



(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)



1-0024786

(51)⁷ H01L 25/03; H04L 1/00; H04B 17/00

(13) B

(21) 1-2016-00725

(22) 07/01/2014

(86) PCT/CN2014/070226 07/01/2014

(87) WO2015/027675 05/03/2015

(30) 201310392709.6 02/09/2013 CN

(45) 27/07/2020 388

(43) 25/05/2016 338A

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

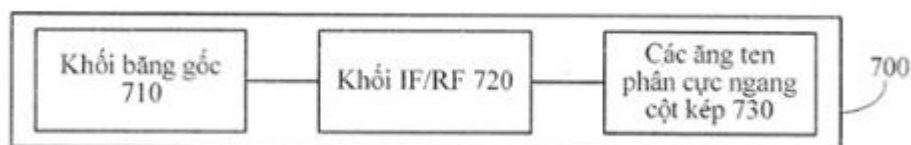
Huawei Administration Building, Bantian, Longgang, Shenzhen, Guangdong 518129, China

(72) HUANG, Hui (CN); ZHANG, Pengcheng (CN); FANG, Dongmei (CN).

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

(54) THIẾT BỊ TRUYỀN THÔNG, KHỐI BĂNG GỐC VÀ PHƯƠNG PHÁP TRUYỀN THÔNG

(57) Sáng chế đề cập đến thiết bị truyền thông, khối băng gốc, và phương pháp truyền thông. Thiết bị này bao gồm: khối băng gốc, khối trung tần/tần số vô tuyến (Intermediate Frequency/Radio Frequency - IF/RF), và các ăng ten phân cực ngang cột kép, trong đó khối băng gốc này được tạo cấu hình để: xác định các hệ số bù lần lượt tương ứng với 4 kênh truyền; xác định pha bù của cáp theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được từ thiết bị người dùng (User Equipment - UE); tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo m kênh tín hiệu mà tương ứng một-một với m cổng logic; và hiệu chỉnh 4 kênh tín hiệu băng gốc này theo các hệ số bù lần lượt tương ứng với 4 kênh truyền và pha bù của cáp, và gửi 4 kênh tín hiệu băng gốc đã được hiệu chỉnh đến khối IF/RF; và khối IF/RF được tạo cấu hình để gửi 4 kênh tín hiệu băng gốc đã được hiệu chỉnh đến UE qua 4 kênh truyền và các ăng ten phân cực ngang cột kép. Theo các phương án của sáng chế, pha bù của cáp được xác định theo tín hiệu thăm dò đường lên từ UE, và 4 kênh tín hiệu băng gốc được hiệu chỉnh theo các hệ số bù của 4 kênh truyền và pha bù của cáp, nên các pha của các kênh tín hiệu truyền khác nhau có thể được điều khiển một cách chính xác.



Lĩnh vực kĩ thuật được đề cập

Sáng chế liên quan đến lĩnh vực truyền thông, cụ thể là đề cập đến thiết bị truyền thông, khối băng gốc, và phương pháp truyền thông.

Tình trạng kĩ thuật của sáng chế

Trong hệ thống LTE (Long Term Evolution - phát triển lâu dài), thì trạm gốc mà có các ăng ten phân cực ngang cột kép thường bao gồm khối băng gốc và khối trung tần/tần số vô tuyến (IF/RF - Intermediate Frequency/Radio Frequency). Khối IF/RF này có thể được nối với các ăng ten phân cực ngang cột kép bằng các dây cáp (Cables). Khối băng gốc có thể tạo ra tín hiệu băng gốc, và sau đó gửi tín hiệu băng gốc này đến khối IF/RF; và khối IF/RF có thể chuyển đổi tín hiệu băng gốc này thành tín hiệu tần số vô tuyến, rồi gửi tín hiệu tần số vô tuyến này đến thiết bị người dùng (User Equipment - UE) qua các ăng ten phân cực ngang cột kép. Tuy nhiên, do có sự khác biệt, ví dụ, giữa các kênh truyền trong khối IF/RF, và giữa các dây cáp nối khối IF/RF với các ăng ten phân cực ngang cột kép, nên các pha giữa các kênh khác nhau của các tín hiệu truyền không thể được điều khiển một cách chính xác.

Bản chất kĩ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất thiết bị truyền thông, khối băng gốc, và phương pháp truyền thông, để giải quyết vấn đề không thể điều khiển chính xác các pha của các kênh khác nhau của các tín hiệu truyền.

Theo khía cạnh thứ nhất, sáng chế đề xuất thiết bị truyền thông bao gồm: khối băng gốc, khối IF/RF, và các ăng ten phân cực ngang cột kép, trong đó khối băng gốc được nối với khối IF/RF bằng sợi quang, khối IF/RF được nối

với các ăng ten phân cực ngang cột kép bằng các dây cáp, khối IF/RF này bao gồm 4 kênh truyền, các ăng ten phân cực ngang cột kép này bao gồm nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất và nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai, và thiết bị truyền thông này làm việc trong chế độ mà trong đó có m cổng logic, trong đó m là số nguyên dương;

khối băng gốc được tạo cấu hình để: xác định các hệ số bù lần lượt tương ứng với 4 kênh truyền này; xác định pha bù của cáp theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được từ thiết bị người dùng UE, trong đó pha bù của cáp là lượng chênh lệch giữa sự lệch pha cáp tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất và sự lệch pha cáp tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai; tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo m kênh tín hiệu mà tương ứng một-một với m cổng logic; hiệu chỉnh 4 kênh tín hiệu băng gốc này theo các hệ số bù lần lượt tương ứng với 4 kênh truyền và pha bù của cáp; và gửi 4 kênh tín hiệu băng gốc đã được hiệu chỉnh đến khối IF/RF; và

khối IF/RF được tạo cấu hình để gửi 4 kênh tín hiệu băng gốc đã được hiệu chỉnh đến UE qua 4 kênh truyền và các ăng ten phân cực ngang cột kép.

Dựa vào khía cạnh thứ nhất, theo cách thức thực hiện khả thi thứ nhất, việc khối băng gốc được tạo cấu hình để xác định pha bù của cáp theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được từ thiết bị người dùng UE bao gồm việc: khối băng gốc được tạo cấu hình để xác định các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được từ UE; xác định, theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường truyền thẳng (Line Of Sight - LOS); và xác định pha bù của cáp theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ nhất của khía cạnh thứ nhất, theo cách thức thực hiện khả thi thứ hai, việc khối băng gốc được tạo cấu hình để xác định, theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS bao gồm việc: khối băng gốc được tạo cấu hình để xác định ma trận tương quan về không

gian đầy đủ băng thông theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc; và xác định, theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông này, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ hai của khía cạnh thứ nhất, theo cách thức thực hiện khả thi thứ ba, nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất bao gồm ăng ten thứ nhất và ăng ten thứ ba, nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai bao gồm ăng ten thứ hai và ăng ten thứ tư, các kênh giữa UE và khối băng gốc bao gồm kênh thứ nhất, kênh thứ hai, kênh thứ ba, và kênh thứ tư, ăng ten thứ nhất tương ứng với kênh thứ nhất, ăng ten thứ hai tương ứng với kênh thứ hai, ăng ten thứ ba tương ứng với kênh thứ ba, và ăng ten thứ tư tương ứng với kênh thứ tư; và

việc khối băng gốc được tạo cấu hình để xác định, theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS bao gồm việc: khối băng gốc được tạo cấu hình để xác định, nếu sự tương quan giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba là lớn hơn ngưỡng định trước, và sự tương quan giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư là lớn hơn ngưỡng này, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ ba của khía cạnh thứ nhất, theo cách thức thực hiện khả thi thứ tư, việc khối băng gốc được tạo cấu hình để xác định pha bù của cáp theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc bao gồm việc: khối băng gốc được tạo cấu hình để xác định giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông, trong đó pha thứ nhất là sự lệch pha giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba, và pha thứ hai là sự lệch pha giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư; và lọc giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai, để thu được pha bù của cáp.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ tư của khía cạnh thứ nhất, theo cách thức thực hiện khả thi thứ năm, khi khối băng gốc nhận được tín hiệu

thăm dò đường lên từ UE lần thứ p thì

ma trận tương quan về không gian đầy đủ bằng thông

$$R(p) = \begin{bmatrix} r_{00}(p) & r_{01}(p) & r_{02}(p) & r_{03}(p) \\ r_{10}(p) & r_{11}(p) & r_{12}(p) & r_{13}(p) \\ r_{20}(p) & r_{21}(p) & r_{22}(p) & r_{23}(p) \\ r_{30}(p) & r_{31}(p) & r_{32}(p) & r_{33}(p) \end{bmatrix},$$

trong đó phần tử $r_{ij}(p)$ trong $R(p)$ biểu thị sự tương quan giữa kênh thứ i và kênh thứ j giữa UE và khối băng gốc khi khối băng gốc nhận được tín hiệu thăm dò đường lên từ UE lần thứ p , và p là số nguyên dương; và

việc khối băng gốc được tạo cấu hình để xác định, nếu sự tương quan giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba là lớn hơn ngưỡng định trước, và sự tương quan giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư là lớn hơn ngưỡng này, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS bao gồm việc:

khối băng gốc được tạo cấu hình để xác định, nếu các bất phương trình sau đây đều đúng, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép, khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p , là các đường

$$\text{LOS: } |r_{02}(p)| / \sqrt{r_{00}(p)r_{22}(p)} > \text{Thre} \quad \text{và} \quad |r_{13}(p)| / \sqrt{r_{11}(p)r_{33}(p)} > \text{Thre}$$

trong đó Thre biểu thị ngưỡng.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ năm của khía cạnh thứ nhất, theo cách thức thực hiện khả thi thứ sáu, việc khối băng gốc được tạo cấu hình để xác định giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ bằng thông bao gồm việc:

khối băng gốc được tạo cấu hình để: xác định, theo phương trình sau đây, giá trị chênh lệch $\Delta(p)$ giữa pha thứ nhất và pha thứ hai khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p :

$$\Delta(p) = \text{phase}(r_{20}(p)) - \text{phase}(r_{31}(p))$$

trong đó $\text{phase}(r_{20}(p))$ biểu thị pha thứ nhất, và $\text{phase}(r_{31}(p))$ biểu thị

pha thứ hai; và

việc khôi băng gốc được tạo cấu hình để lọc giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai, để thu được pha bù của cáp bao gồm việc:

khôi băng gốc được tạo cấu hình để:

khi p lớn hơn 1, thì thu thập, theo phương trình sau đây, pha bù của cáp $\hat{\Delta}(p)$ khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p :

$$\hat{\Delta}(p) = (1 - \alpha) * \hat{\Delta}(p-1) + \alpha * \Delta(p)$$

trong đó $\hat{\Delta}(p-1)$ biểu thị pha bù của cáp khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ $(p-1)$, và α biểu thị hệ số lọc; và

khi p bằng 1, thì thu thập, theo phương trình sau đây, pha bù của cáp $\hat{\Delta}(1)$ khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ nhất:

$$\hat{\Delta}(1) = \Delta(1)$$

Dựa vào khía cạnh thứ nhất hoặc cách thức thực hiện bất kì trong số những cách thức thực hiện khả thi từ thứ nhất đến thứ sáu của khía cạnh thứ nhất, theo cách thức thực hiện khả thi thứ bảy, m là 2; và

việc khôi băng gốc được tạo cấu hình để tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo m kênh tín hiệu tương ứng với m cổng logic bao gồm việc:

khôi băng gốc được tạo cấu hình để tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo phương trình sau đây:

$$\begin{bmatrix} x_0(k) \\ x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ e^{j2\pi k/N_m} & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -e^{j2\pi k/N_m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_0(k) \\ s_1(k) \end{bmatrix}$$

trong đó k biểu thị chỉ số sóng mang phụ, $x_0(k)$, $x_1(k)$, $x_2(k)$, và $x_3(k)$ biểu thị 4 kênh tín hiệu băng gốc trên sóng mang phụ thứ k , $s_0(k)$ và $s_1(k)$ biểu thị các tín hiệu lần lượt tương ứng với 2 cổng logic trên sóng mang

phụ thứ k , d biểu thị số lượng điểm trễ vòng, N_m biểu thị số lượng điểm biến đổi FFT (Fast Fourier Transformation - biến đổi Fourier nhanh) của hệ thống, và k là số nguyên dương; và $x_0(k)$ và $x_2(k)$ lần lượt tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất, và $x_1(k)$ và $x_3(k)$ lần lượt tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai.

Dựa vào khía cạnh thứ nhất hoặc cách thức thực hiện bất kì trong số những cách thức thực hiện khả thi từ thứ nhất đến thứ sáu của khía cạnh thứ nhất, theo cách thức thực hiện khả thi thứ tám, m là 4; và

việc khối băng gốc được tạo cấu hình để tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo m kênh tín hiệu tương ứng với m cổng logic bao gồm việc: khối băng gốc được tạo cấu hình để tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ nhất theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ nhất, tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ hai theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ ba, tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ ba theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ hai, và tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ tư theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ tư.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ tám của khía cạnh thứ nhất, theo cách thức thực hiện khả thi thứ chín, việc khối băng gốc được tạo cấu hình để tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ nhất theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ nhất, tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ hai theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ ba, tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ ba theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ hai, và tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ tư theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ tư bao gồm việc:

khối băng gốc được tạo cấu hình để:

tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo phương trình sau đây:

$$\begin{bmatrix} x_0(k) \\ x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_0(k) \\ s_1(k) \\ s_2(k) \\ s_3(k) \end{bmatrix}$$

trong đó k biểu thị chỉ số sóng mang phụ, $x_0(k)$, $x_1(k)$, $x_2(k)$, và $x_3(k)$ biểu thị 4 kênh tín hiệu băng gốc trên sóng mang phụ thứ k , $s_0(k)$, $s_1(k)$, $s_2(k)$, và $s_3(k)$ biểu thị các tín hiệu lần lượt tương ứng với 4 cổng logic trên sóng mang phụ thứ k , và k là số nguyên dương; và $x_0(k)$ và $x_2(k)$ lần lượt tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất, và $x_1(k)$ và $x_3(k)$ lần lượt tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai.

Dựa vào khía cạnh thứ nhất hoặc cách thức thực hiện khả thi bất kì trong số những cách thức thực hiện khả thi từ thứ nhất đến thứ chín của khía cạnh thứ nhất, theo cách thức thực hiện khả thi thứ mười, thiết bị truyền thông là trạm gốc.

Theo khía cạnh thứ hai, sáng chế đề xuất khối băng gốc, trong đó khối băng gốc này bao gồm bộ xử lý và bộ nhớ;

bộ nhớ được nối với bộ xử lý qua buýt dữ liệu, trong đó bộ nhớ này được tạo cấu hình để lưu giữ lệnh thực hiện được; và

bộ xử lý thực hiện lệnh thực hiện được được lưu giữ trong bộ nhớ, và được tạo cấu hình để: xác định các hệ số bù lần lượt tương ứng với 4 kênh truyền của khối IF/RF; xác định pha bù của cáp theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được từ thiết bị người dùng UE, trong đó các ăng ten phân cực ngang cột kép của trạm gốc mà khối băng gốc này thuộc về đó bao gồm nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất và nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai, và pha bù của cáp là lượng chênh lệch giữa sự lệch pha cáp tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất và sự lệch pha cáp tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai; tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo m kênh tín hiệu mà tương ứng một-một với m cổng logic; trong đó m là số nguyên dương; và hiệu chỉnh 4 kênh tín hiệu băng gốc theo các hệ số bù lần lượt tương ứng với 4 kênh truyền và pha bù của cáp, để gửi 4 kênh tín hiệu băng gốc đã được hiệu chỉnh đến UE qua 4 kênh truyền này và các ăng ten phân cực ngang cột kép.

Dựa vào khía cạnh thứ hai, theo cách thức thực hiện khả thi thứ nhất, việc bộ xử lý được tạo cấu hình để xác định pha bù của cáp theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được từ UE bao gồm việc:

bộ xử lý này được tạo cấu hình để: xác định các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được từ UE; xác định, theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường truyền thẳng (Line Of Sight - LOS); và xác định pha bù của cáp theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ nhất của khía cạnh thứ hai, theo cách thức thực hiện khả thi thứ hai, việc bộ xử lý được tạo cấu hình để xác định, theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS bao gồm việc: bộ xử lý được tạo cấu hình để xác định ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc; và xác định, theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông này, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ hai của khía cạnh thứ hai, theo cách thức thực hiện khả thi thứ ba, nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất bao gồm ăng ten thứ nhất và ăng ten thứ ba, nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai bao gồm ăng ten thứ hai và ăng ten thứ tư, các kênh giữa UE và khối băng gốc bao gồm kênh thứ nhất, kênh thứ hai, kênh thứ ba, và kênh thứ tư, ăng ten thứ nhất tương ứng với kênh thứ nhất, ăng ten thứ hai tương ứng với kênh thứ hai, ăng ten thứ ba tương ứng với kênh thứ ba, và ăng ten thứ tư tương ứng với kênh thứ tư; và

việc bộ xử lý được tạo cấu hình để xác định, theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS bao gồm việc: bộ xử lý được tạo cấu hình để xác định, nếu sự tương quan giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba là lớn hơn

ngưỡng định trước, và sự tương quan giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư là lớn hơn ngưỡng này, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ ba của khía cạnh thứ hai, theo cách thức thực hiện khả thi thứ tư, việc bộ xử lý được tạo cấu hình để xác định pha bù của cáp theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc bao gồm việc:

bộ xử lý này được tạo cấu hình để: xác định giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông, trong đó pha thứ nhất là sự lệch pha giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba, và pha thứ hai là sự lệch pha giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư; và lọc giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai, để thu được pha bù của cáp.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ tư của khía cạnh thứ hai, theo cách thức thực hiện khả thi thứ năm, khi khối băng gốc nhận được tín hiệu thăm dò đường lên từ UE lần thứ p thì

ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông

$$R(p) = \begin{bmatrix} r_{00}(p) & r_{01}(p) & r_{02}(p) & r_{03}(p) \\ r_{10}(p) & r_{11}(p) & r_{12}(p) & r_{13}(p) \\ r_{20}(p) & r_{21}(p) & r_{22}(p) & r_{23}(p) \\ r_{30}(p) & r_{31}(p) & r_{32}(p) & r_{33}(p) \end{bmatrix},$$

trong đó phần tử $r_{ij}(p)$ trong $R(p)$ biểu thị sự tương quan giữa kênh thứ i và kênh thứ j giữa UE và khối băng gốc khi khối băng gốc nhận được tín hiệu thăm dò đường lên từ UE lần thứ p , và p là số nguyên dương; và

việc bộ xử lý được tạo cấu hình để xác định, nếu sự tương quan giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba là lớn hơn ngưỡng định trước, và sự tương quan giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư là lớn hơn ngưỡng này, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS bao gồm việc:

bộ xử lý được tạo cấu hình để xác định, nếu các bất phương trình sau đây

đều đúng, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép, khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p , là các đường LOS:

$$|r_{02}(p)|/\sqrt{r_{00}(p)r_{22}(p)} > Thre \quad \text{và} \quad |r_{13}(p)|/\sqrt{r_{11}(p)r_{33}(p)} > Thre$$

trong đó $Thre$ biểu thị ngưỡng.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ năm của khía cạnh thứ hai, theo cách thức thực hiện khả thi thứ sáu, việc bộ xử lý được tạo cấu hình để xác định giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ bằng thông bao gồm việc:

bộ xử lý được tạo cấu hình để: xác định, theo phương trình sau đây, giá trị chênh lệch $\Delta(p)$ giữa pha thứ nhất và pha thứ hai khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p :

$$\Delta(p) = \text{phase}(r_{20}(p)) - \text{phase}(r_{31}(p))$$

trong đó $\text{phase}(r_{20}(p))$ biểu thị pha thứ nhất, $\text{phase}(r_{31}(p))$ biểu thị pha thứ hai, và p là số nguyên dương; và

việc bộ xử lý được tạo cấu hình để lọc giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai, để thu được pha bù của cáp bao gồm việc:

bộ xử lý này được tạo cấu hình để: khi p lớn hơn 1, thì thu thập, theo phương trình sau đây, pha bù của cáp $\hat{\Delta}(p)$ khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p :

$$\hat{\Delta}(p) = (1 - \alpha) * \hat{\Delta}(p-1) + \alpha * \Delta(p)$$

trong đó $\hat{\Delta}(p-1)$ biểu thị pha bù của cáp khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ $(p-1)$, và α biểu thị hệ số lọc; và

khi p bằng 1, thì thu thập, theo phương trình sau đây, pha bù của cáp $\hat{\Delta}(1)$ khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ nhất:

$$\hat{\Delta}(1) = \Delta(1)$$

Dựa vào khía cạnh thứ hai hoặc cách thức thực hiện khả thi thứ nhất đến

cách thức thực hiện khả thi thứ sáu của khía cạnh thứ hai, theo cách thức thực hiện khả thi thứ bảy, m là 2; và

việc bộ xử lý được tạo cấu hình để tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo m kênh tín hiệu tương ứng với m cổng logic bao gồm việc: bộ xử lý này được tạo cấu hình để:

tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo phương trình sau đây:

$$\begin{bmatrix} x_0(k) \\ x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ e^{j2\pi dk / N_m} & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -e^{j2\pi dk / N_m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_0(k) \\ s_1(k) \end{bmatrix}$$

trong đó k biểu thị chỉ số sóng mang phụ, $x_0(k)$, $x_1(k)$, $x_2(k)$, và $x_3(k)$ biểu thị 4 kênh tín hiệu băng gốc trên sóng mang phụ thứ k , $s_0(k)$ và $s_1(k)$ biểu thị các tín hiệu lần lượt tương ứng với 2 cổng logic trên sóng mang phụ thứ k , d biểu thị số lượng điểm trễ vòng, N_m biểu thị số lượng điểm biến đổi FFT (Fast Fourier Transformation - biến đổi Fourier nhanh) của hệ thống, và k là số nguyên dương; và $x_0(k)$ và $x_2(k)$ lần lượt tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất, và $x_1(k)$ và $x_3(k)$ lần lượt tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai.

Dựa vào khía cạnh thứ hai hoặc cách thức thực hiện khả thi thứ nhất đến cách thức thực hiện khả thi thứ sáu của khía cạnh thứ hai, theo cách thức thực hiện khả thi thứ tám, m là 4; và

việc bộ xử lý được tạo cấu hình để tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo m kênh tín hiệu tương ứng với m cổng logic bao gồm việc: bộ xử lý này được tạo cấu hình để tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ nhất theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ nhất, tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ hai theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ ba, tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ ba theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ hai, và tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ tư theo

tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ tư.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ tám của khía cạnh thứ hai, theo cách thức thực hiện khả thi thứ chín, việc bộ xử lý được tạo cấu hình để tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ nhất theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ nhất, tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ hai theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ ba, tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ ba theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ hai, và tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ tư theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ tư bao gồm việc:

bộ xử lý được tạo cấu hình để tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo phương trình sau đây:

$$\begin{bmatrix} x_0(k) \\ x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_0(k) \\ s_1(k) \\ s_2(k) \\ s_3(k) \end{bmatrix}$$

trong đó k biểu thị chỉ số sóng mang phụ, $x_0(k)$, $x_1(k)$, $x_2(k)$, và $x_3(k)$ biểu thị 4 kênh tín hiệu băng gốc trên sóng mang phụ thứ k , $s_0(k)$, $s_1(k)$, $s_2(k)$, và $s_3(k)$ biểu thị các tín hiệu lần lượt tương ứng với 4 cổng logic trên sóng mang phụ thứ k , và k là số nguyên dương; và $x_0(k)$ và $x_2(k)$ lần lượt tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất, và $x_1(k)$ và $x_3(k)$ lần lượt tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai.

Theo khía cạnh thứ ba, sáng chế đề xuất phương pháp truyền thông, phương pháp này bao gồm các bước: xác định các hệ số bù lần lượt tương ứng với 4 kênh truyền; xác định pha bù của cáp theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được từ thiết bị người dùng UE, trong đó các ăng ten phân cực ngang cột kép của trạm gốc bao gồm nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất và nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai, và pha bù của cáp là lượng chênh lệch giữa sự lệch pha cáp tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất và sự lệch pha

cáp tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai; tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo m kênh tín hiệu mà tương ứng một-một với m cổng logic; trong đó m là số nguyên dương; và hiệu chỉnh 4 kênh tín hiệu băng gốc theo các hệ số bù lần lượt tương ứng với 4 kênh truyền và pha bù của cáp, để gửi 4 kênh tín hiệu băng gốc đã được hiệu chỉnh đến UE qua 4 kênh truyền này và các ăng ten phân cực ngang cột kép.

Dựa vào khía cạnh thứ ba, theo cách thức thực hiện khả thi thứ nhất, bước xác định pha bù của cáp theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được từ UE bao gồm các bước: xác định các đáp ứng kênh giữa UE và trạm gốc theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được từ UE; xác định, theo các đáp ứng kênh giữa UE và trạm gốc, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường truyền thẳng (Line Of Sight - LOS); và xác định pha bù của cáp theo các đáp ứng kênh giữa UE và trạm gốc.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ nhất của khía cạnh thứ ba, theo cách thức thực hiện khả thi thứ hai, bước xác định, theo các đáp ứng kênh giữa UE và trạm gốc, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS bao gồm các bước: xác định ma trận tương quan về không gian đầy đủ bằng thông theo các đáp ứng kênh giữa UE và trạm gốc; và xác định, theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ bằng thông này, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ hai của khía cạnh thứ ba, theo cách thức thực hiện khả thi thứ ba, nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất bao gồm ăng ten thứ nhất và ăng ten thứ ba, nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai bao gồm ăng ten thứ hai và ăng ten thứ tư, các kênh giữa UE và trạm gốc bao gồm kênh thứ nhất, kênh thứ hai, kênh thứ ba, và kênh thứ tư, ăng ten thứ nhất tương ứng với kênh thứ nhất, ăng ten thứ hai tương ứng với kênh thứ hai, ăng ten thứ ba tương ứng với kênh thứ ba, và ăng ten thứ tư tương ứng với kênh thứ tư; và

bước xác định, theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ bằng thông

này, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS là bước: xác định, nếu sự tương quan giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba là lớn hơn ngưỡng định trước, và sự tương quan giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư là lớn hơn ngưỡng này, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ ba của khía cạnh thứ ba, theo cách thức thực hiện khả thi thứ tư, bước xác định pha bù của cáp theo các đáp ứng kênh giữa UE và trạm gốc bao gồm các bước: xác định giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ bằng thông, trong đó pha thứ nhất là sự lệch pha giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba, và pha thứ hai là sự lệch pha giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư; và lọc giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai, để thu được pha bù của cáp.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ tư của khía cạnh thứ ba, theo cách thức thực hiện khả thi thứ năm, khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p , thì

ma trận tương quan về không gian đầy đủ bằng thông

$$R(p) = \begin{bmatrix} r_{00}(p) & r_{01}(p) & r_{02}(p) & r_{03}(p) \\ r_{10}(p) & r_{11}(p) & r_{12}(p) & r_{13}(p) \\ r_{20}(p) & r_{21}(p) & r_{22}(p) & r_{23}(p) \\ r_{30}(p) & r_{31}(p) & r_{32}(p) & r_{33}(p) \end{bmatrix},$$

trong đó phần tử $r_{ij}(p)$ trong $R(p)$ biểu thị sự tương quan giữa kênh thứ i và kênh thứ j giữa UE và trạm gốc khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p , và p là số nguyên dương; và

bước xác định, nếu sự tương quan giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba là lớn hơn ngưỡng định trước, và sự tương quan giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư là lớn hơn ngưỡng này, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS là bước: xác định, nếu các bất phương trình sau đây

đều đúng, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép, khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p , là các đường LOS:

$$|r_{02}(p)|/\sqrt{r_{00}(p)r_{22}(p)} > Thre \quad \text{và} \quad |r_{13}(p)|/\sqrt{r_{11}(p)r_{33}(p)} > Thre$$

trong đó $Thre$ biểu thị ngưỡng.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ năm của khía cạnh thứ ba, theo cách thức thực hiện khả thi thứ sáu, bước xác định giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ bằng thông là bước: xác định, theo phương trình sau đây, giá trị chênh lệch $\Delta(p)$ giữa pha thứ nhất và pha thứ hai khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p : $\Delta(p) = phase(r_{20}(p)) - phase(r_{31}(p))$

trong đó $phase(r_{20}(p))$ biểu thị pha thứ nhất, và $phase(r_{31}(p))$ biểu thị pha thứ hai; và

bước lọc giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai, để thu được pha bù của cáp bao gồm các bước: khi p lớn hơn 1, thì thu thập, theo phương trình sau đây, pha bù của cáp $\hat{\Delta}(p)$ khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p :

$$\hat{\Delta}(p) = (1 - \alpha) * \hat{\Delta}(p-1) + \alpha * \Delta(p)$$

trong đó $\hat{\Delta}(p-1)$ biểu thị pha bù của cáp khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ $(p-1)$, và α biểu thị hệ số lọc; và

khi p bằng 1, thì thu thập, theo phương trình sau đây, pha bù của cáp $\hat{\Delta}(1)$ khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ nhất: $\hat{\Delta}(1) = \Delta(1)$.

Dựa vào khía cạnh thứ ba hoặc cách thức thực hiện khả thi thứ nhất đến cách thức thực hiện khả thi thứ sáu của khía cạnh thứ ba, theo cách thức thực hiện khả thi thứ bảy, m là 2; và

bước tạo ra 4 kênh tín hiệu bằng gốc theo m kênh tín hiệu tương ứng với

m cổng logic là bước: tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo phương trình sau đây:

$$\begin{bmatrix} x_0(k) \\ x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ e^{j2\pi dk / N_m} & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -e^{j2\pi dk / N_m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_0(k) \\ s_1(k) \end{bmatrix}$$

trong đó k biểu thị chỉ số sóng mang phụ, $x_0(k)$, $x_1(k)$, $x_2(k)$, và $x_3(k)$ biểu thị 4 kênh tín hiệu băng gốc trên sóng mang phụ thứ k , $s_0(k)$ và $s_1(k)$ biểu thị các tín hiệu lần lượt tương ứng với 2 cổng logic trên sóng mang phụ thứ k , d biểu thị số lượng điểm trễ vòng, N_m biểu thị số lượng điểm biến đổi FFT (Fast Fourier Transformation - biến đổi Fourier nhanh) của hệ thống, và k là số nguyên dương; và $x_0(k)$ và $x_2(k)$ lần lượt tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất, và $x_1(k)$ và $x_3(k)$ lần lượt tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai.

Dựa vào khía cạnh thứ ba hoặc cách thức thực hiện khả thi thứ nhất đến cách thức thực hiện khả thi thứ sáu của khía cạnh thứ ba, theo cách thức thực hiện khả thi thứ tám, m là 4; và bước tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo m kênh tín hiệu tương ứng với m cổng logic bao gồm các bước: tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ nhất theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ nhất, tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ hai theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ ba, tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ ba theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ hai, và tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ tư theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ tư.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ tám của khía cạnh thứ ba, theo cách thức thực hiện khả thi thứ chín, bước tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ nhất theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ nhất, tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ hai theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ ba, tạo ra kênh tín hiệu

băng gốc thứ ba theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ hai, và tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ tư theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ tư là bước:

tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo phương trình sau đây:

$$\begin{bmatrix} x_0(k) \\ x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_0(k) \\ s_1(k) \\ s_2(k) \\ s_3(k) \end{bmatrix}$$

trong đó k biểu thị chỉ số sóng mang phụ, $x_0(k)$, $x_1(k)$, $x_2(k)$, và $x_3(k)$ biểu thị 4 kênh tín hiệu băng gốc trên sóng mang phụ thứ k , $s_0(k)$, $s_1(k)$, $s_2(k)$, và $s_3(k)$ biểu thị các tín hiệu lần lượt tương ứng với 4 cổng logic trên sóng mang phụ thứ k , và k là số nguyên dương; và $x_0(k)$ và $x_2(k)$ lần lượt tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất, và $x_1(k)$ và $x_3(k)$ lần lượt tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai.

Theo khía cạnh thứ tư, sáng chế đề xuất khối băng gốc bao gồm: khối xác định, được tạo cấu hình để xác định các hệ số bù lần lượt tương ứng với 4 kênh truyền, trong đó khối xác định này còn được tạo cấu hình để xác định pha bù của cáp theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được từ thiết bị người dùng UE, trong đó các ăng ten phân cực ngang cột kép của trạm gốc mà khối băng gốc thuộc về đó bao gồm nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất và nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai, và pha bù của cáp là sự chênh lệch giữa sự lệch pha cáp tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất và sự lệch pha cáp tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai; khối tạo kênh tín hiệu băng gốc, được tạo cấu hình để tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo m kênh tín hiệu mà tương ứng một-một với m cổng logic; trong đó m là số nguyên dương; và khối hiệu chỉnh, được tạo cấu hình để hiệu chỉnh 4 kênh tín hiệu băng gốc theo các hệ số bù lần lượt tương ứng với 4 kênh truyền và pha bù của cáp, để gửi 4 kênh tín hiệu băng gốc đã được hiệu chỉnh đến UE qua 4 kênh truyền này và

các ăng ten phân cực ngang cột kép.

Dựa vào khía cạnh thứ tư, theo cách thức thực hiện khả thi thứ nhất, việc khối xác định được tạo cấu hình để xác định pha bù của cáp theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được từ UE bao gồm việc: khối xác định này được tạo cấu hình để xác định các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được từ UE; xác định, theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường truyền thẳng (Line Of Sight - LOS); và xác định pha bù của cáp theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ nhất của khía cạnh thứ tư, theo cách thức thực hiện khả thi thứ hai, việc khối xác định được tạo cấu hình để xác định, theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS bao gồm việc: khối xác định này được tạo cấu hình để xác định ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc; và xác định, theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông này, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ hai của khía cạnh thứ tư, theo cách thức thực hiện khả thi thứ ba, nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất bao gồm ăng ten thứ nhất và ăng ten thứ ba, nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai bao gồm ăng ten thứ hai và ăng ten thứ tư, các kênh giữa UE và khối băng gốc bao gồm kênh thứ nhất, kênh thứ hai, kênh thứ ba, và kênh thứ tư, ăng ten thứ nhất tương ứng với kênh thứ nhất, ăng ten thứ hai tương ứng với kênh thứ hai, ăng ten thứ ba tương ứng với kênh thứ ba, và ăng ten thứ tư tương ứng với kênh thứ tư; và

việc khối xác định được tạo cấu hình để xác định, theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS bao gồm việc: khối xác định này được tạo cấu hình để xác định, nếu sự tương quan giữa kênh thứ nhất và kênh

thứ ba là lớn hơn ngưỡng định trước, và sự tương quan giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư là lớn hơn ngưỡng này, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ ba của khía cạnh thứ tư, theo cách thức thực hiện khả thi thứ tư, việc khôi xác định được tạo cấu hình để xác định pha bù của cáp theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc bao gồm việc:

khôi xác định này được tạo cấu hình để: xác định giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông, trong đó pha thứ nhất là sự lệch pha giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba, và pha thứ hai là sự lệch pha giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư; và lọc giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai, để thu được pha bù của cáp.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ tư của khía cạnh thứ tư, theo cách thức thực hiện khả thi thứ năm, khi khối băng gốc nhận được tín hiệu thăm dò đường lên từ UE lần thứ p thì

ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông

$$R(p) = \begin{bmatrix} r_{00}(p) & r_{01}(p) & r_{02}(p) & r_{03}(p) \\ r_{10}(p) & r_{11}(p) & r_{12}(p) & r_{13}(p) \\ r_{20}(p) & r_{21}(p) & r_{22}(p) & r_{23}(p) \\ r_{30}(p) & r_{31}(p) & r_{32}(p) & r_{33}(p) \end{bmatrix},$$

trong đó phần tử $r_{ij}(p)$ trong $R(p)$ biểu thị sự tương quan giữa kênh thứ i và kênh thứ j giữa UE và khối băng gốc khi khối băng gốc nhận được tín hiệu thăm dò đường lên từ UE lần thứ p , và p là số nguyên dương; và

việc khôi xác định được tạo cấu hình để xác định, nếu sự tương quan giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba là lớn hơn ngưỡng định trước, và sự tương quan giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư là lớn hơn ngưỡng này, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS bao gồm việc:

khối xác định này được tạo cấu hình cụ thể để xác định, nếu các bất phương trình sau đây đều đúng, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép, khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p ,

là các đường LOS: $|r_{02}(p)|/\sqrt{r_{00}(p)r_{22}(p)} > Thre$ và $|r_{13}(p)|/\sqrt{r_{11}(p)r_{33}(p)} > Thre$

trong đó $Thre$ biểu thị ngưỡng.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ năm của khía cạnh thứ tư, theo cách thức thực hiện khả thi thứ sáu, việc khối xác định được tạo cấu hình để xác định giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ bằng thông bao gồm việc:

khối xác định này được tạo cấu hình để: xác định, theo phương trình sau đây, giá trị chênh lệch $\Delta(p)$ giữa pha thứ nhất và pha thứ hai khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p :

$$\Delta(p) = \text{phase}(r_{20}(p)) - \text{phase}(r_{31}(p))$$

trong đó $\text{phase}(r_{20}(p))$ biểu thị pha thứ nhất, và $\text{phase}(r_{31}(p))$ biểu thị pha thứ hai; và

việc khối xác định được tạo cấu hình để lọc giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai, để thu được pha bù của cáp bao gồm việc:

khối xác định này được tạo cấu hình để:

khi p lớn hơn 1, thì thu thập, theo phương trình sau đây, pha bù của cáp $\hat{\Delta}(p)$ khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p :

$$\hat{\Delta}(p) = (1 - \alpha) * \hat{\Delta}(p-1) + \alpha * \Delta(p)$$

trong đó $\hat{\Delta}(p-1)$ biểu thị pha bù của cáp khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ $(p-1)$, và α biểu thị hệ số lọc; và

khi p bằng 1, thì thu thập, theo phương trình sau đây, pha bù của cáp $\hat{\Delta}(1)$ khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ nhất:

$$\hat{\Delta}(1) = \Delta(1)$$

Dựa vào khía cạnh thứ tư hoặc cách thức thực hiện bất kì trong số những cách thức thực hiện khả thi từ thứ nhất đến thứ sáu của khía cạnh thứ tư, theo cách thức thực hiện khả thi thứ bảy, m là 2; và

việc khối tạo kênh tín hiệu băng gốc được tạo cấu hình để tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo m kênh tín hiệu tương ứng với m cổng logic bao gồm việc: khối tạo kênh tín hiệu băng gốc này được tạo cấu hình để tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo phương trình sau đây:

$$\begin{bmatrix} x_0(k) \\ x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ e^{j2\pi dk/N_{fft}} & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -e^{j2\pi dk/N_{fft}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_0(k) \\ s_1(k) \end{bmatrix}$$

trong đó k biểu thị chỉ số sóng mang phụ, $x_0(k)$, $x_1(k)$, $x_2(k)$, và $x_3(k)$ biểu thị 4 kênh tín hiệu băng gốc trên sóng mang phụ thứ k, $s_0(k)$ và $s_1(k)$ biểu thị các tín hiệu lần lượt tương ứng với 2 cổng logic trên sóng mang phụ thứ k, d biểu thị số lượng điểm trễ vòng, N_m biểu thị số lượng điểm biến đổi FFT (Fast Fourier Transformation - biến đổi Fourier nhanh) của hệ thống, và k là số nguyên dương; và $x_0(k)$ và $x_2(k)$ lần lượt tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất, và $x_1(k)$ và $x_3(k)$ lần lượt tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai.

