-RS được định dạng chùm thứ hai và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền bởi phía mạng bằng các cổng ăng-ten; trong đó các chùm thứ hai được sử dụng trong định dạng chùm CSI-RS thứ hai được xác định dựa trên tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian

và một phần của các vec-tơ cơ sở miền tần số, và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được cấu hình để chỉ báo phần khác của vec-tơ cơ sở miền tần số.

Cụ thể, phía mạng cũng có thể truyền rõ ràng các vec-tơ cơ sở miền tần số đến thiết bị đầu cuối bằng cách truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ hai và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số tới thiết bị đầu cuối.

Các CSI-RS thứ hai là các CSI-RS khi phía mạng truyền rõ ràng vec-tơ cơ sở miền tần số và các chùm thứ hai là các chùm được sử dụng trong định dạng chùm CSI-RS thứ hai. Các vec-tơ cơ sở miền tần số được sử dụng để xác định thông tin độ trễ của kênh đường lên được chia thành hai phần, một phần được sử dụng để hợp tác với tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian để xác định chùm thứ hai tương ứng với các CSI-RS thứ hai mà được truyền rõ ràng tới thiết bị đầu cuối thông qua định dạng chùm, và phần khác tạo thành thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền rõ ràng đến thiết bị đầu cuối. Do đó, ở phía đầu cuối, có thể thu được tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và một phần của các vec-tơ cơ sở miền tần số bằng mỗi CSI-RS thứ hai, và phần khác của vec-tơ cơ sở miền tần số có thể thu được bằng thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số, từ đó thu được tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và tất cả các vec-tơ cơ sở miền tần số.

Cần lưu ý rằng khi các vec-tơ cơ sở miền tần số được phân chia, các vec-tơ cơ sở miền tần số để xác định chùm thứ hai có thể là một hoặc nhiều hơn, và số lượng các vec-tơ cơ sở miền tần số có thể được thỏa thuận trước giữa phía mạng và thiết bị đầu cuối, hoặc có thể được phía mạng cấu hình tới thiết bị đầu cuối thông qua báo hiệu.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, trong trường hợp phía mạng truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ hai và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số đến thiết bị đầu cuối, thì số lượng vec-tơ cơ sở miền không gian là $2L$, số lượng vec-tơ cơ sở miền tần số là M , và L và M đều là số nguyên dương; số lượng chùm thứ hai không nhỏ hơn $2LM'$, trong đó M' là số nguyên dương nhỏ hơn M ; $2LM'$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai được xác định dựa trên $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian và M' vec-tơ cơ sở miền tần số bất kỳ; M' vec-tơ cơ sở miền tần số bất kỳ bao gồm một vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất và tất cả các phần tử của vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất là 1.

Ở đây, L , M và M' là tất cả các tham số sách mã, và L , M và M' có thể được cấu hình bởi phía mạng tới thiết bị đầu cuối thông qua báo hiệu, hoặc có thể được thỏa thuận trước

giữa phía mạng và thiết bị đầu cuối. M vec-tơ cơ sở miền tần số được chia thành hai phần, là M' vec-tơ cơ sở miền tần số và $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số.

$2LM'$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai thu được bằng cách tích Kronecker của $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian và M' vec-tơ cơ sở miền tần số tương ứng. Vì có một vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất có tất cả các phần tử là 1 trong M' vec-tơ cơ sở miền tần số, nên $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất trong $2LM'$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai nêu trên cũng có thể được xác định dựa trên $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian tương ứng.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, trong trường hợp phía mạng truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ hai và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số tới thiết bị đầu cuối, thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số bao gồm $\left\lceil \log_2 \left(\frac{N_3 - 1}{M - M'} \right) \right\rceil$ bit thông tin chỉ báo để chỉ báo $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số, trong đó N_3 là số lượng băng con PMI; hoặc, thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số bao gồm $\lceil \log_2(\alpha M) \rceil$ bit để chỉ báo điểm bắt đầu của $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số và $\left\lceil \log_2 \left(\frac{\alpha M - 1}{M - M'} \right) \right\rceil$ bit thông tin chỉ báo để chỉ báo $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số; hoặc, thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số bao gồm $\lceil \log_2(M - 1) \rceil$ bit để chỉ báo M vec-tơ cơ sở miền tần số liên tiếp.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, trong trường hợp phía mạng truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ hai và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số tới thiết bị đầu cuối, bước 121 cụ thể bao gồm:

xác định $2LM'$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất dựa trên các CSI-RS thứ hai được định dạng chùm bởi $2LM'$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai; xác định $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số dựa trên thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số; xác định $2L(M - M')$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ hai dựa trên thông tin kênh hiệu quả thứ nhất tương ứng với $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất trong $2LM'$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai, và $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số; và lấy $2LM'$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất và $2L(M - M')$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ hai làm thông tin kênh hiệu quả.

Cụ thể, dựa trên bất kỳ CSI-RS thứ hai nào, có thể thu được thông tin kênh hiệu quả tương ứng với các CSI-RS thứ hai. Để thuận tiện cho việc phân biệt, thông tin kênh hiệu quả được xác định trực tiếp dựa trên các CSI-RS được ghi lại làm kênh hiệu quả thứ nhất ở đây. Số lượng đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất phù hợp với số lượng CSI-RS thứ hai mà thiết bị đầu cuối nhận được và do đó số lượng đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất là $2LM'$ hoặc nhiều hơn.

Vì $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai trong $2LM'$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai được xác định dựa trên $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian và một vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất có tất cả các phần tử là 1, nên CSI-RS thứ hai được định dạng chùm bởi $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất có thể thu được từ các CSI-RS được định dạng chùm thứ hai bởi $2LM'$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai, và sau đó xác định thông tin kênh hiệu quả thứ nhất tương ứng với $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai dựa trên các vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất, và xác định tích Hadamard của thông tin kênh hiệu quả thứ nhất tương ứng với $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai, và $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số được tính toán, từ đó thu được $2L(M - M')$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ hai. Ở đây, thông tin kênh hiệu quả dựa trên thông tin kênh hiệu quả thứ nhất và các vec-tơ cơ sở miền tần số còn lại được ghi lại làm thông tin kênh hiệu quả thứ hai.

$2LM'$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất được xác định trực tiếp dựa trên các CSI-RS và $2L(M - M')$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ hai thu được dựa trên thông tin kênh hiệu quả thứ nhất và các vec-tơ cơ sở miền tần số còn lại được lấy làm thông tin kênh hiệu quả.

Cần lưu ý rằng khi $M' = 1$, có $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai, được xác định dựa trên $2L$ hoặc nhiều hơn vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất có tất cả các phần tử là 1. Sau khi $2L$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất được xác định dựa trên CSI-RSs được định dạng chùm thứ hai bởi $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai, có thể tính toán trực tiếp tương ứng tích Hadamard của $2L$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất ở đây và $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số được bao gồm trong thông tin vec-tơ cơ sở miền tần số để thu được $2L(M - 1)$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ hai.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, giả định rằng các tham số sách mã được cấu hình cho thiết bị đầu cuối của phía mạng là $L = 2$, $M = 4$, $\alpha = 2$. Số lượng N_3 của băng con PMI là 13. Phía mạng truyền một lớp dữ liệu đến thiết bị đầu cuối.

Phía mạng truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ hai thông qua $2L = 4$ cổng, trong đó $L = 2$ cổng thứ nhất truyền các CSI-RS thứ hai bằng cách sử dụng ăng-ten theo hướng phân cực thứ nhất, và chùm được sử dụng bởi mỗi cổng là cổng $\mathbf{b}_{0,l} = \mathbf{v}_l \otimes \mathbf{1}_{N_3} \in \mathbb{C}^{N_1 N_2 N_3 \times 1}$, $l = 0, \dots, L - 1$, $L = 2$ cổng cuối cùng truyền các CSI-RS thứ hai bằng cách sử dụng ăng-ten theo hướng phân cực thứ hai và chùm được sử dụng bởi mỗi cổng là $\mathbf{b}_{1,l} = \mathbf{v}_l \otimes \mathbf{1}_{N_3} \in \mathbb{C}^{N_1 N_2 N_3 \times 1}$, $l = 0, \dots, L - 1$.

Phía mạng truyền $\left\lceil \log_2 \left(\binom{N_3 - 1}{M - 1} \right) \right\rceil = \left\lceil \log_2 \left(\binom{12}{3} \right) \right\rceil = 8$ bit thông tin chỉ báo để chỉ báo $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số còn lại. Ngoài ra, phía mạng truyền $\left\lceil \log_2(\alpha M) \right\rceil = \left\lceil \log_2(8) \right\rceil = 3$ bit để chỉ báo điểm bắt đầu M_{init} của αM vec-tơ cơ sở miền tần số liên tiếp và $\left\lceil \log_2 \left(\binom{\alpha M - 1}{M - 1} \right) \right\rceil = \left\lceil \log_2 \left(\binom{7}{3} \right) \right\rceil = 6$ bit để chỉ báo $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số còn lại.

Thiết bị đầu cuối xác định $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số còn lại do phía mạng lựa chọn theo thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền bởi phía mạng. Sau đó, thiết bị đầu cuối ước tính rằng kênh hiệu quả của mỗi cổng là $\tilde{\mathbf{H}}_{p,l,0}$, $p = 0, 1$, $l = 0, L - 1$ theo các CSI-RS được định dạng chùm thứ hai nhận được trên $2L$ cổng. $2L$ cổng có thể được xác định trước bởi phía mạng và thiết bị đầu cuối. Kênh hiệu quả được ước tính thông qua cổng thứ l theo hướng phân cực p được biểu diễn như sau:

$$\tilde{\mathbf{H}}_{p,l,0} = \begin{bmatrix} \mathbf{H}_{p,0} \mathbf{v}_l \\ \mathbf{H}_{p,1} \mathbf{v}_l \\ \vdots \\ \mathbf{H}_{p,N_3-1} \mathbf{v}_l \end{bmatrix},$$

trong đó $\mathbf{H}_{p,1}$ đại diện cho kênh của băng con thứ n theo hướng phân cực p . Sau đó, $2L(M - 1)$ nhiều thông tin kênh hiệu quả có thể được tính toán theo thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số bao gồm $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền bởi phía mạng. Nếu chỉ số của vec-tơ cơ sở miền tần số thứ m trên quay pha được thực hiện là k_m , thì chùm được tạo bởi vec-tơ cơ sở không gian thứ l $\mathbf{v}_l$ và vec-tơ cơ sở miền tần số thứ m

f_m theo hướng phân cực p là $\mathbf{b}_{p,k} = \mathbf{v}_l \otimes \mathbf{f}_m$, khi chùm được sử dụng để truyền, kênh hiệu quả tương ứng của nó là

$$\tilde{\mathbf{H}}_{p,k} = \begin{bmatrix} \mathbf{I}_{N_r} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & e^{-j2\pi \frac{km}{N_3}} \mathbf{I}_{N_r} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & e^{-j2\pi \frac{(N_3-1)km}{N_3}} \mathbf{I}_{N_r} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{H}_{p,0} \mathbf{v}_l \\ \mathbf{H}_{p,1} \mathbf{v}_l \\ \vdots \\ \mathbf{H}_{p,N_3-1} \mathbf{v}_l \end{bmatrix}, k = lM + m.$$

Tương tự, $2L(M-1)$ nhiều thông tin kênh hiệu quả có thể được tính toán và sau đó tổng của $K = 2LM$ nhiều thông tin kênh hiệu quả có thể được ghi lại dưới dạng $\tilde{\mathbf{H}}_{eff} = [\tilde{\mathbf{H}}_{0,0} \quad \dots \quad \tilde{\mathbf{H}}_{0,LM-1} \quad \tilde{\mathbf{H}}_{1,0} \quad \dots \quad \tilde{\mathbf{H}}_{1,LM-1}] \in \mathbb{C}^{N_r N_3 \times K}$.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, giả định rằng các tham số sách mã được cấu hình cho thiết bị đầu cuối bởi phía mạng là $L = 2$, $M = 4$, $M' = 2$, $\alpha = 2$, $X = 16$. Số lượng N_3 của băng con PMI là 13. Phía mạng truyền một lớp dữ liệu đến thiết bị đầu cuối.

Phía mạng truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ hai thông qua $2LM' = 8$ cổng.

Phía mạng truyền $\left\lceil \log_2 \binom{N_3-1}{M-M'} \right\rceil = \left\lceil \log_2 \binom{12}{2} \right\rceil = 7$ bit thông tin chỉ báo để chỉ báo $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số còn lại. Ngoài ra, phía mạng truyền $\left\lceil \log_2(\alpha M) \right\rceil = \left\lceil \log_2(8) \right\rceil = 3$ bit xác định điểm bắt đầu M_{init} của αM vec-tơ cơ sở miền tần số liên tiếp và $\left\lceil \log_2 \binom{\alpha M-1}{M-M'} \right\rceil = \left\lceil \log_2 \binom{7}{2} \right\rceil = 5$ bit để chỉ báo $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số còn lại.

