



(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)



1-0038704

(51)⁸ H04B 7/0456; H04B 7/06; H04B 7/04; (13) B
H04B 7/0452

(21) 1-2019-01220

(22) 11/08/2017

(86) PCT/IB2017/054911 11/08/2017

(87) WO/2018/029645 15/02/2018

(30) 62/374,564 12/08/2016 US

(45) 26/02/2024 431

(43) 27/05/2019 374A

(73) TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL) (SE)

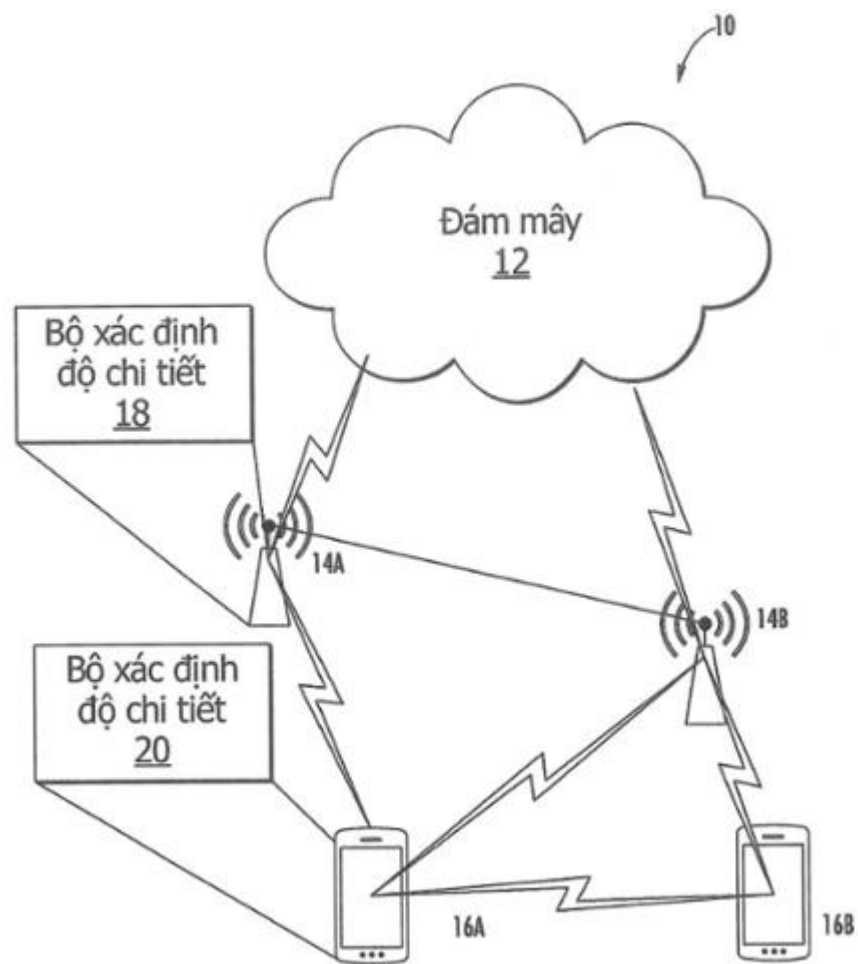
SE-164 83 Stockholm, Sweden

(72) Faxér, Sebastian (SE); GAO, Shiwei (CA); GRANT, Stephen (US); HARRISON, Robert Mark (US); MURUGANATHAN, Siva (CA).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) PHƯƠNG PHÁP VÀ TRẠM GỐC ĐỂ NHẬN CHỈ THỊ VỀ BỘ TIỀN MÃ HOÁ
TỪ THIẾT BỊ NGƯỜI DÙNG, VÀ PHƯƠNG PHÁP ĐỂ THIẾT BỊ NGƯỜI DÙNG
TRUYỀN CHỈ THỊ VỀ BỘ TIỀN MÃ HOÁ ĐẾN TRẠM GỐC

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp, thiết bị không dây và nút mạng để xác định chỉ thị về bộ tiền mã hóa. Theo một khía cạnh, phương pháp ở thiết bị không dây bao gồm bước xác định chỉ thị về bộ tiền mã hóa từ bảng mã, chỉ thị này bao gồm thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai mà lần lượt tương ứng với chùm thứ nhất và chùm thứ hai. Thông số pha của chùm thứ nhất lấy một trong số một số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha, và thông số pha của chùm thứ hai lấy một trong số một số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha. Ít nhất một trong số các điều kiện sau đây áp dụng: số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là nhỏ hơn số lượng giá trị pha thứ nhất, và độ chi tiết tần số thứ hai là lớn hơn độ chi tiết tần số thứ nhất. Phương pháp này bao gồm bước truyền chỉ thị xác định được về bộ tiền mã hóa đến nút mạng. Theo khía cạnh khác, chùm thứ hai có công suất nhỏ hơn chùm thứ nhất, và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là nhỏ hơn số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến các hoạt động truyền thông không dây, cụ thể là đến các bảng mã đa chùm có phí tổn được tối ưu hoá.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các kỹ thuật đa ăng ten có thể làm tăng đáng kể tốc độ dữ liệu và độ tin cậy của hệ thống truyền thông không dây. Hiệu suất sẽ được cải thiện đặc biệt nếu cả bộ phát lẫn bộ thu đều được trang bị nhiều ăng ten, điều này tạo ra kênh truyền thông đa đầu vào đa đầu ra (Multiple-Input Multiple-Output - MIMO). Các hệ thống đó và/hoặc các kỹ thuật liên quan thường được gọi là MIMO.

Tiêu chuẩn 3GPP (Third Generation Partnership Project - dự án hợp tác thế hệ thứ ba) LTE (Long Term Evolution - phát triển lâu dài) hiện đang phát triển với sự hỗ trợ tăng cường của kỹ thuật MIMO. Thành phần cốt lõi trong LTE là sự hỗ trợ của những cách triển khai ăng ten MIMO và các kỹ thuật liên quan đến MIMO. Hiện nay, kỹ thuật LTE cải tiến (LTE-Advanced) hỗ trợ chế độ ghép kênh không gian 8 lớp cho lên đến 16 ăng ten phát với việc tiền mã hoá phụ thuộc kênh. Chế độ ghép kênh không gian là nhằm đạt được tốc độ dữ liệu cao trong các điều kiện kênh có lợi. Hoạt động ghép kênh không gian bởi ma trận tiền mã hoá 2 được thể hiện trên Fig.1.

Như có thể thấy, vector ký hiệu mang thông tin s từ các lớp 1-r (4) là được nhân với ma trận bộ tiền mã hoá W cỡ $N_T \times r$ (2), mà có tác dụng phân phối năng lượng phát trong không gian con của không gian vector N_T chiều (tương ứng với N_T cổng ăng ten) để tạo ra các tín hiệu để biến đổi Fourier ngược (6).

Ma trận bộ tiền mã hoá 2 này thường được chọn từ bảng mã của các ma trận bộ tiền mã hoá khả thi, và thường được chỉ thị bằng bộ chỉ thị ma trận bộ tiền mã hoá (Precoder Matrix Indicator - PMI), mà quy định ma trận bộ tiền mã hoá duy nhất trong bảng mã này đối với số lượng luồng ký hiệu cụ thể. Mỗi trong số r ký hiệu trong s là tương ứng với một lớp, và r được gọi là bậc truyền. Theo cách này, thì đạt

được sự ghép kênh không gian vì nhiều ký hiệu có thể được truyền đồng thời trên cùng phần tử tài nguyên thời gian/tần số (Time/Frequency Resource Element - TFRE). Số lượng ký hiệu r thường được làm thích ứng để phù hợp với các thuộc tính kênh hiện tại.

LTE sử dụng OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing - ghép kênh phân chia theo tần số trực giao) trên đường xuống (và OFDM được tiền mã hoá bằng DFT (Discrete Fourier Transform - phép biến đổi Fourier rời rạc) trên đường lên), do đó, vectơ y_n cỡ $N_R \times 1$ nhận được đối với TFRE nhất định trên sóng mang con n (hay theo cách khác là số dữ liệu TFRE n) là được mô hình hoá bằng phương trình

$$y_n = H_n W s_n + e_n \quad \text{Phương trình 1}$$

trong đó e_n là vectơ tạp âm/nhiều thu được khi thực hiện quá trình ngẫu nhiên. Bộ tiền mã hoá W có thể là bộ tiền mã hoá dải rộng, mà không thay đổi theo tần số, hoặc là có chọn lọc tần số.

Ma trận bộ tiền mã hoá W 2 này thường được chọn để khớp với các đặc điểm của ma trận kênh MIMO H_n cỡ $N_{RX} \times N_T$, gây ra cái được gọi là tiền mã hoá phụ thuộc kênh. Việc này cũng thường được gọi là tiền mã hoá vòng lặp kín, và về cơ bản là cố gắng tập trung năng lượng phát vào không gian con, mà có khả năng lớn trong việc vận chuyển phần nhiều của năng lượng được phát đến thiết bị không dây. Ngoài ra, ma trận bộ tiền mã hoá cũng có thể được chọn để cố gắng làm trực giao hoá kênh, có nghĩa là sau khi làm cân bằng tuyến tính phù hợp tại thiết bị không dây, thì sự can nhiễu liên lớp là được giảm bớt.

Một phương pháp ví dụ để thiết bị không dây chọn ma trận bộ tiền mã hoá W có thể là chọn W_k mà tối đa hoá Frobenius norm của kênh tương đương được giả thuyết:

$$\max_k \|\hat{H}_n W_k\|_F^2 \quad \text{Phương trình 2}$$

Trong đó

- $\hat{H}_n$ là kết quả ước lượng kênh, có thể được trích xuất từ CSI-RS (Channel State Information-Reference Signal - tín hiệu tham chiếu về thông tin trạng thái kênh) như được mô tả dưới đây.

- W_k là ma trận bộ tiền mã hoá được giả thuyết với chỉ số k .
- $\hat{H}_n W_k$ là kênh tương đương được giả thuyết.

Khi tiền mã hoá vòng lặp kín đối với đường xuống LTE, thì thiết bị không dây sẽ truyền, dựa trên các phép đo kênh trên liên kết thuận (đường xuống), các khuyến nghị đến trạm gốc, ví dụ, eNodeB (eNB), về bộ tiền mã hoá phù hợp để sử dụng. Trạm gốc tạo cấu hình cho thiết bị không dây để cung cấp phản hồi theo chế độ truyền của thiết bị không dây, và có thể truyền CSI-RS và tạo cấu hình cho thiết bị không dây để sử dụng các phép đo CSI-RS để phản hồi các ma trận tiền mã hoá được khuyến nghị mà thiết bị không dây chọn từ bảng mã. Bộ tiền mã hoá đơn mã được cho là bao trùm băng thông lớn (tiền mã hoá dải rộng) có thể được phản hồi. Cũng có thể có lợi nếu so khớp những sự biến thiên tần số của kênh, và thay vào đó là phản hồi báo cáo tiền mã hoá có lựa chọn tần số, ví dụ, vài bộ tiền mã hoá, một bộ tiền mã hoá trên mỗi dải con. Đây là ví dụ về trường hợp tổng quát hơn về phản hồi thông tin trạng thái kênh (Channel State Information - CSI), mà cũng bao gồm việc phản hồi các thông tin khác mà khuyến nghị các bộ tiền mã hoá để hỗ trợ eNodeB trong các hoạt động truyền sau đó đến thiết bị không dây. Các thông tin khác đó có thể bao gồm các bộ chỉ thị chất lượng kênh (Channel Quality Indicator - CQI) cũng như bộ chỉ thị bậc (Rank Indicator - RI) truyền.

Trong hệ thống LTE, thì định dạng của các báo cáo CSI là được quy định chi tiết và có thể chứa CQI (Channel Quality Information - thông tin chất lượng kênh), chỉ thị bậc (Rank Indicator - RI), và chỉ thị ma trận tiền mã hoá (Precoding Matrix Indicator - PMI). Các báo cáo này có thể là dải rộng (tức là áp dụng được cho toàn bộ băng thông) hoặc là các dải con (tức là áp dụng được cho một phần của băng thông). Chúng có thể được tạo cấu hình bởi thông điệp điều khiển tài nguyên vô tuyến (Radio Resource Control - RRC) để được gửi theo cách định kỳ hoặc không định kỳ mà được kích hoạt bởi DCI (Downlink Control Information - thông tin điều khiển đường xuống) mà được gửi từ eNB đến WD (Wireless Device - thiết bị không dây). Chất lượng và độ tin cậy của CSI là có tính quyết định để eNB đưa ra những quyết định lập lịch khả thi nhất đối với các hoạt động truyền DL sắp tới.

Yêu cầu CSI không định kỳ thì được chỉ thị trong trường yêu cầu CSI ở định dạng DCI 0 hoặc định dạng DCI 4. Số lượng bit trong trường này biến thiên từ 1 bit

đến 3 bit, tùy theo cấu hình WD. Ví dụ, đối với các WD mà được tạo cấu hình với từ 1 đến 5 sóng mang (hay tế bào) và/hoặc nhiều tiến trình CSI-RS, thì 2 bit được sử dụng, còn đối với các WD mà được tạo cấu hình với nhiều hơn 5 sóng mang, thì 3 bit được sử dụng. Trong trường hợp WD được tạo cấu hình với sóng mang đơn (tức tế bào phục vụ c) và 2 tập hợp tiến trình CSI-RS, thì trường yêu cầu CSI được thể hiện trên Bảng 1. Nếu WD được tạo cấu hình với sóng mang đơn và một tiến trình CSI đơn hoặc không có tiến trình CSI nào, thì một bit đơn được sử dụng. Khái niệm về tiến trình CSI đã được giới thiệu ở LTE Rel-11, trong đó tiến trình CSI được xác định là cấu hình của tài nguyên đo kênh và tài nguyên đo nhiễu, và lên đến bốn tiến trình CSI có thể được tạo cấu hình cho một WD.

Bảng 1

Giá trị của trường yêu cầu CSI	Mô tả
'00'	Không có báo cáo CSI không định kỳ nào được kích hoạt
'01'	Báo cáo CSI không định kỳ được kích hoạt đối với tập hợp (các) tiến trình CSI mà được tạo cấu hình bởi các lớp cao hơn cho tế bào phục vụ c
'10'	Báo cáo CSI không định kỳ được kích hoạt cho tập hợp (các) tiến trình CSI thứ nhất mà được tạo cấu hình bởi các lớp cao hơn
'11'	Báo cáo CSI không định kỳ được kích hoạt cho tập hợp (các) tiến trình CSI thứ hai mà được tạo cấu hình bởi các lớp cao hơn

Đối với phản hồi CSI, thì một dải con được xác định dưới dạng một số lượng cặp PRB (Physical Resource Block - khối tài nguyên vật lý) liên kề. Trong LTE, thì kích thước dải con (tức là số lượng cặp PRB liên kề) là phụ thuộc vào băng thông hệ thống, việc báo cáo CSI được tạo cấu hình để là định kỳ hay không định kỳ, và loại phản hồi (tức là việc phản hồi được tạo cấu hình bởi lớp cao hơn hay phản hồi dải con được chọn bởi thiết bị không dây là được tạo cấu hình). Một ví dụ thể hiện sự khác biệt giữa dải con và dải rộng được thể hiện trên Fig.2. Theo ví dụ này, thì dải

con này bao gồm 6 PRB liên kề. Lưu ý rằng chỉ có 2 dải con được thể hiện trên Fig.2 để đơn giản hoá việc thể hiện. Nói chung, tất cả các cặp PRB trong băng thông hệ thống là được chia thành các dải con khác nhau mà trong đó mỗi dải con đều bao gồm một số lượng cặp PRB cố định.

Ngược lại, phản hồi CSI dải rộng bao gồm tất cả các cặp PRB trong băng thông hệ thống. Như đã nêu trên, thiết bị không dây có thể phản hồi bộ tiền mã hoá đơn mà tính đến các phép đo từ tất cả các cặp PRB trong băng thông hệ thống nếu nó được tạo cấu hình để báo cáo PMI dải rộng bởi trạm gốc. Theo cách khác, nếu thiết bị không dây đó được tạo cấu hình để báo cáo PMI dải con, thì thiết bị không dây có thể phản hồi nhiều bộ tiền mã hoá, với một bộ tiền mã hoá trên mỗi dải con. Ngoài ra, thiết bị không dây cũng có thể phản hồi PMI dải rộng này đến các bộ tiền mã hoá dải con.

Trong LTE, có hai loại phản hồi dải con khả thi dành cho báo cáo PUSCH (Physical Uplink Shared CHannel - kênh dùng chung đường lên vật lý) CSI: (1) phản hồi dải con được tạo cấu hình bởi lớp cao hơn và (2) phản hồi dải con được chọn bởi thiết bị không dây. Với phản hồi dải con được tạo cấu hình bởi lớp cao hơn, thì thiết bị không dây có thể phản hồi PMI và/hoặc CQI đối với mỗi trong số các dải con. Kích thước dải con xét về mặt số lượng cặp PRB đối với phản hồi dải con được tạo cấu hình bởi lớp cao hơn là hàm của băng thông hệ thống và được liệt kê trên Bảng 2. Với phản hồi dải con được chọn bởi thiết bị không dây, thì thiết bị không dây chỉ phản hồi PMI và/hoặc CQI đối với một số lượng dải con được chọn trong số tất cả các dải con trong băng thông hệ thống. Kích thước dải con xét về mặt số lượng cặp PRB và số lượng dải con cần được phản hồi là hàm của băng thông hệ thống và được liệt kê trên Bảng 3.

Bảng 2

Băng thông hệ thống N_{RB}	Kích thước dải con (k_{sub})
6 - 7	Không khả dụng
8 - 10	4

11 - 26	4
27 - 63	6
64 - 110	8

Bảng 3

Bảng thông hệ thống N_{RB}^{DL}	Kích thước dải con k (các RB)	Số lượng dải con
6 – 7	Không khả dụng	Không khả dụng
8 – 10	2	1
11 – 26	2	3
27 – 63	3	5
64 – 110	4	6

Dựa vào phản hồi CSI từ thiết bị không dây, thì trạm gốc xác định các thông số truyền mà nó muốn dùng để truyền đến thiết bị không dây, bao gồm ma trận tiền mã hoá, bậc truyền, và trạng thái điều chế và mã hoá (Modulation and Coding State - MCS). Các thông số truyền này có thể khác với các khuyến nghị mà thiết bị không dây đưa ra. Do đó, bộ chỉ thị bậc và MCS có thể được báo hiệu trong thông tin điều khiển đường xuống (Downlink Control Information - DCI), và ma trận tiền mã hoá có thể được báo hiệu trong DCI, hoặc trạm gốc có thể truyền tín hiệu tham chiếu giải điều chế mà từ đó kênh tương đương có thể được đo. Bậc truyền, và theo đó là số lượng lớp được ghép kênh không gian, là được phản ánh ở số lượng cột của bộ tiền mã hoá W . Để hoạt động có hiệu quả, thì điều quan trọng là chọn bậc truyền mà khớp với các thuộc tính kênh.

Trong LTE bản phát hành 10 (Release-10), thì tín hiệu tham chiếu mới đã được giới thiệu để ước lượng các tín hiệu tham chiếu về thông tin trạng thái kênh (CSI-RS) đường xuống. CSI-RS cung cấp vài ưu điểm so với việc dựa phản hồi CSI trên các tín hiệu tham chiếu chung (Common Reference Symbol - CRS) mà đã được sử dụng nhằm mục đích đó trong các bản phát hành 8-9. Thứ nhất là, CSI-RS không được dùng để giải điều chế tín hiệu dữ liệu, do đó, không yêu cầu cùng mật độ (tức là, phí tổn của CSI-RS về cơ bản là ít hơn). Thứ hai là, CSI-RS cung cấp phương tiện

linh hoạt hơn nhiều để tạo cấu hình các phép đo phản hồi CSI (ví dụ, việc đo trên tài nguyên CSI-RS nào là có thể được tạo cấu hình theo cách riêng của thiết bị không dây).

Bằng cách đo CSI-RS được phát từ trạm gốc thì thiết bị không dây có thể ước lượng kênh hiệu dụng mà CSI-RS đang đi qua, bao gồm kênh lan truyền vô tuyến và các độ lợi ăng ten. Nói theo cách toán học hơn, thì điều này có nghĩa là nếu tín hiệu CSI-RS $\mathbf{x}$ đã biết được truyền, thì thiết bị không dây có thể ước lượng sự ghép cặp giữa tín hiệu được truyền và tín hiệu nhận được (tức là kênh hiệu dụng). Do đó, nếu không có phép ảo hoá nào được thực hiện trong lần truyền, thì tín hiệu nhận được $\mathbf{y}$ có thể được biểu diễn dưới dạng

$$\mathbf{y} = \mathbf{H}\mathbf{x} + \mathbf{e}$$

Phương trình 3

và thiết bị không dây có thể ước lượng kênh hiệu dụng $\mathbf{H}$.

Có đến tám cổng CSI-RS có thể được tạo cấu hình ở LTE Rel-10, tức là, thiết bị không dây có thể ước lượng kênh từ lên đến tám cổng ăng ten phát. Trong LTE bản phát hành 13, thì số lượng cổng CSI-RS mà có thể được tạo cấu hình đã được mở rộng lên đến mười sáu cổng. Trong LTE bản phát hành 14, thì người ta đang tính đến việc hỗ trợ lên đến 32 cổng CSI-RS

Liên quan đến CSI-RS là khái niệm các tài nguyên CSI-RS có công suất bằng không (còn được gọi là CSI-RS câm) mà được tạo cấu hình như là các tài nguyên CSI-RS bình thường, để thiết bị không dây biết rằng việc truyền dữ liệu là được ánh xạ xung quanh các tài nguyên đó. Mục đích của các tài nguyên CSI-RS có công suất bằng không là để cho phép mạng làm câm việc truyền trên các tài nguyên tương ứng, để tăng tỷ số tín hiệu trên nhiễu và tạp âm (Signal to Interference plus Noise Ratio - SINR) của CSI-RS có công suất khác không tương ứng, mà có thể là được truyền ở tế bào/điểm truyền láng giềng. Đối với Rel-11 của LTE, thì CSI-RS đặc biệt có công suất bằng không đã được giới thiệu mà thiết bị không dây bắt buộc phải sử dụng để đo nhiễu và tạp âm. Thiết bị không dây có thể cho rằng nút B cải tiến (evolved node B - eNB) phục vụ đang không truyền trên tài nguyên CSI-RS có công suất bằng không đó, do đó, công suất nhận được có thể được dùng làm kết quả đo nhiễu và tạp âm.

Dựa trên tài nguyên CSI-RS được chỉ định và cấu hình phép đo nhiễu (ví dụ, tài nguyên CSI-RS có công suất bằng không), thì thiết bị không dây có thể ước lượng kênh hiệu dụng và tạp âm và nhiễu, sau đó, còn xác định bậc, ma trận tiền mã hoá, và MCS để khuyến nghị để khớp nhất với kênh cụ thể.

Các giải pháp hiện nay dành cho MU-MIMO dựa trên các báo cáo CSI không tường minh với các bộ tiền mã hoá dựa trên DFT là có các vấn đề về việc ước lượng chính xác và giảm sự can nhiễu giữa những người dùng cùng được lập lịch, dẫn đến hiệu suất MU-MIMO kém.

Các sơ đồ bộ tiền mã hoá đa chùm có thể cho hiệu suất MU-MIMO tốt hơn, nhưng cái giá phải trả là làm tăng phí tổn phản hồi CSI và sự phức tạp khi tìm kiếm bộ tiền mã hoá của thiết bị không dây. Vấn đề bỏ ngỏ là làm sao để xây dựng bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm hiệu quả để cho hiệu suất MU-MIMO tốt nhưng có phí tổn phản hồi thấp, và thiết bị không dây nên trích xuất phản hồi CSI như thế nào.

Tài liệu “WO 2016/048223 A1 của Ericsson Telefon AB LM [SE] đề xuất phương pháp để cho phép thiết bị người dùng (User Equipment - UE) xác định bảng mã bộ tiền mã hoá. Tài liệu WO 2015/190866 A1 của LG Electronics Inc. và tài liệu US 2017/117945 A1 của Kim YOUNGTAE [KR] và cộng sự đề xuất các tín hiệu tiền mã hoá dành cho nhiễu ngẫu nhiên”.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo một số phương án, theo cách có lợi, sáng chế đề xuất phương pháp, thiết bị không dây và nút mạng để xác định độ chi tiết để tối ưu hoá phí tổn của bộ tiền mã hoá. Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp xác định bộ tiền mã hoá từ bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm. Phương pháp này bao gồm bước xác định, đối với mỗi chùm, độ chi tiết của hệ số làm đồng pha, độ chi tiết của hệ số làm đồng pha đối với chùm này là dựa trên cường độ chùm, chùm yếu hơn thì có độ chi tiết thấp hơn so với chùm mạnh hơn. Phương pháp này cũng bao gồm bước xác định hệ số làm đồng pha cho mỗi chùm với độ chi tiết xác định được. Phương pháp này còn bao gồm bước truyền các hệ số làm đồng pha đến nút mạng.

Theo khía cạnh này, theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước truyền các độ chi tiết này đến nút mạng này. Theo một số phương án, độ chi

tiết của hệ số làm đồng pha đối với chùm là dựa trên cường độ chùm, chùm yếu hơn thì có độ chi tiết thấp hơn so với chùm mạnh hơn. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước

xác định độ chi tiết tần số của mỗi chùm để là bội số của kích thước dải con. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước xác định độ chi tiết của chùm điểm được khoá dịch pha (Phase Shift Keyed - PSK). Theo một số phương án, chùm điểm PSK này là 8 PSK đối với các chùm có cường độ chùm trên ngưỡng thứ nhất, và chùm điểm PSK này là PSK vuông góc (Quadrature PSK - QPSK) đối với các chùm có cường độ chùm dưới ngưỡng thứ hai. Theo một số phương án, ngưỡng thứ nhất và ngưỡng thứ hai này là giống nhau. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước mã hoá vi sai đối với pha của mỗi các dải tần số con của chùm. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước mã hoá về mặt thông số đối với pha của chùm so với tần số của chùm đó.

Theo khía cạnh khác, thiết bị không dây được tạo cấu hình để xác định bộ tiền mã hoá từ bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm. Thiết bị không dây này bao gồm hệ mạch xử lý bao gồm bộ nhớ và bộ xử lý. Bộ nhớ này được tạo cấu hình để lưu giữ các hệ số làm đồng pha. Bộ xử lý này được tạo cấu hình để xác định, đối với mỗi chùm, độ chi tiết của hệ số làm đồng pha, độ chi tiết của hệ số làm đồng pha đối với chùm này là dựa trên cường độ chùm, chùm yếu hơn thì có độ chi tiết thấp hơn so với chùm mạnh hơn. Bộ xử lý này cũng được tạo cấu hình để xác định hệ số làm đồng pha cho mỗi chùm với độ chi tiết xác định được. Thiết bị không dây này cũng bao gồm bộ thu phát được tạo cấu hình để truyền các hệ số làm đồng pha này đến nút mạng.