Dựa vào khía cạnh thứ tư hoặc cách thức thực hiện bất kì trong số những cách thức thực hiện khả thi từ thứ nhất đến thứ sáu của khía cạnh thứ tư, theo cách thức thực hiện khả thi thứ tám, m là 4; và

việc khối tạo kênh tín hiệu băng gốc được tạo cấu hình để tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo m kênh tín hiệu tương ứng với m cổng logic bao gồm việc: khối tạo kênh tín hiệu băng gốc này được tạo cấu hình để tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ nhất theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ nhất, tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ hai theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ ba,

tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ ba theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ hai, và tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ tư theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ tư.

Dựa vào cách thức thực hiện khả thi thứ tám của khía cạnh thứ tư, theo cách thức thực hiện khả thi thứ chín, việc khối tạo kênh tín hiệu băng gốc được tạo cấu hình để tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ nhất theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ nhất, tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ hai theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ ba, tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ ba theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ hai, và tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ tư theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ tư bao gồm việc:

khối tạo kênh tín hiệu băng gốc này được tạo cấu hình để tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo phương trình sau đây:

$$\begin{bmatrix} x_0(k) \\ x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_0(k) \\ s_1(k) \\ s_2(k) \\ s_3(k) \end{bmatrix}$$

trong đó k biểu thị chỉ số sóng mang phụ, $x_0(k)$, $x_1(k)$, $x_2(k)$, và $x_3(k)$ biểu thị 4 kênh tín hiệu băng gốc trên sóng mang phụ thứ k , $s_0(k)$, $s_1(k)$, $s_2(k)$, và $s_3(k)$ biểu thị các tín hiệu lần lượt tương ứng với 4 cổng logic trên sóng mang phụ thứ k , và k là số nguyên dương; và $x_0(k)$ và $x_2(k)$ lần lượt tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất, và $x_1(k)$ và $x_3(k)$ lần lượt tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai.

Theo các phương án của sáng chế, pha bù của cáp được xác định theo tín hiệu thăm dò đường lên từ UE, và 4 kênh tín hiệu băng gốc được hiệu chỉnh theo các hệ số bù của 4 kênh truyền và pha bù của cáp, nên các pha của các kênh tín hiệu truyền khác nhau có thể được điều khiển một cách chính xác.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Để mô tả các giải pháp kỹ thuật của sáng chế một cách rõ ràng hơn, thì phần sau đây sẽ mô tả vắn tắt các hình vẽ kèm theo, vốn cần thiết để mô tả các phương án của sáng chế. Các hình vẽ kèm theo trong phần mô tả sau đây chỉ thể hiện một số phương án của sáng chế, và người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực này có thể tạo ra các hình vẽ khác dựa vào các hình vẽ kèm theo này mà không cần đến hoạt động có tính sáng tạo nào.

Fig.1 là hình vẽ thể hiện lưu đồ của phương pháp truyền thông theo một phương án của sáng chế;

Fig.2 là sơ đồ thể hiện một trường hợp mà trong đó sáng chế có thể được áp dụng;

Fig.3 là hình vẽ thể hiện sơ đồ ánh xạ cổng logic theo một phương án của sáng chế;

Fig.4 là hình vẽ thể hiện sơ đồ ánh xạ cổng logic theo phương án khác của sáng chế;

Fig.5 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của khối băng gốc theo một phương án của sáng chế;

Fig.6 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của khối băng gốc theo phương án khác của sáng chế; và

Fig.7 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của thiết bị truyền thông theo một phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết các phương án thực hiện sáng chế

Phần sau đây sẽ mô tả rõ các giải pháp kỹ thuật của sáng chế dựa vào các hình vẽ kèm theo và các phương án thực hiện sáng chế. Phần này chỉ mô tả một số chứ không phải tất cả các phương án thực hiện sáng chế. Tất cả các phương án khác mà người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực này có thể tạo ra dựa trên các phương án này của sáng chế mà không cần đến hoạt động

sáng tạo nào thì cũng nằm trong phạm vi bảo hộ của sáng chế.

Fig.1 là hình vẽ thể hiện lưu đồ của phương pháp truyền thông theo một phương án của sáng chế. Phương pháp trên Fig.1 được thực hiện bằng khối băng gốc ở trạm gốc. Ví dụ, phương pháp này có thể được thực hiện bằng khối băng gốc trong trạm gốc, chẳng hạn trạm gốc rải rác, trạm gốc lớn (macro base station), hoặc trạm gốc tế bào nhỏ (small-cell base station).

110: Xác định các hệ số bù lần lượt tương ứng với 4 kênh truyền.

120: Xác định pha bù của cáp theo tín hiệu thăm dò (Sounding) đường lên nhận được của thiết bị người dùng (User Equipment - UE), trong đó pha bù của cáp là sự chênh lệch giữa sự lệch pha cáp tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất và sự lệch pha cáp tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai.

130: Tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo m kênh tín hiệu mà tương ứng một-một với m cổng logic.

140: Hiệu chỉnh 4 kênh tín hiệu băng gốc theo các hệ số bù lần lượt tương ứng với 4 kênh truyền và pha bù của cáp, để gửi 4 kênh tín hiệu băng gốc đã được hiệu chỉnh đến UE qua 4 kênh truyền này và các ăng ten phân cực ngang cột kép.

Trạm gốc này có thể bao gồm khối băng gốc, khối IF/RF, và các ăng ten phân cực ngang cột kép. Khối băng gốc có thể được nối với khối IF/RF bằng sợi quang, khối IF/RF có thể được nối với các ăng ten phân cực ngang cột kép bằng các dây cáp, khối IF/RF này có thể bao gồm 4 kênh truyền, các ăng ten phân cực ngang cột kép có thể bao gồm nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất và nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai, và trạm gốc này có thể làm việc trong chế độ mà trong đó có m cổng logic, trong đó m là số nguyên dương. Cần lưu ý rằng ở các trạm gốc thuộc các loại khác nhau, thì khối IF/RF có thể được gọi tên khác nhau, ví dụ, đối với trạm gốc rải rác, thì khối IF/RF được gọi là khối vô tuyến từ xa (Radio Remote Unit - RRU). Phương án này của sáng chế không áp đặt giới hạn nào về tên gọi.

Theo phương án này của sáng chế, các ăng ten phân cực ngang cột kép có thể bao gồm 4 cột ăng ten phân cực, tức là cột ăng ten phân cực dương 45 độ thứ nhất, cột ăng ten phân cực âm 45 độ thứ nhất, cột ăng ten phân cực dương 45 độ thứ hai, và cột ăng ten phân cực âm 45 độ thứ hai. Do đó, nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất có thể bao gồm cột ăng ten phân cực dương 45 độ thứ nhất và cột ăng ten phân cực dương 45 độ thứ hai, và nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai có thể bao gồm cột ăng ten phân cực âm 45 độ thứ nhất và cột ăng ten phân cực âm 45 độ thứ hai. Như có thể thấy, nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất cũng có thể được gọi là cặp ăng ten cùng phân cực thứ nhất, và nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai cũng có thể được gọi là cặp ăng ten cùng phân cực thứ hai.

Khối IF/RF có thể bao gồm 4 giao diện ăng ten, và mỗi giao diện ăng ten đều được nối với cột ăng ten trong số các ăng ten phân cực ngang cột kép thông qua 1 dây cáp. Do đó, mỗi cột ăng ten tương ứng với 1 dây cáp.

Sự lệch pha cáp giữa nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất có thể là sự lệch pha giữa các dây cáp tương ứng với hai cột ăng ten trong nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất, ví dụ, sự lệch pha cáp giữa nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất có thể là sự lệch pha giữa dây cáp được nối với cột ăng ten phân cực dương 45 độ thứ nhất và dây cáp được nối với cột ăng ten phân cực dương 45 độ thứ hai.

Sự lệch pha cáp giữa nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai có thể là sự lệch pha giữa các dây cáp tương ứng với hai cột ăng ten trong nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai, ví dụ, sự lệch pha cáp giữa nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai có thể là sự lệch pha giữa dây cáp được nối với cột ăng ten phân cực âm 45 độ thứ nhất và dây cáp được nối với cột ăng ten phân cực âm 45 độ thứ hai. Pha bù của cáp là sự chênh lệch giữa sự lệch pha cáp giữa nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất và sự lệch pha cáp giữa nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai, do đó, pha bù của cáp có thể được dùng để bù cho sự chênh lệch giữa những sự lệch pha cáp tương ứng với hai nhóm ăng ten cùng phân cực

này.

Do có sự khác biệt giữa các dây cáp nối các giao diện ăng ten vào các ăng ten phân cực ngang cột kép, nên có sự lệch pha giữa các dây cáp này. Cụ thể là, những sự lệch pha cáp tương ứng với các nhóm ăng ten cùng phân cực khác nhau là không thống nhất với nhau. Theo phương thức hiệu chỉnh của giải pháp đã biết, thì khối băng gốc sẽ hiệu chỉnh tín hiệu truyền bằng cách chỉ sử dụng hệ số bù của kênh truyền, tức chỉ hiệu chỉnh kênh truyền trong khối IF/RF, mà không tính đến sự lệch pha giữa các dây cáp. Tuy nhiên, do có sự lệch pha, nên pha của tín hiệu truyền không thể được điều khiển một cách chính xác, điều này làm giảm thông lượng đường xuống. Theo phương án này của sáng chế, khi tín hiệu được gửi, thì sự chênh lệch giữa những sự lệch pha cáp tương ứng với các nhóm ăng ten cùng phân cực khác nhau sẽ được tính đến một cách đầy đủ. Cụ thể là, khối băng gốc có thể xác định pha bù của cáp theo tín hiệu thăm dò đường lên từ UE. Sau đó, khối băng gốc có thể hiệu chỉnh 4 kênh tín hiệu băng gốc được tạo ra theo các hệ số bù của 4 kênh truyền và pha bù của cáp, để các pha của các kênh tín hiệu khác nhau có thể được điều khiển một cách chính xác, và thông lượng đường xuống của hệ thống cũng có thể được cải thiện.

Theo phương án này của sáng chế, pha bù của cáp được xác định theo tín hiệu thăm dò đường lên từ UE, và 4 kênh tín hiệu băng gốc được hiệu chỉnh theo các hệ số bù của 4 kênh truyền và pha bù của cáp, nên các pha của các kênh tín hiệu truyền khác nhau có thể được điều khiển một cách chính xác.

Ngoài ra, thông lượng đường xuống có thể được cải thiện bởi vì pha của các kênh tín hiệu truyền khác nhau có thể được điều khiển một cách chính xác.

Cần lưu ý rằng phương án này của sáng chế không chỉ có thể được áp dụng cho hệ thống có một nhóm ăng ten phân cực ngang cột kép, mà còn có thể được áp dụng cho hệ thống có nhiều nhóm ăng ten phân cực ngang cột kép. Ví dụ, các ăng ten phân cực ngang 8 cột có thể được coi là hai nhóm ăng ten phân cực ngang cột kép. Đối với mỗi nhóm ăng ten phân cực ngang cột kép,

thì tiến trình của bước 110 đến bước 140 có thể được thực hiện.

Một cách tùy ý, theo một phương án, ở bước 110, các hệ số bù của 4 kênh truyền có thể được xác định theo phương thức hiệu chỉnh của giải pháp đã biết. Ví dụ, đối với trạm gốc rải rác, thì BBU (BaseBand Unit - khối băng gốc) có thể gửi tín hiệu tham chiếu hiệu chỉnh truyền trên mỗi kênh truyền, và tín hiệu tham chiếu hiệu chỉnh truyền này được trả về cho BBU sau khi đi qua kênh truyền, mạch ghép hiệu chỉnh, và kênh nhận hiệu chỉnh. BBU có thể tính toán sự chênh lệch biên độ và/hoặc sự lệch pha giữa tín hiệu được trả về bởi mỗi kênh truyền và tín hiệu tham chiếu hiệu chỉnh truyền, và dùng sự chênh lệch biên độ và/hoặc sự lệch pha này làm hệ số bù của mỗi kênh truyền. Hệ số bù của kênh truyền có thể được dùng để điều chỉnh biên độ và/hoặc pha của kênh truyền.

Ngoài ra, hệ số bù của mỗi kênh nhận có thể tiếp tục được tính toán, ví dụ, đối với trạm gốc rải rác, thì BBU có thể gửi tín hiệu tham chiếu hiệu chỉnh nhận trên kênh truyền hiệu chỉnh, và tín hiệu tham chiếu hiệu chỉnh nhận này được trả về cho BBU sau khi đi qua kênh truyền hiệu chỉnh, mạch ghép hiệu chỉnh, và kênh nhận. BBU có thể tính toán sự chênh lệch biên độ và/hoặc sự lệch pha giữa tín hiệu được trả về bởi mỗi kênh nhận và tín hiệu tham chiếu hiệu chỉnh nhận, và dùng sự chênh lệch biên độ và/hoặc sự lệch pha này làm hệ số bù của mỗi kênh nhận. Hệ số bù của kênh nhận có thể được dùng để hiệu chỉnh tín hiệu mà trạm gốc nhận được từ UE. Ví dụ, tín hiệu thăm dò đường lên nêu trên từ UE có thể được trạm gốc thu được thông qua hoạt động hiệu chỉnh nhờ sử dụng hệ số bù của kênh nhận sau khi trạm gốc nhận được tín hiệu thăm dò đường lên được gửi bởi UE. Hệ số bù của kênh nhận có thể được dùng để điều chỉnh biên độ và/hoặc pha của kênh nhận.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, ở bước 120, các đáp ứng kênh giữa UE và trạm gốc có thể được xác định theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được từ UE. Có thể xác định, theo các đáp ứng kênh giữa UE và trạm gốc, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường

truyền thẳng (Line Of Sight - LOS). Pha bù của cáp có thể được xác định theo các đáp ứng kênh giữa UE và trạm gốc.

Theo phương án này của sáng chế, các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép có thể là các kênh giữa ăng ten truyền của UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép của trạm gốc. Các kênh giữa UE và trạm gốc là các kênh giữa ăng ten truyền của UE và khối băng gốc của trạm gốc. Do đó, các kênh giữa UE và trạm gốc có thể bao gồm các kênh giữa ăng ten truyền của UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép của trạm gốc, các dây cáp, và các kênh nhận trong khối IF/RF.

Đối với các ăng ten phân cực ngang cột kép, thì có thể tồn tại 4 kênh giữa ăng ten truyền của UE và khối băng gốc của trạm gốc, và một cách tương ứng, cũng có thể tồn tại 4 kênh giữa ăng ten truyền của UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép. Mỗi kênh giữa ăng ten truyền của UE và khối băng gốc của trạm gốc có thể bao gồm kênh giữa ăng ten truyền của UE và 1 cột ăng ten phân cực, cột ăng ten phân cực, dây cáp giữa cột ăng ten phân cực và giao diện ăng ten của trạm gốc, và kênh nhận ở trạm gốc. Do đó, các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là tương ứng một-một với các kênh giữa UE và khối băng gốc.

Do phương pháp này được thực hiện bởi khối băng gốc, nên các đáp ứng kênh giữa UE và trạm gốc, mà được xác định theo tín hiệu thăm dò đường lên từ UE, có thể là các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc. Ví dụ, đối với trạm gốc rải rác với các ăng ten phân cực ngang cột kép, thì các đáp ứng kênh giữa UE và trạm gốc mà được xác định theo tín hiệu thăm dò đường lên từ UE có thể là các đáp ứng kênh giữa ăng ten truyền của UE và BBU.

Đường LOS là đường mà trên đó không có vật cản nào giữa hai bên truyền thông. Đối với các ăng ten phân cực ngang cột kép, nếu các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép này là các đường LOS, thì sự lệch pha giữa hai kênh giữa nhóm ăng ten cùng phân cực này và UE là giống với sự lệch pha giữa hai kênh giữa nhóm ăng ten cùng phân cực khác và UE. Ngoài

ra, sau khi khối băng gốc hiệu chỉnh các kênh nhận, thì các đáp ứng của các kênh nhận sẽ thống nhất, tức là không còn sự lệch pha nào.