Trước tiên, thiết bị đầu cuối ước tính thông tin kênh hiệu quả của mỗi cổng theo CSI-RS thứ hai nhận được tại 8 cổng, sau đó xác định $2L$ cổng theo định nghĩa trước tại phía mạng và thiết bị đầu cuối, ví dụ sử dụng các cổng thứ 1 ~ 4 của vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất.

Thiết bị đầu cuối có thể tính toán $2L(M - M')$ nhiều thông tin kênh hiệu quả theo các kênh hiệu quả được ước tính bởi các CSI-RS thứ hai của $2L$ cổng được xác định trước kết hợp với $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số.

Ví dụ, kênh hiệu quả của cổng thứ l là $\tilde{\mathbf{H}}_l = \begin{bmatrix} \mathbf{H}_0 \mathbf{v}_l \\ \mathbf{H}_1 \mathbf{v}_l \\ \vdots \\ \mathbf{H}_{N_3-1} \mathbf{v}_l \end{bmatrix}, \quad l \in \{0, \dots, 2L - 1\}.$

Kênh hiệu quả của cổng thứ k ($k \in \{0, 1, \dots, 2L(M - M') - 1\}$) cổng được ước tính bởi thiết bị đầu cuối là:

$$\tilde{\mathbf{H}}_k = \begin{bmatrix} \mathbf{H}_0 \mathbf{v}_0 \\ \mathbf{H}_1 \mathbf{v}_0 e^{-j2\pi \frac{k_m}{N_3}} \\ \vdots \\ \mathbf{H}_{N_3-1} \mathbf{v}_0 e^{-j2\pi \frac{(N_3-1)k_m}{N_3}} \end{bmatrix},$$

trong đó k_m đại diện cho chỉ số tương ứng với vec-tơ cơ sở miền tần số thứ m trong $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số trong N_3 vec-tơ cơ sở. Tương tự, thiết bị đầu cuối có thể tính toán $2L(M - M')$ kênh hiệu quả và sau đó thu được $K = 2LM = 16$ nhiều thông tin kênh hiệu quả, được ghi dưới dạng $\tilde{\mathbf{H}}_{eff} = [\tilde{\mathbf{H}}_0 \quad \dots \quad \tilde{\mathbf{H}}_{15}] \in \mathbb{C}^{N_r N_3 \times K}$, theo kênh được ước tính bởi các CSI-RS thứ hai trong $2LM'$ cổng.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, giả định rằng các tham số sách mã được cấu hình cho thiết bị đầu cuối của phía mạng là $L = 2$, $M = 4$ và số lượng cổng $X = 16$, các chỉ số tương ứng là $0, 1, \dots, 15$ và các chỉ số cổng tương ứng với hướng phân cực thứ nhất là 0 đến 7 , và các chỉ số cổng tương ứng với hướng phân cực thứ hai là 8 đến 15 . Phía mạng truyền một lớp dữ liệu đến thiết bị đầu cuối.

Theo định nghĩa trước ở phía mạng và thiết bị đầu cuối, chỉ số tương ứng với cổng thứ nhất trong $2L = 4$ cổng là 0 , sau đó các cổng có chỉ số từ $0 \sim 3$ đóng vai trò làm M cổng liên tiếp và các cổng có chỉ số là $0 + X/2 = 8$ và $4 + X/2 = 13$ tương ứng đóng vai trò làm $2L - 1$ cổng còn lại trong $2L$ cổng.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, bước 122 cụ thể bao gồm:

bước 1221: thực hiện phân rã giá trị riêng trên ma trận hiệp phương sai của nhiều thông tin kênh hiệu quả để thu được các vec-tơ riêng tương ứng với các giá trị riêng lớn nhất, số lượng của nó là số lượng của các lớp truyền đường xuống.

Giả định rằng nhiều thông tin kênh hiệu quả được biểu diễn như sau:

$$\tilde{\mathbf{H}}_{eff} = [\tilde{\mathbf{H}}_{0,0} \quad \cdots \quad \tilde{\mathbf{H}}_{0,LM-1} \quad \tilde{\mathbf{H}}_{1,0} \quad \cdots \quad \tilde{\mathbf{H}}_{1,LM-1}] \in \mathbb{C}^{N_r N_3 \times K},$$

trong đó $\tilde{\mathbf{H}}_{p,k}$ làm thông tin kênh hiệu quả tương ứng khi chùm thứ k được truyền theo hướng phân cực p , và chùm thứ k theo hướng phân cực p là chùm được tạo ra từ vec-tơ cơ sở miền không gian thứ l $\mathbf{v}_l$ và vec-tơ cơ sở miền tần số thứ m $\mathbf{f}_m$. N_r là số lượng ăng-ten nhận tín hiệu đường xuống của thiết bị đầu cuối, và $K = 2LM$.

Các vec-tơ riêng tương ứng với các giá trị riêng lớn nhất, số lượng của chúng là số lượng của các lớp truyền đường xuống, có thể thu được bằng cách thực hiện phân rã giá trị riêng thành ma trận hiệp phương sai $\tilde{\mathbf{H}}_{eff}^H \tilde{\mathbf{H}}_{eff}$. Ví dụ, khi số lớp truyền đường xuống là 1, vec-tơ riêng $\boldsymbol{\beta}^1 \in \mathbb{C}^{K \times 1}$ tương ứng với giá trị riêng lớn nhất được lấy làm vec-tơ riêng tương ứng với lớp truyền đường xuống; khi số lớp truyền đường xuống là 2, thì vec-tơ riêng $\boldsymbol{\beta}^1 \in \mathbb{C}^{K \times 1}$ tương ứng với giá trị riêng lớn nhất được lấy làm vec-tơ riêng tương ứng với lớp thứ nhất, và vec-tơ riêng $\boldsymbol{\beta}^2 \in \mathbb{C}^{K \times 1}$ tương ứng với giá trị riêng lớn thứ hai được lấy làm vec-tơ riêng tương ứng với lớp thứ hai.

Bước 1222: chọn từ các vec-tơ riêng tương ứng với lớp truyền đường xuống bất kỳ, các phần tử khác 0 có biên độ lớn nhất, số lượng của chúng không lớn hơn số lượng cổng đặt trước để thu được hệ số kết hợp cổng của lớp truyền đường xuống bất kỳ.

Ở đây, số cổng đặt trước K_0 là số cổng được đặt trước được sử dụng để truyền dữ liệu của mỗi lớp truyền đường xuống. Đối với lớp truyền đường xuống bất kỳ, hầu hết K_0 phần tử khác 0 có biên độ lớn nhất có thể được chọn từ các vec-tơ riêng tương ứng với lớp truyền đường xuống, và hầu hết K_0 phần tử khác 0 có biên độ lớn nhất nêu trên có thể được lấy làm hệ số kết hợp cổng của lớp truyền đường xuống.

Bước 1223: xác định thông tin chỉ báo cổng để truyền dữ liệu của lớp truyền đường xuống dựa trên cổng mà kênh hiệu quả tương ứng với hệ số kết hợp cổng của lớp truyền đường xuống bất kỳ được áp dụng.

Ở đây, thông tin chỉ báo cổng để truyền dữ liệu của lớp truyền đường xuống bất kỳ có thể được báo cáo cho phía mạng thông qua một bitmap hoặc một hệ số kết hợp $\log_2 \binom{K}{K_0}$.

Ví dụ: khi số lớp truyền đường xuống là 1, các tham số sách mã là $L = 2$, $M = 2$ và $K_0 = 4$, các kênh hiệu quả tương ứng với các cổng được chỉ báo bởi thông tin chỉ báo cổng là $\tilde{H}_{0,0}$, $\tilde{H}_{1,1}$, $\tilde{H}_{0,3}$, $\tilde{H}_{1,2}$ và thông tin chỉ báo cổng được chỉ báo bởi bitmap được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1: Thông tin chỉ báo cổng của lớp thứ nhất

1	0
0	1
0	1
1	0

Trong bảng 1, 1 thể hiện rằng cổng đã chọn được sử dụng để tính toán tiền mã hóa đường xuống, và 0 thể hiện rằng cổng không được chọn.

Ví dụ khác, khi số lượng lớp truyền đường xuống là 2, thì các tham số sách mã là $L = 2$, $M = 2$ và $K_0 = 4$, kênh hiệu quả tương ứng với các cổng được chỉ báo bởi thông tin chỉ báo cổng lớp thứ nhất là $\tilde{H}_{0,0}$, $\tilde{H}_{0,3}$, $\tilde{H}_{1,1}$, $\tilde{H}_{1,2}$, kênh hiệu quả tương ứng với cổng được chỉ báo bởi thông tin chỉ báo cổng là $\tilde{H}_{0,1}$, $\tilde{H}_{0,2}$, $\tilde{H}_{1,1}$, $\tilde{H}_{1,3}$ thông tin chỉ báo cổng của lớp thứ nhất và lớp thứ hai được chỉ báo bằng bitmap được thể hiện tương ứng trong bảng 2 và bảng 3 dưới đây:

Bảng 2: Thông tin chỉ báo cổng của lớp thứ nhất

1	0
0	1
0	1
1	0

Bảng 3: Thông tin chỉ báo cổng của lớp thứ hai

0	1
1	0
0	1
0	1

Trong bảng 2 và bảng 3, 1 thể hiện rằng cổng đã chọn được sử dụng để tính toán tiền mã hóa đường xuống và 0 thể hiện rằng cổng không được chọn.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, bước 1222 cụ thể bao gồm: chọn, từ các vec-tơ riêng tương ứng với lớp truyền đường xuống bất kỳ, các phần tử khác 0 có biên độ lớn nhất, số lượng của chúng không lớn hơn số lượng cổng đặt trước; chuẩn hóa và lượng tử hóa các phần tử khác 0 có biên độ lớn nhất, số lượng của chúng không lớn hơn số lượng cổng đặt trước, để thu được hệ số kết hợp cổng của lớp truyền đường xuống bất kỳ.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, phương pháp này còn bao gồm: trước bước 110, truyền các tín hiệu tham chiếu âm thanh (SRS) tới phía mạng và xác định các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số tương ứng với kênh đường lên dựa trên các SRS ở phía mạng.

Cụ thể, thiết bị đầu cuối truyền SRS tới phía mạng. Sau khi nhận được các SRS được truyền bởi thiết bị đầu cuối, phía mạng có thể ước tính kênh đường lên dựa trên các SRS, sau đó xác định các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số tương ứng dựa trên kênh đường lên và xác định các chùm được sử dụng trong định dạng chùm dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian hoặc dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số.

Hơn nữa, kênh đường lên $\hat{H}^{UL}$ có thể được ước tính dựa trên các SRS và sau đó có thể tính toán thông tin góc và thông tin độ trễ của kênh đường lên bằng cách sử dụng $\hat{H}^{UL}$, trong đó thông tin góc và thông tin trễ có thể thu được tương ứng bằng cách thực hiện phép biến đổi Fourier ngược trên $\hat{H}^{UL}$ sử dụng một tập các vec-tơ cơ sở nén miền không gian và một tập các vec-tơ cơ sở miền tần số, tức là thông tin góc và thông tin độ trễ của kênh

đường lên có thể được xác định bởi một tập các vec-tơ cơ sở miền không gian và một tập các vec-tơ cơ sở miền tần số.

Dựa trên phương án bất kỳ nêu trên, Fig.2 là lưu đồ minh họa phương pháp cho phản hồi thông tin trạng thái kênh (CSI) theo một phương án khác của sáng chế. Như được minh họa trên Fig.2, phương pháp được thực hiện bởi phía mạng, chẳng hạn như một trạm gốc, và phương pháp này bao gồm:

bước 210: truyền các tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh (CSI-RS) được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số tới thiết bị đầu cuối bằng các cổng ăng-ten; trong đó các chùm được sử dụng trong định dạng chùm được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian, hoặc dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số, và các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số được xác định dựa trên kênh đường lên.

Cụ thể, phía mạng ước tính trước kênh đường lên và truyền các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số tới thiết bị đầu cuối và thiết bị đầu cuối có thể nhận được thông tin của kênh đường lên.

Ở đây, nếu phía mạng chỉ truyền các CSI-RS được định dạng chùm tới thiết bị đầu cuối, các chùm được sử dụng trong định dạng chùm được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số tương ứng với kênh đường lên; nếu CSI-RS được định dạng chùm không chỉ truyền các CSI-RS được định dạng chùm mà còn truyền thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số đến thiết bị đầu cuối, thì các chùm được sử dụng trong định dạng chùm chỉ có thể được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian tương ứng với kênh đường lên, hoặc có thể được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số tương ứng với kênh đường lên và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được sử dụng để chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số mà không được sử dụng để xác định chùm được sử dụng trong định dạng chùm. Thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số có thể được truyền đến thiết bị đầu cuối bằng bất kỳ một trong báo hiệu điều khiển tài nguyên vô tuyến (RRC), báo hiệu phần tử điều khiển truy cập phương tiện (MAC-CE) và báo hiệu thông tin điều khiển đường xuống (DCI).