Theo khía cạnh này, theo một số phương án, bộ xử lý còn được tạo cấu hình để truyền các độ chi tiết xác định được đến nút mạng. Theo một số phương án, bộ xử lý còn được tạo cấu hình để xác định độ chi tiết tần số của mỗi chùm để là bội số của kích thước dải con.

Theo một số phương án, bộ xử lý còn được tạo cấu hình để xác định độ chi tiết của chùm điểm được khoá dịch pha (PSK). Theo một số phương án, chùm điểm PSK này là 8 PSK đối với các chùm có cường độ chùm trên ngưỡng thứ nhất, và chùm điểm PSK này là PSK vuông góc (Quadrature PSK - QPSK) đối với các chùm

có cường độ chùm dưới ngưỡng thứ hai. Theo một số phương án, ngưỡng thứ nhất và ngưỡng thứ hai này là giống nhau. Theo một số phương án, bộ xử lý còn được tạo cấu hình để mã hoá vi sai đối với pha của mỗi trong số các dải tần số con của chùm.

Theo khía cạnh khác nữa, thiết bị không dây được tạo cấu hình để xác định bộ tiền mã hoá từ bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm. Thiết bị không dây này bao gồm môđun bộ nhớ được tạo cấu hình để lưu giữ các hệ số làm đồng pha, môđun xác định độ chi tiết được tạo cấu hình để xác định, đối với mỗi chùm, độ chi tiết của hệ số làm đồng pha, độ chi tiết của hệ số làm đồng pha, độ chi tiết của hệ số làm đồng pha, độ chi tiết của hệ số làm đồng pha đối với chùm này là dựa trên cường độ chùm, chùm yếu hơn thì có độ chi tiết thấp hơn so với chùm mạnh hơn. Thiết bị không dây này còn bao gồm môđun xác định hệ số đồng pha được tạo cấu hình để xác định hệ số làm đồng pha cho mỗi chùm với độ chi tiết xác định được. Thiết bị không dây này cũng bao gồm môđun thu phát được tạo cấu hình để truyền các hệ số làm đồng pha này đến nút mạng.

Theo khía cạnh khác nữa, theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp để thiết bị không dây báo cáo bộ tiền mã hoá đến nút mạng. Phương pháp này bao gồm bước xác định, từ bảng mã, chỉ thị về bộ tiền mã hoá mà bao gồm thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai mà lần lượt tương ứng với chùm thứ nhất và chùm thứ hai. Thông số pha của chùm thứ nhất lấy một trong số một số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và tương ứng với độ chi tiết tần số thứ nhất. Thông số pha của chùm thứ hai lấy một trong số một số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha và tương ứng với độ chi tiết tần số thứ hai. Ngoài ra, ít nhất một trong số các điều kiện sau đây là áp dụng: số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là nhỏ hơn số lượng giá trị pha thứ nhất, và độ chi tiết tần số thứ hai là lớn hơn độ chi tiết tần số thứ nhất. Phương pháp này bao gồm bước xác định chỉ thị về bộ tiền mã hoá, và truyền chỉ thị về bộ tiền mã hoá xác định được đến nút mạng. Theo một số phương án, chùm thứ hai có công suất nhỏ hơn chùm thứ nhất.

Theo khía cạnh khác, theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp để thiết bị không dây báo cáo bộ tiền mã hoá đến nút mạng. Phương pháp này bao gồm bước xác định, từ bảng mã, chỉ thị về bộ tiền mã hoá mà bao gồm thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai mà lần lượt tương ứng với chùm thứ nhất và chùm thứ hai. Thông số pha của chùm thứ nhất lấy một trong số

một số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha. Thông số pha của chùm thứ hai lấy một trong số một số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha. Chùm thứ hai có công suất nhỏ hơn chùm thứ nhất, và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là nhỏ hơn số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha. Phương pháp này còn bao gồm bước báo cáo bộ tiền mã hoá được chọn đến nút mạng.

Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước xác định số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha, và tùy ý, truyền số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha này đến nút mạng. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước xác định độ chi tiết tần số của mỗi chùm để là bội số của kích thước dải con. Theo một số phương án, số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là các số lượng giá trị tương ứng có thể đạt được ở chùm điểm được khoá dịch pha PSK. Theo một số phương án, mỗi trong số chùm thứ nhất và chùm thứ hai là chùm thứ k , $\mathbf{d}(k)$, mà được liên kết với một tập hợp số phức và có cặp chỉ số (l_k, m_k) , mỗi phần tử của tập hợp số phức này là được đặc trưng bởi ít nhất một độ dịch pha phức sao cho:

$$d_n(k) = d_i(k)\alpha_{i,n}e^{j2\pi(p\Delta_{1,k}+q\Delta_{2,k})};$$

$$d_n(k), \text{ và } d_i(k) \text{ lần lượt là phần tử thứ } i \text{ và phần tử thứ } n \text{ của } \mathbf{d}(k);$$

$$\alpha_{i,n} \text{ là số thực tương ứng với phần tử thứ } i \text{ và phần tử thứ } n \text{ của } \mathbf{d}(k);$$

$$p \text{ và } q \text{ là các số nguyên; và}$$

các hướng chùm $\Delta_{1,k}$ và $\Delta_{2,k}$ lần lượt là các số thực tương ứng với các chùm với cặp chỉ số (l_k, m_k) mà xác định các độ dịch pha phức $e^{j2\pi\Delta_{1,k}}$ và $e^{j2\pi\Delta_{2,k}}$; và

mỗi trong số thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai là hệ số phức c_k đối với $\mathbf{d}(k)$ mà được dùng để điều chỉnh ít nhất là pha của phần tử thứ i của $\mathbf{d}(k)$ theo $c_k d_i(k)$.

Theo một số phương án, số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là các độ chi tiết tương ứng của các hệ số làm đồng pha tương ứng cho chùm thứ nhất và chùm thứ hai. Theo một số phương án, chùm điểm PSK này là 8 PSK đối với các chùm có cường độ chùm trên ngưỡng thứ nhất, và chùm điểm PSK này là PSK vuông góc (Quadrature PSK - QPSK) đối với các chùm có cường độ chùm dưới ngưỡng thứ hai. Theo một số phương án,

ngưỡng thứ nhất và ngưỡng thứ hai này là giống nhau. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước mã hoá vì sai ít nhất một trong số thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai, trong đó mỗi trong số thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai này là tương ứng với các dải tần số con. Theo một số phương án, phần đa số thứ nhất của các thông số pha của chùm thứ nhất và phần đa số thứ hai của các thông số pha của chùm thứ hai là lần lượt tương ứng với chùm thứ nhất và chùm thứ hai. Ngoài ra, phương pháp này có thể bao gồm bước mã hoá về mặt thông số đối với ít nhất một trong số phần đa số thứ nhất và phần đa số thứ hai của thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai, trong đó ít nhất một trong số phần đa số thứ nhất và phần đa số thứ hai của các thông số pha của chùm này là các hệ số trong hàm định trước theo tần số.

Theo khía cạnh khác nữa, theo một số phương án, thiết bị không dây được tạo cấu hình để truyền bộ tiền mã hoá đến nút mạng. Thiết bị không dây này bao gồm hệ mạch xử lý được tạo cấu hình để xác định, từ bảng mã, chỉ thị về bộ tiền mã hoá mà bao gồm thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai mà lần lượt tương ứng với chùm thứ nhất và chùm thứ hai. Thông số pha của chùm thứ nhất lấy một trong số một số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và tương ứng với độ chi tiết tần số thứ nhất. Thông số pha của chùm thứ hai lấy một trong số một số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha và tương ứng với độ chi tiết tần số thứ hai, trong đó ít nhất một trong số các điều kiện sau đây là áp dụng: số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là nhỏ hơn số lượng giá trị pha thứ nhất, và độ chi tiết tần số thứ hai là lớn hơn độ chi tiết tần số thứ nhất. Thiết bị không dây này còn bao gồm bộ thu phát được tạo cấu hình để truyền chỉ thị xác định được về bộ tiền mã hoá đến nút mạng. Theo một số phương án, chùm thứ hai có công suất nhỏ hơn chùm thứ nhất.

Theo một số phương án, thiết bị không dây được tạo cấu hình để truyền bộ tiền mã hoá đến nút mạng. Thiết bị không dây này bao gồm hệ mạch xử lý bao gồm bộ nhớ và bộ xử lý. Bộ nhớ này được tạo cấu hình để lưu giữ các thông số pha của chùm. Bộ xử lý này được tạo cấu hình để thực hiện bộ xác định thông số pha của chùm để xác định, từ bảng mã, chỉ thị về bộ tiền mã hoá mà bao gồm thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai mà lần lượt tương ứng với

chùm thứ nhất và chùm thứ hai. Thông số pha của chùm thứ nhất lấy một trong số một số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha. Thông số pha của chùm thứ hai lấy một trong số một số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha, chùm thứ hai có công suất nhỏ hơn chùm thứ nhất và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là nhỏ hơn số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha. Thiết bị không dây này cũng bao gồm bộ thu phát được tạo cấu hình để truyền bộ tiền mã hoá được chọn đến nút mạng.

Theo một số phương án, bộ xử lý còn được tạo cấu hình để xác định số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha, và truyền số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha này đến nút mạng. Theo một số phương án, bộ xử lý còn được tạo cấu hình để xác định độ chi tiết tần số của mỗi chùm để là bội số của kích thước dải con. Theo một số phương án, số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là các số lượng giá trị tương ứng có thể đạt được ở chùm điểm được khoá dịch pha PSK. Theo một số phương án, mỗi trong số chùm thứ nhất và chùm thứ hai là chùm thứ k , $\mathbf{d}(k)$, mà liên kết với tập hợp số phức và có cặp chỉ số (l_k, m_k) , mỗi phần tử của tập hợp số phức này là được đặc trưng bởi ít nhất một độ dịch pha phức sao cho:

$$d_n(k) = d_i(k) \alpha_{i,n} e^{j2\pi(p\Delta_{1,k} + q\Delta_{2,k})};$$

$d_n(k)$, và $d_i(k)$ lần lượt là phần tử thứ i và phần tử thứ n của $\mathbf{d}(k)$;

$\alpha_{i,n}$ là số thực tương ứng với phần tử thứ i và phần tử thứ n của $\mathbf{d}(k)$;

p và q là các số nguyên; và

các hướng chùm $\Delta_{1,k}$ và $\Delta_{2,k}$ lần lượt là các số thực tương ứng với các chùm với cặp chỉ số (l_k, m_k) mà xác định các độ dịch pha phức $e^{j2\pi\Delta_{1,k}}$ và $e^{j2\pi\Delta_{2,k}}$; và

mỗi trong số thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai là hệ số phức c_k đối với $\mathbf{d}(k)$ mà được dùng để điều chỉnh ít nhất là pha của phần tử thứ i của $\mathbf{d}(k)$ theo $c_k d_i(k)$.

Theo một số phương án, số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là các độ chi tiết tương ứng của các hệ số làm đồng pha tương ứng cho chùm thứ nhất và chùm thứ hai. Theo một số phương án, chùm điểm PSK này là 8 PSK đối với các chùm có cường độ chùm trên ngưỡng

thứ nhất, và chùm điểm PSK này là PSK vuông góc (Quadrature PSK - QPSK) đối với các chùm có cường độ chùm dưới ngưỡng thứ hai. Theo một số phương án, ngưỡng thứ nhất và ngưỡng thứ hai này là giống nhau. Theo một số phương án, bộ xử lý còn được tạo cấu hình để mã hoá vì sai ít nhất một trong số thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai, trong đó mỗi trong số thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai này là tương ứng với các dải tần số con. Theo một số phương án, phần đa số thứ nhất của các thông số pha của chùm thứ nhất và phần đa số thứ hai của các thông số pha của chùm thứ hai là lần lượt tương ứng với chùm thứ nhất và chùm thứ hai. Bộ xử lý còn được tạo cấu hình để mã hoá về mặt thông số đối với ít nhất một trong số phần đa số thứ nhất và phần đa số thứ hai của thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai, trong đó ít nhất một trong số phần đa số thứ nhất và phần đa số thứ hai của các thông số pha của chùm này là các hệ số trong hàm định trước theo tần số.

Theo khía cạnh khác, theo một số phương án, thiết bị không dây bao gồm môđun bộ nhớ được tạo cấu hình để lưu giữ các thông số pha của chùm. Thiết bị không dây này cũng bao gồm môđun xác định pha của chùm được tạo cấu hình để xác định thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai mà lần lượt tương ứng với chùm thứ nhất và chùm thứ hai. Thông số pha của chùm thứ nhất lấy một trong số một số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha. Thông số pha của chùm thứ hai lấy một trong số một số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha, chùm thứ hai có công suất nhỏ hơn chùm thứ nhất và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là nhỏ hơn số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha. Thiết bị không dây này cũng bao gồm môđun bộ thu phát được tạo cấu hình để truyền bộ tiền mã hoá được chọn đến nút mạng.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp ở nút mạng để xác định bộ tiền mã hoá nhờ sử dụng bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm. Phương pháp này bao gồm bước nhận hệ số làm đồng pha thứ nhất mà xác định được cho chùm thứ nhất với độ chi tiết tần số thứ nhất, nhận hệ số làm đồng pha thứ hai mà xác định được cho chùm thứ hai với độ chi tiết tần số thứ hai, độ chi tiết tần số thứ hai là lớn hơn độ chi tiết tần số thứ nhất, và xác định bộ tiền mã hoá nhờ sử dụng hệ số làm đồng pha thứ nhất và hệ số làm đồng pha thứ hai này.

Theo khía cạnh này, theo một số phương án, phương pháp này bao gồm bước xác định độ chi tiết tần số của hệ số làm đồng pha cho mỗi trong số các chùm, độ chi tiết tần số của hệ số làm đồng pha đối với chùm là dựa trên cường độ chùm, chùm yếu hơn thì có độ chi tiết tần số thấp hơn so với chùm mạnh hơn, và truyền các độ chi tiết tần số này đến thiết bị không dây. Theo khía cạnh này, theo một số phương án, thì độ chi tiết tần số của hệ số làm đồng pha đối với chùm là dựa trên cường độ chùm, chùm yếu hơn thì có độ chi tiết tần số thấp hơn so với chùm mạnh hơn. Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm bước xác định độ chi tiết tần số của mỗi chùm để là bội số của kích thước dải con. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước xác định độ chi tiết của chùm điểm được khoá dịch pha (Phase Shift Keyed - PSK). Theo một số phương án, chùm điểm PSK này là 8 PSK đối với các chùm có cường độ chùm trên một ngưỡng, và chùm điểm PSK này là PSK vuông góc (Quadrature PSK - QPSK) đối với các chùm có cường độ chùm dưới ngưỡng này.

Theo khía cạnh khác nữa, sáng chế đề xuất nút mạng để xác định bộ tiền mã hoá nhờ sử dụng bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm. Nút mạng này bao gồm hệ mạch xử lý bao gồm bộ nhớ và bộ xử lý. Bộ nhớ này được tạo cấu hình để lưu giữ các hệ số làm đồng pha đối với mỗi trong số các chùm. Bộ xử lý này được tạo cấu hình để nhận hệ số làm đồng pha thứ nhất mà được xác định cho chùm thứ nhất với độ chi tiết tần số thứ nhất, và nhận hệ số làm đồng pha thứ hai mà được xác định cho chùm thứ hai với độ chi tiết tần số thứ hai, độ chi tiết tần số thứ hai là lớn hơn độ chi tiết tần số thứ nhất. Bộ xử lý này còn được tạo cấu hình để xác định bộ tiền mã hoá nhờ sử dụng hệ số làm đồng pha thứ nhất và hệ số làm đồng pha thứ hai này.

Theo khía cạnh này, theo một số phương án, bộ xử lý này được tạo cấu hình để xác định độ chi tiết tần số của hệ số làm đồng pha đối với mỗi trong số các chùm, độ chi tiết tần số của hệ số làm đồng pha đối với chùm là dựa trên cường độ chùm, chùm yếu hơn thì có độ chi tiết tần số thấp hơn so với chùm mạnh hơn, và. Nút mạng này còn bao gồm bộ thu phát được tạo cấu hình để truyền các độ chi tiết tần số này đến thiết bị không dây. Theo khía cạnh này, theo một số phương án, bộ xử lý còn được tạo cấu hình để xác định độ chi tiết tần số của mỗi chùm để là bội số của kích thước dải con. Theo một số phương án, bộ xử lý còn được tạo cấu hình để xác định

độ chi tiết tần số của chùm điểm được khoá dịch pha (PSK). Theo một số phương án, chùm điểm PSK này là 8 PSK đối với các chùm có cường độ chùm trên một ngưỡng, và là PSK vuông góc (Quadrature PSK - QPSK) đối với các chùm có cường độ chùm dưới ngưỡng này. Theo một số phương án, bộ xử lý còn được tạo cấu hình để mã hoá vi sai đối với pha của mỗi dải con.

Theo khía cạnh khác, nút mạng được tạo cấu hình để xác định bộ tiền mã hoá nhờ sử dụng bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm. Nút mạng này bao gồm môđun thu phát được tạo cấu hình để nhận hệ số làm đồng pha thứ nhất mà được xác định cho chùm thứ nhất với độ chi tiết tần số thứ nhất, và nhận hệ số làm đồng pha thứ hai mà được xác định cho chùm thứ hai với độ chi tiết tần số thứ hai, độ chi tiết tần số thứ hai là lớn hơn độ chi tiết tần số thứ nhất. Nút mạng này còn bao gồm môđun bộ tiền mã hoá được tạo cấu hình để xác định bộ tiền mã hoá nhờ sử dụng hệ số làm đồng pha thứ nhất và hệ số làm đồng pha thứ hai này.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Bản chất, các ưu điểm và các dấu hiệu của sáng chế sẽ được làm rõ hơn nhờ phân mô tả chi tiết sau đây dựa vào các hình vẽ kèm theo, trong đó:

Fig.1 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của hệ thống để ghép kênh không gian;

Fig.2 là hình vẽ thể hiện sơ đồ phân vùng của băng thông hệ thống;

Fig.3 là hình vẽ thể hiện mảng 4x4 của các ăng ten phân cực kép;

Fig.4 là hình vẽ thể hiện lưới của các chùm DFT;

Fig.5 là hình vẽ thể hiện việc ánh xạ các cổng ăng ten;

Fig.6 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của hệ thống truyền thông không dây được xây dựng theo những nguyên lý được nêu ở đây;

Fig.7 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của nút mạng;

Fig.8 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của nút mạng theo phương án thay thế;

Fig.9 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của thiết bị không dây;

Fig.10 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của thiết bị không dây theo phương án thay thế;

Fig.11 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của thiết bị không dây theo phương án thay thế khác;

Fig.12 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của thiết bị không dây theo phương án thay thế khác nữa;

Fig.13 là hình vẽ thể hiện lưu đồ của tiến trình ví dụ để tạo cấu hình cho thiết bị không dây;

Fig.14 là hình vẽ thể hiện lưu đồ của tiến trình ví dụ để xác định bộ tiền mã hoá;

Fig.15 là hình vẽ thể hiện lưu đồ của tiến trình ví dụ thay thế để xác định bộ tiền mã hoá

Fig.16 là hình vẽ thể hiện các độ chi tiết tần số khác nhau;

Fig.17 là hình vẽ thể hiện các đồ thị của các pha của chùm;

Fig.18 là hình vẽ thể hiện tổng các vector để xác định sai số pha; và

Fig.19 là hình vẽ thể hiện cây nhị phân để mã hoá những sự thay đổi pha.

Mô tả chi tiết các phương án thực hiện sáng chế

Thuật ngữ thiết bị không dây (Wireless Device - WD) mà được sử dụng ở đây có thể là loại thiết bị không dây bất kỳ mà truyền thông với nút mạng và/hoặc với thiết bị không dây khác trong hệ thống truyền thông tế bào hoặc hệ thống truyền thông di động. Các ví dụ về thiết bị không dây là thiết bị người dùng (User Equipment - UE), thiết bị mục tiêu, thiết bị không dây giao tiếp trực tiếp giữa các thiết bị (Device to Device - D2D), thiết bị không dây kiểu máy hay thiết bị không dây có khả năng giao tiếp giữa máy với máy (Machine to Machine - M2M), PDA (Personal Digital Assistant - máy trợ lý cá nhân kỹ thuật số), iPad, máy tính bảng, các thiết bị đầu cuối di động, điện thoại thông minh, thiết bị được nhúng trong máy tính xách tay (Laptop Embedded Equipped - LEE), thiết bị được gắn trong máy tính xách tay (Laptop Mounted Equipment - LME), các khoá cứng USB (Universal Serial Bus - buýt nối tiếp vạn năng), v.v..

Thuật ngữ “nút mạng” được sử dụng ở đây có thể là nút mạng vô tuyến hoặc nút mạng khác, ví dụ, nút mạng lõi, MSC (Mobile Switching Center - trung tâm chuyển mạch di động), MME (Mobility Management Entity - thực thể quản lý di động), O&M (Operation & Maintenance - vận hành & bảo dưỡng), OSS (Operations Support System - hệ thống hỗ trợ vận hành), SON (Self Organizing Network - mạng

tự tổ chức), nút định vị (ví dụ, E-SMLC (Evolved Serving Mobile Location Center - trung tâm phục vụ định vị di động cải tiến)), nút MDT (Minimization of Drive Test - giảm thiểu công việc kiểm thử bằng cách chạy xe), v.v..

Thuật ngữ “nút mạng vô tuyến” được sử dụng ở đây có thể là loại nút mạng bất kỳ được bao gồm trong mạng vô tuyến mà có thể còn bao gồm bất kỳ trong số trạm gốc (Base Station - BS), trạm gốc vô tuyến, trạm thu phát gốc (Base Transceiver Station - BTS), bộ điều khiển trạm gốc (Base Station Controller - BSC), bộ điều khiển mạng vô tuyến (Radio Network Controller - RNC), nút B cải tiến (evolved Node B - eNB hoặc eNodeB), hoặc nút B vô tuyến mới của 3GPP, được gọi là gNB, nút vô tuyến đa tiêu chuẩn (Multi-Standard Radio - MSR) chẳng hạn MSR BS, nút chuyển tiếp, nút chuyển tiếp điều khiển nút cho, điểm truy cập (Access Point - AP) vô tuyến, các điểm truyền, các nút truyền, đơn vị vô tuyến ở xa (Remote Radio Unit - RRU) bộ thu phát vô tuyến ở xa (Remote Radio Head - RRH), các nút trong hệ thống ăng ten phân tán (Distributed Antenna System - DAS), v.v..

Cần lưu ý thêm rằng các chức năng mà được mô tả ở đây là được thực hiện bởi một thiết bị không dây hoặc nút mạng là có thể được phân tán trên nhiều thiết bị không dây và/hoặc nhiều nút mạng.

Trước khi mô tả chi tiết các phương án ví dụ, thì cần lưu ý rằng các phương án là nằm chủ yếu ở các tổ hợp của các thành phần thiết bị và các bước xử lý liên quan đến các bảng mã đa chùm với phí tổn được tối ưu hoá. Theo đó, các thành phần đã được biểu diễn phù hợp bằng các ký hiệu thông thường trên các hình vẽ, để chỉ thể hiện các chi tiết cụ thể mà liên quan đến việc cho phép hiểu các phương án của sáng chế, để không làm lu mờ sáng chế bằng các chi tiết mà người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực đã biết rõ.

Như được sử dụng ở đây, các từ ngữ quan hệ như “thứ nhất” và “thứ hai”, “trên” và “dưới”, v.v., là có thể được dùng chỉ để phân biệt thực thể hoặc phần tử này với thực thể hoặc phần tử khác mà không nhất thiết yêu cầu hay ám chỉ mối quan hệ hay thứ tự vật lý hay logic nào giữa các thực thể hoặc các phần tử đó.

Một số cách thức thực hiện sử dụng các mảng ăng ten hai chiều. Các mảng ăng ten đó có thể được mô tả (một phần) bởi số lượng cột ăng ten tương ứng với chiều ngang N_h , số lượng hàng ăng ten tương ứng với chiều đứng N_v và số lượng

chiều tương ứng với những sự phân cực khác nhau N_p . Do đó, tổng số ăng ten là $N = N_h N_v N_p$. Cần lưu ý rằng khái niệm ăng ten là không nhằm giới hạn ở chỗ nó có thể chỉ bất kỳ sự ảo hoá nào (ví dụ, việc ánh xạ tuyến tính) đối với các phần tử ăng ten vật lý. Ví dụ, các cặp phần tử vật lý con có thể được cấp cùng tín hiệu, do đó dùng chung cùng công ăng ten được ảo hoá.

Một ví dụ về mảng 4x4 (tức là bốn hàng và bốn cột), với các phần tử ăng ten phân cực chéo, được thể hiện trên Fig.3.

Việc tiền mã hoá có thể được hiểu là việc nhân tín hiệu với các trọng số tạo chùm khác nhau đối với mỗi ăng ten trước khi truyền. Cách tiếp cận thông thường là điều chỉnh bộ tiền mã hoá cho thích ứng với hệ số hình dạng của ăng ten, tức là tính đến N_h, N_v và N_p khi thiết kế bảng mã bộ tiền mã hoá. Một kiểu tiền mã hoá phổ biến là sử dụng bộ tiền mã hoá DFT, trong đó vectơ bộ tiền mã hoá, mà được dùng để tiền mã hoá việc truyền đơn lớp nhờ sử dụng mảng tuyến tính đồng nhất (Uniform Linear Array - ULA) đơn phân cực với N_1 ăng ten, là được xác định dưới dạng

$$\mathbf{w}_{1D}(l, N_1, O_1) = \frac{1}{\sqrt{N_1}} \begin{bmatrix} e^{j2\pi \cdot 0 \cdot \frac{l}{O_1 N_1}} \\ e^{j2\pi \cdot 1 \cdot \frac{l}{O_1 N_1}} \\ \vdots \\ e^{j2\pi \cdot (N_1-1) \cdot \frac{l}{O_1 N_1}} \end{bmatrix} \quad \begin{array}{l} \text{Phương} \\ \text{trình 4} \end{array}$$

trong đó $l = 0, 1, \dots, O_1 N_1 - 1$ là chỉ số bộ tiền mã hoá và O_1 là hệ số lấy mẫu dư là số nguyên. Bộ tiền mã hoá dành cho mảng tuyến tính đồng nhất (ULA) phân cực kép với N_1 ăng ten trên mỗi sự phân cực (và do đó, có tổng số $2N_1$ ăng ten) có thể được xác định theo cách tương tự là

$$\mathbf{w}_{1D,DP}(l, N_1, O_1) = \begin{bmatrix} \mathbf{w}_{1D}(l) \\ e^{j\phi} \mathbf{w}_{1D}(l) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{w}_{1D}(l) & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{w}_{1D}(l) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ e^{j\phi} \end{bmatrix} \quad \begin{array}{l} \text{Phương} \\ \text{trình 5} \end{array}$$

trong đó $e^{j\phi}$ là hệ số làm đồng pha giữa hai sự phân cực mà có thể, ví dụ, được chọn từ mẫu tự QPSK $\phi \in \{0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2}\}$.