Do đó, các đáp ứng kênh giữa ăng ten truyền của UE và khối băng gốc của trạm gốc có thể được xác định theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được từ UE. Theo cách này, nếu các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS, thì pha bù của cáp có thể được xác định theo các đáp ứng kênh giữa UE và trạm gốc, tức các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc. Chi tiết về tiến trình xác định các đáp ứng kênh có thể được tìm thấy trong tiến trình theo giải pháp đã biết, nên không được mô tả chi tiết lại ở đây.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, ở bước 120, ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông có thể được xác định theo các đáp ứng kênh giữa UE và trạm gốc. Sau đó, có thể xác định được, theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông này, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS.

Cụ thể là, ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông có thể được xác định theo các kết quả đáp ứng của các kênh giữa UE và trạm gốc. Mỗi phần tử trong ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông này có thể biểu thị sự tương quan giữa mỗi hai kênh giữa UE và trạm gốc. Do đó, có thể xác định, theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông này, xem các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép có phải là các đường LOS hay không.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, ở bước 120, nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất có thể bao gồm ăng ten thứ nhất và ăng ten thứ ba, nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai có thể bao gồm ăng ten thứ hai và ăng ten thứ tư, các kênh giữa UE và trạm gốc có thể bao gồm kênh thứ nhất, kênh thứ hai, kênh thứ ba, và kênh thứ tư, ăng ten thứ nhất tương ứng với kênh thứ nhất, ăng ten thứ hai tương ứng với kênh thứ hai, ăng ten thứ ba tương ứng với kênh thứ ba, và ăng ten thứ tư tương ứng với kênh thứ tư.

Có thể xác định, nếu sự tương quan giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba là

lớn hơn ngưỡng định trước, và sự tương quan giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư là lớn hơn ngưỡng này, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS.

Ví dụ, ăng ten thứ nhất có thể là cột ăng ten dương 45 độ thứ nhất, ăng ten thứ hai có thể là cột ăng ten âm 45 độ thứ nhất, ăng ten thứ ba có thể là cột ăng ten dương 45 độ thứ hai, và ăng ten thứ tư có thể là cột ăng ten âm 45 độ thứ hai. Như đã mô tả trên đây, các kênh giữa UE và trạm gốc là tương ứng một-một với các ăng ten phân cực ngang cột kép. Do đó, các kênh giữa UE và trạm gốc có thể bao gồm 4 kênh, được gọi là kênh thứ nhất, kênh thứ hai, kênh thứ ba, và kênh thứ tư theo phương án này của sáng chế.

Nếu các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS, thì các đáp ứng kênh giữa nhóm ăng ten cùng phân cực và ăng ten truyền của UE có cùng một biên độ trên toàn bộ băng tần, và chỉ khác một pha. Do đó, có sự tương quan cao giữa hai kênh giữa các ăng ten cùng phân cực và ăng ten truyền của UE. Nếu các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép không phải là các đường LOS, thì các đáp ứng kênh giữa nhóm ăng ten cùng phân cực và ăng ten truyền của UE là khác nhau trên mỗi sóng mang phụ, có sự tương quan thấp giữa hai kênh giữa các ăng ten cùng phân cực và ăng ten truyền của UE.

Mỗi phần tử trong ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông này có thể biểu thị sự tương quan giữa mỗi hai kênh giữa UE và trạm gốc. Các đáp ứng của các kênh nhận là giống nhau, và sự chênh lệch giữa những sự lệch pha cấp tương ứng với hai nhóm ăng ten cùng phân cực gây ra sự lệch pha cố định giữa các kênh trên toàn bộ băng tần, nhưng không ảnh hưởng đến trị số biên độ của sự tương quan kênh. Do đó, các đường LOS có thể được xác định theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông bằng cách sử dụng biên độ của sự tương quan giữa các kênh tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất và biên độ của sự tương quan giữa các kênh tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai trong số các kênh giữa UE và trạm gốc.

Tức là, các đường LOS có thể được xác định bằng cách sử dụng biên độ của sự tương quan giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba và biên độ của sự tương quan giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư. Cụ thể là, có thể xác định xem sự tương quan giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba có lớn hơn một ngưỡng hay không, và xem sự tương quan giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư có lớn hơn ngưỡng này hay không. Nếu cả hai sự tương quan này đều lớn hơn ngưỡng này, thì điều này cho thấy rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS. Ngưỡng này có thể được đặt trước, và khoảng giá trị của nó có thể là từ 0 đến 1, ví dụ, ngưỡng này có thể được đặt bằng 0,8 hoặc 0,9.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, ở bước 120, nếu các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS, thì giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai có thể được xác định theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông, trong đó pha thứ nhất là sự lệch pha giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba, và pha thứ hai là sự lệch pha giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư. Giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai này có thể được lọc, để thu được pha bù của cáp.

Đối với các ăng ten phân cực ngang cột kép, nếu các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép này là các đường LOS, thì sự lệch pha giữa hai kênh giữa nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất và UE là giống với sự lệch pha giữa hai kênh giữa nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai và UE. Cụ thể là, giả sử rằng sự lệch pha giữa kênh nằm giữa ăng ten thứ nhất và UE và kênh nằm giữa ăng ten thứ ba và UE là A, và sự lệch pha giữa kênh nằm giữa ăng ten thứ hai và UE và kênh nằm giữa ăng ten thứ tư và UE là B. Nếu các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS, thì A là giống với B. Bởi vì các đáp ứng của các kênh nhận là giống nhau, nên sự lệch pha giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba và sự lệch pha giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư có thể được xác định, và có thể tính được giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai. Để giảm sai số, thì giá trị chênh lệch có thể được lọc, để thu được pha bù của cáp cuối cùng.

Cần lưu ý rằng, do tín hiệu thăm dò đường lên từ UE là được nhận liên tục, nên mỗi lần nhận được tín hiệu thăm dò đường lên từ UE, thì có thể tính được một pha bù của cáp. Do đó, tín hiệu thăm dò đường lên nhận được từ UE có thể được hiểu là tín hiệu thăm dò đường lên nhận được hiện tại từ UE, và pha bù của cáp có thể được hiểu là pha bù của cáp hiện tại. Nếu xác định được, theo tín hiệu thăm dò nhận được hiện tại của UE, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép không phải là các đường LOS, thì pha bù của cáp thu được khi nhận được tín hiệu thăm dò đường lên trước đó từ UE có thể được dùng làm pha bù của cáp hiện tại, tức là pha bù của cáp là không đổi. Cần lưu ý rằng, nếu xác định được, theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được lần thứ nhất từ UE, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép không phải là các đường LOS, thì pha bù của cáp có thể được coi là bằng 0 theo mặc định.

Cách thức xác định pha bù của cáp được mô tả trong phần sau đây nhờ sử dụng ví dụ mà trong đó tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p, thì

ma trận tương quan về không gian đầy đủ bằng thông

$$R(p) = \begin{bmatrix} r_{00}(p) & r_{01}(p) & r_{02}(p) & r_{03}(p) \\ r_{10}(p) & r_{11}(p) & r_{12}(p) & r_{13}(p) \\ r_{20}(p) & r_{21}(p) & r_{22}(p) & r_{23}(p) \\ r_{30}(p) & r_{31}(p) & r_{32}(p) & r_{33}(p) \end{bmatrix},$$

trong đó phần tử $r_{ij}(p)$ trong $R(p)$ biểu thị sự tương quan giữa kênh thứ i và kênh thứ j giữa UE và khối băng gốc khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p, và p là số nguyên dương.

Nếu các bất phương trình (1) và (2) sau đây đều đúng, thì có thể xác định rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép, khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p, là các đường LOS:

$$|r_{02}(p)|/\sqrt{r_{00}(p)r_{22}(p)} > Thre \quad (1)$$

$$|r_{13}(p)|/\sqrt{r_{11}(p)r_{33}(p)} > Thre \quad (2)$$

trong đó $Thre$ biểu thị ngưỡng. Ngưỡng này có thể được đặt trước. Ví dụ, $Thre$ có thể được đặt bằng 0,8 hoặc 0,9.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, giá trị chênh lệch $\Delta(p)$ giữa pha thứ nhất và pha thứ hai khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p có thể được xác định theo phương trình (3):

$$\Delta(p) = phase(r_{20}(p)) - phase(r_{31}(p)) \quad (3)$$

trong đó $phase(r_{20}(p))$ có thể biểu thị pha thứ nhất, và $phase(r_{31}(p))$ có thể biểu thị pha thứ hai.

Hai trường hợp có thể tồn tại trong tiến trình lọc $\Delta(p)$:

Khi p lớn hơn 1, thì giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p có thể được lọc theo phương trình (4), để thu được pha bù của cấp $\hat{\Delta}(p)$ khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p :

$$\hat{\Delta}(p) = (1 - \alpha) * \hat{\Delta}(p-1) + \alpha * \Delta(p) \quad (4)$$

trong đó $\hat{\Delta}(p-1)$ biểu thị pha bù của cấp khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ $(p-1)$, và α biểu thị hệ số lọc, và nói chung là $0 < \alpha < 1$.

Khi p bằng 1, thì có thể thu được pha bù của cấp $\hat{\Delta}(1)$ khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ nhất, theo phương trình (5):

$$\hat{\Delta}(1) = \Delta(1) \quad (5)$$

Theo phương án này của sáng chế, kí hiệu " $\wedge$ " trong phương trình có thể biểu thị giá trị ước lượng được.

Như có thể thấy, theo phương án này của sáng chế, mỗi lần tín hiệu thăm

dò đường lên từ UE được nhận, thì một tiến trình để tính pha bù của cáp có thể được thực hiện, và pha bù của cáp thu được dùng làm cơ sở để hiệu chỉnh pha của tín hiệu băng gốc hiện tại, nhờ đó thực hiện việc hiệu chỉnh các tín hiệu băng gốc trong thời gian thực, và giảm bớt sai số.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, khi p lớn hơn 1, nếu bất phương trình (1) hoặc bất phương trình (2) là sai, thì có thể xác định rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép, khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p , không phải là các đường LOS. Tương ứng theo đó, pha bù của cáp khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p là $\hat{\Delta}(p) = \hat{\Delta}(p-1)$. Cụ thể là, nếu các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép không phải là các đường LOS khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p , thì pha bù của cáp thu được khi nhận được tín hiệu thăm dò đường lên trước đó từ UE có thể được dùng để hiệu chỉnh pha của tín hiệu băng gốc hiện tại. Khi p bằng 1, nếu xác định được, theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được lần thứ nhất từ UE, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép không phải là các đường LOS, thì pha bù của cáp có thể được coi là bằng 0 theo mặc định.

Phần nêu trên đã mô tả chi tiết tiến trình xác định pha bù của cáp. Sau khi thu được pha bù của cáp, thì trạm gốc có thể thực hiện thao tác ánh xạ giữa cổng logic và ăng ten vật lý. Tức là, 4 kênh tín hiệu băng gốc có thể được tạo ra theo các tín hiệu mà tương ứng một-một với m cổng logic.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, ở bước 130, m có thể là 2, tức là trạm gốc có thể làm việc trong chế độ mà trong đó có 2 cổng logic. 4 kênh tín hiệu băng gốc có thể được tạo ra theo phương trình (6):

$$\begin{bmatrix} x_0(k) \\ x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ e^{j2\pi dk/N_{fft}} & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -e^{j2\pi dk/N_{fft}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_0(k) \\ s_1(k) \end{bmatrix} \quad (6)$$

trong đó k biểu thị chỉ số sóng mang phụ, $x_0(k)$, $x_1(k)$, $x_2(k)$, và $x_3(k)$ biểu thị 4 kênh tín hiệu băng gốc trên sóng mang phụ thứ k , $s_0(k)$ và $s_1(k)$ biểu thị các tín hiệu lần lượt tương ứng với 2 cổng logic trên sóng mang phụ thứ k , d biểu thị số lượng điểm trễ vòng, N_m biểu thị số lượng điểm biến đổi FFT (Fast Fourier Transformation - biến đổi Fourier nhanh) của hệ thống, và k là số nguyên dương. $x_0(k)$ và $x_2(k)$ lần lượt tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất, và $x_1(k)$ và $x_3(k)$ lần lượt tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai.

Như có thể thấy, theo phương án này, các tín hiệu của hai cổng logic là các tín hiệu bù, nên tổng lượng năng lượng của các tín hiệu của hai cổng logic mà UE nhận được là hằng số cố định, nhờ đó tránh được sự biến động trong miền tần số của kênh, cải thiện thông lượng đường xuống, và cải thiện độ lợi phân tập.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, ở bước 130, m có thể là 4. Kênh tín hiệu băng gốc thứ nhất có thể được tạo ra theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ nhất, kênh tín hiệu băng gốc thứ hai có thể được tạo ra theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ ba, kênh tín hiệu băng gốc thứ ba có thể được tạo ra theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ hai, và kênh tín hiệu băng gốc thứ tư có thể được tạo ra theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ tư.

Cụ thể là, khi trạm gốc làm việc trong chế độ mà trong đó có 4 cổng logic, thì tín hiệu của cổng thứ nhất có thể được ánh xạ vào kênh truyền thứ nhất, tín hiệu của cổng thứ ba có thể được ánh xạ vào kênh truyền thứ hai, tín hiệu của cổng thứ hai có thể được ánh xạ vào kênh truyền thứ ba, và tín hiệu của cổng thứ tư có thể được ánh xạ vào kênh truyền thứ tư. Trong hệ thống MIMO (Multiple Input Multiple Output - đa đầu vào đa đầu ra) vòng lặp kín, đối với hầu hết các từ mã, thì sự lệch pha được lấy trọng số giữa 2 cổng logic thứ nhất là giống với sự lệch pha được lấy trọng số giữa 2 cổng logic thứ hai. Theo cách

này, các đáp ứng kênh MIMO giữa trạm gốc và UE sẽ khớp hơn với bảng mã MIMO vòng lặp kín, nhờ đó cải thiện thông lượng đường xuống.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, ở bước 130, m có thể là 4. 4 kênh tín hiệu băng gốc có thể được tạo ra theo phương trình (7):

$$\begin{bmatrix} x_0(k) \\ x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_0(k) \\ s_1(k) \\ s_2(k) \\ s_3(k) \end{bmatrix} \quad (7)$$

trong đó k biểu thị chỉ số sóng mang phụ, $x_0(k)$, $x_1(k)$, $x_2(k)$, và $x_3(k)$ biểu thị 4 kênh tín hiệu băng gốc trên sóng mang phụ thứ k, $s_0(k)$, $s_1(k)$, $s_2(k)$, và $s_3(k)$ biểu thị các tín hiệu lần lượt tương ứng với 4 cổng logic trên sóng mang phụ thứ k, và k là số nguyên dương; và $x_0(k)$ và $x_2(k)$ lần lượt tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất, và $x_1(k)$ và $x_3(k)$ lần lượt tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, ở bước 140, 4 kênh tín hiệu băng gốc có thể lần lượt được nhân với các hệ số bù của các kênh truyền tương ứng với 4 kênh tín hiệu băng gốc này, trong đó 1 kênh tín hiệu băng gốc có thể tiếp tục được nhân với pha bù của cáp, để thu được tín hiệu được hiệu chỉnh.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, sau khi thu được 4 kênh tín hiệu băng gốc đã được hiệu chỉnh, thì một kênh tín hiệu băng gốc đã được hiệu chỉnh có thể được gửi đến UE qua mỗi kênh truyền và cột ăng ten phân cực tương ứng. Ví dụ, thông qua kênh truyền thứ nhất và cột ăng ten phân cực dương 45 độ thứ nhất, kênh tín hiệu băng gốc đã được hiệu chỉnh thứ nhất có thể được gửi đến UE; thông qua kênh truyền thứ hai và cột ăng ten phân cực âm 45 độ thứ nhất, kênh tín hiệu băng gốc đã được hiệu chỉnh thứ hai có thể được gửi đến UE; v.v..

Phần sau đây sẽ mô tả chi tiết các phương án của sáng chế dựa vào ví dụ

cụ thể. Cần lưu ý rằng ví dụ sau đây chỉ nhằm cho phép người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực này hiểu rõ hơn về các phương án của sáng chế chứ không nhằm giới hạn phạm vi của các phương án của sáng chế.

Fig.2 là sơ đồ thể hiện một trường hợp mà trong đó sáng chế có thể được áp dụng.

Trong trường hợp được thể hiện trên Fig.2, trạm gốc 210 có thể là trạm gốc rải rác, và quá trình truyền thông có thể được thực hiện giữa trạm gốc 210 và UE 220.

Trạm gốc 210 có thể bao gồm BBU 211, RRU 212, và các ăng ten phân cực ngang cột kép 213. BBU 211 có thể được nối với RRU 212 bằng sợi quang, RRU 212 có 4 giao diện ăng ten (không được thể hiện trên Fig.2), và các giao diện ăng ten này có thể lần lượt được nối với các ăng ten phân cực ngang cột kép 213 thông qua 4 dây cáp.

RRU 212 có thể bao gồm kênh truyền 0 đến kênh truyền 3, kênh nhận 0 đến kênh nhận 3, kênh truyền hiệu chỉnh, kênh nhận hiệu chỉnh, và mạch ghép hiệu chỉnh. Các ăng ten phân cực ngang cột kép 213 có thể bao gồm cột ăng ten phân cực dương 45 độ thứ nhất, cột ăng ten phân cực âm 45 độ thứ nhất, cột ăng ten phân cực dương 45 độ thứ hai, và cột ăng ten phân cực âm 45 độ thứ hai.

Như có thể thấy, tồn tại sự tương ứng một-một giữa các kênh truyền, các kênh nhận, các dây cáp, và các ăng ten phân cực.

Phần sau đây sẽ mô tả chi tiết tiến trình truyền tín hiệu giữa trạm gốc 210 và UE 220 dựa trên trường hợp được thể hiện trên Fig.2.

Bước 1: BBU 211 tính các hệ số bù của các kênh truyền và các kênh nhận trong RRU 212.

Cụ thể là, BBU 211 có thể gửi tín hiệu tham chiếu hiệu chỉnh truyền đến mỗi trong số các kênh truyền từ 0 đến 3, và tín hiệu tham chiếu hiệu chỉnh truyền này được trả về cho BBU 211 qua mạch ghép hiệu chỉnh và kênh nhận hiệu chỉnh. BBU 211 tính sự chênh lệch biên độ và pha giữa mỗi tín hiệu phản

hồi và tín hiệu tham chiếu hiệu chỉnh truyền, và lấy sự chênh lệch biên độ và pha tính được làm hệ số bù của kênh truyền tương ứng.

BBU 211 có thể gửi tín hiệu tham chiếu hiệu chỉnh nhận đến kênh truyền hiệu chỉnh, và tín hiệu tham chiếu hiệu chỉnh nhận này được trả về cho BBU 211 thông qua mạch ghép hiệu chỉnh và mỗi trong số các kênh nhận từ 0 đến 3. BBU 211 tính sự chênh lệch biên độ và pha giữa mỗi tín hiệu phản hồi và tín hiệu tham chiếu hiệu chỉnh nhận, và lấy sự chênh lệch biên độ và pha tính được làm hệ số bù của kênh nhận tương ứng.