Hơn nữa, các chùm được sử dụng trong định dạng chùm có thể được xác định dựa trên thông tin góc của kênh đường lên, hoặc thông tin góc và thông tin độ trễ của kênh đường lên; thông tin góc được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian, và thông tin độ trễ được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền tần số.

Tương ứng, phía mạng ước tính trước và thu được thông tin góc và thông tin độ trễ của kênh đường lên, đồng thời truyền các CSI-RS được định dạng chùm hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số tới thiết bị đầu cuối và thiết bị đầu cuối có thể thu được thông tin góc và thông tin độ trễ của kênh đường lên.

Ở đây, nếu phía mạng chỉ truyền các CSI-RS được định dạng chùm tới thiết bị đầu cuối, các chùm được sử dụng trong định dạng chùm được xác định dựa trên thông tin góc và thông tin độ trễ của kênh đường lên; nếu phía mạng truyền không chỉ các CSI-RS được định dạng chùm mà còn cả thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số đến thiết bị đầu cuối, thì các chùm được sử dụng trong định dạng chùm chỉ có thể được xác định dựa trên thông tin góc của kênh đường lên hoặc có thể được xác định dựa trên thông tin góc và thông tin độ trễ của kênh đường lên, và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được sử dụng để chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số mà không được sử dụng để xác định các chùm được sử dụng trong định dạng chùm.

Cần lưu ý rằng các vec-tơ cơ sở miền không gian được sử dụng để xác định thông tin góc của kênh đường lên có thể được biểu thị dưới dạng vec-tơ riêng, DFT, DCT, hệ số đa thức, KLT và những thứ tương tự. Các vec-tơ cơ sở miền tần số của thông tin độ trễ có thể được biểu thị dưới dạng DFT, DCT, hệ số đa thức và tương tự. Số lượng cụ thể của vec-tơ cơ sở miền không gian và số lượng cụ thể của vec-tơ cơ sở miền tần số có thể được thỏa thuận trước giữa phía mạng và thiết bị đầu cuối, hoặc được cấu hình bởi phía mạng tới thiết bị đầu cuối thông qua báo hiệu, điều này không bị giới hạn cụ thể trong phương án này của sáng chế.

Bước 220: Nhận thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công để truyền dữ liệu được phản hồi bởi thiết bị đầu cuối; thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công được xác định bởi thiết bị đầu cuối dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số.

Cụ thể, do tính tương hỗ của thông tin góc và thông tin độ trễ của kênh đường lên và kênh đường xuống, cụ thể là sự tương đương giữa kênh đường lên và kênh đường xuống về thông tin góc và thông tin độ trễ, kênh đường lên và kênh đường xuống tương ứng với các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số giống nhau. Sau khi nhận được CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số, thay vì tính toán thông tin góc và thông tin độ trễ của kênh đường xuống, thiết bị đầu cuối có thể sử dụng trực tiếp CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số, để thu được vec-tơ cơ sở miền không gian, và vec-tơ cơ sở miền tần số có thể được sử dụng để xác định thông tin góc và thông tin độ trễ của kênh đường xuống, sau đó chọn các cổng để truyền dữ liệu và tạo thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng tương ứng với mỗi cổng được chỉ báo bởi thông tin chỉ báo cổng. Ngay lập tức, thiết bị đầu cuối phản hồi thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng cho phía mạng, và phía mạng nhận thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng do thiết bị đầu cuối phản hồi.

Bước 230: xác định tiền mã hóa của dữ liệu truyền đường xuống dựa trên thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng.

Trong phương pháp theo phương án của sáng chế, tính tương hỗ của thông tin góc và thông tin độ trễ của các kênh đường lên và kênh đường xuống được áp dụng để thiết bị đầu cuối có thể xác định thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng để truyền dữ liệu dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số mà không cần tính toán thêm thông tin độ trễ của kênh đường xuống, điều này làm giảm độ phức tạp tính toán của thiết bị đầu cuối, giảm chi phí phản hồi của thiết bị đầu cuối và cải thiện hơn nữa hiệu suất hệ thống.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, bước 210 cụ thể bao gồm: truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ nhất tới thiết bị đầu cuối bằng các cổng ăng-ten; các chùm thứ nhất được sử dụng trong định dạng chùm các CSI-RS thứ nhất được xác định dựa trên tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và tất cả các vec-tơ cơ sở miền tần số.

Cụ thể, để đảm bảo báo hiệu đường xuống hoặc chi phí tài nguyên CSI-RS, phía mạng có thể truyền ngầm định các vec-tơ cơ sở miền tần số đến thiết bị đầu cuối bằng cách truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ nhất tới thiết bị đầu cuối.

Các CSI-RS thứ nhất là các CSI-RS khi phía mạng truyền ngầm định các vec-tơ cơ sở miền tần số, các chùm thứ nhất là các chùm được sử dụng để định dạng chùm các CSI-RS thứ nhất và các chùm tương ứng với tất cả các CSI-RS thứ nhất cần được tính toán dựa trên tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian được sử dụng để xác định thông tin góc của kênh đường lên và tất cả các vec-tơ cơ sở miền tần số được sử dụng để xác định thông tin độ trễ của kênh đường lên. Do đó, ở phía đầu cuối, tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và tất cả các vec-tơ cơ sở miền tần số chỉ có thể thu được bằng mỗi CSI-RS thứ nhất.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, trong trường hợp phía mạng truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ nhất tới thiết bị đầu cuối, thì số lượng vec-tơ cơ sở miền không gian là $2L$, số lượng vec-tơ cơ sở miền tần số là M , và L và M đều là các số nguyên dương; số lượng chùm thứ nhất không nhỏ hơn $2L + M - 1$; $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất được xác định dựa trên $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian, và $M - 1$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất được xác định dựa trên vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước và $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số; vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước là một trong $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian.

Ở đây, L và M đều là các tham số sách mã, L và M có thể được cấu hình bởi phía mạng tới thiết bị đầu cuối thông qua báo hiệu, hoặc có thể được xác định trước bởi phía mạng và thiết bị đầu cuối. Trong M vec-tơ cơ sở miền tần số, có một vec-tơ cơ sở miền tần số có tất cả các phần tử là 1, tức là vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất.

Trong $2L + M - 1$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất, $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất thu được bằng cách tính tích Kronecker của $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất, lần lượt. Vì tất cả các phần tử của vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất là 1, $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất nêu trên cũng có thể được ghi lại là được xác định dựa trên $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian tương ứng.

$M - 1$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất thu được bằng cách tính tích Kronecker của các vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước và $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số, tương ứng. Ở đây, $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số là các vec-tơ cơ sở miền tần số khác ngoài vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất trong M vec-tơ cơ sở miền tần số. Vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước là vec-tơ cơ sở miền không gian được chọn trước từ $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước có thể được thỏa thuận trước giữa phía

mạng và thiết bị đầu cuối hoặc có thể được cấu hình bởi phía mạng tới thiết bị đầu cuối thông qua báo hiệu, không bị giới hạn cụ thể trong phương án này của sáng chế.

Bằng phương pháp theo phương án của sáng chế, việc truyền các vec-tơ cơ sở miền tần số được thực hiện ngầm định thông qua các CSI-RS thứ nhất được định dạng chùm bởi $2L + M - 1$ chùm thứ nhất, giúp tiết kiệm chi phí báo hiệu đường xuống trong khi giảm độ phức tạp tính toán của thiết bị đầu cuối.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, bước 210 cụ thể bao gồm: truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ hai và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số tới thiết bị đầu cuối bằng các cổng ăng-ten; trong đó các chùm thứ hai được sử dụng trong định dạng chùm CSI-RS thứ hai được xác định dựa trên tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và một phần của các vec-tơ cơ sở miền tần số, và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được cấu hình để chỉ báo phần khác của vec-tơ cơ sở miền tần số.

Cụ thể, phía mạng cũng có thể truyền rõ ràng các vec-tơ cơ sở miền tần số đến thiết bị đầu cuối bằng cách truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ hai và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số tới thiết bị đầu cuối.

Các CSI-RS thứ hai là các CSI-RS khi phía mạng truyền một cách rõ ràng các vec-tơ cơ sở miền tần số, và các chùm thứ hai là các chùm được sử dụng để định dạng chùm các CSI-RS thứ hai. Các vec-tơ cơ sở miền tần số được sử dụng để xác định thông tin độ trễ của kênh đường lên được chia thành hai phần, một phần của nó được sử dụng để hợp tác với tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian để xác định chùm thứ hai tương ứng với các CSI-RS thứ hai mà được truyền ngầm định tới thiết bị đầu cuối thông qua định dạng chùm, và phần khác của nó tạo thành thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền rõ ràng đến thiết bị đầu cuối. Do đó, ở phía đầu cuối, tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và một phần của các vec-tơ cơ sở miền tần số có thể thu được bằng mỗi thứ hai CSI-RS, phần khác của vec-tơ cơ sở miền tần số có thể thu được bởi thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số, từ đó thu được tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và tất cả các vec-tơ cơ sở miền tần số.

Cần lưu ý rằng khi các vec-tơ cơ sở miền tần số được phân chia, các vec-tơ cơ sở miền tần số để xác định chùm thứ hai có thể là một hoặc nhiều hơn, và số lượng các vec-

tơ cơ sở miền tần số có thể được thỏa thuận trước giữa phía mạng và thiết bị đầu cuối, hoặc có thể được phía mạng cấu hình tới thiết bị đầu cuối thông qua báo hiệu.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, trong trường hợp phía mạng truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ hai và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số đến thiết bị đầu cuối, thì số lượng vec-tơ cơ sở miền không gian là $2L$, số lượng vec-tơ miền tần số là M , và L và M đều là số nguyên dương; số lượng chùm thứ hai không nhỏ hơn $2LM'$, trong đó M' là số nguyên dương nhỏ hơn M ; $2LM'$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai được xác định dựa trên $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian và M' vec-tơ cơ sở miền tần số bất kỳ; M' vec-tơ cơ sở miền tần số bất kỳ bao gồm một vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất và tất cả các phần tử của vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất là 1.

Ở đây, L , M , và M' là các tham số sách mã, và L , M và M' có thể được cấu hình bởi phía mạng tới thiết bị đầu cuối thông qua báo hiệu, hoặc có thể được xác định trước bởi phía mạng và thiết bị đầu cuối. M vec-tơ cơ sở miền tần số được chia thành hai phần, đó là M' vec-tơ cơ sở miền tần số và $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số.

$2LM'$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai thu được bằng cách tích tích Kronecker của $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian và M' vec-tơ cơ sở miền tần số tương ứng. Vì có một vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất có tất cả các phần tử là 1 trong M' vec-tơ cơ sở miền tần số, $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai trong $2LM'$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai nêu trên, cũng có thể được xác định dựa trên $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian tương ứng.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, trong trường hợp phía mạng truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ hai và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số tới thiết bị đầu cuối, thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số bao gồm $\left\lceil \log_2 \left(\frac{N_3 - 1}{M - M'} \right) \right\rceil$ bit thông tin chỉ báo để chỉ báo $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số, trong đó N_3 là số lượng băng con PMI; hoặc, thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số bao gồm $\lceil \log_2(\alpha M) \rceil$ bit để chỉ báo điểm bắt đầu của $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số, và $\left\lceil \log_2 \left(\frac{\alpha M - 1}{M - M'} \right) \right\rceil$ bit thông tin chỉ báo để chỉ báo $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số; hoặc, thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số bao gồm $\lceil \log_2(M - 1) \rceil$ bit để chỉ báo M vec-tơ cơ sở miền tần số liên tiếp.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, ở bước 210, thu được các chùm được sử dụng trong định dạng chùm bằng cách tích tích Kronecker của các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số.

Cụ thể, đối với vec-tơ cơ sở miền không gian bất kỳ và vec-tơ cơ sở miền tần số bất kỳ, tích Kronecker của cả hai có thể được coi là các chùm tương ứng với vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, phương pháp này còn bao gồm: trước bước 210, nhận SRS được truyền bởi thiết bị đầu cuối; xác định các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số tương ứng với kênh đường lên dựa trên các SRS.