Vectơ bộ tiền mã hoá tương ứng dành cho mảng phẳng đồng nhất (UPA) hai chiều với $N_1 \times N_2$ ăng ten có thể được tạo ra bằng cách lấy tích Kronecker của hai vectơ bộ tiền mã hoá dưới dạng $\mathbf{w}_{2D}(l, m) = \mathbf{w}_{1D}(l, N_1, O_1) \otimes \mathbf{w}_{1D}(m, N_2, O_2)$, trong

đó O_2 là hệ số lấy mẫu dư là số nguyên theo chiều N_2 . Mỗi bộ tiền mã hoá $w_{2D}(l, m)$ tạo thành một chùm 2D DFT, tất cả các bộ tiền mã hoá $\{w_{2D}(l, m), l = 0, \dots, N_1 O_1 - 1; m = 0, \dots, N_2 O_2 - 1\}$ tạo thành lưới gồm các chùm DFT (Discrete Fourier Transform - phép biến đổi Fourier rời rạc). Một ví dụ được thể hiện trên Fig.4, trong đó $(N_1, N_2) = (4, 2)$ và $(O_1, O_2) = (4, 4)$. Mỗi trong số lưới chùm DFT trở theo một hướng trong không gian mà có thể được mô tả bởi phương vị và cao độ. Để cho đơn giản, thì trong suốt những phần sau đây, các thuật ngữ ‘các chùm DFT’ và ‘các bộ tiền mã hoá DFT’ sẽ được sử dụng thay thế cho nhau, mặc dù ‘các bộ tiền mã hoá’ được dùng để tạo ra ‘các chùm’.

Tổng quát hơn, chùm với cặp chỉ số (l, m) là có thể được nhận dạng bởi hướng mà trong đó năng lượng lớn nhất được truyền khi các trọng số tiền mã hoá $w_{2D}(l, m)$ được sử dụng trong lần truyền đó. Ngoài ra, việc làm thuôn độ lớn có thể được sử dụng với các chùm DFT để giảm thấp các búp bên của chùm, là mẫu chùm ở các hướng ra khỏi chùm chính. Bộ tiền mã hoá 1D DFT theo các chiều N_1 và N_2 có làm thuôn độ lớn có thể được biểu diễn dưới dạng

$$w_{1D}(l, N_1, O_1, \beta) = \frac{1}{\sqrt{N_1}} \begin{bmatrix} \beta_0 e^{j2\pi \cdot 0 \cdot \frac{l}{O_1 N_1}} \\ \beta_1 e^{j2\pi \cdot 1 \cdot \frac{l}{O_1 N_1}} \\ \vdots \\ \beta_{N_1-1} e^{j2\pi \cdot (N_1-1) \cdot \frac{l}{O_1 N_1}} \end{bmatrix}, \quad \text{và} \quad w_{1D}(m, N_2, O_2, \gamma) = \frac{1}{\sqrt{N_2}} \begin{bmatrix} \gamma_0 e^{j2\pi \cdot 0 \cdot \frac{m}{O_2 N_2}} \\ \gamma_1 e^{j2\pi \cdot 1 \cdot \frac{m}{O_2 N_2}} \\ \vdots \\ \gamma_{N_2-1} e^{j2\pi \cdot (N_2-1) \cdot \frac{m}{O_2 N_2}} \end{bmatrix}$$

Trong đó $0 < \beta_i, \gamma_k \leq 1$ ($i = 0, 1, \dots, N_1 - 1; k = 0, 1, \dots, N_2 - 1$) là các hệ số thay đổi tỷ lệ biên độ. $\beta_i = 1, \gamma_k = 1$ ($i = 0, 1, \dots, N_1 - 1; k = 0, 1, \dots, N_2 - 1$) tương ứng với việc không làm thuôn. Các chùm DFT (có hoặc không làm thuôn độ lớn) là có độ dịch pha tuyến tính giữa các phần tử theo mỗi trong số hai chiều này. Không mất tính tổng quát, có thể giả định rằng các phần tử của $w(l, m)$ là được xếp thứ tự theo $w(l, m) = w_{1D}(l, N_1, O_1, \beta) \otimes w_{1D}(m, N_2, O_2, \gamma)$ sao cho các phần tử liên kề là tương ứng với các phần tử ăng ten liên kề theo chiều N_2 , và các phần tử của $w(l, m)$

mà được đặt cách N_2 là tương ứng với các phần tử ăng ten liền kề theo chiều N_1 . Thế thì độ dịch pha giữa hai phần tử $w_{s_1}(l, m)$ và $w_{s_2}(l, m)$ của $w(l, m)$ có thể được biểu diễn dưới dạng:

$$w_{s_2}(l, m) = w_{s_1}(l, m) \cdot \left(\frac{\alpha_{s_2}}{\alpha_{s_1}} \right) \cdot e^{j2\pi((k_1-i_1)\Delta_1+(k_2-i_2)\Delta_2)}$$

Trong đó

- $s_1 = i_1 N_2 + i_2$ và $s_2 = k_1 N_2 + k_2$ (với $0 \leq i_2 < N_2$, $0 \leq i_1 < N_1$, $0 \leq k_2 < N_2$, và $0 \leq k_1 < N_1$) là các số nguyên xác định hai mục nhập của chùm $w(l, m)$ sao cho (i_1, i_2) biểu thị đến mục nhập thứ nhất của chùm $w(l, m)$ mà được ánh xạ đến phần tử (hay công) ăng ten thứ nhất và (k_1, k_2) biểu thị đến mục nhập thứ hai của chùm $w(l, m)$ mà được ánh xạ đến phần tử (hay công) ăng ten thứ hai.
- $\alpha_{s_1} = \beta_{i_1} \gamma_{i_2}$ và $\alpha_{s_2} = \beta_{k_1} \gamma_{k_2}$ là các số thực. $\alpha_i \neq 1$ ($i = s_1, s_2$) nếu có làm thuôn độ lớn; còn nếu không thì $\alpha_i = 1$.
- $\Delta_1 = \frac{l}{o_1 N_1}$ là độ dịch pha tương ứng với chiều dọc trục, ví dụ, trục ngang ('phương vị').
- $\Delta_2 = \frac{m}{o_2 N_2}$ là độ dịch pha tương ứng với chiều dọc trục, ví dụ, trục đứng ('cao độ').

Do đó, chùm thứ k $d(k)$, mà được tạo ra bằng bộ tiền mã hoá $w(l_k, m_k)$, cũng có thể được tham chiếu đến, cho đơn giản, bởi bộ tiền mã hoá $w(l_k, m_k)$ tương ứng, tức là, $d(k) = w(l_k, m_k)$, mặc dù 'bộ tiền mã hoá' được dùng để tạo ra 'chùm'. Do đó, khi đề cập đến bộ tiền mã hoá mà được dùng để tạo ra nó, thì theo sáng chế, chùm $d(k)$ có thể cũng được mô tả dưới dạng tập hợp số phức, mỗi phần tử của tập hợp này được đặc trưng bởi ít nhất một độ dịch pha phức sao cho phần tử của chùm này là liên quan đến phần tử bất kỳ khác của chùm mà trong đó $d_n(k) = d_i(k) \alpha_{i,n} e^{j2\pi(p\Delta_{1,k}+q\Delta_{2,k})} = d_i(k) \alpha_{i,n} (e^{j2\pi\Delta_{1,k}})^p (e^{j2\pi\Delta_{2,k}})^q$, trong đó $d_i(k)$ là phần tử thứ i của chùm $d(k)$, $\alpha_{i,n}$ là số thực tương ứng với các phần tử thứ i và thứ n của chùm $d(k)$; p và q là các số nguyên; và $\Delta_{1,k}$ và $\Delta_{2,k}$ là các số thực tương ứng với chùm với cặp chỉ số (l_k, m_k) mà lần lượt xác định các độ dịch pha phức $e^{j2\pi\Delta_{1,k}}$ và

$e^{j2\pi\Delta_2 k}$. Cặp chỉ số (l_k, m_k) tương ứng với chiều đến hoặc đi của sóng phẳng khi chùm $\mathbf{d}(k)$ được dùng để truyền hoặc nhận trong UPA hoặc ULA. Chùm $\mathbf{d}(k)$ có thể được nhận dạng bằng chỉ số đơn k' trong đó $k' = l_k + N_1 O_1 m_k$, tức là, theo chiều đứng hoặc chiều N_2 trước, hoặc theo cách khác $k' = N_2 O_2 l_k + m_k$, tức là, theo chiều ngang hoặc chiều N_1 trước.

Một ví dụ về các phần tử bộ tiền mã hoá của ánh xạ chùm $\mathbf{w}(l, m)$ đến các cổng ăng ten được thể hiện trên Fig.5, trong đó ăng ten 2D phân cực đơn với $(N_1, N_2)=(4,2)$ là được thể hiện. $\mathbf{w}_i(l, m)$ được áp dụng lên tín hiệu truyền (Tx) đến cổng i ($i=1,2,\dots,8$) đến các phần tử ăng ten E1-E8. Có sự dịch pha không đổi giữa hai phần tử bộ tiền mã hoá bất kỳ mà được liên kết với hai cổng ăng ten liên kề theo mỗi chiều. Ví dụ, với Δ_2 được xác định như trên đây, thì độ dịch pha giữa $w_1(l, m)$ và $w_2(l, m)$ là $e^{j2\pi\Delta_2}$, giống như độ dịch pha giữa $w_7(l, m)$ và $w_8(l, m)$. Tương tự, với Δ_1 được xác định như trên đây, thì độ dịch pha giữa $w_2(l, m)$ và $w_4(l, m)$ là $e^{j2\pi\Delta_1}$, giống như độ dịch pha giữa $w_5(l, m)$ và $w_7(l, m)$.

Thế thì việc mở rộng bộ tiền mã hoá đối với ULA phân cực kép có thể được thực hiện dưới dạng

$$\begin{aligned} \mathbf{w}_{2D,DP}(l, m, \phi) &= \begin{bmatrix} 1 \\ e^{j\phi} \end{bmatrix} \otimes \mathbf{w}_{2D}(l, m) = \begin{bmatrix} \mathbf{w}_{2D}(l, m) \\ e^{j\phi} \mathbf{w}_{2D}(l, m) \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \mathbf{w}_{2D}(l, m) & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{w}_{2D}(l, m) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ e^{j\phi} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad \begin{array}{l} \text{Phương} \\ \text{trình 6} \end{array}$$

Ma trận bộ tiền mã hoá $\mathbf{W}_{2D,DP}$ để truyền đa lớp có thể được tạo ra bằng cách thêm các cột vectơ bộ tiền mã hoá DFT vào cuối dưới dạng

$$\mathbf{W}_{2D,DP}^{(R)} = [\mathbf{w}_{2D,DP}(l_1, m_1, \phi_1) \quad \mathbf{w}_{2D,DP}(l_2, m_2, \phi_2) \quad \cdots \quad \mathbf{w}_{2D,DP}(l_R, m_R, \phi_R)]$$

trong đó R là số lượng lớp truyền, tức bậc truyền. Trong trường hợp đặc biệt đối với bộ tiền mã hoá DFT bậc 2, $m_1 = m_2 = m$ và $l_1 = l_2 = l$, thì có

$$\begin{aligned} \mathbf{W}_{2D,DP}^{(2)}(l, m, \phi_1, \phi_2) &= [\mathbf{w}_{2D,DP}(l, m, \phi_1) \quad \mathbf{w}_{2D,DP}(l, m, \phi_2)] \\ &= \begin{bmatrix} \mathbf{w}_{2D}(l, m) & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{w}_{2D}(l, m) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ e^{j\phi_1} & e^{j\phi_2} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad \begin{array}{l} \text{Phương} \\ \text{trình 7} \end{array}$$

Đối với mỗi bậc, thì tất cả các ứng viên bộ tiền mã hoá đều tạo thành ‘bảng mã bộ tiền mã hoá’ hoặc ‘bảng mã’. Thiết bị không dây có thể trước hết xác định bậc của kênh dải rộng đường xuống được ước lượng dựa trên CSI-RS. Sau khi bậc được nhận dạng, thì đối với mỗi dải con, thiết bị không dây sẽ tìm kiếm thông qua tất cả các ứng viên bộ tiền mã hoá trong bảng mã đối với bậc được xác định, để tìm bộ tiền mã hoá tốt nhất cho dải con đó. Ví dụ, trong trường hợp bậc = 1, thì thiết bị không dây sẽ tìm kiếm thông qua $w_{2D,DP}(k, l, \phi)$ để tìm tất cả các giá trị (k, l, ϕ) khả thi. Trong trường hợp bậc = 2, thì thiết bị không dây sẽ tìm kiếm thông qua $w_{2D,DP}^{(2)}(k, l, \phi_1, \phi_2)$ để tìm tất cả các giá trị (k, l, ϕ_1, ϕ_2) khả thi.

Với MIMO đa người dùng, thì hai hoặc nhiều người dùng trong cùng tế bào là cùng được lập lịch trên cùng tài nguyên thời gian-tần số. Tức là, hai hoặc nhiều luồng dữ liệu độc lập là được truyền cùng một lúc đến các thiết bị không dây khác nhau, và miền không gian được dùng để phân cách các luồng tương ứng. Bằng cách truyền vài luồng đồng thời thì dung lượng của hệ thống có thể được tăng lên. Tuy nhiên, điều này phải trả giá là việc SINR bị giảm trên mỗi luồng vì công suất phải được chia sẻ giữa các luồng, và các luồng này sẽ gây nhiễu nhau.

Khi tăng kích thước mảng ăng ten, thì việc độ lợi tạo chùm được tăng lên sẽ dẫn đến SINR cao hơn, tuy nhiên, vì thông lượng người dùng chỉ phụ thuộc theo hàm lôgarit vào SINR (đối với các SINR lớn), nên thay vào đó, sẽ có lợi nếu đánh đổi các độ lợi về SINR để lấy độ lợi ghép kênh, vốn tăng tuyến tính theo số lượng người dùng được ghép kênh.

CSI chính xác là cần thiết để thực hiện việc tạo chùm rỗng thích hợp giữa những người dùng cùng được lập lịch. Theo tiêu chuẩn LTE Rel.13 hiện tại, thì không tồn tại chế độ CSI đặc biệt nào cho MU-MIMO, do đó, việc lập lịch MU-MIMO và xây dựng bộ tiền mã hoá phải dựa trên việc báo cáo CSI hiện có mà được thiết kế cho MIMO đơn người dùng (tức là, PMI chỉ thị bộ tiền mã hoá dựa trên DFT, RI và CQI). Điều này có thể khá là khó khăn cho MU-MIMO, vì bộ tiền mã hoá được báo cáo chỉ chứa thông tin về hướng kênh mạnh nhất cho người dùng, do đó, có thể không chứa đủ thông tin để thực hiện việc tạo chùm rỗng phù hợp, điều này có thể gây ra sự can nhiễu lớn giữa những người dùng cùng được lập lịch, làm giảm ích lợi của MU-MIMO.

Các bảng mã tiên tiến mà bao gồm các bộ tiên mã hoá với nhiều chùm đã được thể hiện là cải thiện hiệu suất MU-MIMO do các khả năng tạo chùm rộng được tăng cường. Các bộ tiên mã hoá đa chùm đó có thể được xác định như sau. Trước tiên là xác định $\mathbf{D}_N$ dưới dạng ma trận DFT cỡ $N \times N$, tức là, các phần tử của $\mathbf{D}_N$ là được xác định dưới dạng $[\mathbf{D}_N]_{k,l} = \frac{1}{\sqrt{N}} e^{j2\pi kl/N}$. Tiếp tục xác định $\mathbf{R}_N(q) = \text{diag}([e^{j2\pi \cdot 0 \cdot \frac{q}{N}} \ e^{j2\pi \cdot 1 \cdot \frac{q}{N}} \ \dots \ e^{j2\pi \cdot (N-1) \cdot \frac{q}{N}}])$ là ma trận quay cỡ $N \times N$, được xác định đối với $0 \leq q < 1$. Việc nhân $\mathbf{D}_N$ với $\mathbf{R}_N(q)$ từ bên trái tạo ra ma trận DFT đã được quay với các mục nhập $[\mathbf{R}_N(q)\mathbf{D}_N]_{k,l} = \frac{1}{\sqrt{N}} e^{j2\pi k(l+q)/N}$. Ma trận DFT đã được quay $\mathbf{R}_N(q)\mathbf{D}_N = [\mathbf{d}_1 \ \mathbf{d}_2 \ \dots \ \mathbf{d}_N]$ này bao gồm các vector cột vuông góc $\{\mathbf{d}_i\}_{i=1}^N$ được chuẩn hoá mà tiếp tục trải ra trong không gian vector $\mathbb{C}^N$. Tức là, các cột của $\mathbf{R}_N(q)\mathbf{D}_N$, đối với q bất kỳ, là cơ sở trực chuẩn của $\mathbb{C}^N$.

Tiếp tục với việc mở rộng các ma trận DFT (đã được quay), mà là các phép biến đổi thích hợp đối với ULA phân cực đơn như đã mô tả trên đây để cũng phù hợp với trường hợp tổng quát hơn của các mảng phẳng đồng nhất (Uniform Planar Array - UPA) 2D (Dimension - chiều) phân cực kép.

Ma trận DFT 2D đã được quay được xác định là $\mathbf{D}_{N_V, N_H}(q_V, q_H) = (\mathbf{R}_{N_H}(q_H)\mathbf{D}_{N_H}) \otimes (\mathbf{R}_{N_V}(q_V)\mathbf{D}_{N_V}) = [\mathbf{d}_1 \ \mathbf{d}_2 \ \dots \ \mathbf{d}_{N_V N_H}]$. Các cột $\{\mathbf{d}_i\}_{i=1}^{N_V N_H}$ của $\mathbf{D}_{N_V, N_H}(q_V, q_H)$ cấu thành cơ sở trực chuẩn của không gian vector $\mathbb{C}^{N_V N_H}$. Sau đây, cột $\mathbf{d}_i$ đó được biểu thị là chùm (DFT), và lưu ý rằng nó thoả mãn định nghĩa trước đây về chùm nêu trên.

Bây giờ xét đến UPA phân cực kép, trong đó ma trận kênh $\mathbf{H} = [\mathbf{H}_{pol1} \ \mathbf{H}_{pol2}]$. Tạo ra ma trận biến đổi không gian chùm phân cực kép

$$\mathbf{B}_{N_V, N_H}(q_V, q_H) = \mathbf{I}_2 \otimes \mathbf{D}_{N_V, N_H}(q_V, q_H) = \begin{bmatrix} \mathbf{D}_{N_V, N_H}(q_V, q_H) & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{D}_{N_V, N_H}(q_V, q_H) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{d}_1 & \mathbf{d}_2 & \dots & \mathbf{d}_{N_V N_H} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} & \mathbf{d}_1 & \mathbf{d}_2 & \dots & \mathbf{d}_{N_V N_H} \end{bmatrix} = [\mathbf{b}_1 \ \mathbf{b}_2 \ \dots \ \mathbf{b}_{2N_V N_H}].$$

Các cột $\{\mathbf{b}_i\}_{i=1}^{2N_V N_H}$ của $\mathbf{B}_{N_V, N_H}(q_V, q_H)$ cấu thành cơ sở trực chuẩn của không gian vector $\mathbb{C}^{2N_V N_H}$. Sau đây, cột $\mathbf{b}_i$ như vậy sẽ được biểu thị là chùm phân cực đơn (chùm SP (Single-Polarized)) vì nó được xây dựng bởi chùm $\mathbf{d}$ được truyền trên sự phân cực

đơn (tức là, $\mathbf{b} = \begin{bmatrix} \mathbf{d} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix}$ hoặc $\mathbf{b} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{d} \end{bmatrix}$). Cũng được giới thiệu là khái niệm chùm phân cực kép để chỉ chùm được truyền trên cả hai kiểu phân cực (được làm đồng pha bằng hệ số làm đồng pha (tùy ý) $e^{j\alpha}$, tức là, $\mathbf{b}_{DP} = \begin{bmatrix} \mathbf{d} \\ e^{j\alpha} \mathbf{d} \end{bmatrix}$).

Với giả định rằng kênh khá thưa, thì có thể giữ được đủ phần nhiều năng lượng kênh bằng cách chỉ cần chọn tập hợp cột con của $\mathbf{B}_{N_V, N_H}(q_V, q_H)$. Tức là, việc mô tả một số chùm SP là đủ, để giữ cho phí tổn phản hồi ở mức thấp. Do đó, có thể chọn tập hợp cột con I_S bao gồm N_{SP} cột của $\mathbf{B}_{N_V, N_H}(q_V, q_H)$, để tạo ra ma trận biến đổi không gian chùm $\mathbf{B}_{I_S} = [\mathbf{b}_{I_S(1)} \quad \mathbf{b}_{I_S(2)} \quad \dots \quad \mathbf{b}_{I_S(N_{SP})}]$ được rút gọn. Ví dụ, có thể chọn các cột số $I_S = [1 \ 5 \ 10 \ 25]$ để tạo ra ma trận biến đổi không gian chùm $\mathbf{B}_{I_S} = [\mathbf{b}_1 \quad \mathbf{b}_5 \quad \mathbf{b}_{10} \quad \mathbf{b}_{25}]$ được rút gọn.

Cấu trúc bộ tiền mã hoá tổng quát nhất để tiền mã hoá lớp đơn là được cho dưới dạng:

$$\mathbf{w} = \mathbf{B}_{I_S} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_{N_{SP}} \end{bmatrix} = [\mathbf{b}_{I_S(1)} \quad \mathbf{b}_{I_S(2)} \quad \dots \quad \mathbf{b}_{I_S(N_{SP})}] \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_{N_{SP}} \end{bmatrix} = \sum_{i=1}^{N_{SP}} c_i \mathbf{b}_{I_S(i)},$$

trong đó $\{c_i\}_{i=1}^{N_{SP}}$ là các hệ số phức. Thu được cấu trúc bộ tiền mã hoá đa chùm được tinh chỉnh hơn bằng cách phân tách các hệ số phức ở phần lũy thừa (hoặc biên độ) và phần pha dưới dạng

$$\mathbf{w} = \mathbf{B}_{I_S} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_{N_{SP}} \end{bmatrix} = \mathbf{B}_{I_S} \begin{bmatrix} \sqrt{p_1} e^{j\alpha_1} \\ \sqrt{p_2} e^{j\alpha_2} \\ \vdots \\ \sqrt{p_{N_{SP}}} e^{j\alpha_{N_{SP}}} \end{bmatrix} =$$

$$\mathbf{B}_{I_S} \begin{bmatrix} \sqrt{p_1} & 0 & & \ddots \\ 0 & \sqrt{p_2} & & \\ & & \ddots & 0 \\ & & & 0 & \sqrt{p_{N_{SP}}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e^{j\alpha_1} \\ e^{j\alpha_2} \\ \vdots \\ e^{j\alpha_{N_{SP}}} \end{bmatrix} = \mathbf{B}_{I_S} \sqrt{\mathbf{P}} \begin{bmatrix} e^{j\alpha_1} \\ e^{j\alpha_2} \\ \vdots \\ e^{j\alpha_{N_{SP}}} \end{bmatrix}$$

Thế thì vector bộ tiền mã hoá có thể được biểu diễn dưới dạng $\mathbf{w} =$

$$\underbrace{\mathbf{B}_{I_S} \sqrt{\mathbf{P}}}_{=\mathbf{W}_1} \underbrace{\begin{bmatrix} e^{j\alpha_1} \\ e^{j\alpha_2} \\ \vdots \\ e^{j\alpha_{N_{SP}}} \end{bmatrix}}_{=\mathbf{W}_2} = \mathbf{W}_1 \mathbf{W}_2. \text{ Sau đó, việc chọn } \mathbf{W}_1 \text{ có thể được thực hiện trên cơ sở}$$

dải rộng, còn việc chọn W_2 có thể được thực hiện trên cơ sở dải con. Vector bộ tiền mã hoá dành cho dải con l có thể được biểu diễn dưới dạng $w_l = W_1 W_2(l)$. Tức là, chỉ W_2 là hàm của chỉ số dải con l .

Do việc nhân vector bộ tiền mã hoá w với hằng số phức C không làm thay đổi các thuộc tính tạo chùm của nó (do chỉ có pha và biên độ so với các chùm phân cực đơn còn lại là quan trọng), nên có thể giả định rằng các hệ số mà tương ứng với, ví dụ, SP-beam (chùm SP) 1, là được cố định bằng $p_1 = 1$ và $e^{j\alpha_1} = 1$, mà không mất tính tổng quát, nên các thông số khi bớt đi một chùm là cần được báo hiệu từ thiết bị không dây đến trạm gốc. Ngoài ra, bộ tiền mã hoá có thể tiếp tục được giả định là được nhân với hệ số chuẩn hoá, để, ví dụ, tổng ràng buộc về công suất được thỏa mãn, tức là $\|w\|^2 = 1$. Các hệ số chuẩn hoá đó được lược bỏ khỏi các phương trình ở đây cho rõ.

Do đó, cái cần được thiết bị không dây phản hồi đến trạm gốc là

- Các cột được chọn của $B_{N_V, N_H}(q_V, q_H)$, tức là N_{SP} chùm phân cực đơn. Việc này cần nhiều nhất là $N_{SP} \cdot \log_2 2N_V N_H$ bit;
- Các hệ số quay cơ sở DFT dọc q_V và ngang q_H . Ví dụ, $q(i) = \frac{i}{Q}$, $i = 0, 1, \dots, Q - 1$, đối với một số giá trị của Q . Thế thì phí tổn tương ứng sẽ là $2 \cdot \log_2 Q$ bit;
- Các mức công suất (tương đối) $\{p_2, p_3, \dots, p_{N_{SP}}\}$ của các chùm SP. Nếu L là số lượng mức công suất rời rạc khả thi, thì $(N_{SP} - 1) \cdot \log_2 L$ bit là cần thiết để phản hồi các mức công suất của chùm SP; và
- Các hệ số làm đồng pha $\{e^{j\alpha_2}, e^{j\alpha_3}, \dots, e^{j\alpha_{N_{SP}}}\}$ của các chùm SP. Ví dụ, $\alpha(k) = \frac{2\pi k}{K}$, $k = 0, 1, \dots, K - 1$, đối với một số giá trị của K . Phí tổn tương ứng sẽ là $(N_{SP} - 1) \cdot \log_2 K$ bit trên mỗi bậc trên mỗi báo cáo W2.