Các hệ số bù của các kênh truyền được dùng để làm cho các đáp ứng của các kênh truyền trở nên nhất quán, tức là, $T_0 = T_1 = T_2 = T_3$, trong đó T_0 , T_1 , T_2 , và T_3 lần lượt biểu thị các đặc điểm đáp ứng của các kênh truyền từ 0 đến 3.

Các hệ số bù của các kênh nhận được dùng để làm cho các đáp ứng của các kênh nhận trở nên nhất quán, tức là, $R_0 = R_1 = R_2 = R_3$, trong đó R_0 , R_1 , R_2 , và R_3 lần lượt biểu thị các đặc điểm đáp ứng của các kênh nhận từ 0 đến 3.

Bước 2: BBU 211 tính pha bù của cáp.

Trên Fig.2, $e^{j\varphi_0}$, $e^{j\varphi_1}$, $e^{j\varphi_2}$, và $e^{j\varphi_3}$ có thể lần lượt được dùng để biểu thị các đặc điểm đáp ứng của các dây cáp giữa RRU 212 và cột ăng ten phân cực dương 45 độ thứ nhất, giữa RRU 212 và cột ăng ten phân cực âm 45 độ thứ nhất, giữa RRU 212 và cột ăng ten phân cực dương 45 độ thứ hai, và giữa RRU 212 và cột ăng ten phân cực âm 45 độ thứ hai.

$h_0(k)$, $h_1(k)$, $h_2(k)$, và $h_3(k)$ có thể lần lượt được dùng để biểu thị các đáp ứng kênh giữa các ăng ten phân cực ngang cột kép 213 và ăng ten truyền của UE 220 trên sóng mang phụ thứ k, trong đó k là số nguyên dương. Mỗi lần BBU 211 nhận được tín hiệu thăm dò đường lên từ UE 220, thì BBU 211 tính một pha bù của cáp. Phần sau đây mô tả một ví dụ mà trong đó BBU 211 nhận tín hiệu thăm dò đường lên từ UE 220 lần thứ p, trong đó p là số nguyên dương.

A) BBU 211 tính các đáp ứng kênh giữa ăng ten truyền của UE 220 và

BBU 211.

4 kênh tồn tại giữa ăng ten truyền của UE 220 và BBU 211. Mỗi kênh giữa ăng ten truyền của UE 220 và BBU 211 đều bao gồm kênh giữa UE 220 và cột ăng ten phân cực, dây cáp giữa cột ăng ten phân cực và RRU 212, và kênh nhận tương ứng. Ví dụ, kênh 0 giữa ăng ten truyền của UE 220 và BBU 211 có thể bao gồm kênh giữa UE 220 và cột ăng ten phân cực dương 45 độ thứ nhất, dây cáp giữa cột ăng ten phân cực dương 45 độ thứ nhất và RRU 212, và kênh nhận 0.

BBU 211 có thể xác định, theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được lần thứ p, đáp ứng kênh $\hat{h}_{i,p}(k)$ của kênh thứ i giữa ăng ten truyền của UE 220 và BBU 211 trên sóng mang phụ thứ k. Khi nhận được tín hiệu thăm dò đường lên, thì trước hết, BBU 211 sẽ bù tín hiệu thăm dò đường lên bằng cách sử dụng hệ số bù của kênh nhận tính được ở bước 1, và sau đó xác định đáp ứng kênh $\hat{h}_{i,p}(k)$ của kênh thứ i giữa ăng ten truyền của UE 220 và BBU 211 trên sóng mang phụ thứ k bằng cách sử dụng tín hiệu thăm dò đường lên đã được bù này.

Bởi vì mỗi kênh giữa ăng ten truyền của UE 220 và BBU 211 có thể bao gồm kênh nhận, dây cáp, và kênh giữa các ăng ten phân cực ngang cột kép và UE, nên mối quan hệ giữa đáp ứng kênh $\hat{h}_{i,p}(k)$ của kênh thứ i giữa ăng ten truyền của UE 220 và BBU 211, đặc điểm đáp ứng của kênh nhận thứ i, và mối quan hệ giữa đặc điểm đáp ứng của dây cáp thứ i và đặc điểm đáp ứng của kênh thứ i giữa ăng ten truyền của UE 220 và các ăng ten phân cực ngang cột kép 213 có thể được biểu diễn bằng phương trình (8):

$$\hat{h}_{i,p}(k) \approx R_{i,p} h_{i,p}(k) e^{j\varphi_i} \quad (8)$$

trong đó, i là 0, 1, 2, hoặc 3.

Ở đây, $R_{i,p}$ là đặc điểm đáp ứng của kênh nhận thứ i thu được sau khi thao tác hiệu chỉnh được thực hiện theo hệ số bù của kênh nhận thứ i. Dựa trên

phần mô tả của bước 1, sau khi các kênh nhận được hiệu chỉnh bằng cách sử dụng các hệ số bù của các kênh nhận, thì các đặc điểm đáp ứng của các kênh nhận sẽ giống nhau.

B) BBU 211 có thể tính ma trận tương quan về không gian đầy đủ bằng thông R theo phương trình (9) và các đáp ứng kênh của các kênh giữa ăng ten truyền của UE 220 và BBU 211:

$$R(p) = \begin{bmatrix} r_{00}(p) & r_{01}(p) & r_{02}(p) & r_{03}(p) \\ r_{10}(p) & r_{11}(p) & r_{12}(p) & r_{13}(p) \\ r_{20}(p) & r_{21}(p) & r_{22}(p) & r_{23}(p) \\ r_{30}(p) & r_{31}(p) & r_{32}(p) & r_{33}(p) \end{bmatrix} = \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} \begin{bmatrix} \hat{h}_{0p}(k) \\ \hat{h}_{1p}(k) \\ \hat{h}_{2p}(k) \\ \hat{h}_{3p}(k) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{h}_{0p}^*(k) & \hat{h}_{1p}^*(k) & \hat{h}_{2p}^*(k) & \hat{h}_{3p}^*(k) \end{bmatrix} \quad (9)$$

trong đó, K biểu thị số lượng sóng mang phụ trong băng thông tín hiệu, ví dụ, K = 1200 đối với hệ thống LTE có băng thông 20 MHz.

C) BBU 211 có thể xác định xem hai bất phương trình (1) và (2) nêu trên có đúng không.

D) Nếu xác định được rằng các bất phương trình (1) và (2) đều đúng, thì BBU 211 xác định rằng các kênh giữa UE 220 và các ăng ten phân cực ngang cột kép của trạm gốc 210 là các đường LOS.

Nếu các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép này là các đường LOS, thì sự lệch pha giữa hai kênh giữa nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất và UE là giống với sự lệch pha giữa hai kênh giữa nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai và UE, tức là phương trình (10) được thoả mãn:

$$\text{phase}(h_0(k)h_2^*(k)) = \text{phase}(h_1(k)h_3^*(k)) \quad (10)$$

Do đó, bằng cách sử dụng đặc điểm này, thì BBU 211 có thể tính được, theo phương trình (11), giá trị chênh lệch $\Delta(p)$ giữa pha thứ nhất và pha thứ hai khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE 220 được nhận lần thứ p. Pha thứ nhất có thể là sự lệch pha giữa kênh 0, mà nằm giữa ăng ten truyền của UE 220 và BBU 211, và kênh 2, mà nằm giữa ăng ten truyền của UE 220 và BBU 211. Pha thứ hai có thể là sự lệch pha giữa kênh 1, mà nằm giữa ăng ten truyền

của UE 220 và BBU 211, và kênh 3, mà nằm giữa ăng ten truyền của UE 220 và BBU 211.

$$\Delta(p) = (\varphi_2 - \varphi_0) - (\varphi_3 - \varphi_1) = \text{phase}(r_{20}(p)) - \text{phase}(r_{31}(p)) \quad (11)$$

Sau đó, giá trị chênh lệch thu được theo phương trình (11) được lọc theo phương trình (4), để thu được pha bù của cáp cuối cùng $\hat{\Delta}(p)$. Trên thực tế, kết quả thu được theo phương trình (11) là pha bù của cáp chưa được lọc.

Bước 3: BBU 211 tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo các tín hiệu mà tương ứng một-một với các cổng logic.

Cụ thể là, ở bước này, BBU 211 thực hiện thao tác ánh xạ giữa các cổng logic và các kênh truyền.

A) Giả sử rằng trạm gốc 210 làm việc trong chế độ mà trong đó có 2 cổng logic, thì BBU 211 có thể ánh xạ 2 cổng logic này vào 4 kênh truyền.

Fig.3 là hình vẽ thể hiện sơ đồ ánh xạ cổng logic theo một phương án của sáng chế. Như được thể hiện trên Fig.3, BBU 211 có thể thực hiện thao tác mã hoá MIMO đối với các tín hiệu mà tương ứng một-một với các cổng logic, và sau đó tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc $x_0(k)$, $x_1(k)$, $x_2(k)$, và $x_3(k)$ theo phương trình (6) và các tín hiệu $s_0(k)$ và $s_1(k)$ thu được bằng thao tác mã hoá MIMO này.

Như có thể thấy, các tín hiệu của hai cổng này là các tín hiệu bù, nên tổng lượng năng lượng của các tín hiệu của hai cổng này mà UE nhận được là hằng số cố định, nhờ đó tránh được sự biến động trong miền tần số của kênh, và cải thiện thông lượng đường xuống.

B) Giả sử rằng trạm gốc 210 làm việc trong chế độ mà trong đó có 4 cổng logic, thì BBU 211 có thể ánh xạ 4 cổng logic này vào 4 kênh truyền.

Fig.4 là hình vẽ thể hiện sơ đồ ánh xạ cổng logic theo phương án khác của sáng chế. Như được thể hiện trên Fig.4, BBU 211 có thể thực hiện thao tác mã hoá MIMO đối với các tín hiệu mà tương ứng một-một với các cổng logic, và

sau đó tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc $x_0(k)$, $x_1(k)$, $x_2(k)$, và $x_3(k)$ theo phương trình (7) và các tín hiệu $s_0(k)$, $s_1(k)$, $s_2(k)$, và $s_3(k)$ thu được bằng thao tác mã hoá MIMO này.

Trong trường hợp này, cổng logic 0 được ánh xạ vào kênh truyền 0, cổng logic 2 được ánh xạ vào kênh truyền 1, cổng logic 1 được ánh xạ vào kênh truyền 2, và cổng logic 3 được ánh xạ vào kênh truyền 3.

Bảng 1 thể hiện bảng mã vòng lặp kín được xác định bởi giao thức 3GPP (3rd Generation Partnership Project - dự án hợp tác thế hệ thứ ba) (36.211). Bảng mã vòng lặp kín 4 cổng có tổng số 16 từ mã, trong đó 12 từ mã đầu tiên có đặc điểm chung. Như được thể hiện trên Bảng 1, đặc điểm chung này là: Sự lệch pha được lấy trọng số giữa cổng 0 và cổng 1 là giống với sự lệch pha được lấy trọng số giữa cổng 2 và cổng 3.

Bảng 1: Bảng mã vòng lặp kín

Chỉ số mã (Code Index)	Cổng 0 (Port 0)	Cổng 1 (Port 1)	Cổng 2 (Port 2)	Cổng 3 (Port 3)
0	1	1	1	1
1	1	i	-1	-i
2	1	-1	1	-1
3	1	-i	-1	i
4	1	0,707+0,707i	i	-0,707+0,707i
5	1	-0,707+0,707i	-i	0,707+0,707i
6	1	-0,707-0,707i	i	0,707-0,707i
7	1	0,707-0,707i	-i	-0,707-0,707i
8	1	1	-1	-1
9	1	i	1	i
10	1	-1	-1	1
11	1	-i	1	-i
12	1	1	1	-1

13	1	1	-1	1
14	1	-1	1	1
15	1	-1	-1	-1

Như có thể thấy, bằng cách sử dụng sơ đồ ánh xạ nêu trên, thì các đáp ứng kênh giữa trạm gốc và UE sẽ thống nhất với các đặc điểm của bảng mã MIMO vòng lặp kín, nhờ đó có thể khớp hơn giữa các đáp ứng kênh giữa trạm gốc và UE và bảng mã MIMO vòng lặp kín, và cải thiện hiệu suất MIMO vòng lặp kín.

Bước 4: BBU 211 hiệu chỉnh 4 kênh tín hiệu băng gốc $x_0(k)$, $x_1(k)$, $x_2(k)$, và $x_3(k)$ theo các hệ số bù của các kênh truyền thu được ở bước 1 và pha bù của cáp thu được ở bước 2.

Cụ thể là, BBU 211 lần lượt nhân $x_0(k)$, $x_1(k)$, $x_2(k)$, và $x_3(k)$ với các hệ số bù của các kênh truyền tương ứng, ví dụ, nhân $x_0(k)$ với hệ số bù của kênh truyền 0, nhân $x_1(k)$ với hệ số bù của kênh truyền 1, v.v., để lần lượt thu được các tín hiệu $x'_0(k)$, $x'_1(k)$, $x'_2(k)$, và $x'_3(k)$.

Sau đó, BBU 211 có thể bù cho pha của cáp của tín hiệu $x'_3(k)$, tức là nhân $x'_3(k)$ với $e^{j\hat{\Delta}(p)}$ để thu được $x''_3(k)$.

Như được thể hiện trên Fig.3 hoặc Fig.4, sau khi thu được 4 kênh tín hiệu băng gốc theo các tín hiệu tương ứng với các cổng logic, thì 4 kênh tín hiệu băng gốc thu được này được hiệu chỉnh.

Bước 5: BBU 211 gửi 4 kênh tín hiệu băng gốc đã được hiệu chỉnh đến UE 220 thông qua các kênh truyền và các ăng ten phân cực tương ứng.

Cụ thể là, BBU 211 có thể gửi tín hiệu $x'_0(k)$ đến UE 220 qua kênh truyền 0 và cột ăng ten phân cực dương 45 độ thứ nhất, gửi tín hiệu $x'_1(k)$ đến UE 220 qua kênh truyền 1 và cột ăng ten phân cực âm 45 độ thứ nhất, gửi tín

hiệu $x'_2(k)$ đến UE 220 qua kênh truyền 2 và cột ăng ten phân cực dương 45 độ thứ hai, và gửi tín hiệu $x''_3(k)$ đến UE 220 qua kênh truyền 3 và cột ăng ten phân cực âm 45 độ thứ hai.

Theo phương án này của sáng chế, trạm gốc xác định pha bù của cáp theo tín hiệu thăm dò đường lên từ UE, và hiệu chỉnh 4 kênh tín hiệu băng gốc theo các hệ số bù của 4 kênh truyền và pha bù của cáp, nên các pha của các kênh tín hiệu truyền khác nhau có thể được điều khiển một cách chính xác.

Fig.5 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của khối băng gốc theo một phương án của sáng chế. Khối băng gốc 500 trên Fig.5 bao gồm khối xác định 510, khối tạo kênh tín hiệu băng gốc 520, và khối hiệu chỉnh 530.

Khối xác định 510 xác định các hệ số bù lần lượt tương ứng với 4 kênh truyền. Khối xác định 510 còn xác định pha bù của cáp theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được từ UE, trong đó các ăng ten phân cực ngang cột kép của trạm gốc mà khối băng gốc 500 thuộc về đó bao gồm nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất và nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai, và pha bù của cáp là sự chênh lệch giữa sự lệch pha cáp tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất và sự lệch pha cáp tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai. Khối tạo kênh tín hiệu băng gốc 520 tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo m kênh tín hiệu mà tương ứng một-một với m cổng logic; trong đó m là số nguyên dương. Khối hiệu chỉnh 530 hiệu chỉnh 4 kênh tín hiệu băng gốc theo các hệ số bù lần lượt tương ứng với 4 kênh truyền và pha bù của cáp, để gửi 4 kênh tín hiệu băng gốc đã được hiệu chỉnh đến UE qua 4 kênh truyền này và các ăng ten phân cực ngang cột kép.

Theo phương án này của sáng chế, pha bù của cáp được xác định theo tín hiệu thăm dò đường lên từ UE, và 4 kênh tín hiệu băng gốc được hiệu chỉnh theo các hệ số bù của 4 kênh truyền và pha bù của cáp, nên các pha của các kênh tín hiệu truyền khác nhau có thể được điều khiển một cách chính xác.

Một cách tùy ý, theo một phương án, khối xác định 510 có thể xác định

các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc 500 theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được từ UE. Khối xác định 510 có thể xác định, theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc 500, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS. Khối xác định 510 xác định pha bù của cáp theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc 500.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, khối xác định 510 có thể xác định ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc 500. Khối xác định 510 có thể xác định, theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông này, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất bao gồm ăng ten thứ nhất và ăng ten thứ ba, nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai bao gồm ăng ten thứ hai và ăng ten thứ tư, các kênh giữa UE và khối băng gốc bao gồm kênh thứ nhất, kênh thứ hai, kênh thứ ba, và kênh thứ tư, ăng ten thứ nhất tương ứng với kênh thứ nhất, ăng ten thứ hai tương ứng với kênh thứ hai, ăng ten thứ ba tương ứng với kênh thứ ba, và ăng ten thứ tư tương ứng với kênh thứ tư. Khối xác định 510 có thể xác định, nếu sự tương quan giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba là lớn hơn ngưỡng định trước, và sự tương quan giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư là lớn hơn ngưỡng này, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, khối xác định 510 có thể xác định giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông, trong đó pha thứ nhất là sự lệch pha giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba, và pha thứ hai là sự lệch pha giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư. Khối xác định 510 có thể lọc giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai, để thu được pha bù của cáp.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, khi khối băng gốc 500 nhận được tín hiệu thăm dò đường lên lần thứ p từ UE, thì

ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông

$$R(p) = \begin{bmatrix} r_{00}(p) & r_{01}(p) & r_{02}(p) & r_{03}(p) \\ r_{10}(p) & r_{11}(p) & r_{12}(p) & r_{13}(p) \\ r_{20}(p) & r_{21}(p) & r_{22}(p) & r_{23}(p) \\ r_{30}(p) & r_{31}(p) & r_{32}(p) & r_{33}(p) \end{bmatrix},$$

trong đó phần tử $r_{ij}(p)$ trong $R(p)$ biểu thị sự tương quan giữa kênh thứ i và kênh thứ j giữa UE và khối băng gốc 500 khi khối băng gốc 500 nhận được tín hiệu thăm dò đường lên từ UE lần thứ p , và p là số nguyên dương.

Khối xác định 510 có thể xác định, nếu các bất phương trình (1) và (2) sau đây đều đúng, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép, khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p , là các đường LOS.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, khối xác định 510 có thể xác định, theo phương trình (3), giá trị chênh lệch $\Delta(p)$ giữa pha thứ nhất và pha thứ hai khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p .