Cụ thể, sau khi nhận được các SRS được truyền bởi thiết bị đầu cuối, phía mạng có thể ước tính kênh đường lên dựa trên các SRS, sau đó xác định vec-tơ cơ sở miền không gian tương ứng và vec-tơ cơ sở miền tần số dựa trên kênh đường lên và xác định chùm được sử dụng trong định dạng chùm dựa trên cơ sở này hoặc dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số.

Hơn nữa, kênh đường lên $\hat{H}^{UL}$ có thể được ước tính dựa trên các SRS, sau đó thông tin góc và thông tin độ trễ của kênh đường lên có thể được tính toán bằng cách sử dụng $\hat{H}^{UL}$, trong đó thông tin góc và thông tin độ trễ có thể thu được tương ứng bằng cách thực hiện biến đổi Fourier ngược trên $\hat{H}^{UL}$ sử dụng một tập các vec-tơ cơ sở nén miền không gian và một tập các vec-tơ cơ sở miền tần số, tức là, thông tin góc và thông tin độ trễ của kênh đường lên có thể được xác định bằng một tập các vec-tơ cơ sở miền không gian và một tập các vec-tơ cơ sở miền tần số.

Dựa trên phương án bất kỳ nêu trên, Fig.3 là lưu đồ minh họa một phương pháp phản hồi thông tin trạng thái kênh (CSI) theo một phương án khác của sáng chế. Như được minh họa trên Fig.3, giả định rằng thiết bị đầu cuối sử dụng ăng-ten để gửi tín hiệu đường lên, N_r gốc nhận tín hiệu đường xuống và đường xuống truyền một lớp dữ liệu. Một mảng ăng-ten phẳng hai chiều phân cực kép được cấu hình ở phía mạng và mảng ăng-ten được ánh xạ vào $2N_1N_2$ cổng ăng-ten truyền, trong đó N_1 và N_2 đại diện cho số cổng ăng-ten theo hướng ngang và dọc tương ứng, số lượng băng con PMI là N_3 , và mỗi băng con có kích thước là 1 PRB.

Phương pháp phản hồi thông tin trạng thái kênh bao gồm các bước sau:

bước 301: truyền SRS tới phía mạng bởi thiết bị đầu cuối, cấu trúc lược của SRS là 4 ở đây, và

bước 302: ước tính, bởi phía mạng, kênh đường lên và tính toán các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số tương ứng với kênh đường lên.

Sau khi thu được SRS, phía mạng ước tính kênh đường lên $\hat{\mathbf{H}}^{UL}$ trên các sóng mang con chứa các SRS theo các SRS. Giả sử rằng $\hat{\mathbf{H}}_1^{UL}, \hat{\mathbf{H}}_2^{UL} \in \mathbb{C}^{N_1 N_2 \times 1}$ đại diện cho kênh theo hướng phân cực thứ nhất và thứ hai trên sóng mang tương ứng, sau đó tính toán $N_1 N_2$ giá trị công suất thông qua $\|\mathbf{v}_i^H \hat{\mathbf{H}}^{UL}\|$, $i = 0, \dots, N_1 N_2 - 1$ theo cách duyệt cây, $\hat{\mathbf{H}}^{UL} \in \mathbb{C}^{N_1 N_2 \times 1}$ đại diện cho giá trị trung bình kênh của mỗi sóng mang con chứa SRS theo hai hướng phân cực và $\mathbf{v}_i'$ đại diện cho vec-tơ cơ sở miền không gian thứ i . Phía mạng chọn $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian có công suất lớn nhất và trực giao, và vec-tơ cơ sở miền không gian giống nhau được chọn theo hai hướng phân cực, sau đó ma trận được tạo thành bởi $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian được chọn bởi phía mạng là $\mathbf{V} = \begin{bmatrix} \mathbf{v}_0 & \mathbf{v}_1 & \dots & \mathbf{v}_{L-1} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{v}_0 & \mathbf{v}_1 & \dots & \mathbf{v}_{L-1} \end{bmatrix} \in \mathbb{C}^{2N_1 N_2 \times 2L}$.

Đối với kênh con thứ n $\mathbf{H}_n^{UL} = \sum_{j=0}^2 \mathbf{H}_j'^{UL}$, $\mathbf{H}_j'^{UL}$ đại diện cho kênh thứ j chứa sóng mang con SRS trong băng con thứ n , giả định rằng cấu trúc lược của SRS là 4 và có 3 sóng mang con chứa SRS trong mỗi PRB. Hệ số kết hợp của băng con này có thể được tính như sau $\mathbf{V}^H \mathbf{H}_n^{UL} \in \mathbb{C}^{2L \times 1}$, và tương tự, có thể thu được hệ số kết hợp của N_3 băng con, và hệ số kết hợp của tất cả các băng con có thể được biểu diễn là $\mathbf{W}_2 \in \mathbb{C}^{2L \times N_3}$.

Phía mạng tính toán công suất bằng cách nén từng hệ số băng con thông qua $\mathbf{f}_j^H \mathbf{W}_2^H \mathbf{W}_2 \mathbf{f}_j$, $j = 0, \dots, N_3 - 1$ theo cách duyệt cây, trong đó $\mathbf{f}_j$ thể hiện rằng quá trình nén được thực hiện trên mỗi hệ số kết hợp băng con trong $\mathbf{W}_2$ sử dụng vec-tơ cơ sở miền tần số thứ j . M vec-tơ cơ sở miền tần số, tương ứng với công suất lớn nhất thu được bằng cách nén với mỗi hệ số băng con được chọn từ N_3 vec-tơ cơ sở miền tần số dự phòng, và sau đó các chỉ số tương ứng với M vec-tơ cơ sở miền tần số đã chọn được sắp xếp theo thứ tự tăng dần.

Nếu chỉ số nhỏ nhất tương ứng với mỗi vec-tơ cơ sở miền tần số không phải là 0, thì quay pha có thể được thực hiện trên vec-tơ cơ sở miền tần số tương ứng với chỉ số nhỏ nhất bằng cách sử dụng phương pháp quay pha, và chỉ số tương ứng với vec-tơ cơ sở miền tần số luôn bằng 0. Phép quay pha tương tự cũng được thực hiện trên vec-tơ cơ sở miền tần số khác, nghĩa là, chỉ số tương ứng với vec-tơ cơ sở miền tần số khác nhận được bằng cách trừ đi giá trị chỉ số nhỏ nhất của vec-tơ cơ sở miền tần số mà không thực hiện quay pha. Ví dụ, ma trận được tạo thành bởi mỗi vec-tơ cơ sở miền tần số là $\mathbf{W}_f$, và các chỉ số tương ứng với M vec-tơ cơ sở miền tần số trước khi thực hiện quay pha là $k_0, \dots, k_m, \dots, k_{M-1}$ trong đó k_0 đại diện cho chỉ số nhỏ nhất tương ứng với mỗi miền tần số. Ma trận quay pha là:

$$\mathbf{R}_l = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{j2\pi \frac{k_0}{N_3}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & e^{j2\pi \frac{2k_0}{N_3}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & e^{j2\pi \frac{(N_3-1)k_0}{N_3}} \end{pmatrix}$$

Sau đó mỗi vec-tơ cơ sở miền tần số mà đã thực hiện quay pha là $\mathbf{W}_{f,l}^{(s)} = \mathbf{R}_l \mathbf{W}_{f,l}$, tại thời điểm này, chỉ số của M vec-tơ cơ sở miền tần số là $0, \dots, k_m - k_0, \dots, k_{M-1} - k_0$. Lưu ý rằng vec-tơ cơ sở miền tần số tương ứng với chỉ số trên là 0 là một vec-tơ, trong đó tất cả các phần tử là 1 và độ dài là N_3 .

Bước 303: truyền các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số đến thiết bị đầu cuối bởi phía mạng bằng các công ăng-ten.

$K = 2LM$ chùm dự phòng có thể được tính toán bởi phía mạng thông qua $\mathbf{b}_{p,k} = \mathbf{v}_{p,l} \otimes \mathbf{f}_m \in C^{N_1 N_2 N_3 \times 1}$, $l = 0, \dots, L - 1$, $m = 0, \dots, M - 1$, $p = 0, 1, \dots, K - 1$, $k = lM + m$ trong đó $\mathbf{f}_m$ đại diện cho M vec-tơ cơ sở miền tần số để xác định thông tin độ trễ của kênh đường lên do các SRS thu được.

Phía mạng có thể truyền các CSI-RS được định dạng chùm bằng $2L$ công, trong đó L công thứ nhất truyền các CSI-RS bằng cách sử dụng ăng-ten theo hướng phân cực thứ nhất, và chùm được sử dụng bởi mỗi công là $\mathbf{b}_{0,l} = \mathbf{v}_l \otimes \mathbf{1}_{N_3} \in C^{N_1 N_2 N_3 \times 1}$, $l = 0, \dots, L - 1$.

1 L cổng cuối cùng truyền các CSI- RS bằng cách sử dụng ăng-ten theo hướng phân cực thứ hai, chùm được sử dụng bởi mỗi cổng là $\mathbf{b}_{1,l} = \mathbf{v}_l \otimes \mathbf{1}_{N_3} \in \mathbb{C}^{N_1 N_2 N_3 \times 1}$, $l = 0, \dots, L - 1$. Trong đó $\mathbf{1}_{N_3}$ là vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất trong M vec-tơ cơ sở miền tần số.

Ngoài ra, phía mạng xây dựng thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số bao gồm các vec-tơ cơ sở miền tần số khác với vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất và cũng truyền thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số tới thiết bị đầu cuối.

Bước 304: tính toán, bởi thiết bị đầu cuối, thông tin kênh hiệu quả và xác định thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng của mỗi lớp truyền đường xuống.

Thiết bị đầu cuối nhận các CSI-RS được định dạng chùm trên $2L$ cổng và có thể ước tính rằng kênh hiệu quả của mỗi cổng là $\tilde{\mathbf{H}}_{p,l,0}$, $p = 0, 1$, $l = 0, L - 1$. Giả sử rằng kênh hiệu quả được ước tính thông qua cổng thứ l theo hướng phân cực p được biểu thị như sau

$$\tilde{\mathbf{H}}_{p,l,0} = \begin{bmatrix} \mathbf{H}_{p,0} \mathbf{v}_l \\ \mathbf{H}_{p,1} \mathbf{v}_l \\ \vdots \\ \mathbf{H}_{p,N_3-1} \mathbf{v}_l \end{bmatrix},$$

trong đó $\mathbf{H}_{p,1}$ đại diện cho kênh của băng con thứ n theo hướng phân cực p . Sau đó, $2L(M - 1)$ nhiều thông tin kênh hiệu quả có thể được tính toán theo thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số bao gồm $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số do phía mạng gửi. Nếu chỉ số của vec-tơ cơ sở miền tần số thứ m mà được thực hiện quay pha là k_m , thì chùm vẫn được tạo ra bởi vec-tơ cơ sở không gian thứ l $\mathbf{v}_l$ và vec-tơ cơ sở miền tần số thứ m theo hướng phân cực p là $\mathbf{b}_{p,k} = \mathbf{v}_l \otimes \mathbf{f}_m$, khi chùm được sử dụng để truyền, kênh hiệu quả tương ứng của nó là

$$\tilde{\mathbf{H}}_{p,k} = \begin{bmatrix} \mathbf{I}_{N_r} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{-j2\pi \frac{k_m}{N_3}} \mathbf{I}_{N_r} & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & e^{-j2\pi \frac{(N_3-1)k_m}{N_3}} \mathbf{I}_{N_r} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{H}_{p,0} \mathbf{v}_l \\ \mathbf{H}_{p,1} \mathbf{v}_l \\ \vdots \\ \mathbf{H}_{p,N_3-1} \mathbf{v}_l \end{bmatrix}, k = lM + m.$$

Tương tự, có thể tính toán $2L(M - 1)$ nhiều thông tin kênh hiệu quả, sau đó tổng $K = 2LM$ nhiều thông tin kênh hiệu quả có thể được ghi lại như sau:

$$\tilde{\mathbf{H}}_{eff} = [\tilde{\mathbf{H}}_{0,0} \quad \cdots \quad \tilde{\mathbf{H}}_{0,LM-1} \quad \tilde{\mathbf{H}}_{1,0} \quad \cdots \quad \tilde{\mathbf{H}}_{1,LM-1}] \in \mathbb{C}^{N_r N_3 \times K}.$$

Phân rã giá trị riêng được thực hiện trên ma trận hiệp phương sai $\tilde{\mathbf{H}}_{eff}^H \tilde{\mathbf{H}}_{eff}$ để thu được vec-tơ riêng $\boldsymbol{\beta}^1 \in \mathbb{C}^{K \times 1}$ tương ứng với giá trị riêng lớn nhất và sau đó các phần tử trong $\boldsymbol{\beta}^1$ được sắp xếp theo thứ tự tăng dần của biên độ, K_0 phần tử có biên độ lớn nhất được chọn làm hệ số kết hợp công và các công được sử dụng bởi các kênh hiệu quả tương ứng với K_0 hệ số kết hợp công được sử dụng để tính toán tiền mã hóa cho việc truyền đường xuống dữ liệu của lớp này xuống.