Theo một số cách thức thực hiện, thì các pha của các chùm SP có thể được lượng tử hoá theo tần số. Giả định rằng vector bộ tiền mã hoá đa chùm w_f đối với mỗi PRB $f = 0, 1, \dots, N_{RB} - 1$ cần được lượng tử hoá và được phản hồi, và rằng vector bộ tiền mã hoá đa chùm này là hàm của các pha của chùm SP dưới dạng $w_f =$

$$\mathbf{B}_{IS}\sqrt{\mathbf{P}} \begin{bmatrix} e^{j\alpha_1(f)} \\ e^{j\alpha_2(f)} \\ \vdots \\ e^{j\alpha_{N_{SP}}(f)} \end{bmatrix}. \text{ Vẫn lưu ý rằng có thể thiết đặt } e^{j\alpha_1(f)} = 1 \text{ vì chỉ có các pha}$$

tương đối là quan trọng. Xét đến việc xác định đặc điểm sự thay đổi pha theo tần số đối với mỗi chùm SP, tức là, các vector $\boldsymbol{\phi}_i = [e^{j\alpha_i(0)} \ e^{j\alpha_i(1)} \ \dots \ e^{j\alpha_i(N_{RB}-1)}]^T, i = 2, 3, \dots, N_{SP}$.

Theo một số cách thức thực hiện đó, thì các pha $\boldsymbol{\phi}_i$ của mỗi chùm SP là được tính gần đúng dưới dạng hàm đa thức theo tần số. Tức là,

$$\boldsymbol{\phi}_i(f) = e^{j \sum_{m=0}^M a_m f^m},$$

Trong đó $\{a_m\}_{m=0}^M$ là tập hợp hệ số được lấy giá trị thực. Thay vì lượng tử hoá và phản hồi việc chọn các pha thực tế cho mỗi chùm SP và tần số, thì các hệ số được lấy giá trị thực đã được thông số hoá sẽ được lượng tử hoá và được phản hồi như một phần của phản hồi của bộ tiền mã hoá. Điều này có thể giảm đáng kể phí tổn phản hồi cần thiết để vận chuyển việc chọn các pha của chùm SP, đặc biệt là nếu băng thông kênh là lớn và bậc của đa thức là nhỏ.

Sau đó, các hệ số a_m có thể được chọn từ tập hợp các hệ số pha của đa thức khả thi. Ví dụ, bậc M của đa thức có thể bằng 1, nên sự thay đổi pha theo tần số được tính gần đúng dưới dạng hàm tuyến tính. Trong trường hợp này, chỉ hai hệ số trên mỗi chùm, a_0 và a_1 , là cần được ước lượng, được lượng tử hoá và được phản hồi.

Một số phương án bao gồm việc tối ưu hoá phí tổn phản hồi được liên kết với bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm nhờ sử dụng độ chi tiết lượng tử hoá khác và/hoặc độ chi tiết tần số của các thành phần chùm khác nhau.

Nếu có “ngân sách” bit phản hồi nhất định để tiêu dùng cho việc lượng tử hoá các pha có lựa chọn tần số đối với mỗi chùm, thì có thể tiêu dùng nhiều bit hơn cho việc lượng tử hoá các thành phần chùm mạnh hơn. Các chùm có mức công suất yếu hơn sẽ đóng góp ở mức độ ít hơn vào hiệu suất tiền mã hoá tổng thể. Do đó, nếu muốn giảm thiểu tổng thể sai số lượng tử hoá tuyệt đối, thì có thể cho phép việc các chùm yếu hơn có sai số lượng tử hoá tương đối lớn hơn so với các chùm mạnh hơn, và do đó ấn định ít bit hơn cho việc lượng tử hoá pha cho các chùm yếu hơn so với các chùm mạnh hơn.

Tính chọn lọc tần số của các pha của mỗi thành phần chùm ở bộ tiền mã hoá đa chùm có thể khác nhau. Do đó, hiệu suất có thể được tăng lên nếu độ chi tiết tần số của việc báo cáo mỗi thành phần chùm cấu thành có thể được thiết đặt một cách độc lập.

Vì sự lan truyền trễ của kênh trong mỗi chùm là tương đối nhỏ, nên sự thay đổi pha theo tần số (hoặc các dải con) nói chung là cũng tương đối nhỏ (ví dụ, trong khoảng 180 độ). Do đó, những sự chênh lệch pha giữa các dải con liên kề có thể được mã hoá với số lượng bit ít hơn so với khi mã hoá pha tuyệt đối của mỗi dải con.

Bằng cách cho phép thiết đặt riêng lẻ độ chi tiết lượng tử hoá và/hoặc độ chi tiết tần số của các pha của mỗi thành phần chùm cấu thành trong bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm, thì hiệu suất tiền mã hoá có thể được cải thiện trong khi vẫn giữ như cũ hoặc giảm được phí tổn phản hồi

Các hình vẽ sẽ được mô tả, trong đó Fig.6 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của mạng truyền thông không dây được tạo cấu hình theo những nguyên lý được mô tả ở đây. Mạng truyền thông không dây 10 bao gồm đám mây 12 mà có thể bao gồm mạng Internet và/hoặc mạng điện thoại chuyển mạch công cộng (Public Switched Telephone Network - PSTN). Đám mây 12 cũng có thể có chức năng như mạng backhaul (mạng trục) của mạng truyền thông không dây 10. Mạng truyền thông không dây 10 bao gồm một hoặc nhiều nút mạng 14A và 14B, mà có thể truyền thông trực tiếp, ví dụ, thông qua giao diện X2 theo các phương án LTE, và được gọi chung là các nút mạng 14. Các nút mạng 14 có thể phục vụ các thiết bị không dây 16A và 16B, được gọi chung ở đây là các thiết bị không dây 16. Lưu ý rằng tuy chỉ có hai thiết bị không dây 16 và hai nút mạng 14 được thể hiện cho thuận tiện, nhưng mạng truyền thông không dây 10 có thể thông thường bao gồm nhiều thiết bị không dây (Wireless Device - WD) 16 và nút mạng 14 hơn nữa. Ngoài ra, theo một số phương án, các WD 16 có thể truyền thông trực tiếp nhờ sử dụng cái mà đôi khi được gọi là kết nối liên kết phụ.

Nút mạng 14 có bộ xác định độ chi tiết hoặc bộ điều khiển 18 được tạo cấu hình để tạo cấu hình cho thiết bị không dây truyền bộ tiền mã hoá mà bao gồm thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai, trong đó độ chi tiết tần số của các thông số pha của chùm này là khác nhau. Số lượng giá trị pha được sử

dụng cho thông số pha của chùm thứ hai có thể nhỏ hơn số lượng giá trị pha được sử dụng cho thông số pha của chùm thứ nhất. Theo cách khác, hoặc ngoài ra, độ chi tiết tần số được sử dụng cho thông số pha của chùm thứ hai có thể lớn hơn độ chi tiết tần số được sử dụng cho thông số pha của chùm thứ nhất. Tương tự, thiết bị không dây 16 có bộ báo cáo CSI với độ chi tiết có thể tạo cấu hình được 20 được tạo cấu hình để truyền bộ tiền mã hoá mà bao gồm thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai, trong đó độ chi tiết của các thông số pha của chùm này là khác nhau. Số lượng giá trị pha được sử dụng cho thông số pha của chùm thứ hai có thể nhỏ hơn số lượng giá trị pha được sử dụng cho thông số pha của chùm thứ nhất. Theo cách khác, hoặc ngoài ra, độ chi tiết tần số được sử dụng cho thông số pha của chùm thứ hai có thể lớn hơn độ chi tiết tần số được sử dụng cho thông số pha của chùm thứ nhất.

Fig.7 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của nút mạng 14 được tạo cấu hình để xác định bộ tiền mã hoá nhờ sử dụng bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm. Nút mạng 14 này có hệ mạch xử lý 22. Theo một số phương án, hệ mạch xử lý này có thể bao gồm bộ nhớ 24 và bộ xử lý 26, bộ nhớ 24 chứa các lệnh mà khi được thực thi bởi bộ xử lý 26 thì tạo cấu hình cho bộ xử lý 26 để thực hiện một hoặc nhiều chức năng được mô tả ở đây, bao gồm các chức năng liên quan đến việc xác định cấu hình của thiết bị không dây 16. Ngoài bộ xử lý và bộ nhớ truyền thống ra, thì hệ mạch xử lý 22 có thể bao gồm hệ mạch tích hợp để xử lý và/hoặc điều khiển, ví dụ, một hoặc nhiều bộ xử lý và/hoặc lõi xử lý và/hoặc các FPGA (Field Programmable Gate Array - mảng công lập trình được dạng trường) và/hoặc các ASIC (Application Specific Integrated Circuitry - mạch tích hợp chuyên dụng).

Hệ mạch xử lý 22 có thể bao gồm và/hoặc được nối với và/hoặc được tạo cấu hình để truy cập (ví dụ, ghi vào và/hoặc đọc ra từ) bộ nhớ 24, mà có thể bao gồm loại bộ nhớ khả biến và/hoặc bất biến bất kỳ, ví dụ, bộ đệm và/hoặc bộ nhớ đệm và/hoặc RAM (Random Access Memory - bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên) và/hoặc ROM (Read-Only Memory - bộ nhớ chỉ đọc) và/hoặc bộ nhớ quang học và/hoặc EPROM (Erasable Programmable Read-Only Memory - bộ nhớ chỉ đọc lập trình được và xoá được). Bộ nhớ 24 đó có thể được tạo cấu hình để lưu giữ mã thực thi được bởi hệ mạch điều khiển và/hoặc dữ liệu khác, ví dụ, dữ liệu liên quan đến hoạt

động truyền thông, ví dụ, cấu hình và/hoặc dữ liệu về địa chỉ của các nút, v.v.. Hệ mạch xử lý 22 có thể được tạo cấu hình để điều khiển phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp được mô tả ở đây và/hoặc để làm cho các phương pháp đó được thực hiện, ví dụ, bởi bộ xử lý 26. Các lệnh tương ứng có thể được lưu giữ trong bộ nhớ 24, mà có thể đọc được và/hoặc được nối theo cách đọc được với hệ mạch xử lý 22. Nói cách khác, hệ mạch xử lý 22 có thể bao gồm bộ điều khiển, mà có thể bao gồm bộ vi xử lý và/hoặc bộ vi điều khiển và/hoặc thiết bị FPGA (Field-Programmable Gate Array - mảng cổng lập trình được dạng trường) và/hoặc thiết bị ASIC (Application Specific Integrated Circuit - mạch tích hợp chuyên dụng). Hệ mạch xử lý 22 có thể bao gồm hoặc có thể được nối với bộ nhớ, mà có thể được tạo cấu hình để bộ điều khiển và/hoặc hệ mạch xử lý 22 có thể truy cập được để đọc và/hoặc ghi.

Bộ nhớ 24 được tạo cấu hình để lưu giữ độ chi tiết 30 của hệ số làm đồng pha đối với mỗi trong số các chùm. Bộ nhớ 24 còn được tạo cấu hình để lưu giữ các hệ số làm đồng pha 32 cho mỗi trong số các chùm. Theo một số phương án, bộ xử lý 26 được tạo cấu hình để xác định độ chi tiết của hệ số làm đồng pha đối với mỗi trong số các chùm thông qua bộ xác định độ chi tiết 18. Bộ xử lý 26 được tạo cấu hình để xác định bộ tiền mã hoá nhờ sử dụng hệ số làm đồng pha thứ nhất và hệ số làm đồng pha thứ hai. Bộ thu phát 28 được tạo cấu hình để nhận hệ số làm đồng pha thứ nhất mà được xác định cho chùm thứ nhất với độ chi tiết thứ nhất, và nhận hệ số làm đồng pha thứ hai mà được xác định cho chùm thứ hai với độ chi tiết thứ hai, độ chi tiết thứ hai là lớn hơn độ chi tiết thứ nhất. Theo một số phương án, bộ thu phát 28 còn được tạo cấu hình để truyền các độ chi tiết này đến thiết bị không dây 16. Lưu ý rằng, tuy thuật ngữ “bộ thu phát” được sử dụng ở đây, nhưng cần hiểu rằng thuật ngữ này là được sử dụng cho thuận tiện chứ không được hiểu là giới hạn những cách thức thực hiện ở phần tử truyền thông đơn lẻ, ví dụ, mạch tích hợp, mà bao gồm cả bộ phát lẫn bộ thu. Cần hiểu rằng có thể sử dụng bộ phát và bộ thu riêng biệt về mặt vật lý.

Fig.8 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối theo phương án thay thế của nút mạng 14, bao gồm môđun bộ nhớ 25 được tạo cấu hình để lưu giữ độ chi tiết 30 của hệ số làm đồng pha dành cho mỗi trong số các chùm, và để lưu giữ các hệ số làm đồng pha 32.

Môđun xác định độ chi tiết 19 được tạo cấu hình để xác định độ chi tiết của hệ số làm đồng pha cho mỗi trong số các chùm. Môđun bộ tiền mã hoá 35 được tạo cấu hình để xác định bộ tiền mã hoá nhờ sử dụng các hệ số làm đồng pha này. Nút mạng 14 cũng bao gồm môđun thu phát 29 được tạo cấu hình để nhận các hệ số làm đồng pha, và theo một số phương án, để truyền các độ chi tiết này đến thiết bị không dây 16.

Fig.9 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của thiết bị không dây 16 mà được tạo cấu hình để xác định bộ tiền mã hoá từ bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm. Thiết bị không dây 16 này bao gồm hệ mạch xử lý 42 bao gồm bộ nhớ 44 và bộ xử lý 46. Theo một số phương án, hệ mạch xử lý này có thể bao gồm bộ nhớ 44 và bộ xử lý 46, bộ nhớ 44 chứa các lệnh mà khi được thực thi bởi bộ xử lý 46 thì tạo cấu hình cho bộ xử lý 46 để thực hiện một hoặc nhiều chức năng được mô tả ở đây, bao gồm các chức năng liên quan đến việc xác định cấu hình của thiết bị không dây 16. Ngoài bộ xử lý và bộ nhớ truyền thống ra, thì hệ mạch xử lý 42 có thể bao gồm hệ mạch tích hợp để xử lý và/hoặc điều khiển, ví dụ, một hoặc nhiều bộ xử lý và/hoặc lõi xử lý và/hoặc các FPGA (Field Programmable Gate Array - mảng cổng lập trình được dạng trường) và/hoặc các ASIC (Application Specific Integrated Circuitry - mạch tích hợp chuyên dụng).

Hệ mạch xử lý 42 có thể bao gồm và/hoặc được nối với và/hoặc được tạo cấu hình để truy cập (ví dụ, ghi vào và/hoặc đọc ra từ) bộ nhớ 44, mà có thể bao gồm loại bộ nhớ khả biến và/hoặc bất biến bất kỳ, ví dụ, bộ đệm và/hoặc bộ nhớ đệm và/hoặc RAM (Random Access Memory - bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên) và/hoặc ROM (Read-Only Memory - bộ nhớ chỉ đọc) và/hoặc bộ nhớ quang học và/hoặc EPROM (Erasable Programmable Read-Only Memory - bộ nhớ chỉ đọc lập trình được và xoá được). Bộ nhớ 44 đó có thể được tạo cấu hình để lưu giữ mã thực thi được bởi hệ mạch điều khiển và/hoặc dữ liệu khác, ví dụ, dữ liệu liên quan đến hoạt động truyền thông, ví dụ, cấu hình và/hoặc dữ liệu về địa chỉ của các nút, v.v.. Hệ mạch xử lý 42 có thể được tạo cấu hình để điều khiển phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp được mô tả ở đây và/hoặc để làm cho các phương pháp đó được thực hiện, ví dụ, bởi bộ xử lý 46. Các lệnh tương ứng có thể được lưu giữ trong bộ nhớ 44, mà có thể đọc được và/hoặc được nối theo cách đọc được với hệ mạch xử lý

42. Nói cách khác, hệ mạch xử lý 42 có thể bao gồm bộ điều khiển, mà có thể bao gồm bộ vi xử lý và/hoặc bộ vi điều khiển và/hoặc thiết bị FPGA (Field-Programmable Gate Array - mảng cổng lập trình được dạng trường) và/hoặc thiết bị ASIC (Application Specific Integrated Circuit - mạch tích hợp chuyên dụng). Hệ mạch xử lý 42 có thể bao gồm hoặc có thể được nối với bộ nhớ, mà có thể được tạo cấu hình để bộ điều khiển và/hoặc hệ mạch xử lý 42 có thể truy cập được để đọc và/hoặc ghi.

Bộ nhớ 44 được tạo cấu hình để lưu giữ các hệ số làm đồng pha. Bộ xử lý 46 được tạo cấu hình để xác định, cho mỗi chùm, qua bộ xác định độ chi tiết 20, độ chi tiết của hệ số làm đồng pha, và để xác định, qua bộ xác định hệ số đồng pha 52, hệ số làm đồng pha cho mỗi chùm với độ chi tiết xác định được. Thiết bị không dây 16 cũng bao gồm bộ thu phát 48 được tạo cấu hình để truyền các độ chi tiết và các hệ số làm đồng pha này đến nút mạng 14.

Fig.10 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của thiết bị không dây 16 theo phương án thay thế. Môđun bộ nhớ 45 được tạo cấu hình để lưu giữ các hệ số làm đồng pha 50. Môđun xác định độ chi tiết 21 được tạo cấu hình để xác định, cho mỗi chùm, độ chi tiết của hệ số làm đồng pha. Môđun xác định hệ số đồng pha 53 được tạo cấu hình để xác định hệ số làm đồng pha cho mỗi chùm với độ chi tiết xác định được. Môđun thu phát 49 được tạo cấu hình để truyền các độ chi tiết và các hệ số làm đồng pha đến nút mạng 14.

Fig.11 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối theo phương án thay thế của thiết bị không dây 16 mà được tạo cấu hình để xác định bộ tiền mã hoá từ bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm. Thiết bị không dây 16 này bao gồm hệ mạch xử lý 62 bao gồm bộ nhớ 64 và bộ xử lý 66. Theo một số phương án, hệ mạch xử lý này có thể bao gồm bộ nhớ 64 và bộ xử lý 66, bộ nhớ 64 chứa các lệnh mà khi được thực thi bởi bộ xử lý 66 thì tạo cấu hình cho bộ xử lý 66 để thực hiện một hoặc nhiều chức năng được mô tả ở đây, bao gồm các chức năng liên quan đến việc xác định cấu hình của thiết bị không dây 16. Ngoài bộ xử lý và bộ nhớ truyền thống ra, thì hệ mạch xử lý 62 có thể bao gồm hệ mạch tích hợp để xử lý và/hoặc điều khiển, ví dụ, một hoặc nhiều bộ xử lý và/hoặc lõi xử lý và/hoặc các FPGA (Field Programmable Gate Array - mảng

công lập trình được dạng trường) và/hoặc các ASIC (Application Specific Integrated Circuitry - mạch tích hợp chuyên dụng).

Hệ mạch xử lý 62 có thể bao gồm và/hoặc được nối với và/hoặc được tạo cấu hình để truy cập (ví dụ, ghi vào và/hoặc đọc ra từ) bộ nhớ 64, mà có thể bao gồm loại bộ nhớ khả biến và/hoặc bất biến bất kỳ, ví dụ, bộ đệm và/hoặc bộ nhớ đệm và/hoặc RAM (Random Access Memory - bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên) và/hoặc ROM (Read-Only Memory - bộ nhớ chỉ đọc) và/hoặc bộ nhớ quang học và/hoặc EPROM (Erasable Programmable Read-Only Memory - bộ nhớ chỉ đọc lập trình được và xoá được). Bộ nhớ 64 đó có thể được tạo cấu hình để lưu giữ mã thực thi được bởi hệ mạch điều khiển và/hoặc dữ liệu khác, ví dụ, dữ liệu liên quan đến hoạt động truyền thông, ví dụ, cấu hình và/hoặc dữ liệu về địa chỉ của các nút, v.v.. Hệ mạch xử lý 62 có thể được tạo cấu hình để điều khiển phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp được mô tả ở đây và/hoặc để làm cho các phương pháp đó được thực hiện, ví dụ, bởi bộ xử lý 66. Các lệnh tương ứng có thể được lưu giữ trong bộ nhớ 64, mà có thể đọc được và/hoặc được nối theo cách đọc được với hệ mạch xử lý 62. Nói cách khác, hệ mạch xử lý 62 có thể bao gồm bộ điều khiển, mà có thể bao gồm bộ vi xử lý và/hoặc bộ vi điều khiển và/hoặc thiết bị FPGA (Field-Programmable Gate Array - mảng công lập trình được dạng trường) và/hoặc thiết bị ASIC (Application Specific Integrated Circuit - mạch tích hợp chuyên dụng). Hệ mạch xử lý 62 có thể bao gồm hoặc có thể được nối với bộ nhớ, mà có thể được tạo cấu hình để bộ điều khiển và/hoặc hệ mạch xử lý 62 có thể truy cập được để đọc và/hoặc ghi.

Bộ nhớ 64 được tạo cấu hình để lưu giữ các thông số pha của chùm 70. Bộ xử lý 66 được tạo cấu hình để thực hiện bộ xác định thông số pha của chùm 72 mà được tạo cấu hình để xác định, từ bảng mã, chỉ thị về bộ tiền mã hoá mà bao gồm thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai mà tương ứng với chùm thứ nhất và chùm thứ hai. Theo một số phương án, thông số pha của chùm thứ nhất lấy một trong số một số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha. Thông số pha của chùm thứ hai lấy một trong số một số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha, chùm thứ hai có công suất nhỏ hơn chùm thứ nhất và số lượng nguyên thứ hai của các giá

trị pha là nhỏ hơn số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha. Bộ thu phát 68 được tạo cấu hình để truyền bộ tiền mã hoá được chọn đến nút mạng 14.

Fig.12 là hình vẽ thể hiện sơ đồ khối của thiết bị không dây 16 theo phương án thay thế. Môđun bộ nhớ 65 được tạo cấu hình để lưu giữ các thông số pha của chùm 70. Môđun xác định thông số pha của chùm 73 có thể được thực hiện dưới dạng phần mềm được thực thi bởi bộ xử lý, để xác định, từ bảng mã, chỉ thị về bộ tiền mã hoá bao gồm thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai tương ứng với chùm thứ nhất và chùm thứ hai. Môđun thu phát 69 có thể được thực hiện một phần bằng phần mềm được thực thi bởi bộ xử lý, và được tạo cấu hình để truyền bộ tiền mã hoá được chọn đến nút mạng 14.

Fig.13 là hình vẽ thể hiện lưu đồ của tiến trình ví dụ ở nút mạng 14 để xác định bộ tiền mã hoá nhờ sử dụng bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm. Tiến trình này bao gồm bước nhận, qua bộ thu phát 28, hệ số làm đồng pha thứ nhất được xác định cho chùm thứ nhất với độ chi tiết thứ nhất (bước S100). Tiến trình này còn bao gồm bước nhận, qua bộ thu phát 28, hệ số làm đồng pha thứ hai được xác định cho chùm thứ hai với độ chi tiết thứ hai, độ chi tiết thứ hai là lớn hơn độ chi tiết thứ nhất (bước S102). Tiến trình này còn bao gồm bước xác định, qua bộ xử lý 26, bộ tiền mã hoá nhờ sử dụng hệ số làm đồng pha thứ nhất và hệ số làm đồng pha thứ hai (bước S104).

Fig.14 là hình vẽ thể hiện lưu đồ của tiến trình ví dụ để xác định bộ tiền mã hoá từ bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm. Tiến trình này bao gồm bước xác định, qua bộ xác định độ chi tiết 18, đối với mỗi chùm, độ chi tiết của hệ số làm đồng pha, độ chi tiết của hệ số làm đồng pha đối với chùm là dựa trên cường độ chùm, chùm yếu hơn thì có độ chi tiết thấp hơn so với chùm mạnh hơn (bước S106) và bước xác định, qua bộ xác định hệ số làm đồng pha 52, hệ số làm đồng pha cho mỗi chùm với độ chi tiết xác định được (bước S108). Các hệ số làm đồng pha này được truyền đến nút mạng 14 (bước S110).

Fig.15 là hình vẽ thể hiện lưu đồ của tiến trình ví dụ để thiết bị không dây xác định bộ tiền mã hoá từ bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm. Tiến trình này bao gồm bước xác định, qua thông số pha của chùm 72, từ bảng mã, chỉ thị về bộ tiền mã hoá mà bao gồm thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai mà

lần lượt tương ứng với chùm thứ nhất và chùm thứ hai (bước S112). Thông số pha của chùm thứ nhất lấy một trong số một số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và tương ứng với độ chi tiết tần số thứ nhất. Thông số pha của chùm thứ hai lấy một trong số một số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha và tương ứng với độ chi tiết tần số thứ hai (bước S112). Tiến trình này cũng bao gồm bước báo cáo, qua bộ thu phát 68, chỉ thị xác định được về bộ tiền mã hoá đến nút mạng 14 (bước S114).

Xét bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm như đã mô tả trên đây, trong đó các bộ tiền mã hoá W có thể được xây dựng bằng cách kết hợp tuyến tính một tập hợp các thành phần chùm và trong đó ít nhất là các pha của mỗi chùm có thể được chọn. Các bộ tiền mã hoá bậc 1 trong bảng mã đó có thể được biểu diễn dưới dạng, ví dụ,

$$W = [b_{IS(1)} \quad b_{IS(2)} \quad \dots \quad b_{IS(N_{SP})}] \begin{bmatrix} 1 & 0 & & \ddots \\ 0 & \sqrt{p_2} & & \\ & \ddots & \ddots & 0 \\ & & 0 & \sqrt{p_{N_{SP}}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ e^{j\alpha_2} \\ \vdots \\ e^{j\alpha_{N_{SP}}} \end{bmatrix} =$$

$$B_{IS} \sqrt{P} W_2.$$

Theo một số phương án, cấu trúc bộ tiền mã hoá có thể không bao gồm sự cấp phát công suất chùm nên $= B_{IS} W_2$. Theo các phương án khác, thì mức công suất chùm có thể được bao gồm trong W_2 . Lưu ý rằng có nhiều cách tương đương để biểu diễn cấu trúc bảng mã bộ tiền mã hoá, bao gồm việc xây dựng các bộ tiền mã hoá bằng cách kết hợp tuyến tính tập hợp các thành phần chùm và trong đó ít nhất là các pha của mỗi chùm là có thể được chọn, cấu trúc bảng mã cụ thể được sử dụng ở đây cần được hiểu là một ví dụ về cấu trúc bảng mã đó, nhưng một số nguyên lý của sáng chế cũng áp dụng được cho các cấu trúc bảng mã khác. Tương tự, lưu ý rằng chỉ có các bộ tiền mã hoá bậc 1 là được sử dụng ở các ví dụ và ở những phần giải thích ở đây, nhưng một số nguyên lý của sáng chế là áp dụng được cho các bảng mã với các bộ tiền mã hoá có bậc bất kỳ.