Khi p lớn hơn 1, thì khối xác định 510 có thể lọc, theo phương trình (4), giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p , để thu được pha bù của cặp $\hat{\Delta}(p)$ khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p .

Khi p bằng 1, thì khối xác định 510 có thể thu được, theo phương trình (5), pha bù của cặp $\hat{\Delta}(1)$ khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ nhất.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, m có thể là 2.

Khối tạo kênh tín hiệu băng gốc 520 có thể tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo phương trình (6).

Một cách tùy ý, theo phương án khác, m có thể là 4. Khối tạo kênh tín hiệu băng gốc 520 có thể tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ nhất theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ nhất, tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ hai theo

tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ ba, tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ ba theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ hai, và tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ tư theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ tư.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, m có thể là 4. Khối tạo kênh tín hiệu băng gốc 520 có thể tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo phương trình (7).

Cần lưu ý rằng, khối băng gốc 500 có thể tương ứng với khối băng gốc mà thực hiện phương pháp truyền thông trên Fig.1, nên tiến trình tương ứng của phương pháp truyền thông trên Fig.1 có thể được thực hiện. Các phương án của phương pháp truyền thông trên Fig.1 và phương án của khối băng gốc 500 có thể tham chiếu đến nhau.

Fig.6 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của khối băng gốc theo phương án khác của sáng chế. Khối băng gốc 600 trên Fig.6 bao gồm bộ nhớ 610 và bộ xử lý 620.

Bộ nhớ 610 được nối với bộ xử lý 620 qua buýt dữ liệu 630.

Bộ nhớ 610 lưu giữ lệnh thực hiện được.

Bộ xử lý 620 thực hiện lệnh thực hiện được được lưu giữ trong bộ nhớ 610, và được tạo cấu hình để: xác định các hệ số bù lần lượt tương ứng với 4 kênh truyền của khối IF/RF; xác định pha bù của cáp theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được từ UE, trong đó các ăng ten phân cực ngang cột kép của trạm gốc mà khối băng gốc 600 thuộc về đó bao gồm nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất và nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai, và pha bù của cáp là sự chênh lệch giữa sự lệch pha cáp tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất và sự lệch pha cáp tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai; tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo m kênh tín hiệu mà tương ứng một-một với các cổng logic; trong đó m là số nguyên dương; và hiệu chỉnh 4 kênh tín hiệu băng gốc theo các hệ số bù lần lượt tương ứng với 4 kênh truyền và pha bù của cáp, để gửi 4 kênh tín hiệu băng gốc đã được hiệu chỉnh đến UE qua 4 kênh truyền này và các ăng ten phân cực ngang cột kép.

Theo phương án này của sáng chế, pha bù của cáp được xác định theo tín hiệu thăm dò đường lên từ UE, và 4 kênh tín hiệu băng gốc được hiệu chỉnh theo các hệ số bù của 4 kênh truyền và pha bù của cáp, nên các pha của các kênh tín hiệu truyền khác nhau có thể được điều khiển một cách chính xác.

Một cách tùy ý, theo một phương án, bộ xử lý 620 có thể xác định các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc 600 theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được từ UE. Bộ xử lý 620 có thể xác định, theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc 600, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS. Bộ xử lý 620 có thể xác định pha bù của cáp theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc 600.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, bộ xử lý 620 có thể xác định ma trận tương quan về không gian đầy đủ bằng thông theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc 600. Bộ xử lý 620 xác định, theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ bằng thông này, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất bao gồm ăng ten thứ nhất và ăng ten thứ ba, nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai bao gồm ăng ten thứ hai và ăng ten thứ tư, các kênh giữa UE và khối băng gốc bao gồm kênh thứ nhất, kênh thứ hai, kênh thứ ba, và kênh thứ tư, ăng ten thứ nhất tương ứng với kênh thứ nhất, ăng ten thứ hai tương ứng với kênh thứ hai, ăng ten thứ ba tương ứng với kênh thứ ba, và ăng ten thứ tư tương ứng với kênh thứ tư. Bộ xử lý 620 có thể xác định, nếu sự tương quan giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba là lớn hơn ngưỡng định trước, và sự tương quan giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư là lớn hơn ngưỡng này, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, bộ xử lý 620 có thể xác định giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ bằng thông, trong đó pha thứ nhất là sự lệch pha giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba, và pha thứ hai là sự lệch pha giữa kênh thứ hai và kênh

thứ tư. Bộ xử lý 620 có thể lọc giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai, để thu được pha bù của cáp.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, khi khối băng gốc 600 nhận được tín hiệu thăm dò đường lên lần thứ p từ UE, thì

ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông

$$R(p) = \begin{bmatrix} r_{00}(p) & r_{01}(p) & r_{02}(p) & r_{03}(p) \\ r_{10}(p) & r_{11}(p) & r_{12}(p) & r_{13}(p) \\ r_{20}(p) & r_{21}(p) & r_{22}(p) & r_{23}(p) \\ r_{30}(p) & r_{31}(p) & r_{32}(p) & r_{33}(p) \end{bmatrix},$$

trong đó phần tử $r_{ij}(p)$ trong $R(p)$ biểu thị sự tương quan giữa kênh thứ i và kênh thứ j giữa UE và khối băng gốc 600 khi khối băng gốc 600 nhận được tín hiệu thăm dò đường lên từ UE lần thứ p , và p là số nguyên dương.

Bộ xử lý 620 có thể xác định, nếu các bất phương trình (1) và (2) sau đây đều đúng, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép, khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p , là các đường LOS.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, bộ xử lý 620 có thể xác định, theo phương trình (3), giá trị chênh lệch $\Delta(p)$ giữa pha thứ nhất và pha thứ hai khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p .

Khi p lớn hơn 1, thì bộ xử lý 620 có thể lọc, theo phương trình (4), giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p , để thu được pha bù của cáp $\hat{\Delta}(p)$ khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p .

Khi p bằng 1, thì bộ xử lý 620 có thể thu được, theo phương trình (5), pha bù của cáp $\hat{\Delta}(1)$ khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ nhất.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, m có thể là 2.

Bộ xử lý 620 có thể tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo phương trình (6).

Một cách tùy ý, theo phương án khác, m có thể là 4.

Bộ xử lý 620 có thể tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ nhất theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ nhất, tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ hai theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ ba, tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ ba theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ hai, và tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ tư theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ tư.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, m có thể là 4. Bộ xử lý 620 có thể tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo phương trình (7).

Cần lưu ý rằng, khối băng gốc 600 có thể tương ứng với khối băng gốc mà thực hiện phương pháp truyền thông trên Fig.1, nên tiến trình tương ứng của phương pháp truyền thông trên Fig.1 có thể được thực hiện. Phương án của phương pháp truyền thông trên Fig.1 và phương án của khối băng gốc 600 có thể tham chiếu đến nhau.

Fig.7 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của thiết bị truyền thông theo một phương án của sáng chế. Thiết bị truyền thông 700 trên Fig.7 bao gồm khối băng gốc 710, khối IF/RF 720, và các ăng ten phân cực ngang cột kép 730.

Khối băng gốc 710 được nối với khối IF/RF 720 bằng sợi quang, khối IF/RF 720 được nối với các ăng ten phân cực ngang cột kép 730 bằng các dây cáp, và khối IF/RF này bao gồm 4 kênh truyền. Các ăng ten phân cực ngang cột kép 730 bao gồm nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất và nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai, và thiết bị truyền thông 700 làm việc trong chế độ mà trong đó có m cổng logic, trong đó m là số nguyên dương.

Khối băng gốc 710 được tạo cấu hình để xác định các hệ số bù lần lượt tương ứng với 4 kênh truyền; và

xác định pha bù của cáp theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được từ thiết bị người dùng UE, trong đó pha bù của cáp là lượng chênh lệch giữa sự lệch pha cáp tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ nhất và sự lệch pha cáp tương ứng với nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai; tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo m kênh tín hiệu mà tương ứng một-một với m cổng logic;

hiệu chỉnh 4 kênh tín hiệu băng gốc này theo các hệ số bù lần lượt tương ứng với 4 kênh truyền và pha bù của cáp; và gửi 4 kênh tín hiệu băng gốc đã được hiệu chỉnh đến khối IF/RF 720.

Khối IF/RF 720 gửi 4 kênh tín hiệu băng gốc đã được hiệu chỉnh đến UE qua 4 kênh truyền và các ăng ten phân cực ngang cột kép 730.

Theo phương án này của sáng chế, pha bù của cáp được xác định theo tín hiệu thăm dò đường lên từ UE, và 4 kênh tín hiệu băng gốc được hiệu chỉnh theo các hệ số bù của 4 kênh truyền và pha bù của cáp, nên các pha của các kênh tín hiệu truyền khác nhau có thể được điều khiển một cách chính xác.

Một cách tùy ý, theo một phương án, thiết bị truyền thông 700 có thể là trạm gốc, ví dụ, có thể là trạm gốc rải rác, trạm gốc lớn, hoặc trạm gốc tế bào nhỏ.

Ví dụ, trạm gốc rải rác có các ăng ten phân cực ngang cột kép có thể bao gồm khối băng gốc (BBU), RRU, và các ăng ten phân cực ngang cột kép. BBU có thể được nối với RRU bằng sợi quang. RRU có thể bao gồm 4 kênh nhận và 4 kênh truyền. RRU còn bao gồm 4 giao diện ăng ten. Mỗi giao diện ăng ten có thể được nối với 1 cột ăng ten phân cực qua 1 dây cáp.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, khối băng gốc 710 có thể xác định các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc 710 theo tín hiệu thăm dò đường lên nhận được từ UE. Khối băng gốc 710 có thể xác định, theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc 710, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS. Khối băng gốc 710 có thể xác định pha bù của cáp theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc 710.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, khối băng gốc 710 có thể xác định ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông theo các đáp ứng kênh giữa UE và khối băng gốc 710. Khối băng gốc 710 xác định, theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông này, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, nhóm ăng ten cùng phân cực thứ

nhất bao gồm ăng ten thứ nhất và ăng ten thứ ba, nhóm ăng ten cùng phân cực thứ hai bao gồm ăng ten thứ hai và ăng ten thứ tư, các kênh giữa UE và khối băng gốc bao gồm kênh thứ nhất, kênh thứ hai, kênh thứ ba, và kênh thứ tư, ăng ten thứ nhất tương ứng với kênh thứ nhất, ăng ten thứ hai tương ứng với kênh thứ hai, ăng ten thứ ba tương ứng với kênh thứ ba, và ăng ten thứ tư tương ứng với kênh thứ tư. Khối băng gốc 710 có thể xác định, nếu sự tương quan giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba là lớn hơn ngưỡng định trước, và sự tương quan giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư là lớn hơn ngưỡng này, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép là các đường LOS.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, khối băng gốc 710 có thể xác định giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai theo ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông, trong đó pha thứ nhất là sự lệch pha giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba, và pha thứ hai là sự lệch pha giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư. Khối băng gốc 710 có thể lọc giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai, để thu được pha bù của cáp.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, khi khối băng gốc 710 nhận được tín hiệu thăm dò đường lên lần thứ p từ UE, thì

ma trận tương quan về không gian đầy đủ băng thông

$$R(p) = \begin{bmatrix} r_{00}(p) & r_{01}(p) & r_{02}(p) & r_{03}(p) \\ r_{10}(p) & r_{11}(p) & r_{12}(p) & r_{13}(p) \\ r_{20}(p) & r_{21}(p) & r_{22}(p) & r_{23}(p) \\ r_{30}(p) & r_{31}(p) & r_{32}(p) & r_{33}(p) \end{bmatrix},$$

trong đó phần tử $r_{ij}(p)$ trong $R(p)$ biểu thị sự tương quan giữa kênh thứ i và kênh thứ j giữa UE và khối băng gốc khi khối băng gốc nhận được tín hiệu thăm dò đường lên từ UE lần thứ p, và p là số nguyên dương.

Khối băng gốc 710 có thể xác định, nếu các bất phương trình (1) và (2) sau đây đều đúng, rằng các kênh giữa UE và các ăng ten phân cực ngang cột kép, khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p, là các đường

LOS.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, khối băng gốc 710 có thể xác định, theo phương trình (3), giá trị chênh lệch $\Delta(p)$ giữa pha thứ nhất và pha thứ hai khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p.

Khi p lớn hơn 1, thì khối băng gốc 710 có thể lọc, theo phương trình (4), giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p, để thu được pha bù của cấp $\hat{\Delta}(p)$ khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p.

Khi p bằng 1, thì khối băng gốc 710 có thể thu được, theo phương trình (5), pha bù của cấp $\hat{\Delta}(1)$ khi tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ nhất.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, m có thể là 2.

Khối băng gốc 710 có thể tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo phương trình (6).

Một cách tùy ý, theo phương án khác, m có thể là 4.

Khối băng gốc 710 có thể tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ nhất theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ nhất, tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ hai theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ ba, tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ ba theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ hai, và tạo ra kênh tín hiệu băng gốc thứ tư theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ tư.

Một cách tùy ý, theo phương án khác, m có thể là 4. Khối băng gốc 710 có thể tạo ra 4 kênh tín hiệu băng gốc theo phương trình (7).

Cần lưu ý rằng, khối băng gốc 710 trong thiết bị truyền thông 700 có thể tương ứng với khối băng gốc theo phương pháp truyền thông trên Fig.1, và cũng có thể tương ứng với khối băng gốc 500 trên Fig.5, hoặc có thể tương ứng với khối băng gốc 600 trên Fig.6, nên tiến trình tương ứng của phương pháp truyền thông trên Fig.1 có thể được thực hiện. Phương án thực hiện của phương pháp truyền thông trên Fig.1 và phương án thực hiện của thiết bị

truyền thông 700 có thể tham chiếu đến nhau.

Dựa vào các ví dụ được mô tả trong các phương án trong phần mô tả này, người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực này có thể thấy rằng các khối và các bước thuật toán nêu trên có thể được thực hiện bằng phần cứng điện tử, hoặc tổ hợp giữa phần mềm máy tính và phần cứng điện tử. Việc các chức năng này được thực hiện bằng phần cứng hay phần mềm thì phụ thuộc vào các ứng dụng cụ thể và các điều kiện ràng buộc về thiết kế kỹ thuật. Người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực này có thể sử dụng các phương pháp khác nhau để thực hiện các chức năng được mô tả đối với mỗi ứng dụng cụ thể, nhưng điều này không có nghĩa là cách thức thực hiện này nằm ngoài phạm vi của sáng chế.

Người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực này có thể thấy rõ rằng, để tiện lợi cho việc mô tả và nhằm mục đích mô tả vấn đề, thì quá trình hoạt động chi tiết của hệ thống, thiết bị, và các đơn vị nêu trên có thể được tìm thấy ở quá trình tương ứng trong các phương án về phương pháp trên đây, nên không được mô tả lại nữa.

Theo một số phương án trong đơn này, cần hiểu rằng hệ thống, thiết bị và phương pháp được bộc lộ có thể được thực hiện theo những cách khác. Phương án về thiết bị được mô tả chỉ được nêu làm ví dụ. Ví dụ, nhóm đơn vị nêu trên chỉ là nhóm chức năng logic, và nó có thể là nhóm khác khi thực hiện thực tế. Ví dụ, các đơn vị hoặc các thành phần có thể được kết hợp hoặc được tích hợp vào hệ thống khác, hoặc một số dấu hiệu có thể được bỏ qua, hoặc không được thực hiện. Ngoài ra, các mối ghép với nhau hoặc các mối ghép hoặc các mối nối giao tiếp trực tiếp đã được thể hiện hoặc được mô tả nêu trên là có thể được thực hiện qua một số giao diện. Các mối ghép hoặc các kết nối giao tiếp gián tiếp giữa các thiết bị hoặc các khối là có thể được thực hiện về mặt điện tử, cơ học, hoặc các dạng khác.

Các khối được mô tả dưới dạng các bộ phận riêng rẽ có thể là, hoặc không phải là, riêng rẽ về mặt vật lý, và các bộ phận được thể hiện dưới dạng các

khối có thể là, hoặc không phải là, các khối vật lý, có thể được đặt tại một vị trí, hoặc có thể được rải rác trên nhiều đơn vị mạng. Một phần hoặc tất cả trong số các khối này có thể được chọn theo nhu cầu thực tế để đạt được các mục đích của các phương án này.

Ngoài ra, các khối chức năng ở các phương án của sáng chế có thể được tích hợp vào một khối xử lý, hoặc mỗi trong số các khối này có thể tồn tại một mình về mặt vật lý, hoặc hai hoặc nhiều khối được hợp nhất thành một khối.

Khi các chức năng này được thực hiện dưới dạng khối chức năng phần mềm và được bán hoặc được sử dụng dưới dạng sản phẩm độc lập, thì các chức năng này có thể được lưu giữ trên phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính. Do đó, giải pháp của sáng chế, hoặc phần khắc phục nhược điểm của giải pháp đã biết, hoặc một phần của các giải pháp kỹ thuật này, có thể được thực hiện dưới dạng sản phẩm phần mềm. Sản phẩm phần mềm này được lưu giữ trên phương tiện lưu trữ, và bao gồm một số lệnh để ra lệnh cho thiết bị máy tính (có thể là máy tính cá nhân, máy chủ, hoặc thiết bị mạng) thực hiện toàn bộ hoặc một phần của các bước của các phương pháp đã được mô tả trong các phương án theo sáng chế. Phương tiện lưu trữ này bao gồm: phương tiện bất kỳ mà có thể lưu giữ mã chương trình, chẳng hạn ổ đĩa USB (Universal Serial Bus - buýt nối tiếp vạn năng), đĩa cứng tháo ra được, ROM (Read Only Memory - bộ nhớ chỉ đọc), RAM (Random Access Memory - bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên), đĩa từ, hoặc đĩa quang.