Bước 305: báo cáo, bởi thiết bị đầu cuối, thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công.

Thông tin chỉ báo công đã chọn và hệ số kết hợp công được báo cáo cho phía mạng thông qua bitmap hoặc hệ số kết hợp $\log_2 \binom{K}{K_0}$.

Bước 306: tính toán, bởi thiết bị đầu cuối, tiền mã hóa truyền đường xuống của mỗi lớp truyền đường xuống dựa trên thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công:

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{b}}_{0,0} & \cdots & \hat{\mathbf{b}}_{0,K'} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} & \hat{\mathbf{b}}_{1,0} & \cdots & \hat{\mathbf{b}}_{1,K''} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\boldsymbol{\beta}}_{0,0}^{\text{DL}} \\ \vdots \\ \hat{\boldsymbol{\beta}}_{0,K'}^{\text{DL}} \\ \hat{\boldsymbol{\beta}}_{1,0}^{\text{DL}} \\ \vdots \\ \hat{\boldsymbol{\beta}}_{1,K''}^{\text{DL}} \end{bmatrix},$$

trong đó $\hat{\mathbf{b}}_{p,k}$ đại diện cho chùm thứ k được chọn bởi thiết bị đầu cuối theo hướng phân cực p , $k = lm + m$, $p \in \{0,1\}$, $\hat{\mathbf{b}}_{p,k}$ được xác định dựa trên thông tin chỉ báo công.

Dựa trên phương án bất kỳ nêu trên, Fig.4 là sơ đồ cấu trúc minh họa một thiết bị phản hồi thông tin trạng thái kênh theo một phương án của sáng chế, và như được minh họa trên Fig.4, thiết bị bao gồm đơn vị nhận 410, đơn vị xác định công 420 và đơn vị phản hồi 430, trong đó:

đơn vị nhận 410 được cấu hình để nhận các CSI-RS được định dạng chùm hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền bởi phía mạng bằng các công ăng-ten; trong đó các chùm được sử dụng trong định dạng

chùm được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian, hoặc dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số, và các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số được xác định dựa trên kênh đường lên;

đơn vị xác định cổng 420 được cấu hình để xác định thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng để truyền dữ liệu dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số; và

đơn vị phản hồi 430 được cấu hình để phản hồi thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng cho phía mạng để xác định tiền mã hóa của dữ liệu truyền đường xuống dựa trên thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng ở phía mạng.

Bằng thiết bị theo phương án của sáng chế, tính tương hỗ của thông tin góc và thông tin độ trễ của các kênh đường lên và kênh đường xuống được áp dụng và thiết bị đầu cuối có thể xác định thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng để truyền dữ liệu dựa trên CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số mà không cần tính toán thêm thông tin độ trễ của kênh đường xuống, điều này làm giảm độ phức tạp tính toán của thiết bị đầu cuối, giảm chi phí phản hồi của thiết bị đầu cuối và cải thiện hơn nữa hiệu suất hệ thống.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, đơn vị xác định cổng 420 bao gồm:

một đơn vị con xác định kênh, được cấu hình để xác định nhiều thông tin kênh hiệu quả dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số; và

một đơn vị con xác định cổng, được cấu hình để xác định thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng để truyền dữ liệu dựa trên nhiều thông tin kênh hiệu quả.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, đơn vị nhận 410 được cấu hình đặc trưng để:

nhận các CSI-RS được định dạng chùm thứ nhất được truyền bởi phía mạng bằng các cổng ăng-ten;

trong đó các chùm thứ nhất được sử dụng để định dạng chùm CSI-RS thứ nhất được xác định dựa trên tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và tất cả các vec-tơ cơ sở miền tần số.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, số lượng vec-tơ cơ sở miền không gian là $2L$, số lượng vec-tơ cơ sở miền tần số là M , và L và M đều là số nguyên dương;

số lượng chùm thứ nhất không nhỏ hơn $2L + M - 1$;

trong đó $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất được xác định dựa trên $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian, và $M - 1$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất được xác định dựa trên vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước và $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số; và vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước là một trong $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, đơn vị con xác định kênh được cấu hình đặc trưng để:

xác định $2L$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất dựa trên các CSI-RS thứ nhất được định dạng chùm bởi $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất;

xác định $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số và $M - 1$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất dựa trên các CSI-RS thứ nhất được định dạng chùm bởi $M - 1$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất;

xác định $(2L - 1) (M - 1)$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ hai dựa trên $2L - 1$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất tương ứng với các CSI-RS được định dạng chùm đặt trước trong $2L$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất và $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số; và

lấy $2L + M - 1$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất và $(2L - 1) (M - 1)$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ hai làm thông tin kênh hiệu quả.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, việc xác định $(2L - 1) (M - 1)$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ hai dựa trên $2L - 1$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất tương ứng với các CSI-RS được định dạng chùm đặt trước trong

$2L$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất và $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số, cụ thể bao gồm:

tính toán lần lượt tích Hadamard của mỗi đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất tương ứng với $2L - 1$ hoặc nhiều hơn CSI-RS được định dạng chùm đặt trước và mỗi vec-tơ cơ sở miền tần số trong $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số để thu được $(2L - 1)(M - 1)$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ hai.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, đơn vị nhận 410 được cấu hình đặc trưng để:

nhận các CSI-RS được định dạng chùm thứ hai và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền bởi phía mạng bằng các cổng ăng-ten;

trong đó các chùm thứ hai được sử dụng trong định dạng chùm CSI-RS thứ hai được xác định dựa trên tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và một phần của các vec-tơ cơ sở miền tần số, và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được cấu hình để chỉ báo phần khác của vec-tơ cơ sở miền tần số.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, số lượng vec-tơ cơ sở miền không gian là $2L$, số lượng vec-tơ cơ sở miền tần số là M , và L và M đều là số nguyên dương;

số lượng chùm thứ hai không nhỏ hơn $2LM'$, trong đó M' là số nguyên dương nhỏ hơn M ;

$2LM'$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai được xác định dựa trên $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian và M' vec-tơ cơ sở miền tần số bất kỳ; M' vec-tơ cơ sở miền tần số bất kỳ bao gồm vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất, và tất cả các phần tử của vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất là 1;

thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số bao gồm $\left\lceil \log_2 \left(\frac{N_3 - 1}{M - M'} \right) \right\rceil$ bit thông tin chỉ báo để chỉ báo $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số, trong đó N_3 là số lượng băng con PMI; hoặc,

thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số bao gồm $\lceil \log_2(\alpha M) \rceil$ bit để chỉ báo điểm bắt đầu của $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số, và $\lceil \log_2 \left(\frac{\alpha M - 1}{M - M'} \right) \rceil$ bit thông tin chỉ báo để chỉ báo $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số; hoặc,

thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số bao gồm $\lceil \log_2(M - 1) \rceil$ bit để chỉ báo M vec-tơ cơ sở miền tần số liên tiếp.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, đơn vị con xác định kênh được cấu hình đặc trưng để:

xác định $2LM'$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất dựa trên các CSI-RS thứ hai được định dạng chùm bởi $2LM'$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai;

xác định $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số dựa trên thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số;

xác định $2L(M - M')$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ hai dựa trên thông tin kênh hiệu quả thứ nhất tương ứng với $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất trong $2LM'$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai, và $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số; và

lấy $2LM'$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ nhất và $2L(M - M')$ hoặc nhiều hơn đoạn thông tin kênh hiệu quả thứ hai làm thông tin kênh hiệu quả.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, đơn vị con xác định cổng được cấu hình đặc trưng để:

thực hiện phân rã giá trị riêng trên ma trận hiệp phương sai của nhiều thông tin kênh hiệu quả để thu được các vec-tơ riêng tương ứng với các giá trị riêng lớn nhất, số lượng của chúng là số lượng của các lớp truyền đường xuống;

chọn từ các vec-tơ riêng tương ứng với lớp truyền đường xuống bất kỳ, các phân tử khác 0 có biên độ lớn nhất, số lượng của chúng không lớn hơn số lượng cổng đặt trước để thu được hệ số kết hợp cổng của lớp truyền đường xuống bất kỳ; và

xác định thông tin chỉ báo cổng để truyền dữ liệu của lớp truyền đường xuống bất kỳ dựa trên cổng mà kênh hiệu quả tương ứng với hệ số kết hợp cổng của lớp truyền đường xuống bất kỳ được áp dụng.

Dựa trên phương án thực hiện bất kỳ nêu trên, chọn, từ các vec-tơ riêng tương ứng với lớp truyền đường xuống bất kỳ, các phần tử khác 0 có biên độ lớn nhất, số lượng của chúng không lớn hơn số lượng cổng đặt trước để thu được hệ số kết hợp cổng của lớp truyền đường xuống bất kỳ, cụ thể bao gồm:

chọn, từ các vec-tơ riêng tương ứng với lớp truyền đường xuống bất kỳ, các phần tử khác 0 có biên độ lớn nhất, số lượng của chúng không lớn hơn số lượng cổng đặt trước; và

chuẩn hóa và lượng tử hóa các phần tử khác 0 có biên độ lớn nhất, số lượng của chúng không lớn hơn số lượng cổng đặt trước, để thu được hệ số kết hợp cổng của lớp truyền đường xuống bất kỳ.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, thiết bị còn bao gồm đơn vị truyền các tín hiệu tham chiếu âm thanh (SRS) được cấu hình để:

truyền các SRS đến phía mạng và xác định các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số tương ứng với kênh đường lên dựa trên các SRS ở phía mạng.

Dựa trên phương án bất kỳ nêu trên, Fig.5 là sơ đồ cấu trúc minh họa thiết bị phản hồi thông tin trạng thái kênh (CSI) theo một phương án khác của sáng chế. Như được minh họa trên Fig.5, thiết bị bao gồm đơn vị truyền 510, đơn vị nhận cổng 520 và đơn vị tiền mã hóa 530, trong đó:

đơn vị truyền 510 được cấu hình để truyền các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số tới thiết bị đầu cuối bằng các cổng ăng-ten; trong đó các chùm được sử dụng trong định dạng chùm được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian, hoặc dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số, và các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số được xác định dựa trên kênh đường lên;

đơn vị nhận công 520 được cấu hình để nhận thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công để truyền dữ liệu được phản hồi bởi thiết bị đầu cuối; thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công được xác định bởi thiết bị đầu cuối dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số;

đơn vị tiền mã hóa 530 được cấu hình để xác định tiền mã hóa của dữ liệu truyền đường xuống dựa trên thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công.

Bằng thiết bị theo phương án của sáng chế, tính tương hỗ của thông tin góc và thông tin độ trễ của các kênh đường lên và kênh đường xuống được áp dụng và thiết bị đầu cuối có thể xác định thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công để truyền dữ liệu dựa trên CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số mà không cần tính toán thêm thông tin độ trễ của kênh đường xuống, điều này làm giảm độ phức tạp tính toán của thiết bị đầu cuối, giảm chi phí phản hồi của thiết bị đầu cuối và cải thiện hơn nữa hiệu suất hệ thống.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, đơn vị truyền 510 được cấu hình đặc trưng để:

truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ nhất đến thiết bị đầu cuối bằng các công ăng-ten;

trong đó các chùm thứ nhất được sử dụng trong định dạng chùm CSI-RS thứ nhất được xác định dựa trên tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và tất cả các vec-tơ cơ sở miền tần số.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, số lượng vec-tơ cơ sở miền không gian là $2L$, số lượng vec-tơ cơ sở miền tần số là M , và L và M đều là số nguyên dương;

số lượng chùm thứ nhất không nhỏ hơn $2L + M - 1$;

trong đó $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất được xác định dựa trên $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian, và $M - 1$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước và $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số; vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước là một trong $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, đơn vị truyền 510 được cấu hình đặc trưng để:

truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ hai và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số đến thiết bị đầu cuối bằng các cổng ăng-ten;

trong đó các chùm thứ hai được sử dụng trong định dạng chùm CSI-RS thứ hai được xác định dựa trên tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và một phần của các vec-tơ cơ sở miền tần số, và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được cấu hình để chỉ báo phần khác của vec-tơ cơ sở miền tần số.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, số lượng vec-tơ cơ sở miền không gian là $2L$, số lượng vec-tơ cơ sở miền tần số là M , và L và M đều là số nguyên dương;

số lượng chùm thứ hai không nhỏ hơn $2LM'$, trong đó M' là số nguyên dương nhỏ hơn M ;

$2LM'$ hoặc nhiều hơn chùm thứ hai được xác định dựa trên $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian và M' vec-tơ cơ sở miền tần số bất kỳ; M' vec-tơ cơ sở miền tần số bất kỳ bao gồm vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất và tất cả các phần tử của vec-tơ cơ sở miền tần số thứ nhất là 1;

thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số bao gồm $\left\lceil \log_2 \left(\frac{N_3 - 1}{M - M'} \right) \right\rceil$ bit thông tin chỉ báo để chỉ báo $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số, trong đó N_3 là số lượng các băng con PMI; hoặc

thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số bao gồm $\lceil \log_2(\alpha M) \rceil$ bit để chỉ báo điểm bắt đầu của $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số, và $\left\lceil \log_2 \left(\frac{\alpha M - 1}{M - M'} \right) \right\rceil$ bit thông tin chỉ báo để chỉ báo $M - M'$ vec-tơ cơ sở miền tần số; hoặc

thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số bao gồm $\lceil \log_2(M - 1) \rceil$ bit để chỉ báo M vec-tơ cơ sở miền tần số liên tiếp.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, thu được các chùm được sử dụng trong định dạng chùm bằng cách tính tích Kronecker của các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số.