Một số phương án sử dụng độ chi tiết lượng tử hoá (có thể là) khác cho mỗi thành phần chùm SP của bộ tiền mã hoá W .

Theo tập hợp phương án thứ nhất, thì các độ chi tiết tần số khác nhau của các pha của mỗi thành phần chùm là được sử dụng. Điều này có thể được mô tả bằng

cách để cho $W_2(f) = \begin{bmatrix} 1 \\ \phi_2\left(\left\lfloor \frac{f}{G_2} \right\rfloor\right) \\ \vdots \\ \phi_{N_{SP}}\left(\left\lfloor \frac{f}{G_{N_{SP}}} \right\rfloor\right) \end{bmatrix}$, trong đó G_i biểu thị độ chi tiết tần số của

chùm i và $\phi_i(k)$ biểu thị pha tương ứng với chùm i . Do đó, cùng một giá trị là $\phi_i(k)$ được sử dụng cho G_i PRB liên nhau theo tần số, điều này có nghĩa là ít thông số hơn cần được phản hồi như một phần của báo cáo W_2 . Một ví dụ về các độ chi tiết tần số khác nhau được thể hiện trên Fig.15. Do đó, đối với băng thông của N_{RB} PRB và độ chi tiết tần số của G_i PRB, thì các giá trị $\phi_i(1), \dots, \phi_i\left(\left\lfloor \frac{N_{RB}}{G_i} \right\rfloor\right)$ cần được phản hồi cho mỗi chùm. Báo cáo W_2 thu được sẽ yêu cầu $\left\lfloor \frac{N_{RB}}{G_i} \right\rfloor \cdot \log_2 K$ bit trên mỗi chùm và mỗi bậc, do đó, tổng số là $\sum_{i=2}^{N_{SP}} \left\lfloor \frac{N_{RB}}{G_i} \right\rfloor \cdot \log_2 K$ bit trên mỗi bậc.

Theo một số phương án, thì độ chi tiết tần số của mỗi chùm được chọn để là bội số của kích thước dải con. Ví dụ, với băng thông hệ thống là $N_{RB} = 50$ trên Bảng 1, thì kích thước dải con được xác định là $k_{sub}=6$ PRB. Do đó, độ chi tiết tần số G_i mà được liên kết với chùm i là được chọn là bội số nguyên của 6 PRB. Viết theo cách tổng quát hơn, thì độ chi tiết tần số G_i mà được liên kết với chùm i là được chọn là $G_i = m_i k_{sub}$, trong đó m_i là bội số nguyên được liên kết với chùm i . Theo một số phương án, nút mạng 14 có thể tạo cấu hình theo cách bán tĩnh các giá trị bội số nguyên $\{m_i\}$ đến thiết bị không dây 16. Theo một số phương án nữa, thì các bội số nguyên $m_2, m_3, \dots, m_{N_{SP}}$ có thể được tạo cấu hình RRC bởi nút mạng 14 đến thiết bị không dây 16 và chùm dẫn đầu (tức là chùm $i = 1$) được giả định là có độ chi tiết tần số là một dải con.

Theo các phương án tương tự khác, thì độ chi tiết tần số của mỗi chùm là được chọn để là bội số nguyên hoặc bội số phân của kích thước dải con. Nói cách khác, hệ số bội số m_i được phép là, ví dụ, 0,5.

Theo một số phương án, độ chi tiết tần số của mỗi chùm là được chọn từ tập hợp cố định các giá trị khả thi, ví dụ, $G_i \in \{2, 6, 10, 25\}$ PRB; và được mã hoá trực tiếp với một số lượng bit.

Theo các phương án đó, độ chi tiết của mỗi chùm có thể được chọn bởi thiết bị không dây 16 và được báo hiệu đến nút mạng 14 như một phần của báo cáo CSI. Theo một số phương án đó, thì việc chọn độ chi tiết có thể là bán liên tục sao cho cùng một độ chi tiết được sử dụng cho một số lượng báo cáo CSI sau đó, để giảm phí tổn phản hồi. Ví dụ, các độ chi tiết tần số của chùm có thể được coi là một phần của báo cáo W_1 và được truyền riêng biệt khỏi báo cáo W_2 .

Theo các phương án khác đó, thì độ chi tiết là được chọn bởi nút mạng 14 và được báo hiệu đến thiết bị không dây 16, ví dụ, như một phần của kích hoạt báo cáo CSI được chứa trong DCI.

Động lực để sử dụng các độ chi tiết tần số khác nhau cho các chùm khác nhau sẽ được nêu. Các thành phần chùm i được làm đồng pha với “chùm dẫn đầu” (tức là

chùm $i = 1$) trong $W_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ e^{j\alpha_2} \\ \vdots \\ e^{j\alpha_{N_{SP}}} \end{bmatrix}$. Việc chọn pha tối ưu của thành phần chùm i (đối

với $i > 1$), $\alpha_i(f)$, thay đổi dưới dạng hàm của tần số f và sẽ phụ thuộc vào sự chênh lệch về độ trễ trung bình giữa chùm i và chùm dẫn đầu (tức chùm 1). Tức là, nếu độ trễ trung bình của chùm dẫn đầu và chùm i là tương tự nhau, thì pha $\alpha_i(f)$ có thể thay đổi khá chậm theo tần số, do đó, $\alpha_i(f)$ có thể được báo cáo với độ chi tiết tần số thô hơn. Ngược lại, nếu sự chênh lệch về độ trễ trung bình giữa chùm i và chùm dẫn đầu là lớn, thì $\alpha_i(f)$ có thể được báo cáo với độ chi tiết tần số mịn hơn. Fig.16 là hình vẽ thể hiện điều này, trong đó hình vẽ này thể hiện việc chọn pha tối ưu của mỗi chùm dưới dạng hàm của tần số.

Theo một số phương án, thiết bị không dây 16 có thể chọn chùm dẫn đầu (tức là chùm $i = 1$) theo cách mà nó giảm thiểu tính chọn lọc tần số của các pha của các chùm còn lại trong bộ tiền mã hoá đa chùm. Điều này có thể, ví dụ, được thực hiện bằng cách so sánh các độ trễ trung bình $\bar{\tau}_i$ của mỗi thành phần chùm và chọn chùm dẫn đầu làm chùm mà giảm thiểu, ví dụ, bình phương lượng chênh lệch của các độ trễ trung bình $\sum_i (\bar{\tau}_i - \bar{\tau}_1)^2$. Bằng cách chọn chùm dẫn đầu theo cách đó, thì các pha của các chùm có thể được chọn với độ chi tiết tần số thô hơn, điều này giảm bớt phí tổn phản hồi.

Theo tập hợp các phương án khác, thì pha của mỗi thành phần chùm (dưới dạng hàm của tần số, “f”), là được hệ số hoá thành hai thành phần dưới dạng

$$e^{j\alpha_i(f)} = \phi_{\text{avg},i}(f) \cdot \phi_{\text{rem},i}\left(\left\lfloor \frac{f}{G_i} \right\rfloor\right)$$

trong đó $\phi_{\text{avg},i}(f) = e^{j(a+b \cdot f)}$ là độ dịch pha tuyến tính dưới dạng hàm của tần số để thử bắt giữ sự dịch pha theo tần số do sự chênh lệch về độ trễ trung bình của chùm i so với chùm dẫn đầu, và $\phi_{\text{rem},i}\left(\left\lfloor \frac{f}{G_i} \right\rfloor\right)$ là pha dư mà được lượng tử hoá với độ chi tiết tần số nhất định theo các phương án nêu trên. Ý tưởng là nếu bù cho sự dịch pha do chênh lệch độ trễ trung bình, thì pha dư có thể được lượng tử hoá với độ chi tiết tần số thô hơn, do đó, phí tổn tổng hợp có thể được giảm. Động lực cho phương án này là, ví dụ, “Chùm 3 (pol B)” trên Fig.17, trong đó pha biến thiên nhanh chóng với tần số nhưng với tốc độ gần như tuyến tính. Bằng cách thừa số hoá sự thay đổi pha tuyến tính do độ trễ trung bình, thì số dư sẽ ít có tính lựa chọn tần số hơn. Trên Fig.17, đồ thị 60 là chùm dẫn đầu, đồ thị 62 là chùm thứ hai, và đồ thị 64 là chùm thứ ba.

Theo một số phương án, hệ số pha tuyến tính b được thiết đặt dựa trên độ trễ trung bình được ước lượng của các chùm dưới dạng $b = -2\pi(\bar{\tau}_i - \bar{\tau}_1)/N_{\text{RB}}$. Theo một số phương án, hệ số pha tuyến tính a bị “hoà” với $\phi_{\text{rem},i}\left(\left\lfloor \frac{f}{G_i} \right\rfloor\right)$ và được thiết đặt bằng không. Theo các phương án khác, thì nó được chọn từ mẫu tự PSK $a = \frac{2\pi k}{K}$, $k = 0, 1, \dots, K-1$, đối với một số giá trị của K.

Nếu việc thừa số hoá pha trung bình dưới dạng hàm tuyến tính của tần số trong $\phi_{\text{avg},i}(f)$ là “thành công”, thì các pha dư $\phi_{\text{rem},i}\left(\left\lfloor \frac{f}{G_i} \right\rfloor\right)$ có thể gần bằng một (tức là, $\phi_{\text{rem},i}\left(\left\lfloor \frac{f}{G_i} \right\rfloor\right) \approx 1$ hoặc một cách tương đương, $\angle \phi_{\text{rem},i}\left(\left\lfloor \frac{f}{G_i} \right\rfloor\right) \approx 0$). Thế thì sẽ có lợi nếu không lượng tử hoá $\phi_{\text{rem},i}\left(\left\lfloor \frac{f}{G_i} \right\rfloor\right)$ trong toàn bộ khoảng pha của $[-\pi, +\pi]$, mà thay vào đó, là lượng tử hoá trong khoảng nhỏ hơn, ví dụ, $[-\frac{\pi}{2}, +\frac{\pi}{2}]$ để có thể đạt được mức chi tiết cao hơn với cùng một lượng phí tổn. Ngoài ra, hoặc theo cách khác, các pha dư $\phi_{\text{rem},i}\left(\left\lfloor \frac{f}{G_i} \right\rfloor\right)$ có thể được lượng tử hoá bằng cách lấy mẫu không

đồng đều, ví dụ, lấy mẫu Gaussian, sao cho việc lấy mẫu xung quanh 0 radian là dày đặc hơn so với các giá trị pha lớn hơn.

Theo tập hợp các phương án khác, thì độ chi tiết lượng tử hoá khác của mỗi thành phần chùm i là được sử dụng. Ví dụ, các pha $e^{j\alpha_i}$ có thể được chọn từ mẫu tự PSK dưới dạng $\alpha_i(k) = \frac{2\pi k}{K_i}, k = 0, 1, \dots, K_i - 1$, trong đó kích thước của mẫu tự PSK, K_i , là được thiết đặt riêng biệt cho mỗi thành phần chùm. Các thành phần chùm có mức công suất p_i được chọn thấp hơn trong $\mathbf{W}_1$ sẽ đóng góp ở mức độ ít hơn vào hiệu suất tiền mã hoá tổng thể. Do đó, nếu muốn giảm thiểu tổng thể sai số lượng tử hoá tuyệt đối, thì có thể cho phép việc các chùm yếu hơn có sai số lượng tử hoá tương đối lớn hơn so với các chùm mạnh hơn, và do đó ấn định ít bit hơn cho việc lượng tử hoá pha cho các chùm yếu hơn (với p_i được chọn nhỏ) so với các chùm mạnh hơn (với p_i được chọn lớn).

Để thể hiện điều này, thì công suất nhận được chuẩn hoá từ việc tiền mã hoá với bộ tiền mã hoá đa chùm có thể được tính gần đúng là

$$\|\mathbf{H}\mathbf{W}\|^2 \approx C \cdot \left\| 1 + \sum_{i=2}^{N_{SP}} p_i e^{j(\alpha_i - \beta_i)} \right\|^2,$$

trong đó C là hằng số chuẩn hoá và β_i là pha kênh thực tế của thành phần chùm i . Do đó, công suất nhận được có thể được diễn dịch dưới dạng chiều dài của tổng các vectơ, mỗi vectơ có chiều dài p_i và góc $e^{j(\alpha_i - \beta_i)}$ như được thể hiện trên Fig.18. Do đó, sai số pha này được khuếch đại với công suất chùm p_i , để sai số pha nhỏ của chùm mạnh có thể có tác động lớn hơn so với sai số pha lớn hơn của chùm yếu.

Kích thước của mẫu tự PSK được sử dụng cho mỗi chùm, K_i , và theo đó là số lượng bit được ấn định cho việc lượng tử hoá pha của chùm, là có thể chỉ phụ thuộc vào mức công suất chùm p_i .

Theo một phương án ví dụ, các chùm với $0,75 \leq p_i \leq 1$ thì sử dụng $K_i = 8$, còn các chùm với $0 \leq p_i < 0,75$ thì sử dụng $K_i = 4$.

Theo phương án nữa, nút mạng 14 tạo cấu hình theo cách bán tĩnh cho thiết bị không dây 16 (ví dụ, thông qua báo hiệu RRC) với hai kích thước mẫu tự PSK khác nhau K_1 và K_2 , trong đó $K_1 > K_2$. Thiết bị không dây 16 áp dụng mẫu tự PSK K_1 cho các chùm mà có các mức công suất liên quan lớn hơn ngưỡng công suất được

tạo cấu hình trước P_{Th} (tức là, mẫu tự PSK K_1 được sử dụng cho các chùm có mức công suất được liên kết $p_i > P_{Th}$). Thiết bị không dây 16 áp dụng mẫu tự PSK K_2 cho các chùm có các mức công suất liên quan nhỏ hơn ngưỡng công suất P_{Th} .

$$\text{Cho } \mathbf{W}_2(\mathbf{f}_i) = \begin{bmatrix} 1 \\ e^{j\alpha_2(f_i)} \\ \vdots \\ e^{j\alpha_{N_{SP}}(f_i)} \end{bmatrix} \text{ là } W_2 \text{ trên dải con với tần số } f_i (i = 1, 2, \dots, M),$$

trong đó M là tổng số dải con. Thay vì lượng tử hoá và mã hoá pha $\alpha_k(f_i)$, thì những sự chênh lệch pha giữa các dải con liên kề, tức là, $\Delta\alpha_k(f_i) = \alpha_k(f_i) - \alpha_k(f_{i-1})$ (với $\Delta\alpha_k(f_1) = \alpha_k(f_1)$) có thể được mã hoá và được phản hồi đến nút mạng 14. Vì sự lan truyền trễ của kênh trong mỗi chùm là tương đối nhỏ, nên sự thay đổi pha theo tần số (hoặc các dải con) cũng nhỏ. Do đó, $\Delta\alpha_k(f_i)$ có thể được mã hoá với số lượng bit ít hơn. Một ví dụ được thể hiện trên Bảng 3, trong đó 3 bit được sử dụng để mã hoá pha của dải con thứ nhất, và 2 bit cho phần còn lại của các dải con. Cần tổng số là $3+2(M-1)$ bit theo ví dụ này, thay vì $3M$ bit nếu 3 bit được sử dụng để mã hoá pha trong mỗi dải con, tiết kiệm được $M - 2$ bit hoặc khoảng 33% với $M=6$.

Bảng 3

Chỉ số dải con	Lượng chênh lệch pha	Số lượng bit lượng tử hoá (K)	Các pha được lượng tử hoá
1	$\Delta\alpha_k(f_1) = \alpha_k(f_1)$	3	$\frac{2\pi k}{K}, (k=0,1,\dots,K-1)$
2	$\Delta\alpha_k(f_2) = \alpha_k(f_2) - \alpha_k(f_1)$	2	$(-\frac{\pi}{2}, -\frac{\pi}{4}, 0, +\frac{\pi}{4}, +\frac{\pi}{2})$
...	...	...	...
M	$\Delta\alpha_k(f_M) = \alpha_k(f_M) - \alpha_k(f_{M-1})$	2	$(-\frac{\pi}{2}, -\frac{\pi}{4}, 0, +\frac{\pi}{4}, +\frac{\pi}{2})$

Pha $\alpha_k(f_i)$ của mỗi dải con có thể được khôi phục tại nút mạng 14 sau khi nhận được phản hồi $\{\Delta\alpha_k(f_i), i = 1, 2, \dots, M\}$ như sau:

$$\alpha_k(f_1) = \Delta\alpha_k(f_1)$$

$$\alpha_k(f_i) = \Delta\alpha_k(f_i) + \alpha_k(f_{i-1}), i = 2, \dots, M.$$

Theo phương án khác, thì những sự chênh lệch pha giữa các dải con liên kế $\Delta\alpha_k(f_i) = \alpha_k(f_i) - \alpha_k(f_{i-1})$ là được mã hoá bằng mã có chiều dài biến thiên, chẳng hạn mã Huffman, để những sự thay đổi pha nhỏ (mà có nhiều khả năng xảy ra hơn) là được mã hoá bằng một số lượng bit nhỏ, còn những sự thay đổi pha lớn hơn, ít có khả năng xảy ra hơn, thì được mã hoá bằng số lượng bit lớn hơn. Một ví dụ về mã đó được thể hiện trên Fig.19. Fig.19 là hình vẽ thể hiện cây nhị phân, với giá trị được mã hoá được thể hiện dưới dạng những chiếc lá, và chuỗi bit biểu diễn nó trên các cành. Như có thể thấy, lượng thay đổi pha là 0 radian thì được mã hoá bằng chuỗi bit “1”, còn lượng thay đổi pha là $-\frac{\pi}{2}$ radian thì được mã hoá bằng “0010”, v.v.. Do đó, việc mã hoá những lượng thay đổi pha $0, 0, \frac{\pi}{2}, 0, -\frac{\pi}{4}, 0, \frac{\pi}{4}, 0$ là được thực hiện bằng chuỗi bit “110011101010111”, cần 15 bit để mã hoá 8 giá trị. Với cách tiếp cận này, thì số lượng bit trung bình cần thiết để mã hoá những sự thay đổi pha giữa các dải con có thể được giảm đáng kể, nếu pha biến thiên chậm theo tần số.

Những nguyên lý của sáng chế cũng có thể được áp dụng trong trường hợp sử dụng việc mã hoá pha bằng thông số theo tần số, như đã mô tả trên đây. Tức là, pha $e^{j\alpha_i(f)}$ của mỗi chùm i là được mã hoá bằng thông số theo tần số dưới dạng hàm pha đa thức, tức là,

$$e^{j\alpha_i(f)} = e^{j \sum_{m=0}^{M_i} a_{m,i} f^m}.$$

Do đó, theo một phương án của sáng chế, bậc của hàm đa thức M_i đối với mỗi chùm có thể được thiết đặt riêng biệt. Đối với các chùm mà thể hiện một số lượng nhỏ các thành phần đa đường trên kênh, và do đó có khả năng gặp phải sự lan truyền trễ thấp, thì bậc đa thức thấp có thể được chọn, chẳng hạn $M_i = 0$ hoặc $M_i = 1$ tương ứng lần lượt với hàm pha không đổi và hàm pha tuyến tính theo tần số. Do đó, phí tổn tương ứng dành cho các chùm đó là thấp, vì chỉ cần 1 hoặc 2 hệ số để thông số hoá sự thay đổi pha theo tần số. Đối với các chùm khác mà thể hiện số lượng thành phần đa đường lớn hơn trên kênh, và do đó có khả năng gặp phải sự lan truyền trễ lớn hơn, thì bậc đa thức cao hơn có thể được sử dụng, ví dụ, $M_i = 5$, điều này yêu cầu phản hồi 6 hệ số đa thức.

Các bậc đa thức của các chùm $M_0, M_1, \dots$ có thể được quyết định bởi nút mạng 14 hoặc thiết bị không dây 16 và có thể được báo hiệu theo cách tương tự như ở các phương án nêu trên.

Do đó, theo một số phương án, theo cách có lợi, sáng chế đề xuất phương pháp, thiết bị không dây và nút mạng để xác định độ chi tiết để tối ưu hoá phí tổn của bộ tiền mã hoá. Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp ở thiết bị không dây 16 để xác định bộ tiền mã hoá từ bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm. Phương pháp này bao gồm bước xác định, thông qua bộ xác định độ chi tiết 20, đối với mỗi chùm, độ chi tiết của hệ số làm đồng pha, độ chi tiết của hệ số làm đồng pha đối với chùm này là dựa trên cường độ chùm, chùm yếu hơn thì có độ chi tiết thấp hơn so với chùm mạnh hơn. Phương pháp này cũng bao gồm bước xác định, thông qua bộ xác định hệ số làm đồng pha 52, hệ số làm đồng pha cho mỗi chùm với độ chi tiết xác định được. Phương pháp này còn bao gồm bước truyền, qua bộ thu phát 48, các hệ số làm đồng pha đến nút mạng 14.

Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước truyền các độ chi tiết này đến nút mạng 14. Theo một số phương án, độ chi tiết của hệ số làm đồng pha đối với chùm là dựa trên cường độ chùm, chùm yếu hơn thì có độ chi tiết thấp hơn so với chùm mạnh hơn. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước xác định, qua bộ xác định độ chi tiết 20, độ chi tiết tần số của mỗi chùm để là bội số của kích thước dải con. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước xác định, qua bộ xác định độ chi tiết 20, độ chi tiết của chùm điểm được khoá dịch pha (Phase Shift Keyed - PSK). Theo một số phương án, chùm điểm PSK này là 8 PSK đối với các chùm có cường độ chùm trên ngưỡng thứ nhất, và là PSK vuông góc (Quadrature PSK - QPSK) đối với các chùm có cường độ chùm dưới ngưỡng thứ hai. Theo một số phương án, ngưỡng thứ nhất và ngưỡng thứ hai này là giống nhau. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước mã hoá vì sai đối với pha của mỗi các dải tần số con của chùm. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước mã hoá về mặt thông số đối với pha của chùm so với tần số của chùm đó.

Theo một số phương án, thiết bị không dây 16 được tạo cấu hình để xác định bộ tiền mã hoá từ bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm. Thiết bị không dây 16 này bao

gồm hệ mạch xử lý 42 bao gồm bộ nhớ 44 và bộ xử lý 46. Bộ nhớ 44 được tạo cấu hình để lưu giữ các hệ số làm đồng pha. Bộ xử lý 46 được tạo cấu hình để xác định, đối với mỗi chùm, độ chi tiết của hệ số làm đồng pha, độ chi tiết của hệ số làm đồng pha đối với chùm này là dựa trên cường độ chùm, chùm yếu hơn thì có độ chi tiết thấp hơn so với chùm mạnh hơn. Bộ xử lý 46 này cũng được tạo cấu hình để xác định hệ số làm đồng pha cho mỗi chùm với độ chi tiết xác định được. Thiết bị không dây 16 cũng bao gồm bộ thu phát 48 được tạo cấu hình để truyền các hệ số làm đồng pha này đến nút mạng 14.

Theo một số phương án, bộ xử lý 46 còn được tạo cấu hình để truyền các độ chi tiết xác định được đến nút mạng 14. Theo một số phương án, bộ xử lý 46 còn được tạo cấu hình để xác định độ chi tiết tần số của mỗi chùm để là bội số của kích thước dải con.

Theo một số phương án, bộ xử lý 46 còn được tạo cấu hình để xác định độ chi tiết của chùm điểm được khoá dịch pha (PSK). Theo một số phương án, chùm điểm PSK này là 8 PSK đối với các chùm có cường độ chùm trên ngưỡng thứ nhất, và là PSK vuông góc (Quadrature PSK - QPSK) đối với các chùm có cường độ chùm dưới ngưỡng thứ hai. Theo một số phương án, ngưỡng thứ nhất và ngưỡng thứ hai này là giống nhau. Theo một số phương án, bộ xử lý 46 còn được tạo cấu hình để mã hoá vi sai đối với pha của mỗi trong số các dải tần số con của chùm.

Theo một số phương án, thiết bị không dây 16 được tạo cấu hình để xác định bộ tiền mã hoá từ bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm. Thiết bị không dây 16 này bao gồm môđun bộ nhớ 45 được tạo cấu hình để lưu giữ các hệ số làm đồng pha, môđun xác định độ chi tiết 21 được tạo cấu hình để xác định, đối với mỗi chùm, độ chi tiết của hệ số làm đồng pha, độ chi tiết của hệ số làm đồng pha, độ chi tiết của hệ số làm đồng pha đối với chùm này là dựa trên cường độ chùm, chùm yếu hơn thì có độ chi tiết thấp hơn so với chùm mạnh hơn. Thiết bị không dây 16 này còn bao gồm môđun xác định hệ số làm đồng pha 53 được tạo cấu hình để xác định hệ số làm đồng pha cho mỗi chùm với độ chi tiết xác định được. Thiết bị không dây 16 cũng bao gồm môđun thu phát 49 được tạo cấu hình để truyền các hệ số làm đồng pha này đến nút mạng 14.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp để thiết bị không dây 16 báo cáo bộ tiền mã hoá đến nút mạng 14. Phương pháp này bao gồm bước xác định, từ bảng mã, chỉ thị về bộ tiền mã hoá mà bao gồm thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai mà lần lượt tương ứng với chùm thứ nhất và chùm thứ hai. Thông số pha của chùm thứ nhất lấy một trong số một số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và tương ứng với độ chi tiết tần số thứ nhất S112. Thông số pha của chùm thứ hai lấy một trong số một số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha và tương ứng với độ chi tiết tần số thứ hai. Ngoài ra, ít nhất một trong số các điều kiện sau đây là áp dụng: số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là nhỏ hơn số lượng giá trị pha thứ nhất, và độ chi tiết tần số thứ hai là lớn hơn độ chi tiết tần số thứ nhất. Phương pháp này bao gồm bước xác định chỉ thị về bộ tiền mã hoá và truyền chỉ thị xác định được về bộ tiền mã hoá này đến nút mạng. Theo một số phương án, chùm thứ hai có công suất nhỏ hơn chùm thứ nhất S114.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp để thiết bị không dây 16 báo cáo bộ tiền mã hoá đến nút mạng 14. Phương pháp này bao gồm bước xác định, từ bảng mã, bộ tiền mã hoá mà bao gồm thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai mà lần lượt tương ứng với chùm thứ nhất và chùm thứ hai S112. Thông số pha của chùm thứ nhất lấy một trong số một số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha. Thông số pha của chùm thứ hai lấy một trong số một số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha. Chùm thứ hai có công suất nhỏ hơn chùm thứ nhất, và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là nhỏ hơn số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha. Phương pháp này còn bao gồm bước báo cáo bộ tiền mã hoá được chọn đến nút mạng S114.

Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước xác định số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha, và tùy ý, truyền số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha này đến nút mạng. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước xác định độ chi tiết tần số của mỗi chùm để là bội số của kích thước dải con. Theo một số phương án, số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là số lượng giá trị tương ứng có thể đạt được ở chùm điểm được khoá dịch pha PSK. Theo một số

phương án, mỗi trong số chùm thứ nhất và chùm thứ hai là chùm thứ k , $\mathbf{d}(k)$, mà liên kết với tập hợp số phức và có cặp chỉ số (l_k, m_k) , mỗi phần tử của tập hợp số phức này là được đặc trưng bởi ít nhất một độ dịch pha phức sao cho:

$$d_n(k) = d_i(k) \alpha_{i,n} e^{j2\pi(p\Delta_{1,k} + q\Delta_{2,k})};$$

$d_n(k)$, và $d_i(k)$ lần lượt là phần tử thứ i và phần tử thứ n của $\mathbf{d}(k)$;

$\alpha_{i,n}$ là số thực tương ứng với phần tử thứ i và phần tử thứ n của $\mathbf{d}(k)$;

p và q là các số nguyên; và

các hướng chùm $\Delta_{1,k}$ và $\Delta_{2,k}$ lần lượt là các số thực tương ứng với các chùm với cặp chỉ số (l_k, m_k) mà xác định các độ dịch pha phức $e^{j2\pi\Delta_{1,k}}$ và $e^{j2\pi\Delta_{2,k}}$; và

mỗi trong số thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai là hệ số phức c_k đối với $\mathbf{d}(k)$ mà được dùng để điều chỉnh ít nhất là pha của phần tử thứ i của $\mathbf{d}(k)$ theo $c_k d_i(k)$.

Theo một số phương án, số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là các độ chi tiết tương ứng của các hệ số làm đồng pha tương ứng cho chùm thứ nhất và chùm thứ hai. Theo một số phương án, chùm điểm PSK này là 8 PSK đối với các chùm có cường độ chùm trên ngưỡng thứ nhất, và chùm điểm PSK này là PSK vuông góc (Quadrature PSK - QPSK) đối với các chùm có cường độ chùm dưới ngưỡng thứ hai. Theo một số phương án, ngưỡng thứ nhất và ngưỡng thứ hai này là giống nhau. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước mã hoá vi sai ít nhất một trong số thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai, trong đó mỗi trong số thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai này là tương ứng với các dải tần số con. Theo một số phương án, phần đa số thứ nhất của các thông số pha của chùm thứ nhất và phần đa số thứ hai của các thông số pha của chùm thứ hai là lần lượt tương ứng với chùm thứ nhất và chùm thứ hai. Ngoài ra, phương pháp này có thể bao gồm bước mã hoá về mặt thông số đối với ít nhất một trong số phần đa số thứ nhất và phần đa số thứ hai của thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai, trong đó ít nhất một trong số phần đa số thứ nhất và phần đa số thứ hai của các thông số pha của chùm này là các hệ số trong hàm định trước theo tần số.

Theo một số phương án, thiết bị không dây 16 được tạo cấu hình để truyền bộ tiền mã hoá đến nút mạng 14. Thiết bị không dây 16 này bao gồm hệ mạch xử lý 62 bao gồm bộ nhớ 64 và bộ xử lý 66. Theo một số phương án, bộ nhớ 64 được tạo cấu hình để lưu giữ các thông số pha của chùm. Bộ xử lý 66 được tạo cấu hình để xác định, từ bảng mã, chỉ thị về bộ tiền mã hoá mà bao gồm thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai mà lần lượt tương ứng với chùm thứ nhất và chùm thứ hai. Thông số pha của chùm thứ nhất lấy một trong số một số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và tương ứng với độ chi tiết tần số thứ nhất. Thông số pha của chùm thứ hai lấy một trong số một số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha và tương ứng với độ chi tiết tần số thứ hai, trong đó ít nhất một trong số các điều kiện sau đây là áp dụng: số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là nhỏ hơn số lượng giá trị pha thứ nhất, và độ chi tiết tần số thứ hai là lớn hơn độ chi tiết tần số thứ nhất. Thiết bị không dây 16 này còn bao gồm bộ thu phát 68 được tạo cấu hình để truyền chỉ thị xác định được về bộ tiền mã hoá đến nút mạng. Theo một số phương án, chùm thứ hai có công suất nhỏ hơn chùm thứ nhất.

Theo một số phương án, thiết bị không dây 16 được tạo cấu hình để truyền bộ tiền mã hoá đến nút mạng 14. Thiết bị không dây 16 này bao gồm hệ mạch xử lý 62 bao gồm bộ nhớ 64 và bộ xử lý 66. Bộ nhớ 64 được tạo cấu hình để lưu giữ các thông số pha của chùm. Bộ xử lý 66 được tạo cấu hình để thực hiện bộ xác định thông số pha của chùm 72 để xác định, từ bảng mã, chỉ thị về bộ tiền mã hoá mà bao gồm thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai mà lần lượt tương ứng với chùm thứ nhất và chùm thứ hai. Thông số pha của chùm thứ nhất lấy một trong số một số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha. Thông số pha của chùm thứ hai lấy một trong số một số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha, chùm thứ hai có công suất nhỏ hơn chùm thứ nhất và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là nhỏ hơn số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha. Thiết bị không dây 16 cũng bao gồm bộ thu phát 68 được tạo cấu hình để truyền bộ tiền mã hoá được chọn đến nút mạng 14.

Theo một số phương án, bộ xử lý 66 còn được tạo cấu hình để xác định số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha, và truyền số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ

hai của các giá trị pha này đến nút mạng. Theo một số phương án, bộ xử lý 66 còn được tạo cấu hình để xác định độ chi tiết tần số của mỗi chùm để là bội số của kích thước dải con. Theo một số phương án, số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là số lượng giá trị tương ứng có thể đạt được ở chùm điểm được khoá dịch pha PSK. Theo một số phương án, mỗi trong số chùm thứ nhất và chùm thứ hai là chùm thứ k , $\mathbf{d}(k)$, mà liên kết với tập hợp số phức và có cặp chỉ số (l_k, m_k) , mỗi phần tử của tập hợp số phức này là được đặc trưng bởi ít nhất một độ dịch pha phức sao cho:

$$d_n(k) = d_i(k) \alpha_{i,n} e^{j2\pi(p\Delta_{1,k} + q\Delta_{2,k})};$$

$d_n(k)$, và $d_i(k)$ lần lượt là phần tử thứ i và phần tử thứ n của $\mathbf{d}(k)$;

$\alpha_{i,n}$ là số thực tương ứng với phần tử thứ i và phần tử thứ n của $\mathbf{d}(k)$;

p và q là các số nguyên; và

các hướng chùm $\Delta_{1,k}$ và $\Delta_{2,k}$ lần lượt là các số thực tương ứng với các chùm với cặp chỉ số (l_k, m_k) mà xác định các độ dịch pha phức $e^{j2\pi\Delta_{1,k}}$ và $e^{j2\pi\Delta_{2,k}}$; và

mỗi trong số thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai là hệ số phức c_k đối với $\mathbf{d}(k)$ mà được dùng để điều chỉnh ít nhất là pha của phần tử thứ i của $\mathbf{d}(k)$ theo $c_k d_i(k)$.

Theo một số phương án, số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là các độ chi tiết tương ứng của các hệ số làm đồng pha tương ứng cho chùm thứ nhất và chùm thứ hai. Theo một số phương án, chùm điểm PSK này là 8 PSK đối với các chùm có cường độ chùm trên ngưỡng thứ nhất, và chùm điểm PSK này là PSK vuông góc (Quadrature PSK - QPSK) đối với các chùm có cường độ chùm dưới ngưỡng thứ hai. Theo một số phương án, ngưỡng thứ nhất và ngưỡng thứ hai này là giống nhau. Theo một số phương án, bộ xử lý 66 còn được tạo cấu hình để mã hoá vi sai ít nhất một trong số thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai, trong đó mỗi trong số thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai này là tương ứng với các dải tần số con. Theo một số phương án, phần đa số thứ nhất của các thông số pha của chùm thứ nhất và phần đa số thứ hai của các thông số pha của chùm thứ hai là lần lượt tương ứng với chùm thứ nhất và chùm thứ hai. Bộ xử lý 66 còn được tạo cấu hình để mã hoá về mặt thông số đối với ít nhất một trong số phần đa số thứ nhất và

phần đa số thứ hai của thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai, trong đó ít nhất một trong số phần đa số thứ nhất và phần đa số thứ hai của các thông số pha của chùm này là các hệ số trong hàm định trước theo tần số.

Theo một số phương án, thiết bị không dây 16 bao gồm môđun bộ nhớ 65 được tạo cấu hình để lưu giữ các thông số pha của chùm 70. Thiết bị không dây 16 này cũng bao gồm môđun xác định pha của chùm 73 được tạo cấu hình để xác định thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai mà lần lượt tương ứng với chùm thứ nhất và chùm thứ hai. Thông số pha của chùm thứ nhất lấy một trong số một số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha. Thông số pha của chùm thứ hai lấy một trong số một số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha, chùm thứ hai có công suất nhỏ hơn chùm thứ nhất và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là nhỏ hơn số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha. Thiết bị không dây 16 cũng bao gồm môđun thu phát 69 được tạo cấu hình để truyền bộ tiền mã hoá được chọn đến nút mạng 14.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp ở nút mạng 14 để xác định bộ tiền mã hoá nhờ sử dụng bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm. Phương pháp này bao gồm bước nhận, thông qua bộ thu phát 28, hệ số làm đồng pha thứ nhất mà xác định được cho chùm thứ nhất với độ chi tiết tần số thứ nhất, nhận hệ số làm đồng pha thứ hai mà xác định được cho chùm thứ hai với độ chi tiết tần số thứ hai, độ chi tiết tần số thứ hai là lớn hơn độ chi tiết tần số thứ nhất, và xác định bộ tiền mã hoá 34 nhờ sử dụng hệ số làm đồng pha thứ nhất và hệ số làm đồng pha thứ hai này.

Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm bước xác định, thông qua bộ xác định độ chi tiết 18, độ chi tiết tần số của hệ số làm đồng pha cho mỗi trong số các chùm, độ chi tiết tần số của hệ số làm đồng pha đối với chùm là dựa trên cường độ chùm, chùm yếu hơn thì có độ chi tiết tần số thấp hơn so với chùm mạnh hơn, và truyền các độ chi tiết tần số này đến thiết bị không dây. Theo khía cạnh này, theo một số phương án, thì độ chi tiết tần số của hệ số làm đồng pha đối với chùm là dựa trên cường độ chùm, chùm yếu hơn thì có độ chi tiết thấp hơn so với chùm mạnh hơn. Theo một số phương án, phương pháp này bao gồm bước xác định, qua bộ xác định độ chi tiết 18, độ chi tiết tần số của mỗi chùm để là bội số của kích thước dải con. Theo một số phương án, phương pháp này còn bao gồm bước xác định, qua bộ

xác định độ chi tiết 18, độ chi tiết tần số của chùm điểm được khoá dịch pha (Phase Shift Keyed - PSK). Theo một số phương án, chùm điểm PSK này là 8 PSK đối với các chùm có cường độ chùm trên một ngưỡng, và là PSK vuông góc (Quadrature PSK - QPSK) đối với các chùm có cường độ chùm dưới ngưỡng này.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất nút mạng 14 để xác định bộ tiền mã hoá nhờ sử dụng bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm. Nút mạng 14 này bao gồm hệ mạch xử lý 22 bao gồm bộ nhớ 24 và bộ xử lý 26. Bộ nhớ 24 được tạo cấu hình để lưu giữ các hệ số làm đồng pha đối với mỗi trong số các chùm. Bộ xử lý 26 được tạo cấu hình để nhận hệ số làm đồng pha thứ nhất mà được xác định cho chùm thứ nhất với độ chi tiết tần số thứ nhất, và nhận hệ số làm đồng pha thứ hai mà được xác định cho chùm thứ hai với độ chi tiết tần số thứ hai, độ chi tiết tần số thứ hai là lớn hơn độ chi tiết tần số thứ nhất. Bộ xử lý 26 còn được tạo cấu hình để xác định bộ tiền mã hoá nhờ sử dụng hệ số làm đồng pha thứ nhất và hệ số làm đồng pha thứ hai này.

Theo một số phương án, bộ xử lý 26 được tạo cấu hình để xác định độ chi tiết của hệ số làm đồng pha đối với mỗi trong số các chùm, độ chi tiết tần số của hệ số làm đồng pha đối với chùm là dựa trên cường độ chùm, chùm yếu hơn thì có độ chi tiết tần số thấp hơn so với chùm mạnh hơn, và. Nút mạng 14 còn bao gồm bộ thu phát 28 được tạo cấu hình để truyền các độ chi tiết tần số này đến thiết bị không dây 16. Theo khía cạnh này, theo một số phương án, bộ xử lý 26 còn được tạo cấu hình để xác định độ chi tiết tần số của mỗi chùm để là bội số của kích thước dải con. Theo một số phương án, bộ xử lý 26 còn được tạo cấu hình để xác định độ chi tiết của chùm điểm được khoá dịch pha (PSK). Theo một số phương án, chùm điểm PSK này là 8 PSK đối với các chùm có cường độ chùm trên một ngưỡng, và là PSK vuông góc (Quadrature PSK - QPSK) đối với các chùm có cường độ chùm dưới ngưỡng này. Theo một số phương án, bộ xử lý 26 còn được tạo cấu hình để mã hoá vi sai đối với pha của mỗi dải con.

Theo một số phương án, nút mạng 14 được tạo cấu hình để xác định bộ tiền mã hoá nhờ sử dụng bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm. Nút mạng 14 bao gồm môđun thu phát 29 được tạo cấu hình để nhận hệ số làm đồng pha thứ nhất mà được xác định cho chùm thứ nhất với độ chi tiết thứ nhất, và nhận hệ số làm đồng pha thứ hai mà được xác định cho chùm thứ hai với độ chi tiết thứ hai, độ chi tiết thứ hai là lớn

hơn độ chi tiết thứ nhất. Nút mạng 14 này còn bao gồm môđun bộ tiền mã hoá 35 được tạo cấu hình để xác định bộ tiền mã hoá nhờ sử dụng hệ số làm đồng pha thứ nhất và hệ số làm đồng pha thứ hai này.

Một số phương án bao gồm:

Phương án 1. Phương pháp để xác định bộ tiền mã hoá từ bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:

- xác định, đối với mỗi chùm, độ chi tiết của hệ số làm đồng pha;
- xác định hệ số làm đồng pha cho mỗi chùm với độ chi tiết xác định được; và
- truyền các độ chi tiết và các hệ số làm đồng pha này đến nút mạng.

Phương án 2. Phương pháp theo Phương án 1, trong đó độ chi tiết của hệ số làm đồng pha cho chùm là dựa trên cường độ chùm, chùm yếu hơn thì có độ chi tiết thấp hơn so với chùm mạnh hơn.

Phương án 3. Phương pháp theo Phương án 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước xác định độ chi tiết tần số của mỗi chùm để là bội số của kích thước dải con.

Phương án 4. Phương pháp theo Phương án 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước xác định độ chi tiết của chùm điểm được khoá dịch pha (Phase Shift Keyed - PSK).

Phương án 5. Phương pháp theo Phương án 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước mã hoá vi sai đối với pha của mỗi dải con.

Phương án 6. Thiết bị không dây được tạo cấu hình để xác định bộ tiền mã hoá từ bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm, trong đó thiết bị không dây này bao gồm:

- hệ mạch xử lý bao gồm bộ nhớ và bộ xử lý;
- bộ nhớ được tạo cấu hình để lưu giữ các hệ số làm đồng pha; và
- bộ xử lý được tạo cấu hình để:

xác định, đối với mỗi chùm, độ chi tiết của hệ số làm đồng pha;
và

xác định hệ số làm đồng pha cho mỗi chùm với độ chi tiết xác định được; và

bộ thu phát được tạo cấu hình để truyền các độ chi tiết và các hệ số làm đồng pha đến nút mạng.

Phương án 7. Thiết bị không dây theo Phương án 6, trong đó độ chi tiết của hệ số làm đồng pha cho chùm là dựa trên cường độ chùm, chùm yếu hơn thì có độ chi tiết thấp hơn so với chùm mạnh hơn.

Phương án 8. Thiết bị không dây theo Phương án 6, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước xác định độ chi tiết tần số của mỗi chùm để là bội số của kích thước dải con.

Phương án 9. Thiết bị không dây theo Phương án 6, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước xác định độ chi tiết của chùm điểm được khoá dịch pha (Phase Shift Keyed - PSK).

Phương án 10. Thiết bị không dây theo Phương án 6, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước mã hoá vi sai đối với pha của mỗi dải con.

Phương án 11. Thiết bị không dây được tạo cấu hình để xác định bộ tiền mã hoá từ bảng mã bộ tiền mã hoá đa chùm, trong đó thiết bị không dây này bao gồm:

môđun bộ nhớ được tạo cấu hình để lưu giữ các hệ số làm đồng pha;

môđun xác định độ chi tiết được tạo cấu hình để xác định, cho mỗi chùm, độ chi tiết của hệ số làm đồng pha; và

môđun xác định hệ số đồng pha được tạo cấu hình để xác định hệ số làm đồng pha cho mỗi chùm với độ chi tiết xác định được; và

môđun thu phát được tạo cấu hình để truyền các độ chi tiết và các hệ số làm đồng pha đến nút mạng.

Phương án 12. Phương pháp tạo cấu hình thiết bị không dây qua nút mạng, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:

xác định độ chi tiết của hệ số làm đồng pha cho mỗi trong số các chùm; và truyền các độ chi tiết này đến thiết bị không dây này.

Phương án 13. Phương pháp theo Phương án 12, trong đó độ chi tiết của hệ số làm đồng pha cho chùm là dựa trên cường độ chùm, chùm yếu hơn thì có độ chi tiết thấp hơn so với chùm mạnh hơn.

Phương án 14. Phương pháp theo Phương án 12, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước xác định độ chi tiết tần số của mỗi chùm để là bội số của kích thước dải con.

Phương án 15. Phương pháp theo Phương án 12, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước xác định độ chi tiết của chùm đi kèm được khoá dịch pha (Phase Shift Keyed - PSK).

Phương án 16. Phương pháp theo Phương án 12, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước mã hoá vì sai đối với pha của mỗi dải con.

Phương án 17. Nút mạng được tạo cấu hình để xác định cấu hình của thiết bị không dây, trong đó nút mạng này bao gồm:

hệ mạch xử lý bao gồm bộ nhớ và bộ xử lý:

bộ nhớ được tạo cấu hình để lưu giữ độ chi tiết của hệ số làm đồng pha đối với mỗi trong số các chùm; và

bộ xử lý được tạo cấu hình để xác định độ chi tiết của hệ số làm đồng pha cho mỗi trong số các chùm; và

bộ thu phát được tạo cấu hình để truyền các độ chi tiết này đến thiết bị không dây.

Phương án 18. Nút mạng theo Phương án 17, trong đó độ chi tiết của hệ số làm đồng pha cho chùm là dựa trên cường độ chùm, chùm yếu hơn thì có độ chi tiết thấp hơn so với chùm mạnh hơn.

Phương án 19. Nút mạng theo Phương án 17, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước xác định độ chi tiết tần số của mỗi chùm để là bội số của kích thước dải con.

Phương án 20. Nút mạng theo Phương án 17, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước xác định độ chi tiết của chùm điểm được khoá dịch pha (Phase Shift Keyed - PSK).

Phương án 21. Nút mạng theo Phương án 17, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước mã hoá vi sai đối với pha của mỗi dải con.

Phương án 22. Nút mạng được tạo cấu hình để xác định cấu hình của thiết bị không dây, trong đó nút mạng này bao gồm:

môđun bộ nhớ được tạo cấu hình để lưu giữ độ chi tiết của hệ số làm đồng pha đối với mỗi trong số các chùm;

môđun xác định độ chi tiết được tạo cấu hình để xác định độ chi tiết của hệ số làm đồng pha cho mỗi trong số các chùm; và

môđun thu phát được tạo cấu hình để truyền các độ chi tiết này đến thiết bị không dây.

Như người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực có thể thấy, các khái niệm được mô tả ở đây là có thể được thực hiện dưới dạng phương pháp, hệ thống xử lý dữ liệu, và/hoặc sản phẩm chương trình máy tính. Theo đó, các khái niệm được mô tả ở đây có thể có dạng phương án hoàn toàn là phần cứng, phương án hoàn toàn là phần mềm, hoặc phương án kết hợp các khía cạnh phần mềm và phần cứng mà tất cả được gọi chung ở đây là “mạch” hoặc “môđun”. Ngoài ra, sáng chế có thể có dạng sản phẩm chương trình máy tính trên phương tiện lưu trữ hữu hình có thể sử dụng được bằng máy tính mà có mã chương trình máy tính được thực hiện trong môi

trường mà có thể được thực thi bằng máy tính. Phương tiện hữu hình đọc được bằng máy tính phù hợp bất kỳ có thể được sử dụng, bao gồm ổ đĩa cứng, đĩa CD-ROM, thiết bị lưu trữ điện tử, thiết bị lưu trữ quang học, hoặc thiết bị lưu trữ từ tính.

Một số phương án được mô tả ở đây dựa vào các lưu đồ và/hoặc các sơ đồ khối của các phương pháp, các hệ thống và các sản phẩm chương trình máy tính. Cần hiểu rằng mỗi khối của lưu đồ và/hoặc các sơ đồ khối, và các tổ hợp của các khối trên lưu đồ và/hoặc các sơ đồ khối, là có thể được thực hiện bằng các lệnh chương trình máy tính. Các lệnh chương trình máy tính này có thể được cung cấp cho bộ xử lý của máy tính thông dụng (để nhờ đó tạo ra máy tính chuyên dụng), máy tính chuyên dụng, hoặc thiết bị xử lý dữ liệu lập trình được khác, để tạo ra máy móc, sao cho các lệnh, mà thực thi qua bộ xử lý của máy tính hoặc thiết bị xử lý dữ liệu lập trình được khác đó, tạo ra phương tiện để thực hiện các chức năng/các hành động được quy định trên lưu đồ và/hoặc khối hoặc các khối của sơ đồ khối này.

Các lệnh chương trình máy tính này cũng có thể được lưu giữ trong bộ nhớ đọc được bằng máy tính hoặc phương tiện lưu trữ mà có thể điều khiển máy tính hoặc thiết bị xử lý dữ liệu lập trình được khác để có chức năng theo cách cụ thể, để các lệnh mà được lưu giữ trong bộ nhớ đọc được bằng máy tính này tạo ra sản phẩm sản xuất bao gồm phương tiện lệnh để thực hiện chức năng/hành động được quy định trên lưu đồ và/hoặc khối hoặc các khối của sơ đồ khối này.

Các lệnh chương trình máy tính này cũng có thể được nạp lên máy tính hoặc thiết bị xử lý dữ liệu lập trình được khác để làm cho một loạt các bước thao tác được thực hiện trên máy tính hoặc thiết bị lập trình được khác đó để tạo ra quy trình được thực hiện bằng máy tính, để các lệnh đó, mà được thực hiện trên máy tính hoặc thiết bị lập trình được khác đó, cung cấp các bước để thực hiện các chức năng/hành động được nêu ở lưu đồ và/hoặc khối hoặc các khối của sơ đồ khối này.

Cần hiểu rằng các chức năng/hành động được nêu ở các khối là có thể xuất hiện không theo thứ tự được nêu trên các hình vẽ minh họa sự hoạt động. Ví dụ, trên thực tế, hai bước mà được thể hiện liên nhau là có thể được thực hiện gần như đồng thời, hoặc đôi khi các bước này có thể được thực hiện theo thứ tự ngược lại, tùy theo chức năng/hoạt động liên quan. Tuy một số trong số các sơ đồ có bao gồm các hình mũi tên trên các đường truyền thông để thể hiện hướng truyền thông chính, nhưng

cần hiểu rằng quá trình truyền thông có thể diễn ra theo chiều ngược lại so với các hình mũi tên được thể hiện đó.

Mã chương trình máy tính để thực hiện các hoạt động theo các khái niệm được mô tả ở đây là có thể được viết bằng ngôn ngữ lập trình hướng đối tượng, chẳng hạn Java® hoặc C++. Tuy nhiên, mã chương trình máy tính để thực hiện các hoạt động theo sáng chế cũng có thể được viết bằng các ngôn ngữ lập trình thủ tục thông thường, chẳng hạn ngôn ngữ lập trình "C". Mã chương trình này có thể chạy hoàn toàn trên máy tính của người dùng, một phần trên máy tính của người dùng, dưới dạng gói phần mềm độc lập, một phần trên máy tính của người dùng và một phần trên máy tính ở xa, hoặc toàn bộ trên máy tính ở xa. Trong trường hợp chạy trên máy tính ở xa, thì máy tính ở xa này có thể được kết nối với máy tính của người dùng qua mạng cục bộ (LAN - Local Area Network) hoặc mạng diện rộng (WAN - Wide Area Network), hoặc kết nối này có thể được hướng đến máy tính ngoài (ví dụ, qua mạng Internet nhờ nhà cung cấp dịch vụ Internet).

Nhiều phương án khác nhau đã được bộc lộ ở đây, dựa vào phần mô tả nêu trên và các hình vẽ kèm theo. Cần hiểu rằng việc mô tả và thể hiện một cách máy móc từng tổ hợp và từng tổ hợp con của các phương án này sẽ là thừa thãi quá mức và làm rắc rối thêm phần mô tả. Theo đó, tất cả các phương án có thể được kết hợp theo cách bất kỳ và/hoặc tổ hợp bất kỳ, và bản mô tả này, bao gồm các hình vẽ, cần được hiểu là cấu thành phần mô tả bằng văn bản hoàn chỉnh của tất cả các tổ hợp và các tổ hợp con của các phương án được mô tả ở đây, và của cách thức và tiến trình tạo ra và sử dụng chúng, và sẽ hỗ trợ các điểm yêu cầu bảo hộ đối với tổ hợp hoặc tổ hợp con bất kỳ đó.