Phần mô tả nêu trên chỉ nêu các phương án cụ thể của sáng chế, chứ không nhằm giới hạn phạm vi bảo hộ của sáng chế. Các phương án biến thể hoặc thay thế bất kỳ mà người có kiến thức trung bình trong lĩnh vực này tạo ra trong phạm vi kỹ thuật của sáng chế cũng đều nằm trong phạm vi bảo hộ của sáng chế. Do đó, phạm vi bảo hộ của sáng chế được xác định theo phạm vi bảo hộ của các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Khối băng gốc (baseband unit, BBU) (211) để sử dụng trong thiết bị truyền thông bao gồm BBU, khối tần số trung gian/tần số vô tuyến (intermediate frequency/radio frequency, IF/RF) (212), và các anten phân cực ngang các cột kép (213), trong đó khối IF/RF được kết nối với các anten phân cực ngang các cột kép qua các dây cáp, khối IF/RF bao gồm 4 kênh truyền, và các anten phân cực ngang các cột kép bao gồm nhóm anten cùng phân cực thứ nhất và nhóm anten cùng phân cực thứ hai, nhóm anten cùng phân cực thứ nhất có phân cực khác nhóm anten cùng phân cực thứ hai; trong đó BBU được tạo cấu hình để:

xác định các hệ số bù lần lượt tương ứng với 4 kênh truyền;

xác định pha bù của cáp theo tín hiệu thăm dò đường lên được nhận từ thiết bị người dùng (user equipment, UE) (220), trong đó pha bù của cáp là giá trị chênh lệch giữa độ lệch pha của cáp tương ứng với nhóm anten cùng phân cực thứ nhất và độ lệch pha của cáp tương ứng với nhóm anten cùng phân cực thứ hai; trong đó;

tạo 4 kênh của tín hiệu băng gốc theo m kênh của các tín hiệu theo phép tương ứng một - một với m cổng logic, trong đó m là số nguyên dương;

hiệu chỉnh 4 kênh của tín hiệu băng gốc theo các hệ số bù và pha bù của cáp; gửi 4 kênh của các tín hiệu băng gốc được hiệu chỉnh đến UE qua 4 kênh truyền và các anten phân cực ngang các cột kép.

2. Khối băng gốc (211) theo điểm 1, trong đó BBU được tạo cấu hình để xác định pha bù của cáp theo tín hiệu thăm dò đường lên được nhận từ UE bao gồm:

BBU được tạo cấu hình để:

xác định các đáp ứng kênh giữa UE và BBU theo tín hiệu thăm dò đường lên được nhận từ UE;

xác định, theo các đáp ứng kênh giữa UE và BBU, rằng các kênh giữa UE và các anten phân cực ngang các cột kép là các đường truyền thẳng (line of sight, LOS); và

xác định pha bù của cáp theo các đáp ứng kênh giữa UE và BBU.

3. Khối băng gốc (211) theo điểm 2, trong đó việc BBU được tạo cấu hình để xác định, theo các đáp ứng kênh giữa UE và BBU, rằng các kênh giữa UE và các anten phân cực ngang các cột kép là các đường LOS bao gồm:

BBU được tạo cấu hình để:

xác định ma trận tương quan không gian băng toàn phần theo các đáp ứng kênh giữa UE và BBU; và

xác định, theo ma trận tương quan không gian băng toàn phần, rằng các kênh giữa UE và các anten phân cực ngang các cột kép là các đường LOS.

4. Khối băng gốc (211) theo điểm 3, trong đó nhóm anten cùng phân cực thứ nhất bao gồm anten thứ nhất và anten thứ ba, nhóm anten cùng phân cực thứ hai bao gồm anten thứ hai và anten thứ tư, các kênh giữa UE và BBU bao gồm kênh thứ nhất, kênh thứ hai, kênh thứ ba, và kênh thứ tư, anten thứ nhất tương ứng với kênh thứ nhất, anten thứ hai tương ứng với kênh thứ hai, anten thứ ba tương ứng với kênh thứ ba, và anten thứ tư tương ứng với kênh thứ tư; và

việc BBU được tạo cấu hình để xác định, theo ma trận tương quan không gian băng toàn phần, rằng các kênh giữa UE và các anten phân cực ngang các cột kép là các đường LOS bao gồm:

BBU được tạo cấu hình để:

xác định, nếu tương quan giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba lớn hơn ngưỡng định trước, và tương quan giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư lớn hơn ngưỡng, rằng các kênh giữa UE và các anten phân cực ngang các cột kép là các đường LOS.

5. Khối băng gốc (211) theo điểm 4, trong đó việc BBU được tạo cấu hình để xác định pha bù của cáp theo các đáp ứng kênh giữa UE và BBU bao gồm:

BBU được tạo cấu hình để:

xác định giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai theo ma trận tương quan không gian băng toàn phần, trong đó pha thứ nhất là giá trị chênh lệch pha giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba, và pha thứ hai là giá trị chênh lệch pha giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư; và

lọc giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai, để thu được pha bù của cáp.

6. Khối băng gốc (211) theo điểm 5, trong đó nếu BBU nhận tín hiệu thăm dò đường lên từ UE cho lần thứ p,

ma trận tương quan không gian băng toàn phần

$$R(p) = \begin{bmatrix} r_{00}(p) & r_{01}(p) & r_{02}(p) & r_{03}(p) \\ r_{10}(p) & r_{11}(p) & r_{12}(p) & r_{13}(p) \\ r_{20}(p) & r_{21}(p) & r_{22}(p) & r_{23}(p) \\ r_{30}(p) & r_{31}(p) & r_{32}(p) & r_{33}(p) \end{bmatrix},$$

trong đó phần tử $r_{ij}(p)$ trong $R(p)$ biểu diễn tương quan giữa kênh thứ i và kênh thứ j giữa UE và BBU nếu BBU nhận tín hiệu thăm dò đường lên từ UE trong lần thứ p, và p là số nguyên dương; và

việc BBU được tạo cấu hình để xác định, nếu tương quan giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba lớn hơn ngưỡng định trước, và tương quan giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư lớn hơn ngưỡng, rằng các kênh giữa UE và các anten phân cực ngang các cột kép là các đường LOS bao gồm:

BBU được tạo cấu hình để:

xác định, nếu các bất phương trình sau đều đúng, rằng các kênh giữa UE và các anten phân cực ngang các cột kép nếu tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận trong lần thứ p là các đường LOS:

$$|r_{02}(p)|/\sqrt{r_{00}(p)r_{22}(p)} > Thre \quad \text{và} \quad |r_{13}(p)|/\sqrt{r_{11}(p)r_{33}(p)} > Thre$$

trong đó $Thre$ biểu diễn ngưỡng.

7. Khối băng gốc (211) theo điểm 6, trong đó việc BBU được tạo cấu hình để xác định giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai theo ma trận tương quan không gian băng toàn phần bao gồm:

BBU được tạo cấu hình để:

xác định, theo phương trình sau, giá trị độ lệch $\Delta(p)$ giữa pha thứ nhất và pha thứ hai nếu tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận trong lần thứ p :

$$\Delta(p) = \text{phase}(r_{20}(p)) - \text{phase}(r_{31}(p))$$

trong đó $\text{phase}(r_{20}(p))$ biểu diễn pha thứ nhất, và $\text{phase}(r_{31}(p))$ biểu diễn pha thứ hai, và p là số nguyên dương; và

trong đó BBU được tạo cấu hình để lọc giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai, để thu được pha bù của cáp bao gồm:

BBU được tạo cấu hình để:

nếu p lớn hơn 1, thu được, theo phương trình sau, pha bù của cáp $\hat{\Delta}(p)$ nếu tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận trong lần thứ p :

$$\hat{\Delta}(p) = (1 - \alpha) * \hat{\Delta}(p-1) + \alpha * \Delta(p)$$

trong đó $\hat{\Delta}(p-1)$ biểu diễn pha bù của cáp nếu tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận trong lần thứ $(p-1)$, và α biểu diễn hệ số lọc; và

nếu p bằng 1, thu được, theo phương trình sau, pha bù của cáp $\hat{\Delta}(1)$ nếu tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần đầu tiên:

$$\hat{\Delta}(1) = \Delta(1).$$

8. Khối băng gốc (211) theo một trong các điểm 1 đến 7, trong đó m bằng 2; và

trong đó BBU được tạo cấu hình để tạo 4 kênh của tín hiệu băng gốc theo m kênh của các tín hiệu tương ứng với m cổng logic bao gồm:

BBU được tạo cấu hình để tạo 4 kênh của tín hiệu băng gốc theo phương trình sau:

$$\begin{bmatrix} x_0(k) \\ x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ e^{j2\pi dk / N_m} & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -e^{j2\pi dk / N_m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_0(k) \\ s_1(k) \end{bmatrix}$$

trong đó k biểu diễn chỉ mục kênh mang phụ, $x_0(k)$, $x_1(k)$, $x_2(k)$, và $x_3(k)$ biểu diễn 4 kênh của tín hiệu băng gốc trên kênh mang phụ thứ k, $s_0(k)$ và $s_1(k)$ biểu diễn các tín hiệu lần lượt tương ứng với 2 cổng logic trên kênh mang phụ thứ k, d biểu diễn số điểm độ trễ tuần hoàn, N_m biểu diễn số điểm biến đổi Fourier nhanh (fast Fourier transformation, FFT) hệ thống, và k là số nguyên dương; và

$x_0(k)$ và $x_2(k)$ tương ứng với nhóm anten cùng phân cực thứ nhất, và $x_1(k)$ và $x_3(k)$ tương ứng với nhóm anten cùng phân cực thứ hai.

9. Khối băng gốc (211) theo một trong các điểm 1 đến 7, trong đó m bằng 4; và

trong đó BBU được tạo cấu hình để tạo 4 kênh của tín hiệu băng gốc theo m kênh của các tín hiệu tương ứng với m cổng logic bao gồm:

BBU được tạo cấu hình để: tạo kênh thứ nhất của tín hiệu băng gốc theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ nhất, tạo kênh thứ hai của tín hiệu băng gốc theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ ba, tạo kênh thứ ba của tín hiệu băng gốc theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ hai, và tạo kênh thứ tư của tín hiệu băng gốc theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ tư.

10. Khối băng gốc (211) theo điểm 9, trong đó BBU được tạo cấu hình để: tạo

kênh thứ nhất của tín hiệu băng gốc theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ nhất, tạo kênh thứ hai của tín hiệu băng gốc theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ ba, tạo kênh thứ ba của tín hiệu băng gốc theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ hai, và tạo kênh thứ tư của tín hiệu băng gốc theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ tư bao gồm:

BBU được tạo cấu hình để:

tạo 4 kênh của tín hiệu băng gốc theo phương trình sau:

$$\begin{bmatrix} x_0(k) \\ x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_0(k) \\ s_1(k) \\ s_2(k) \\ s_3(k) \end{bmatrix}$$

trong đó k biểu diễn chỉ mục kênh mang phụ, $x_0(k)$, $x_1(k)$, $x_2(k)$, và $x_3(k)$ biểu diễn 4 kênh của tín hiệu băng gốc trên kênh mang phụ thứ k , $s_0(k)$, $s_1(k)$, $s_2(k)$, và $s_3(k)$ biểu diễn các tín hiệu lần lượt tương ứng với 4 cổng logic trên kênh mang phụ thứ k , và k là số nguyên dương; và

$x_0(k)$ và $x_2(k)$ tương ứng với nhóm anten cùng phân cực thứ nhất, và $x_1(k)$ và $x_3(k)$ tương ứng với nhóm anten cùng phân cực thứ hai.

11. Thiết bị truyền thông (210) bao gồm BBU (211) theo một trong các điểm 1 đến 10, khối IF/RF (212), và các anten phân cực ngang các cột kép (213), trong đó BBU được kết nối với khối IF/RF qua sợi quang, khối IF/RF được kết nối với các anten phân cực ngang các cột kép qua các dây cáp, khối IF/RF bao gồm 4 kênh truyền, các anten phân cực ngang các cột kép bao gồm nhóm anten cùng phân cực thứ nhất và nhóm anten cùng phân cực thứ hai, và thiết bị truyền thông hoạt động ở chế độ trong đó có m cổng logic.

12. Thiết bị truyền thông (210) theo điểm 11, trong đó thiết bị truyền thông là trạm cơ sở (base station, BS).

13. Phương pháp truyền thông sử dụng trong BS, trong đó BS bao gồm BBU, khối IF/RF, và các anten phân cực ngang các cột kép, trong đó BBU được kết nối với khối IF/RF qua sợi quang, khối IF/RF được kết nối với các anten phân cực ngang các cột kép qua các dây cáp, khối IF/RF bao gồm 4 kênh truyền, các anten phân cực ngang các cột kép bao gồm a nhóm anten cùng phân cực thứ nhất và nhóm anten cùng phân cực thứ hai, nhóm anten cùng phân cực thứ nhất có phân cực khác nhóm anten cùng phân cực thứ hai, và phương pháp truyền thông hoạt động ở chế độ trong đó có m cổng logic, m là số nguyên dương, phương pháp truyền thông bao gồm các bước:

xác định (110) các hệ số bù lần lượt tương ứng với 4 kênh truyền;

xác định (120) pha bù của cáp theo tín hiệu thăm dò đường lên được nhận từ UE, trong đó pha bù của cáp là giá trị chênh lệch giữa độ lệch pha của cáp tương ứng với nhóm anten cùng phân cực thứ nhất và độ lệch pha của cáp tương ứng với nhóm anten cùng phân cực thứ hai;

tạo (130) 4 kênh của tín hiệu băng gốc theo m kênh của các tín hiệu theo phép tương ứng một - một với m cổng logic; và

hiệu chỉnh (140) 4 kênh của tín hiệu băng gốc theo các hệ số bù lần lượt tương ứng với 4 kênh truyền và pha bù của cáp;

gửi 4 kênh của các tín hiệu băng gốc được hiệu chỉnh đến UE qua 4 kênh truyền and các anten phân cực ngang các cột kép.

14. Phương pháp truyền thông theo điểm 13, trong đó việc xác định pha bù của cáp theo tín hiệu thăm dò đường lên được nhận từ UE bao gồm các bước:

xác định các đáp ứng kênh giữa UE và BS theo tín hiệu thăm dò đường lên được nhận từ UE;

xác định, theo các đáp ứng kênh giữa UE và BS, rằng các kênh giữa UE và các anten phân cực ngang các cột kép là các đường LOS; và

xác định pha bù của cáp theo các đáp ứng kênh giữa UE và BS.

15. Phương pháp truyền thông theo điểm 14, trong đó việc xác định, theo các đáp ứng kênh giữa UE và BS, rằng các kênh giữa UE và các anten phân cực ngang các cột kép là các đường LOS bao gồm các bước:

xác định ma trận tương quan không gian bằng toàn phần theo các đáp ứng kênh giữa UE và BS; và

xác định, theo ma trận tương quan không gian bằng toàn phần, rằng các kênh giữa UE và các anten phân cực ngang các cột kép là các đường LOS.

16. Phương pháp truyền thông theo điểm 15, trong đó nhóm anten cùng phân cực thứ nhất bao gồm anten thứ nhất và anten thứ ba, nhóm anten cùng phân cực thứ hai bao gồm anten thứ hai và anten thứ tư, các kênh giữa UE và BS bao gồm kênh thứ nhất, kênh thứ hai, kênh thứ ba, và kênh thứ tư, anten thứ nhất tương ứng với kênh thứ nhất, anten thứ hai tương ứng với kênh thứ hai, anten thứ ba tương ứng với kênh thứ ba, và anten thứ tư tương ứng với kênh thứ tư; và

trong đó việc xác định, theo ma trận tương quan không gian bằng toàn phần, rằng các kênh giữa UE và các anten phân cực ngang các cột kép là các đường LOS bao gồm bước:

xác định, nếu tương quan giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba lớn hơn ngưỡng định trước, và tương quan giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư lớn hơn ngưỡng, rằng các kênh giữa UE và các anten phân cực ngang các cột kép là các đường LOS.

17. Phương pháp truyền thông theo điểm 16, trong đó việc xác định pha bù của cáp theo các đáp ứng kênh giữa UE và BS bao gồm các bước:

xác định giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai theo ma trận tương quan không gian bằng toàn phần, trong đó pha thứ nhất là giá trị chênh lệch pha giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba, và pha thứ hai là giá trị chênh lệch pha giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư; và

lọc giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất and pha thứ hai, để thu được pha bù của cáp.

18. Phương pháp truyền thông theo điểm 17, trong đó nếu tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần thứ p ,

ma trận tương quan không gian bằng toàn phần

$$R(p) = \begin{bmatrix} r_{00}(p) & r_{01}(p) & r_{02}(p) & r_{03}(p) \\ r_{10}(p) & r_{11}(p) & r_{12}(p) & r_{13}(p) \\ r_{20}(p) & r_{21}(p) & r_{22}(p) & r_{23}(p) \\ r_{30}(p) & r_{31}(p) & r_{32}(p) & r_{33}(p) \end{bmatrix},$$

trong đó phần tử $r_{ij}(p)$ trong $R(p)$ biểu diễn tương quan giữa kênh thứ i và kênh thứ j giữa UE và BS nếu tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận trong lần thứ p , và p là số nguyên dương; và

việc xác định, nếu tương quan giữa kênh thứ nhất và kênh thứ ba lớn hơn ngưỡng định trước, và tương quan giữa kênh thứ hai và kênh thứ tư lớn hơn ngưỡng, rằng các kênh giữa UE và các anten phân cực ngang các cột kép là các đường LOS bao gồm bước:

xác định, nếu các bất phương trình sau đều đúng, rằng các kênh giữa UE và các anten phân cực ngang các cột kép nếu tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận trong lần thứ p là các đường LOS:

$$|r_{02}(p)| / \sqrt{r_{00}(p)r_{22}(p)} > Thre \quad \text{và} \quad |r_{13}(p)| / \sqrt{r_{11}(p)r_{33}(p)} > Thre$$

trong đó $Thre$ biểu diễn ngưỡng.

19. Phương pháp truyền thông theo điểm 18, trong đó việc xác định giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai theo ma trận tương quan không gian bằng toàn phần bao gồm bước:

xác định, theo phương trình sau, giá trị độ lệch $\Delta(p)$ giữa pha thứ nhất và pha thứ hai nếu tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận trong lần thứ

p:

$$\Delta(p) = \text{phase}(r_{20}(p)) - \text{phase}(r_{31}(p))$$

trong đó $\text{phase}(r_{20}(p))$ biểu diễn pha thứ nhất, và $\text{phase}(r_{31}(p))$ biểu diễn pha thứ hai; và

việc lọc giá trị chênh lệch giữa pha thứ nhất và pha thứ hai, để thu được pha bù của cáp bao gồm bước:

nếu p lớn hơn 1, thu được, theo phương trình sau, pha bù của cáp $\hat{\Delta}(p)$ nếu tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận trong lần thứ p:

$$\hat{\Delta}(p) = (1 - \alpha) * \hat{\Delta}(p-1) + \alpha * \Delta(p)$$

trong đó $\hat{\Delta}(p-1)$ biểu diễn pha bù của cáp nếu tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận trong lần thứ (p-1), và α biểu diễn hệ số lọc; và

nếu p bằng 1, thu được, theo phương trình sau, pha bù của cáp $\hat{\Delta}(1)$ nếu tín hiệu thăm dò đường lên từ UE được nhận lần đầu tiên:

$$\hat{\Delta}(1) = \Delta(1).$$

20. Phương pháp truyền thông theo một trong các điểm 13 đến 19. trong đó m bằng 2; và

trong đó việc tạo 4 kênh của tín hiệu băng gốc theo m kênh của các tín hiệu tương ứng với m cổng logic bao gồm:

tạo 4 kênh của tín hiệu băng gốc theo phương trình sau:

$$\begin{bmatrix} x_0(k) \\ x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ e^{j2\pi k / N_m} & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -e^{j2\pi k / N_m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_0(k) \\ s_1(k) \end{bmatrix}$$

trong đó k biểu diễn chỉ mục kênh mang phụ, $x_0(k)$, $x_1(k)$, $x_2(k)$, và $x_3(k)$ biểu diễn 4 kênh của tín hiệu băng gốc trên kênh mang phụ thứ k, $s_0(k)$ và $s_1(k)$ biểu diễn các tín hiệu lần lượt tương ứng với 2 cổng logic trên

kênh mang phụ thứ k , d biểu diễn số điểm độ trễ tuần hoàn, N_{fft} biểu diễn số điểm FFT hệ thống, và k là số nguyên dương; và

$x_0(k)$ và $x_2(k)$ tương ứng với nhóm anten cùng phân cực thứ nhất, và $x_1(k)$ và $x_3(k)$ tương ứng với nhóm anten cùng phân cực thứ hai.