Dựa trên bất kỳ phương án nêu trên, thiết bị này còn bao gồm đơn vị nhận các tín hiệu tham chiếu âm thanh (SRS) được cấu hình để:

nhận SRS được truyền bởi thiết bị đầu cuối; và

xác định các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số tương ứng với kênh đường lên dựa trên các SRS.

Fig.6 là sơ đồ minh họa cấu trúc vật lý của thiết bị đầu cuối theo một phương án của sáng chế và như được minh họa trên Fig.6, thiết bị đầu cuối có thể bao gồm: bộ xử lý 601, giao diện truyền tin 602, bộ nhớ 603 và bus truyền tin 604, trong đó bộ xử lý 601, giao diện truyền tin 602 và bộ nhớ 603 truyền tin với nhau thông qua bus truyền tin 604. Bộ xử lý 601 có thể gọi các chương trình máy tính được lưu trên bộ nhớ 603 và có thể được thực thi trên bộ xử lý 601 để thực hiện các bước sau: nhận các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền bởi phía mạng bằng các cổng ăng-ten; trong đó các chùm được sử dụng trong định dạng chùm được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian, hoặc dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số, và các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số được xác định dựa trên kênh đường lên; xác định thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng để truyền dữ liệu dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số; phản hồi thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng cho phía mạng để xác định tiền mã hóa của dữ liệu truyền đường xuống dựa trên thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng ở phía mạng.

Ở đây, cần lưu ý rằng thiết bị đầu cuối theo sáng chế có thể thực hiện tất cả các bước của phương pháp nêu trên với hiệu quả tương tự. Các phần và các hiệu quả giống nhau trong phương án này cũng như trong phương pháp sẽ không được lặp lại ở đây.

Ngoài ra, các lệnh logic trong bộ nhớ 603 được mô tả ở trên có thể được triển khai dưới dạng các đơn vị chức năng phần mềm và có thể được lưu trữ trong phương tiện lưu trữ có thể đọc được bằng máy tính khi được bán hoặc sử dụng như một sản phẩm riêng biệt. Dựa trên sự hiểu biết như vậy, các giải pháp kỹ thuật của sáng chế về cơ bản, hoặc phần đóng góp vào kỹ thuật trước đây có thể được triển khai dưới dạng một sản phẩm phần mềm, sản phẩm phần mềm máy tính được lưu trữ trong một phương tiện lưu trữ và bao

gồm một số lệnh để chỉ dẫn thiết bị đầu cuối (có thể là điện thoại di động, máy tính, máy chủ, máy điều hòa không khí, thiết bị mạng, hoặc loại tương tự) để thực hiện toàn bộ hoặc một phần các bước của phương pháp được mô tả trong các phương án của sáng chế. Phương tiện lưu trữ được mô tả ở trên bao gồm các phương tiện khác nhau có thể lưu trữ mã chương trình như đĩa U, đĩa cứng di động, bộ nhớ chỉ đọc (Read-Only Memory, ROM), bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên (Random Access Memory, RAM), đĩa từ và đĩa compact.

Fig.7 là sơ đồ minh họa cấu trúc vật lý của phía mạng theo một phương án của sáng chế, và như được minh họa trên Fig.7, phía mạng có thể bao gồm: bộ xử lý 701, giao diện truyền tin 702, bộ nhớ 703 và bus truyền tin 704, trong đó bộ xử lý 701, giao diện truyền tin 702 và bộ nhớ 703 truyền tin với nhau thông qua bus truyền tin 704. Bộ xử lý 701 có thể gọi các chương trình máy tính được lưu trên bộ nhớ 703 và có thể được thực thi trên bộ xử lý 701 để thực hiện các bước sau: truyền các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số tới thiết bị đầu cuối bằng các cổng ăng-ten; trong đó các chùm được sử dụng trong định dạng chùm được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian, hoặc dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số, và các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số được xác định dựa trên kênh đường lên; nhận thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng để truyền dữ liệu được phản hồi bởi thiết bị đầu cuối, thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng được xác định bởi thiết bị đầu cuối dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số; xác định tiền mã hóa của dữ liệu truyền đường xuống dựa trên thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng.

Ở đây cần lưu ý rằng phía mạng trong phương án này có thể thực hiện tất cả các bước của phương pháp nêu trên, và có thể đạt được hiệu quả tương tự. Các phần và tác dụng giống nhau trong phương án này cũng như trong phương pháp sẽ không được lặp lại ở đây.

Ngoài ra, các lệnh logic trong bộ nhớ 703 được mô tả ở trên có thể được triển khai dưới dạng các đơn vị chức năng phần mềm và có thể được lưu trữ trong phương tiện lưu trữ có thể đọc được bằng máy tính khi được bán hoặc sử dụng như một sản phẩm riêng biệt. Dựa trên sự hiểu biết như vậy, các giải pháp kỹ thuật của sáng chế về cơ bản, hoặc phần đóng góp vào kỹ thuật trước đây có thể được triển khai dưới dạng một sản phẩm phần

mềm, sản phẩm phần mềm máy tính được lưu trữ trong một phương tiện lưu trữ và bao gồm một số lệnh để chỉ dẫn thiết bị đầu cuối (có thể là điện thoại di động, máy tính, máy chủ, máy điều hòa không khí, thiết bị mạng, hoặc loại tương tự) để thực hiện toàn bộ hoặc một phần các bước của phương pháp được mô tả trong các phương án của sáng chế. Phương tiện lưu trữ được mô tả ở trên bao gồm các phương tiện khác nhau có thể lưu trữ mã chương trình như đĩa U, đĩa cứng di động, bộ nhớ chỉ đọc (ROM), bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên (RAM), đĩa từ và đĩa compact.

Các phương án của sáng chế còn đề xuất phương tiện lưu trữ có thể đọc được bằng máy tính tạm thời, lưu trữ chương trình máy tính và khi được thực thi bởi bộ xử lý, chương trình máy tính làm cho bộ xử lý triển khai các phương pháp phản hồi thông tin trạng thái kênh theo các phương án nêu trên, ví dụ, bao gồm: nhận các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền bởi phía mạng bằng các cổng ăng-ten; trong đó các chùm được sử dụng trong định dạng chùm được xác định dựa trên thông tin góc của kênh đường lên, hoặc dựa trên thông tin góc và thông tin độ trễ của kênh đường lên; thông tin góc được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian, và thông tin độ trễ được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền tần số; xác định thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng để truyền dữ liệu dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số; phản hồi thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng cho phía mạng để xác định tiền mã hóa của dữ liệu truyền đường xuống dựa trên thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng ở phía mạng.

Các phương án của sáng chế còn đề xuất phương tiện lưu trữ có thể đọc được bằng máy tính tạm thời, lưu trữ chương trình máy tính và khi được thực thi bởi bộ xử lý, chương trình máy tính làm cho bộ xử lý triển khai các phương pháp phản hồi thông tin trạng thái kênh theo các phương án nêu trên, ví dụ, bao gồm: truyền các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số tới thiết bị đầu cuối bằng các cổng ăng-ten; trong đó các chùm được sử dụng trong định dạng chùm được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian, hoặc dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số, và các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số được xác định dựa trên kênh đường lên; nhận thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng để truyền dữ liệu được phản hồi bởi thiết bị đầu

cuối; thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng được xác định bởi thiết bị đầu cuối dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số; xác định tiền mã hóa của dữ liệu truyền đường xuống dựa trên thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng.

Các phương án thiết bị được mô tả ở trên chỉ mang tính minh họa, trong đó các đơn vị được mô tả là các thành phần riêng biệt có thể tách biệt về mặt vật lý hoặc có thể không tách biệt về mặt vật lý và các bộ phận được hiển thị dưới dạng đơn vị có thể hoặc không phải là đơn vị vật lý, nghĩa là, có thể được đặt tại cùng một vị trí hoặc được phân phối cho nhiều đơn vị mạng. Một số hoặc tất cả các mô-đun có thể được lựa chọn theo nhu cầu thực tế để đạt được mục đích của phương pháp theo phương án này. Người có trình độ trung bình trong cùng lĩnh vực kỹ thuật có thể hiểu và thực hiện giải pháp được mô tả ở trên mà không cần cải tiến.

Dựa trên phần mô tả của các phương án ở trên, người có trình độ trong cùng lĩnh vực kỹ thuật có thể hiểu rõ rằng các phương án khác nhau có thể được triển khai bằng phần mềm ngoài nền tảng phần cứng phổ thông cần thiết hoặc chỉ bằng phần cứng. Dựa trên sự hiểu biết như vậy, các giải pháp kỹ thuật của sáng chế về cơ bản, hoặc phần đóng góp vào kỹ thuật trước đây có thể được triển khai dưới dạng một sản phẩm phần mềm, có thể được lưu trữ trong một phương tiện lưu trữ như ROM/RAM, đĩa từ, đĩa compact và các loại tương tự, và bao gồm một số lệnh để làm cho thiết bị máy tính (có thể là máy tính cá nhân, máy chủ, thiết bị mạng và những loại tương tự) thực hiện toàn bộ hoặc một phần các phương pháp được mô tả trong các phương án khác nhau của sáng chế.

Cuối cùng, cần lưu ý rằng các phương án thực hiện sáng chế được mô tả ở trên có tham chiếu đến các phương án, nhưng sáng chế không giới hạn ở các phương án đã nêu. Các phương án thực hiện chỉ mang tính minh họa mà không giới hạn phạm vi của sáng chế. Dựa vào phần mô tả, người có trình độ trong cùng lĩnh vực kỹ thuật có thể thực hiện nhiều biến thể và sửa đổi khác mà vẫn thuộc phạm vi của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp phản hồi thông tin trạng thái kênh (Channel State Information, CSI), bao gồm:

nhận các tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh (Channel State Information Reference Signals, CSI-RS) được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền bởi phía mạng bằng các cổng ăng-ten; trong đó các chùm được sử dụng trong định dạng chùm được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian, hoặc dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số, và các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số được xác định dựa trên kênh đường lên;

xác định thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng để truyền dữ liệu dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số; và

phản hồi thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng cho phía mạng để xác định tiền mã hóa của dữ liệu truyền đường xuống dựa trên thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng ở phía mạng.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc xác định thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng để truyền dữ liệu dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số, bao gồm:

xác định nhiều thông tin kênh hiệu quả dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số; và

xác định thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng để truyền dữ liệu dựa trên nhiều thông tin kênh hiệu quả.

3. Phương pháp theo điểm 2, trong đó việc nhận các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền bởi phía mạng bằng các cổng ăng-ten, bao gồm:

nhận các CSI-RS được định dạng chùm thứ nhất được truyền bởi phía mạng bằng các cổng ăng-ten;

trong đó các chùm thứ nhất được sử dụng trong định dạng chùm CSI-RS thứ nhất được xác định dựa trên tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và tất cả các vec-tơ cơ sở miền tần số;

trong đó số lượng vec-tơ cơ sở miền không gian là $2L$, số lượng vec-tơ cơ sở miền tần số là M , và L và M đều là số nguyên dương;

số lượng chùm thứ nhất không nhỏ hơn $2L + M - 1$;

trong đó $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất được xác định dựa trên $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian, và $M - 1$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất được xác định dựa trên vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước và $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số; vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước là một trong $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian; hoặc

nhận các CSI-RS được định dạng chùm thứ hai và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền bởi phía mạng bằng các cổng ăng-ten;

trong đó các chùm thứ hai được sử dụng trong định dạng chùm CSI-RS thứ hai được xác định dựa trên tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và một phần của các vec-tơ cơ sở miền tần số, và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được cấu hình để chỉ báo phần khác của các vec-tơ cơ sở miền tần số.