Các từ viết tắt được sử dụng ở phần mô tả nêu trên bao gồm:

- 1D One Dimensional - một chiều
- 2D Two Dimensional - hai chiều
- 3GPP Third Generation Partnership Project - dự án hợp tác thế hệ thứ ba
- 5G Fifth Generation - thế hệ thứ năm
- ACK Acknowledgement - báo nhận

- ASIC Application Specific Integrated Circuit - mạch tích hợp chuyên dụng
- ARQ Automatic Retransmission Request - yêu cầu truyền lại tự động
- CA Carrier Aggregation - kết tập sóng mang
- CB Codebook - bảng mã
- CDMA Code Division Multiple Access - đa truy cập phân chia theo mã
- CFAI CSI Feedback Accuracy Indicator - bộ chỉ thị độ chính xác của phản hồi CSI
- CFI Control Information Indicator - bộ chỉ thị thông tin điều khiển
- CP Cyclic Prefix - tiền tố vòng
- CPU Central Processing Unit - bộ xử lý trung tâm
- CQI Channel Quality Indicators - các bộ chỉ thị chất lượng kênh
- CRS Common Reference Symbol/Signal - ký hiệu/tín hiệu tham chiếu chung
- CSI Channel State Information - thông tin trạng thái kênh
- CSI-RS Channel State Information Reference Symbol/Signal - ký hiệu/tín hiệu tham chiếu về thông tin trạng thái kênh
- dB Decibel - đêxiben
- DCI Downlink Control Information - thông tin điều khiển đường xuống
- DFT Discrete Fourier Transform - phép biến đổi Fourier rời rạc
- DL Downlink - đường xuống
- eNB Enhanced/Evolved Node B - nút B tăng cường/cải tiến
- DP Dual Polarization - sự phân cực kép
- EPC Evolved Packet Core - lõi gói cải tiến
- EPDCCH Enhanced Physical Downlink Control Channel - kênh điều khiển đường xuống vật lý tăng cường
- EPRE Energy per Resource Element - năng lượng trên mỗi phần tử tài nguyên

- E-UTRAN Evolved or Enhanced Universal Terrestrial Radio Access Network - mạng truy cập vô tuyến mặt đất vạn năng cải tiến hoặc tăng cường
- FDD Frequency Division Duplexing - song công phân chia theo tần số
- FD-MIMO Full Dimension MIMO - MIMO đầy đủ chiều
- FFT Fast Fourier Transform - phép biến đổi Fourier nhanh
- FPGA Field Programmable Gate Array - mảng cổng lập trình được dạng trường
- GSM Global System for Mobile Communications - hệ thống truyền thông di động toàn cầu
- HARQ Hybrid ARQ - ARQ lai
- ID Identifier - bộ nhận dạng
- IFFT Inverse FFT - FFT ngược
- LSB Least Significant Bit - bit ít có nghĩa nhất
- LTE Long Term Evolution - phát triển lâu dài
- M2M Machine-to-Machine - giữa máy với máy
- MCS Modulation and Coding Scheme/State - sơ đồ/trạng thái điều chế và mã hoá
- MIMO Multiple Input Multiple Output - đa đầu vào đa đầu ra
- MME Mobility Management Entity - thực thể quản lý di động
- MSB Most Significant Bit - bit có nghĩa nhất
- MU-MIMO Multi-User MIMO - MIMO đa người dùng
- NAK Non-Acknowledgement - không báo nhận
- NZP Non-Zero Power - công suất khác không
- OCC Orthogonal Cover Code - mã bảo vệ trực giao
- OFDM Orthogonal Frequency Division Multiplexing - ghép kênh phân chia theo tần số trực giao
- PCFICH Physical Control Format Indicator Channel - kênh chỉ thị định dạng điều khiển vật lý
- PDA Personal Data Assistance - máy trợ lý dữ liệu cá nhân

- PDCCH Physical Downlink Control Channel - kênh điều khiển đường xuống vật lý
- PDSCH Physical Downlink Shared Channel - kênh dùng chung đường xuống vật lý
- PRB Physical Resource Block - khối tài nguyên vật lý
- PMI Precoder Matrix Indicator - bộ chỉ thị ma trận bộ tiền mã hoá
- PSK Phase Shift Keying - khoá dịch pha
- PUCCH Physical Uplink Control Channel - kênh điều khiển đường lên vật lý
- PUSCH Physical Uplink Shared Channel - kênh dùng chung đường lên vật lý
- QPSK Quadrature Phase Shift Keying - khoá dịch pha vuông góc
- RB Resource Block - khối tài nguyên
- RE Resource Element - phần tử tài nguyên
- Rel Release - bản phát hành
- RI Rank Indicator - bộ chỉ thị bậc
- RRC Radio Resource Control - điều khiển tài nguyên vô tuyến
- SINR Signal to Interference plus Noise Ratio - tỷ số tín hiệu trên nhiễu và tạp âm
- SNR Signal to Noise Ratio - tỷ số tín hiệu trên tạp âm
- SP Single Polarization - sự phân cực đơn
- SR Scheduling Request - yêu cầu lập lịch
- SU-MIMO Single User MIMO - MIMO đơn người dùng
- TDD Time Division Duplexing - song công phân chia theo thời gian
- TFRE Time/Frequency Resource Element - phần tử tài nguyên thời gian/tần số
- TP Transmission Point - điểm truyền
- TS Technical Specification - đặc tả kỹ thuật
- Tx Transmit - phát
- UE User Equipment - thiết bị người dùng

- UL Uplink - đường lên
- ULA Uniform Linear Array - mảng tuyến tính đồng nhất
- UMB Ultra Mobile Broadband - siêu băng rộng di động
- UPA Uniform Planar Array - mảng phẳng đồng nhất
- WCDMA Wideband Code Division Multiple Access - đa truy cập phân chia theo mã băng rộng
- ZP Zero Power - công suất bằng không

Những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực cần hiểu rằng các phương án được mô tả ở đây là không bị giới hạn ở những gì đã được thể hiện và mô tả cụ thể trên đây. Ngoài ra, trừ khi được nói ngược lại, thì cần lưu ý rằng tất cả các hình vẽ kèm theo là được vẽ không theo tỷ lệ. Nhiều phương án cải biến và biến thể khác nhau có thể được tạo ra dựa vào các nguyên lý nêu trên mà không nằm ngoài phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ sau đây.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp ở trạm gốc để nhận chỉ thị về bộ tiền mã hoá từ thiết bị người dùng, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:

nhận chỉ thị về bộ tiền mã hoá mà bao gồm thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai lần lượt tương ứng với chùm thứ nhất và chùm thứ hai, mỗi trong số thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai này tương ứng với một trong số nhiều dải tần số con;

thông số pha của chùm thứ nhất lấy một trong số một số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha; và

thông số pha của chùm thứ hai lấy một trong số một số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha, chùm thứ hai có công suất nhỏ hơn chùm thứ nhất và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là nhỏ hơn số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha;

xác định bộ tiền mã hoá dựa trên chỉ thị nhận được về bộ tiền mã hoá này; và tạo ra chùm thứ nhất và chùm thứ hai dựa trên bộ tiền mã hoá này.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước nhận số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó độ chi tiết tần số của mỗi chùm là được xác định là bội số của kích thước dải con.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là các số lượng giá trị tương ứng mà có thể đạt được trong chùm điểm được khoá dịch pha (Phase Shift Keyed - PSK).

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó mỗi trong số chùm thứ nhất và chùm thứ hai là chùm thứ k , $d(k)$, mà liên kết với tập hợp số phức và có cặp chỉ số (l_k, m_k) , mỗi

phần tử của tập hợp số phức này là được đặc trưng bởi ít nhất một độ dịch pha phức sao cho:

$$d_n(k) = d_i(k) \alpha_{i,n} e^{j2\pi(p\Delta_{1,k} + q\Delta_{2,k})};$$

$d_n(k)$, và $d_i(k)$ lần lượt là phần tử thứ i và phần tử thứ n của $d(k)$;

$\alpha_{i,n}$ là số thực tương ứng với phần tử thứ i và phần tử thứ n của $d(k)$;

p và q là các số nguyên;

các hướng chùm $\Delta_{1,k}$ và $\Delta_{2,k}$ lần lượt là các số thực tương ứng với các chùm với cặp chỉ số (l_k, m_k) mà xác định các độ dịch pha phức $e^{j2\pi\Delta_{1,k}}$ và $e^{j2\pi\Delta_{2,k}}$; và

mỗi trong số thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai là hệ số phức c_k đối với $d(k)$ mà được dùng để điều chỉnh ít nhất là pha của phần tử thứ i của $d(k)$ theo $c_k d_i(k)$.

6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là các độ chi tiết tương ứng của các hệ số làm đồng pha tương ứng cho chùm thứ nhất và chùm thứ hai.

7. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ít nhất một trong số phần đa số thứ nhất và phần đa số thứ hai của thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai là được mã hoá về mặt thông số, trong đó ít nhất một trong số phần đa số thứ nhất và phần đa số thứ hai của các thông số pha của chùm này là các hệ số trong hàm định trước theo tần số.

8. Trạm gốc để nhận chỉ thị về bộ tiền mã hoá từ thiết bị người dùng, trong đó trạm gốc này bao gồm:

hệ mạch xử lý được tạo cấu hình để:

nhận chỉ thị về bộ tiền mã hoá mà bao gồm thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai lần lượt tương ứng với chùm thứ nhất và chùm thứ hai, mỗi trong số thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai này tương ứng với một trong số nhiều dải tần số con;

thông số pha của chùm thứ nhất lấy một trong số một số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha; và

thông số pha của chùm thứ hai lấy một trong số một số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha, chùm thứ hai có công suất nhỏ hơn chùm thứ nhất và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là nhỏ hơn số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha;

xác định bộ tiền mã hoá dựa trên chỉ thị nhận được về bộ tiền mã hoá này; và tạo ra chùm thứ nhất và chùm thứ hai dựa trên bộ tiền mã hoá này.

9. Trạm gốc theo điểm 8, trong đó các hoạt động nêu trên còn bao gồm việc nhận số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha.

10. Trạm gốc theo điểm 8, trong đó độ chi tiết tần số của mỗi chùm là được xác định là bội số của kích thước dải con.

11. Trạm gốc theo điểm 8, trong đó số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là các số lượng giá trị tương ứng mà có thể đạt được trong chùm điểm được khoá dịch pha (Phase Shift Keyed - PSK).

12. Trạm gốc theo điểm 8, trong đó mỗi trong số chùm thứ nhất và chùm thứ hai là chùm thứ k , $d(k)$, mà liên kết với tập hợp số phức và có cặp chỉ số (l_k, m_k) , mỗi phần tử của tập hợp số phức này là được đặc trưng bởi ít nhất một độ dịch pha phức sao cho:

$$d_n(k) = d_i(k) \alpha_{i,n} e^{j2\pi(p\Delta_{1,k} + q\Delta_{2,k})};$$

$d_n(k)$, và $d_i(k)$ lần lượt là phần tử thứ i và phần tử thứ n của $d(k)$;

$\alpha_{i,n}$ là số thực tương ứng với phần tử thứ i và phần tử thứ n của $d(k)$;

p và q là các số nguyên;

các hướng chùm $\Delta_{1,k}$ và $\Delta_{2,k}$ lần lượt là các số thực tương ứng với các chùm với cặp chỉ số (l_k, m_k) mà xác định các độ dịch pha phức $e^{j2\pi\Delta_{1,k}}$ và $e^{j2\pi\Delta_{2,k}}$; và

mỗi trong số thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai là hệ số phức c_k đối với $d(k)$ mà được dùng để điều chỉnh ít nhất là pha của phần tử thứ i của $d(k)$ theo $c_k d_i(k)$.

13. Trạm gốc theo điểm 8, trong đó số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là các độ chi tiết tương ứng của các hệ số làm đồng pha tương ứng cho chùm thứ nhất và chùm thứ hai.

14. Trạm gốc theo điểm 8, trong đó ít nhất một trong số phần đa số thứ nhất và phần đa số thứ hai của thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai là được mã hoá về mặt thông số, trong đó ít nhất một trong số phần đa số thứ nhất và phần đa số thứ hai của các thông số pha của chùm này là các hệ số trong hàm định trước theo tần số.

15. Phương pháp để thiết bị người dùng truyền chỉ thị về bộ tiền mã hoá đến trạm gốc, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:

xác định, từ bảng mã, chỉ thị về bộ tiền mã hoá mà bao gồm thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai mà lần lượt tương ứng với chùm thứ nhất và chùm thứ hai;

thông số pha của chùm thứ nhất lấy một trong số một số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha; và

thông số pha của chùm thứ hai lấy một trong số một số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha, chùm thứ hai có công suất nhỏ hơn chùm thứ nhất và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là nhỏ hơn số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha, mỗi trong số thông số pha của chùm thứ nhất và thông số pha của chùm thứ hai này tương ứng với một trong số nhiều dải tần số con; và

báo cáo chỉ thị xác định được về bộ tiền mã hoá đến trạm gốc.

16. Phương pháp theo điểm 15, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước xác định số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha.

17. Phương pháp theo điểm 15, trong đó số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là các số lượng giá trị tương ứng mà có thể đạt được trong chùm điểm được khoá dịch pha (Phase Shift Keyed - PSK), trong đó chùm điểm PSK này là 8 PSK đối với các chùm có cường độ chùm trên ngưỡng thứ nhất, và chùm điểm PSK này là PSK vuông góc (Quadrature PSK - QPSK) đối với các chùm có cường độ chùm dưới ngưỡng thứ hai.

18. Phương pháp theo điểm 15, trong đó số lượng nguyên thứ nhất của các giá trị pha và số lượng nguyên thứ hai của các giá trị pha là các độ chi tiết tương ứng của các hệ số làm đồng pha tương ứng cho chùm thứ nhất và chùm thứ hai.

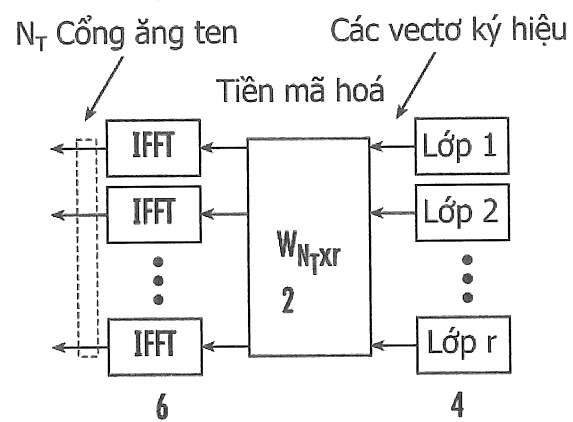


FIG. 1

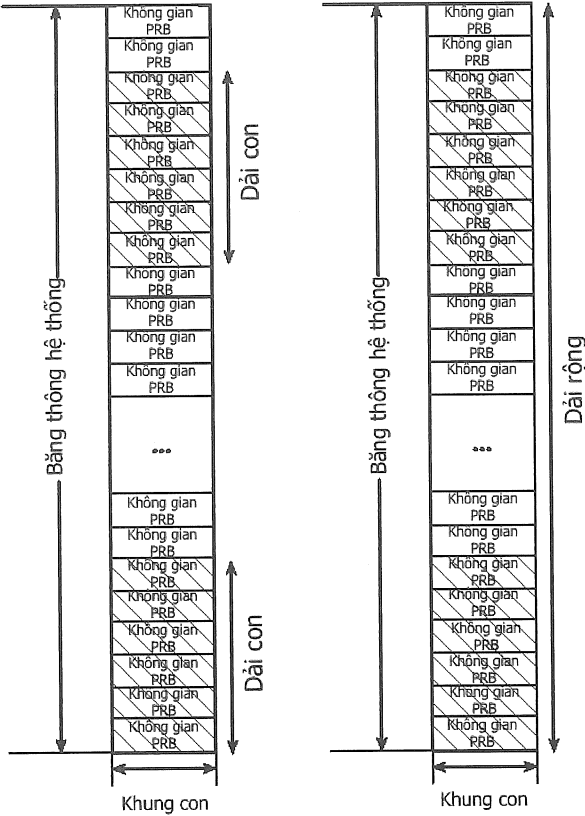


FIG. 2

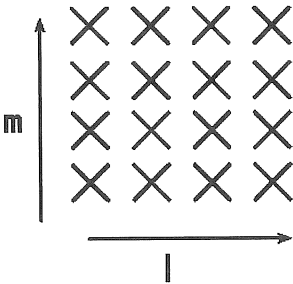
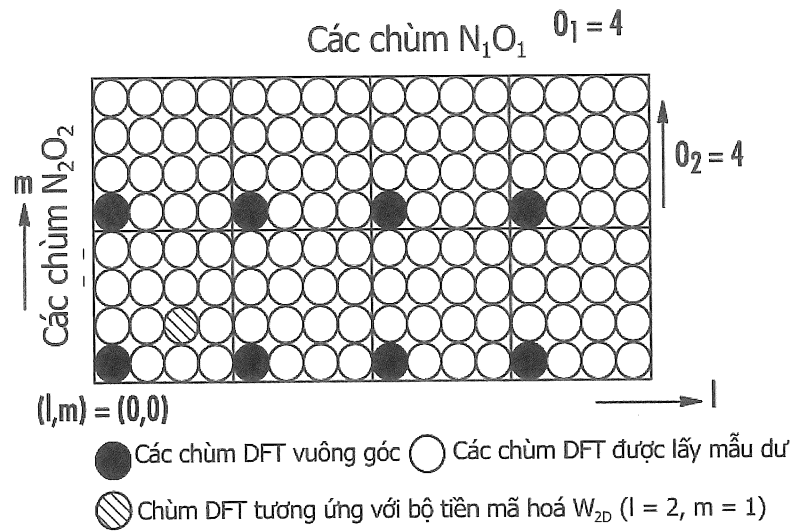
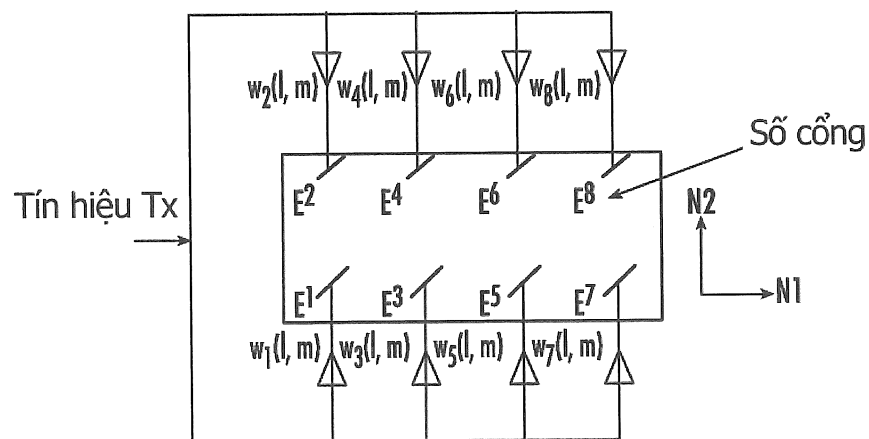