21. Phương pháp truyền thông theo một trong các điểm 13 đến 19, trong đó m bằng 4; và

trong đó việc tạo 4 kênh của tín hiệu băng gốc theo m kênh của các tín hiệu tương ứng với m cổng logic bao gồm bước:

tạo kênh thứ nhất của tín hiệu băng gốc theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ nhất, tạo kênh thứ hai của tín hiệu băng gốc theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ ba, tạo kênh thứ ba của tín hiệu băng gốc theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ hai, và tạo kênh thứ tư của tín hiệu băng gốc theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ tư.

22. Phương pháp truyền thông theo điểm 21, trong đó việc tạo kênh thứ nhất của tín hiệu băng gốc theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ nhất, việc tạo kênh thứ hai của tín hiệu băng gốc theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ ba, việc tạo kênh thứ ba của tín hiệu băng gốc theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ hai, và việc tạo kênh thứ tư của tín hiệu băng gốc theo tín hiệu tương ứng với cổng logic thứ tư bao gồm bước:

tạo 4 kênh của tín hiệu băng gốc theo phương trình sau:

$$\begin{bmatrix} x_0(k) \\ x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_0(k) \\ s_1(k) \\ s_2(k) \\ s_3(k) \end{bmatrix}$$

trong đó k biểu diễn chỉ mục kênh mang phụ, $x_0(k)$, $x_1(k)$, $x_2(k)$, và $x_3(k)$ biểu diễn 4 kênh của tín hiệu băng gốc trên kênh mang phụ thứ k ,

$s_0(k)$, $s_1(k)$, $s_2(k)$, và $s_3(k)$ biểu diễn các tín hiệu lần lượt tương ứng với 4 cổng logic trên kênh mang phụ thứ k , và k là số nguyên dương; và

$x_0(k)$ và $x_2(k)$ tương ứng với nhóm anten cùng phân cực thứ nhất, và $x_1(k)$ và $x_3(k)$ tương ứng với nhóm anten cùng phân cực thứ hai.

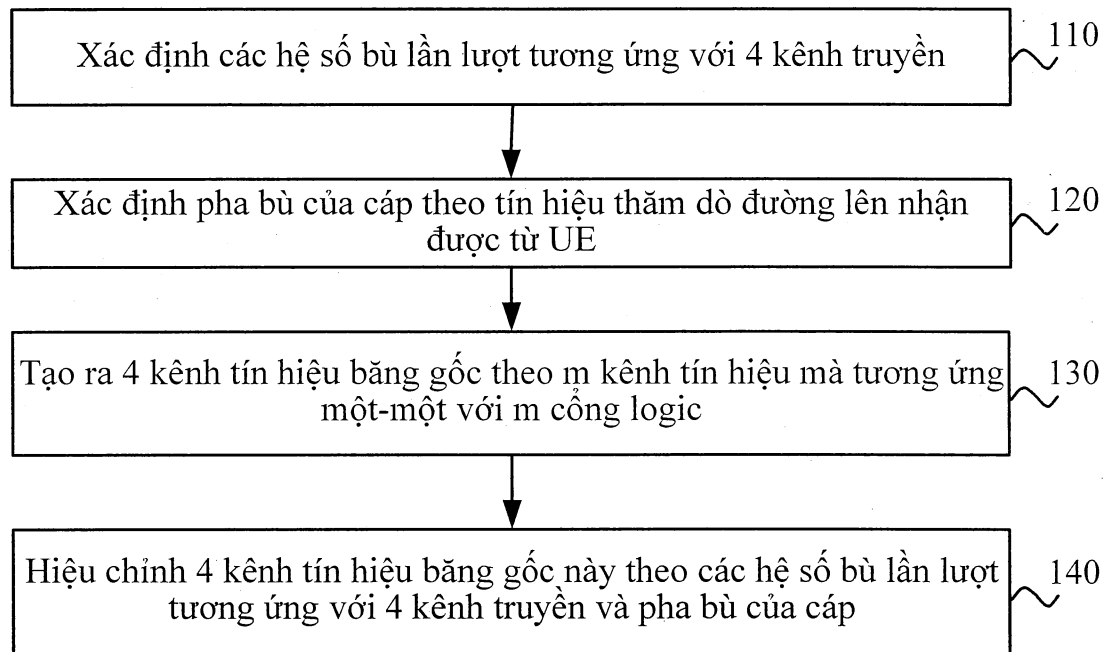


Fig.1

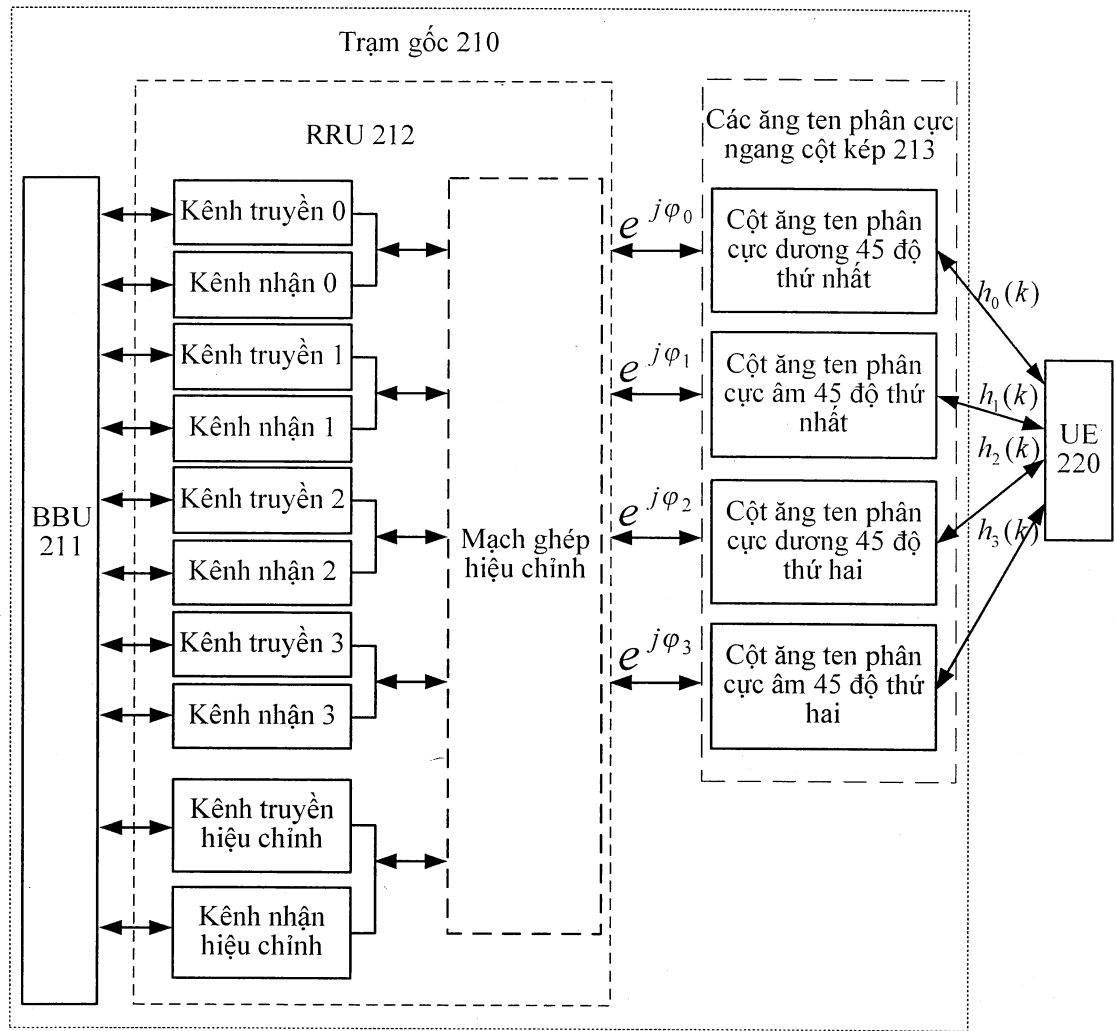


Fig.2

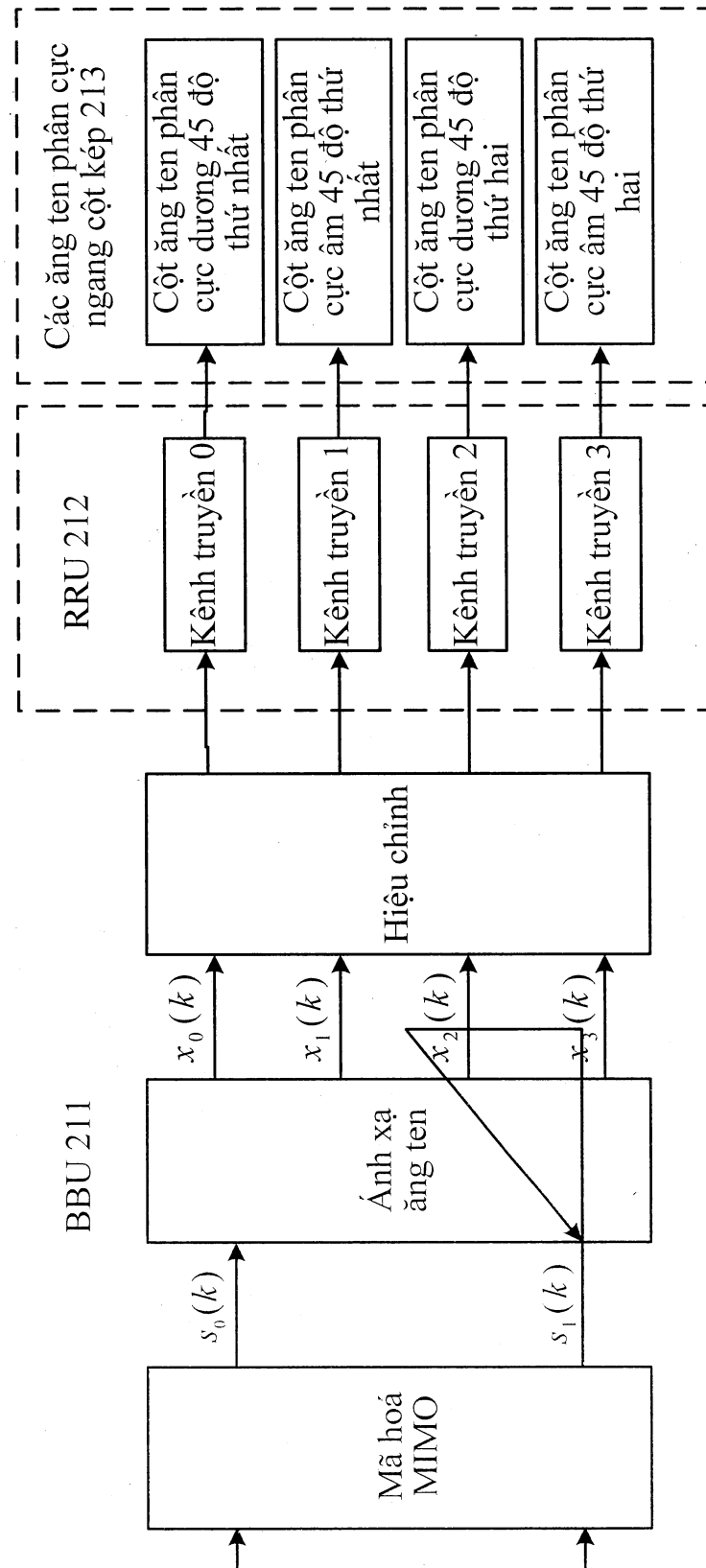


Fig.3

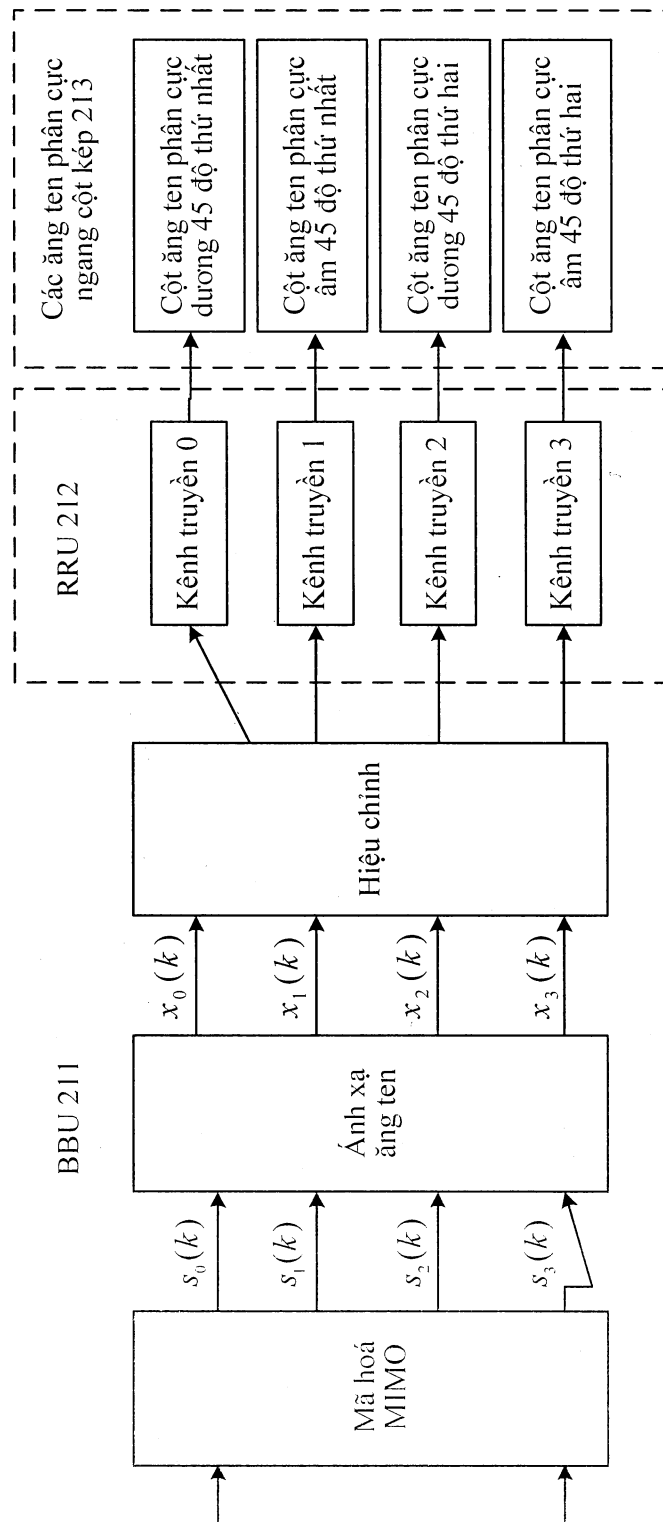


Fig.4

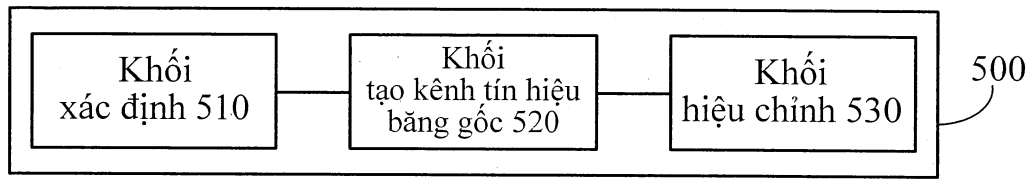


Fig.5

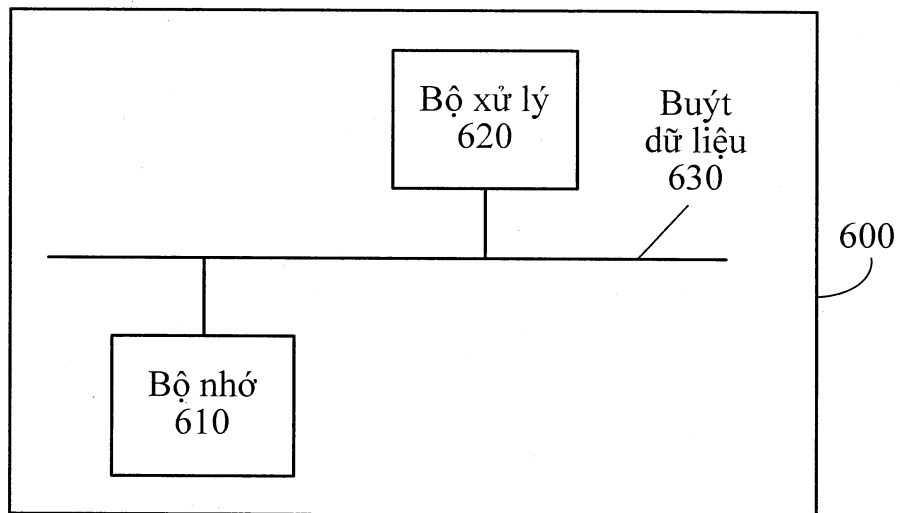


Fig.6

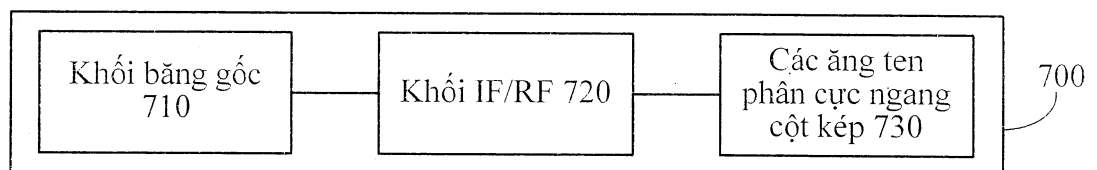


Fig.7