4. Phương pháp theo điểm 2, trong đó việc xác định thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng để truyền dữ liệu dựa trên nhiều thông tin kênh hiệu quả, bao gồm:

thực hiện phân rã giá trị riêng trên ma trận hiệp phương sai của nhiều thông tin kênh hiệu quả để thu được các vec-tơ riêng tương ứng với các giá trị riêng lớn nhất, số lượng của chúng là số lượng của các lớp truyền đường xuống;

chọn, từ các vec-tơ riêng tương ứng với lớp truyền đường xuống bất kỳ, các phần tử khác 0 có biên độ lớn nhất, số lượng của chúng không lớn hơn số lượng cổng đặt trước, để thu được hệ số kết hợp cổng của lớp truyền đường xuống bất kỳ; và

xác định thông tin chỉ báo cổng để truyền dữ liệu của lớp truyền đường xuống bất kỳ dựa trên cổng mà kênh hiệu quả tương ứng với hệ số kết hợp cổng của lớp truyền đường xuống bất kỳ được áp dụng;

trong đó việc lựa chọn, từ các vec-tơ riêng tương ứng với lớp truyền đường xuống bất kỳ, các phần tử khác 0 có biên độ lớn nhất, số lượng của chúng không lớn hơn số lượng cổng đặt trước, để thu được hệ số kết hợp cổng của lớp truyền đường xuống bất kỳ, cụ thể bao gồm:

lựa chọn, từ các vec-tơ riêng tương ứng với lớp truyền đường xuống bất kỳ, các phần tử khác 0 có biên độ lớn nhất, số lượng các phần tử này không lớn hơn số lượng cổng đặt trước; và

chuẩn hóa và lượng tử hóa các phần tử khác 0 có biên độ lớn nhất, số lượng của chúng không lớn hơn số lượng cổng đặt trước, để thu được hệ số kết hợp cổng của lớp truyền đường xuống bất kỳ.

5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, còn bao gồm: trước khi nhận các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền bởi phía mạng bằng các cổng ăng-ten,

truyền các tín hiệu tham chiếu âm thanh (Sounding Reference Signal, SRS) tới phía mạng và xác định các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số tương ứng với kênh đường lên dựa trên các SRS ở phía mạng.

6. Phương pháp phản hồi thông tin trạng thái kênh (CSI), bao gồm:

truyền tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh (CSI-RS) được định dạng chùm hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số đến thiết bị đầu cuối bằng các cổng ăng-ten; trong đó các chùm được sử dụng trong định dạng chùm được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian, hoặc dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số, và các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số được xác định dựa trên kênh đường lên;

nhận thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công để truyền dữ liệu được phản hồi bởi thiết bị đầu cuối; trong đó thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công được xác định bởi thiết bị đầu cuối dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số; và

xác định tiền mã hóa của dữ liệu truyền đường xuống dựa trên thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công.

7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó việc truyền các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số tới một thiết bị đầu cuối bằng các công ăng-ten, cụ thể bao gồm:

truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ nhất đến thiết bị đầu cuối bằng các công ăng-ten;

trong đó các chùm thứ nhất được sử dụng trong định dạng chùm CSI-RS thứ nhất được xác định dựa trên tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và tất cả các vec-tơ cơ sở miền tần số;

trong đó số lượng vec-tơ cơ sở miền không gian là $2L$, số lượng vec-tơ cơ sở miền tần số là M , và L và M đều là số nguyên dương;

số lượng chùm thứ nhất không nhỏ hơn $2L + M - 1$;

trong đó $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất được xác định dựa trên $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian, và $M - 1$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất được xác định dựa trên vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước và $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số; vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước là một trong $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian; hoặc

truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ hai và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số đến thiết bị đầu cuối bằng các công ăng-ten;

trong đó các chùm thứ hai được sử dụng trong định dạng chùm CSI-RS thứ hai được xác định dựa trên tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và một phần của các vec-tơ cơ sở miền tần số, và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được cấu hình để chỉ báo phần khác của của vec-tơ cơ sở miền tần số.

8. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 6 đến 7, còn bao gồm: trước khi truyền các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số tới thiết bị đầu cuối bằng các cổng ăng-ten,

nhận các tín hiệu tham chiếu âm thanh (SRS) được truyền bởi thiết bị đầu cuối; và

xác định các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số tương ứng với kênh đường lên dựa trên các SRS.

9. Thiết bị phản hồi thông tin trạng thái kênh (CSI), bao gồm:

một đơn vị nhận, được cấu hình để nhận các tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh (CSI-RS) được định dạng chùm hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được truyền bởi phía mạng bằng các cổng ăng-ten; trong đó các chùm được sử dụng trong định dạng chùm được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian, hoặc dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số, và các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số được xác định dựa trên kênh đường lên;

một đơn vị xác định cổng, được cấu hình để xác định thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng để truyền dữ liệu dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số; và

một đơn vị phản hồi, được cấu hình để phản hồi thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng cho phía mạng để xác định tiền mã hóa của dữ liệu truyền đường xuống dựa trên thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng ở phía mạng.

10. Thiết bị theo điểm 9, trong đó đơn vị xác định cổng bao gồm:

một đơn vị con xác định kênh, được cấu hình để xác định nhiều thông tin kênh hiệu quả dựa trên các CSI-RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số; và

một đơn vị con xác định cổng, được cấu hình để xác định thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng để truyền dữ liệu dựa trên nhiều thông tin kênh hiệu quả.

11. Thiết bị theo điểm 10, trong đó đơn vị nhận được cấu hình đặc trưng để:

nhận các CSI-RS được định dạng chùm thứ nhất được truyền bởi phía mạng bằng các cổng ăng-ten;

trong đó các chùm thứ nhất được sử dụng trong định dạng chùm CSI-RS thứ nhất được xác định dựa trên tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và tất cả các vec-tơ cơ sở miền tần số;

trong đó: số lượng vec-tơ cơ sở miền không gian là $2L$, số lượng vec-tơ cơ sở miền tần số là M , và L và M đều là số nguyên dương;

số lượng chùm thứ nhất không nhỏ hơn $2L + M - 1$;

trong đó $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất được xác định dựa trên $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian, và $M - 1$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất được xác định dựa trên vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước và vec-tơ cơ sở miền tần số $M - 1$; và vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước là một trong $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian; hoặc

nhận các CSI-RS được định dạng chùm thứ hai và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được phía mạng truyền qua các cổng ăng-ten;

trong đó chùm thứ hai được sử dụng để định dạng chùm CSI-RS thứ hai được xác định dựa trên tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và một phần của các vec-tơ cơ sở miền tần số, và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được cấu hình để chỉ báo phần khác của các vec-tơ cơ sở miền tần số.

12. Thiết bị theo điểm 10, trong đó đơn vị còn xác định cổng được cấu hình đặc trưng để:

thực hiện phân rã giá trị riêng trên ma trận hiệp phương sai của nhiều thông tin kênh hiệu quả để thu được các vec-tơ riêng tương ứng với các giá trị riêng lớn nhất, số lượng của chúng là số lượng của các lớp truyền đường xuống;

chọn từ các vec-tơ riêng tương ứng với lớp truyền đường xuống bất kỳ, các phần tử khác 0 có biên độ lớn nhất, số lượng của chúng không lớn hơn số lượng cổng đặt trước, để thu được hệ số kết hợp cổng của lớp truyền đường xuống bất kỳ; và

xác định thông tin chỉ báo công để truyền dữ liệu của lớp truyền đường xuống bất kỳ dựa trên công mà kênh hiệu quả tương ứng với hệ số kết hợp công của lớp truyền đường xuống bất kỳ được áp dụng;

trong đó việc lựa chọn, từ các vec-tơ riêng tương ứng với lớp truyền đường xuống bất kỳ, các phần tử khác 0 có biên độ lớn nhất, số lượng của chúng không lớn hơn số lượng công đặt trước để thu được hệ số kết hợp công của lớp truyền đường xuống bất kỳ, cụ thể bao gồm:

chọn, từ các vec-tơ riêng tương ứng với lớp truyền đường xuống bất kỳ, các phần tử khác 0 có biên độ lớn nhất, các phần tử khác 0 có biên độ lớn nhất, số lượng của chúng không lớn hơn số lượng công đặt trước; và

chuẩn hóa và lượng tử hóa các phần tử khác 0 có biên độ lớn nhất, số lượng của chúng không lớn hơn số lượng công đặt trước, để thu được hệ số kết hợp công của lớp truyền đường xuống bất kỳ.

13. Thiết bị theo dõi bất kỳ trong các điểm từ 9 đến 12, còn bao gồm đơn vị truyền các tín hiệu tham chiếu âm thanh (SRS) được cấu hình để:

truyền SRS tới phía mạng để xác định các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số tương ứng với kênh đường lên dựa trên các SRS.

14. Thiết bị phản hồi thông tin trạng thái kênh (CSI), bao gồm:

một đơn vị truyền, được cấu hình để truyền tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh (CSI-RS) được định dạng chùm hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số đến thiết bị đầu cuối bằng các cổng ăng-ten; trong đó các chùm được sử dụng trong định dạng chùm được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian, hoặc dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian và các vec-tơ cơ sở miền tần số, và các vec-tơ cơ sở miền không gian và vec-tơ cơ sở miền tần số được xác định dựa trên kênh đường lên;

một đơn vị nhận công, được cấu hình để nhận thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công để truyền dữ liệu được phản hồi bởi thiết bị đầu cuối; trong đó thông tin chỉ báo công và các hệ số kết hợp công được xác định bởi thiết bị đầu cuối dựa trên các CSI-

RS được định dạng chùm, hoặc các CSI-RS được định dạng chùm và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số; và

một đơn vị tiền mã hóa, được cấu hình để xác định tiền mã hóa của dữ liệu truyền đường xuống dựa trên thông tin chỉ báo cổng và các hệ số kết hợp cổng.

15. Thiết bị theo điểm 14, trong đó đơn vị truyền được cấu hình đặc trưng để:

truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ nhất đến thiết bị đầu cuối bằng các cổng ăng-ten;

trong đó các chùm thứ nhất được sử dụng trong định dạng chùm CSI-RS thứ nhất được xác định dựa trên tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và tất cả các vec-tơ cơ sở miền tần số;

trong đó số lượng vec-tơ cơ sở miền không gian là $2L$, số lượng vec-tơ cơ sở miền tần số là M , và L và M đều là số nguyên dương;

số lượng chùm thứ nhất không nhỏ hơn $2L + M - 1$;

trong đó $2L$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất được xác định dựa trên $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian, và $M - 1$ hoặc nhiều hơn chùm thứ nhất được xác định dựa trên các vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước và $M - 1$ vec-tơ cơ sở miền tần số; và vec-tơ cơ sở miền không gian đặt trước là một trong $2L$ vec-tơ cơ sở miền không gian; hoặc

truyền các CSI-RS được định dạng chùm thứ hai và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số đến thiết bị đầu cuối bằng các cổng ăng-ten;

trong đó các chùm thứ hai được sử dụng trong định dạng chùm CSI-RS thứ hai được xác định dựa trên tất cả các vec-tơ cơ sở miền không gian và một phần của các vec-tơ cơ sở miền tần số, và thông tin chỉ báo vec-tơ cơ sở miền tần số được cấu hình để chỉ báo phần khác của các vec-tơ cơ sở miền tần số.