FIG. 3

3/14

**FIG. 4**

Ví dụ ánh xạ các phần tử bộ tiền mã hoá vào cổng ăng ten: $(N1, N2) = (4, 2)$

FIG. 5

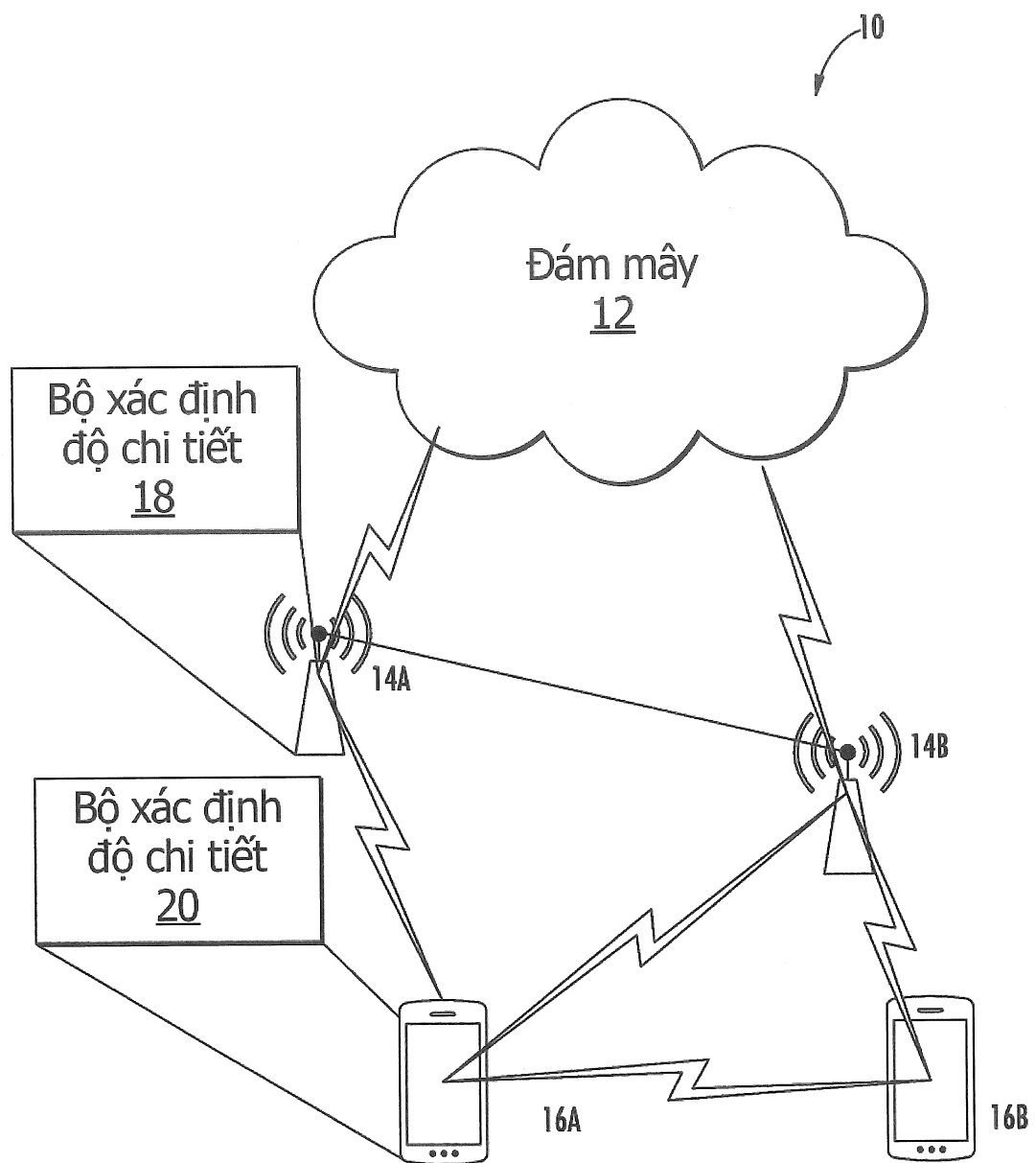
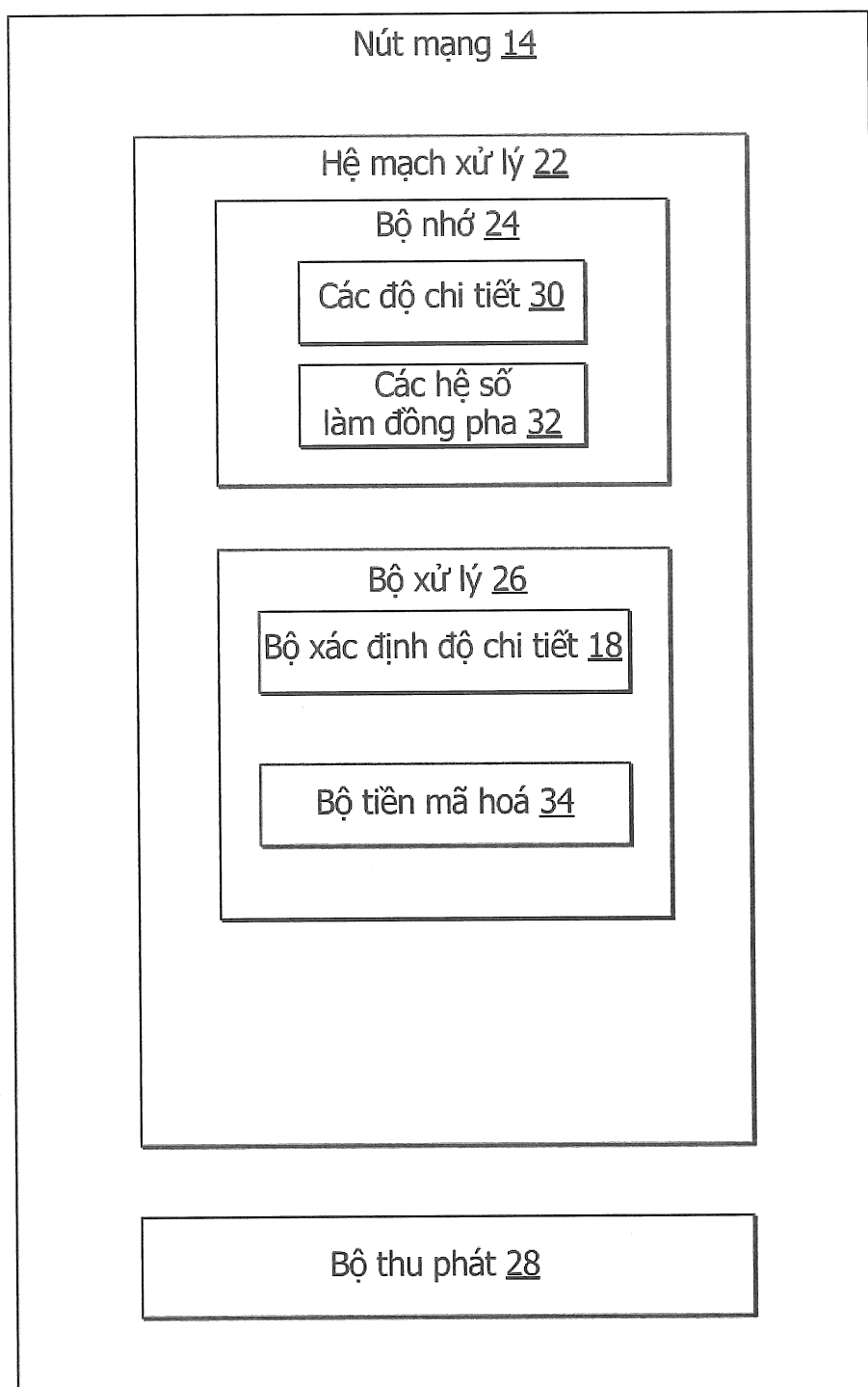
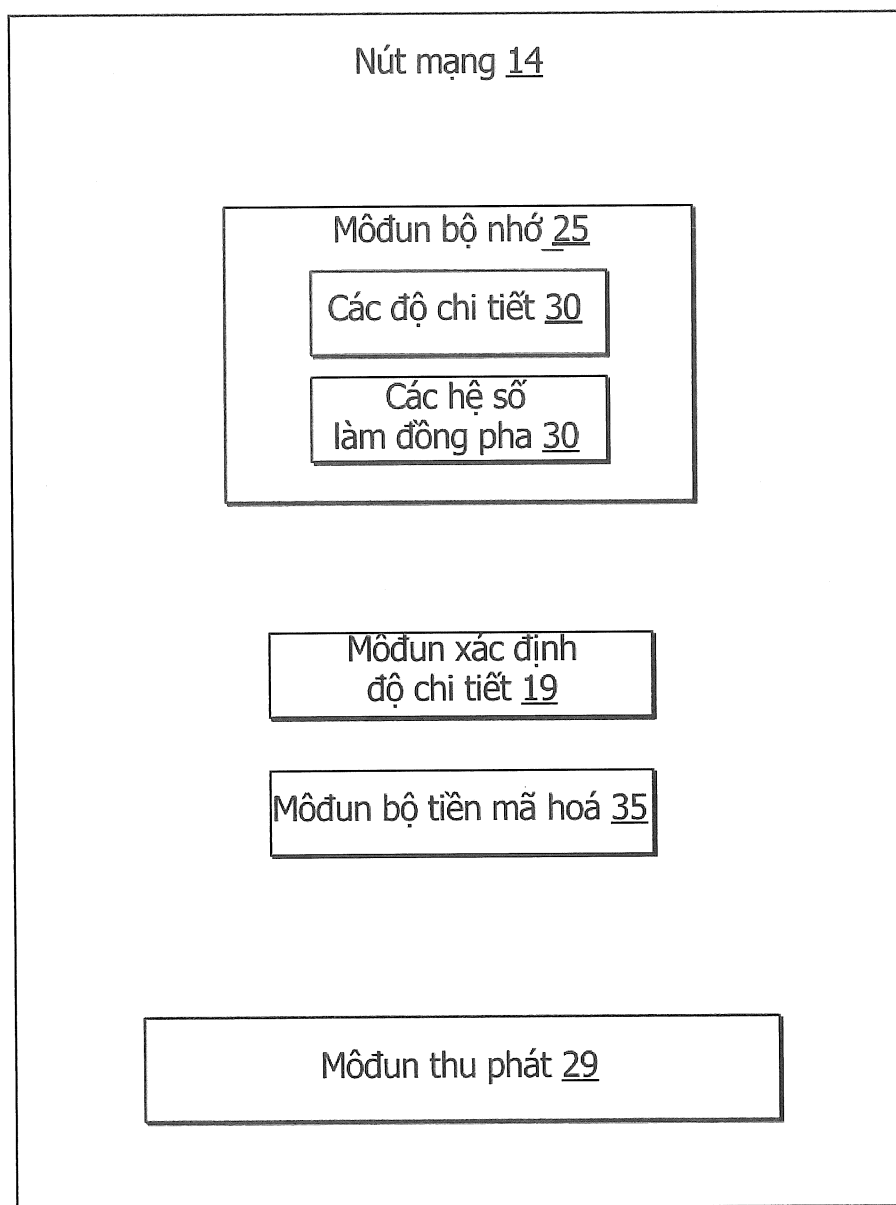
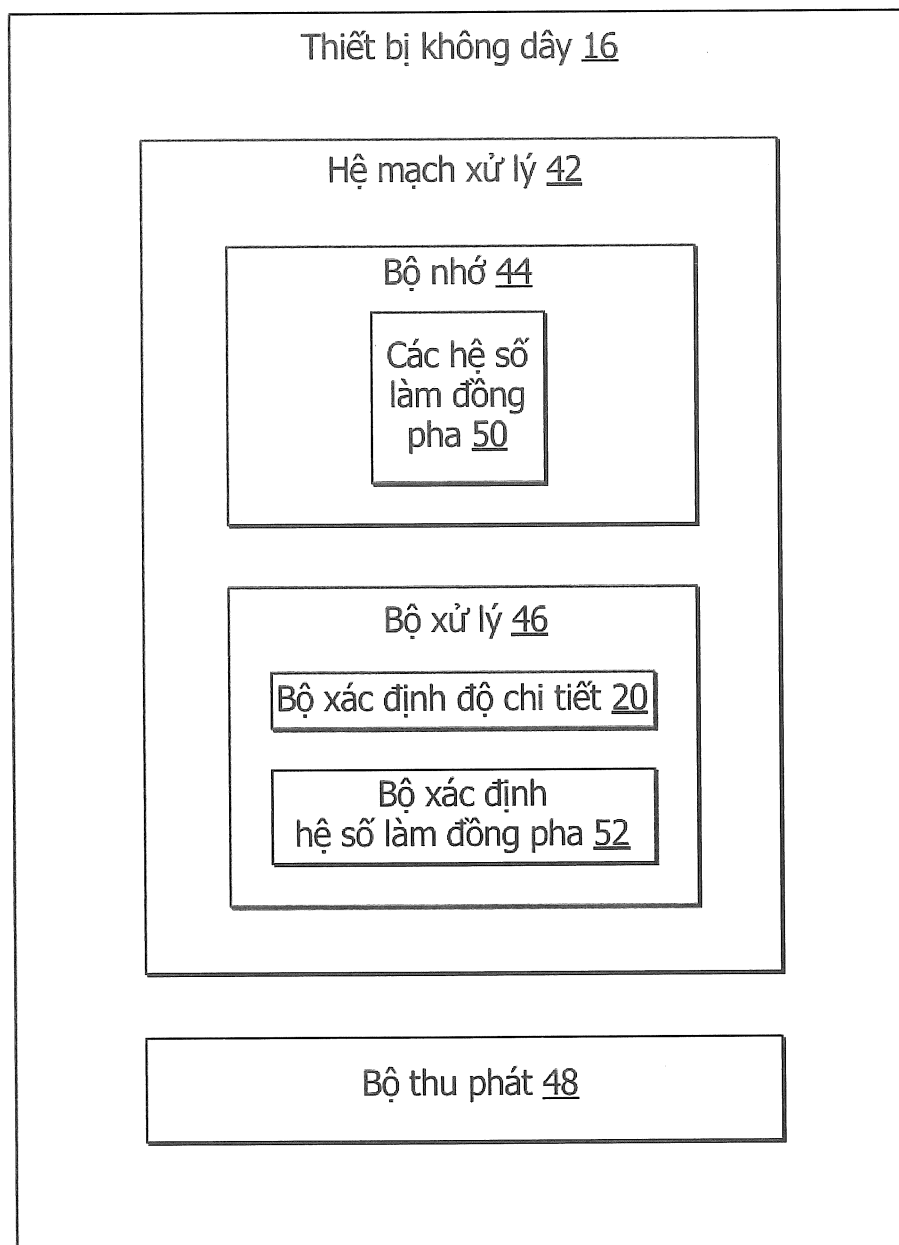
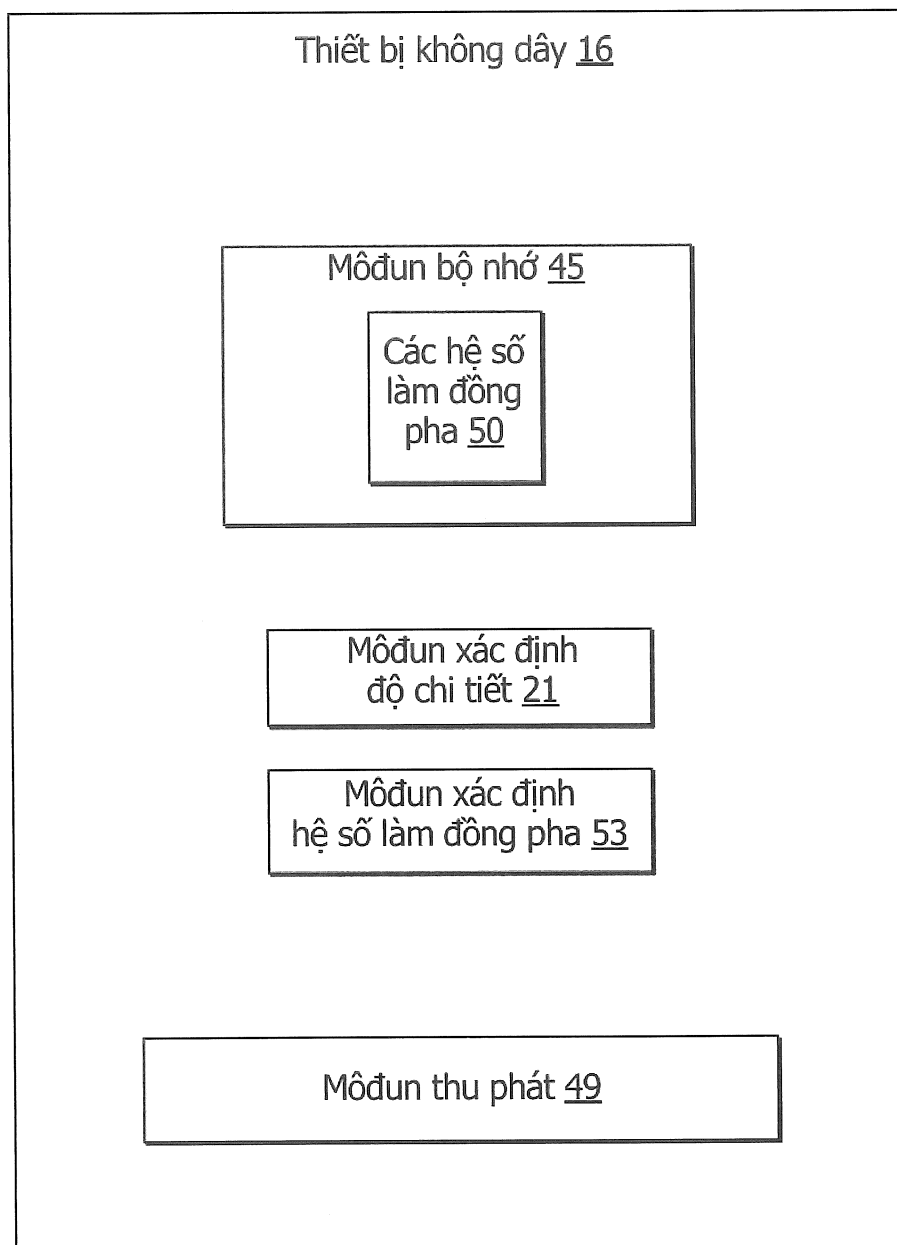


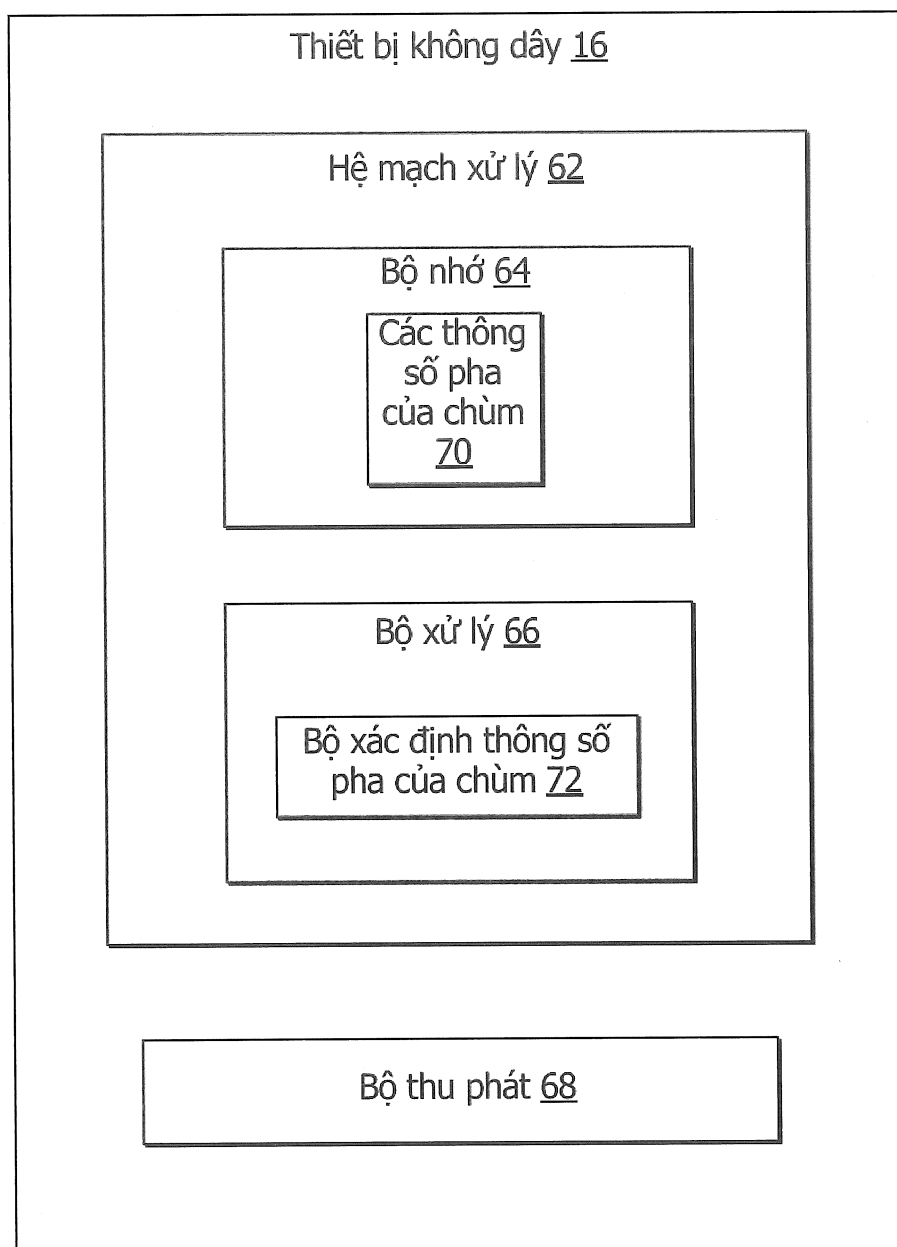
FIG. 6

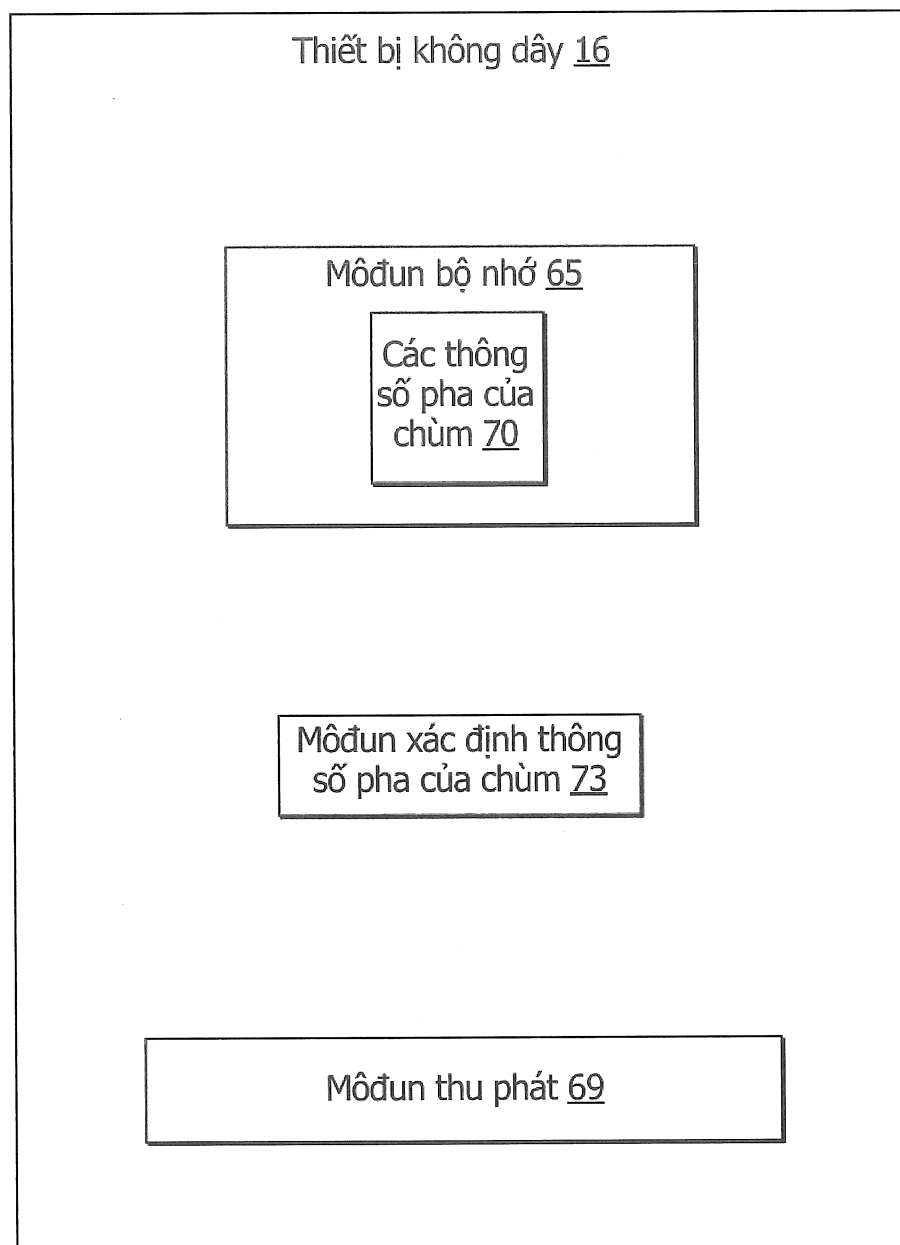
**FIG. 7**

**FIG. 8**

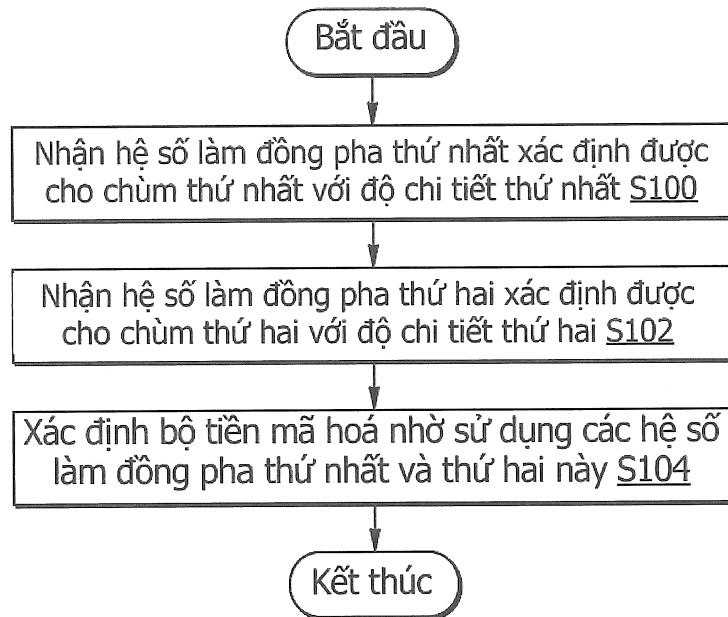
**FIG. 9**

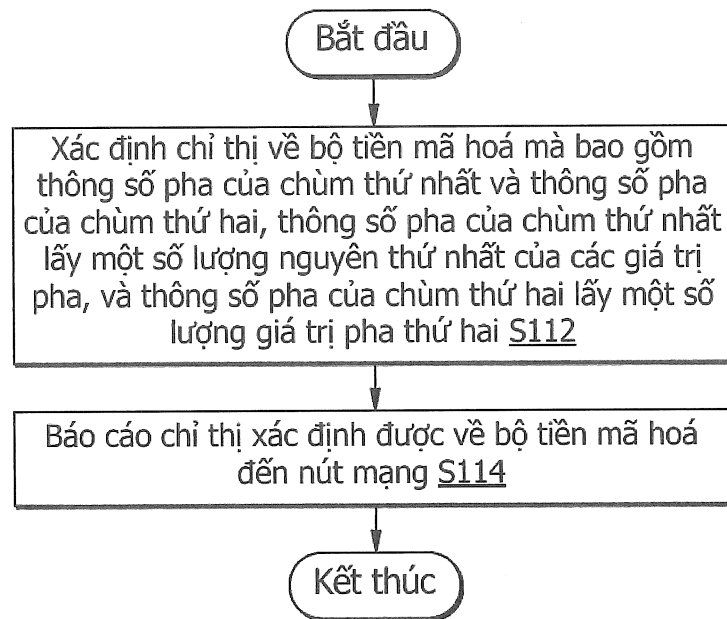
**FIG. 10**

**FIG. 11**

**FIG. 12**

11/14

**FIG. 13****FIG. 14**

**FIG. 15**

13/14

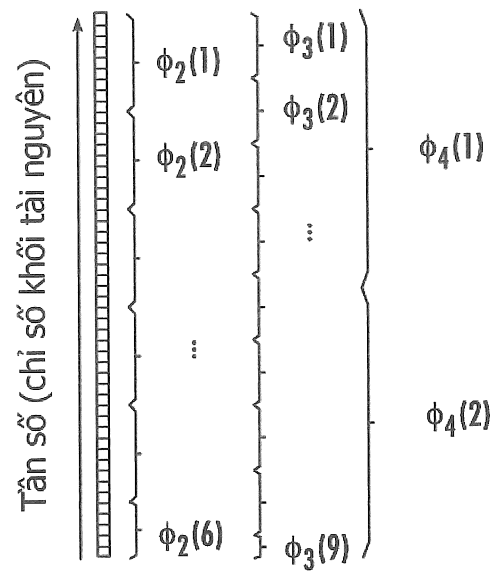


FIG. 16

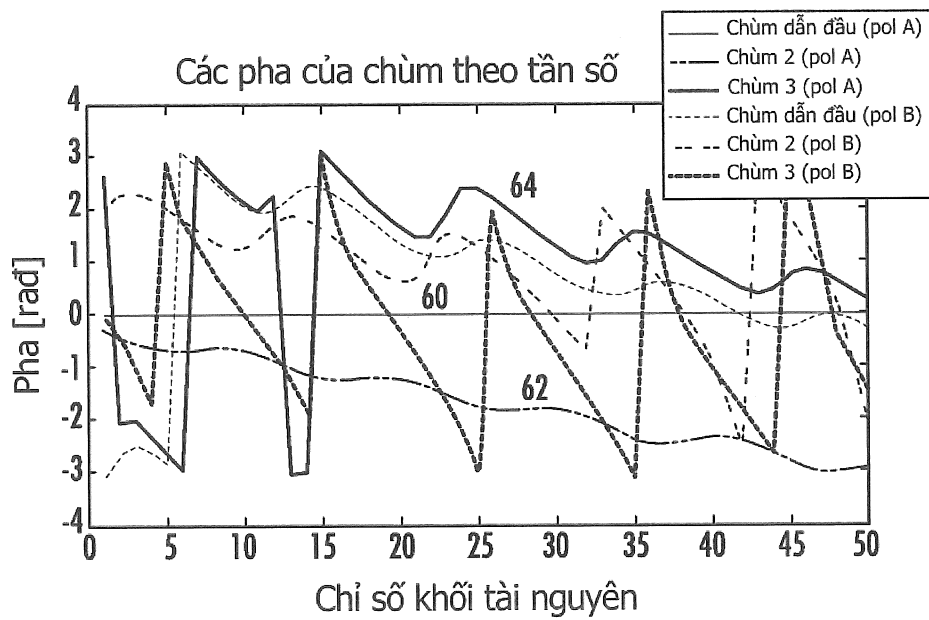


FIG. 17

14/14

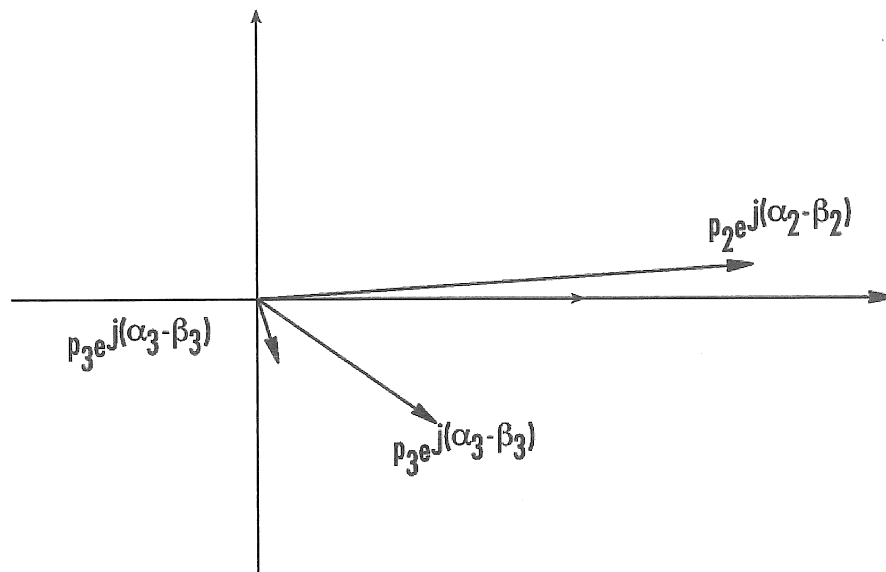


FIG. 18

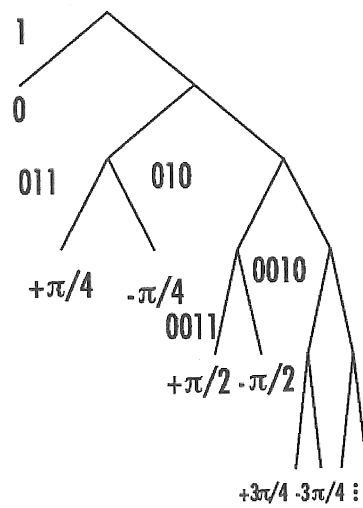


FIG. 19