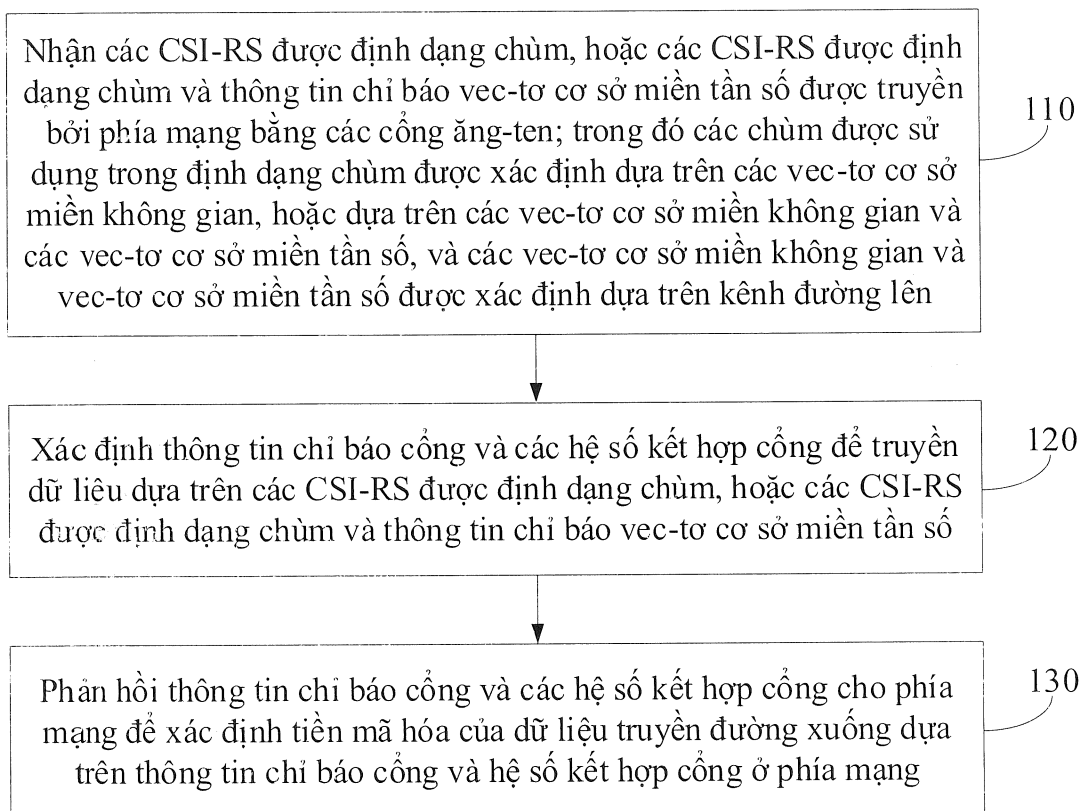
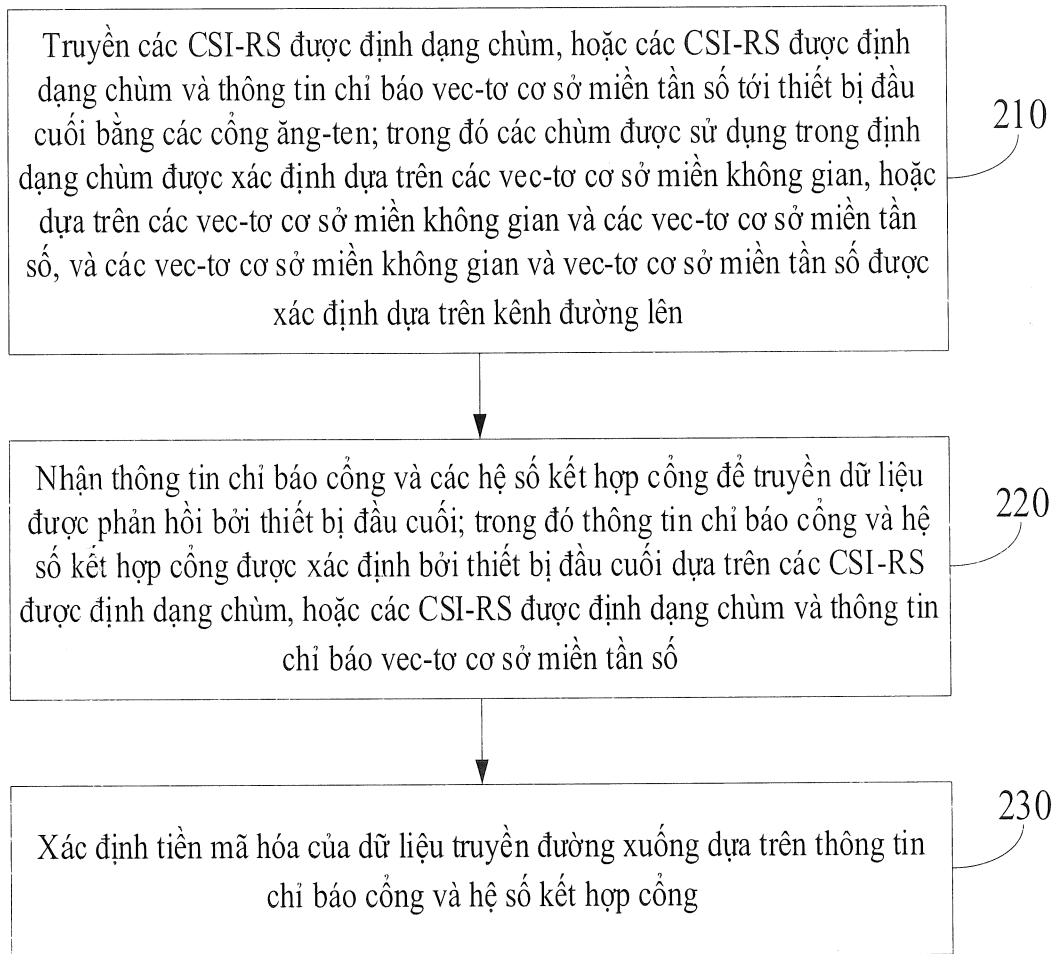


Fig.1

**Fig.2**

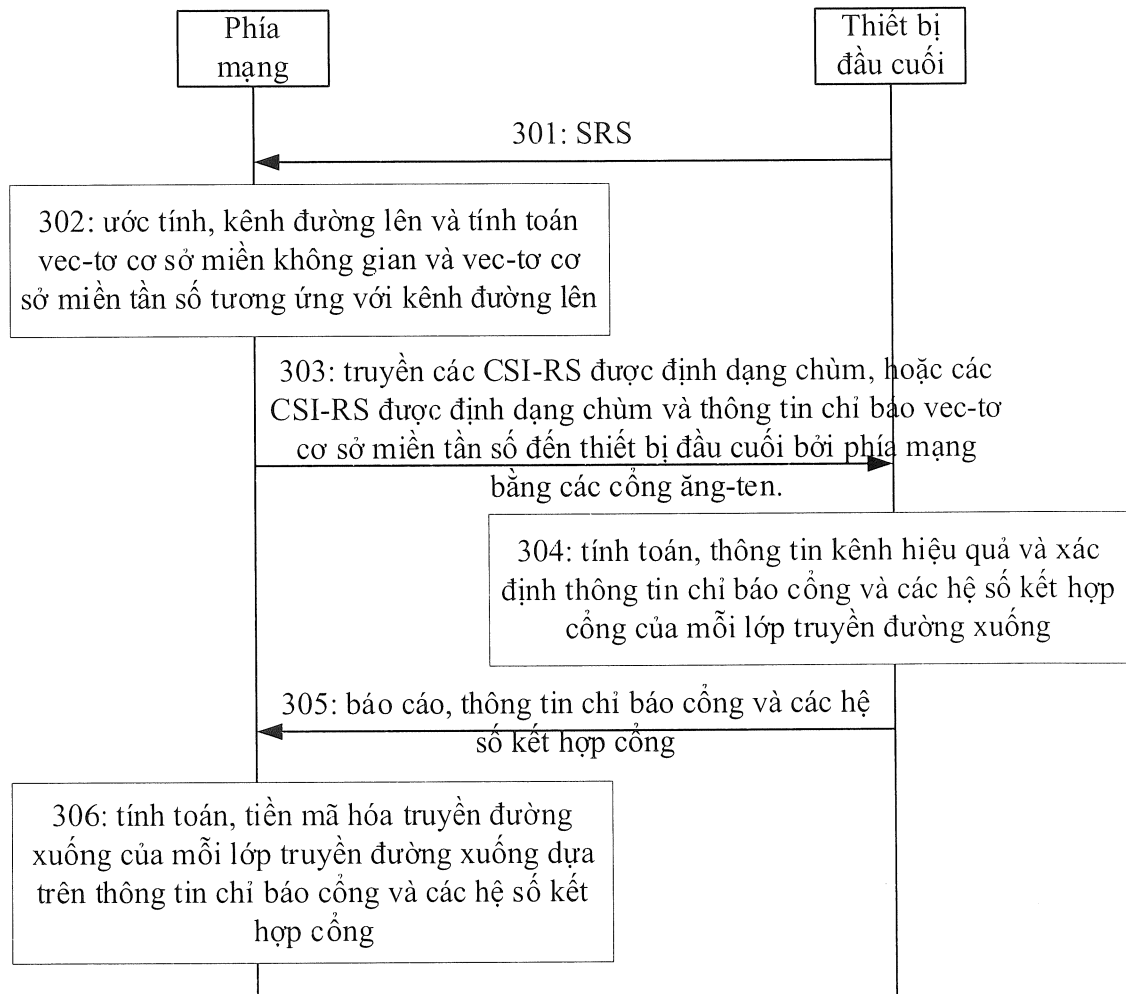


Fig.3

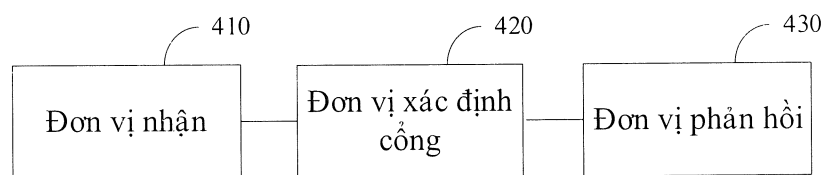


Fig.4

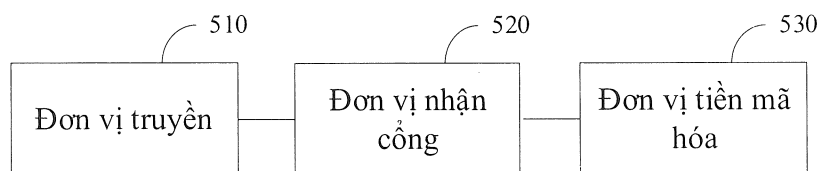


Fig.5

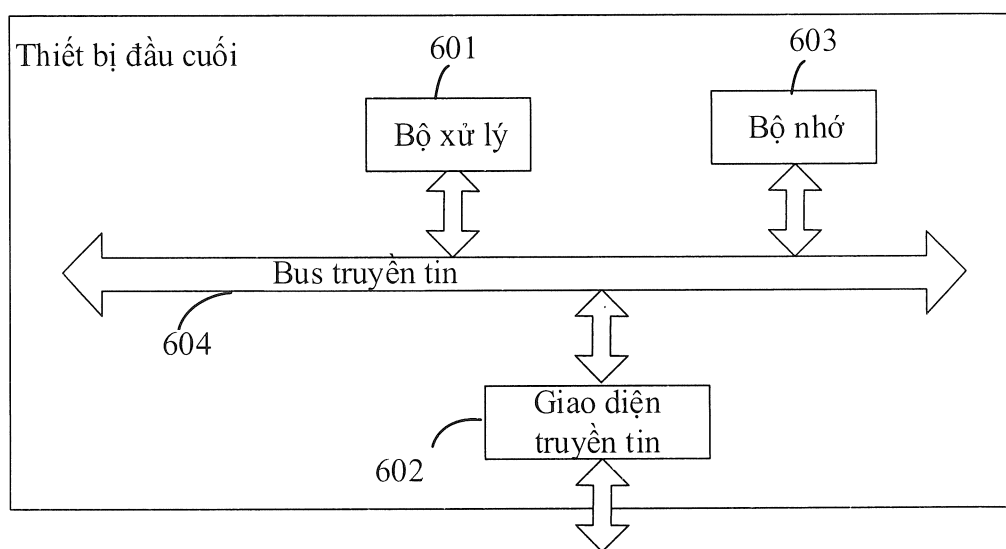


Fig.6

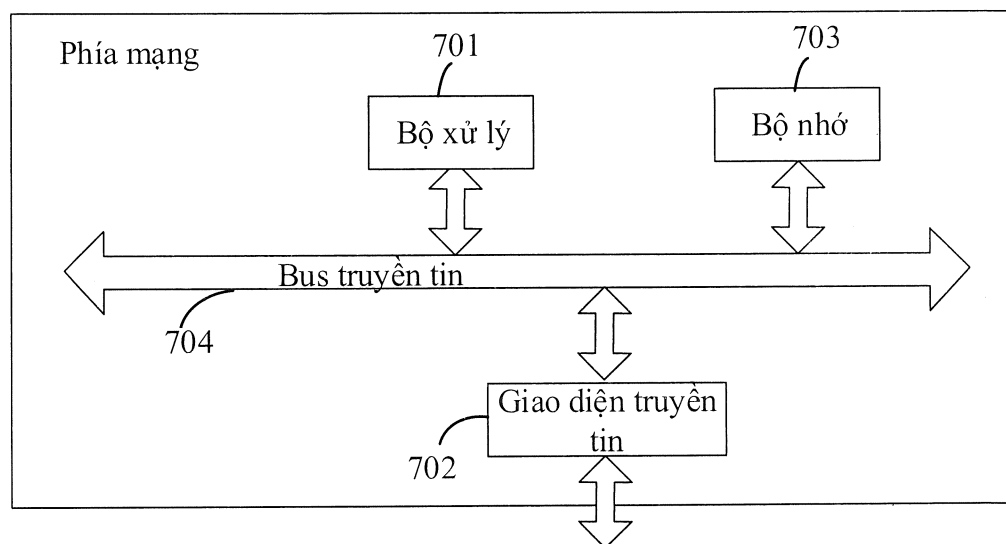


Fig.7