



(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)



1-0033098

(51)⁸ H04J 11/00; H04L 5/00; H04L 27/26

(13) B

(21) 1-2018-02097

(22) 19/10/2015

(86) PCT/EP2015/074189 19/10/2015

(87) WO 2017/067574 27/04/2017

(45) 25/09/2022 414

(43) 25/07/2018 364A

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

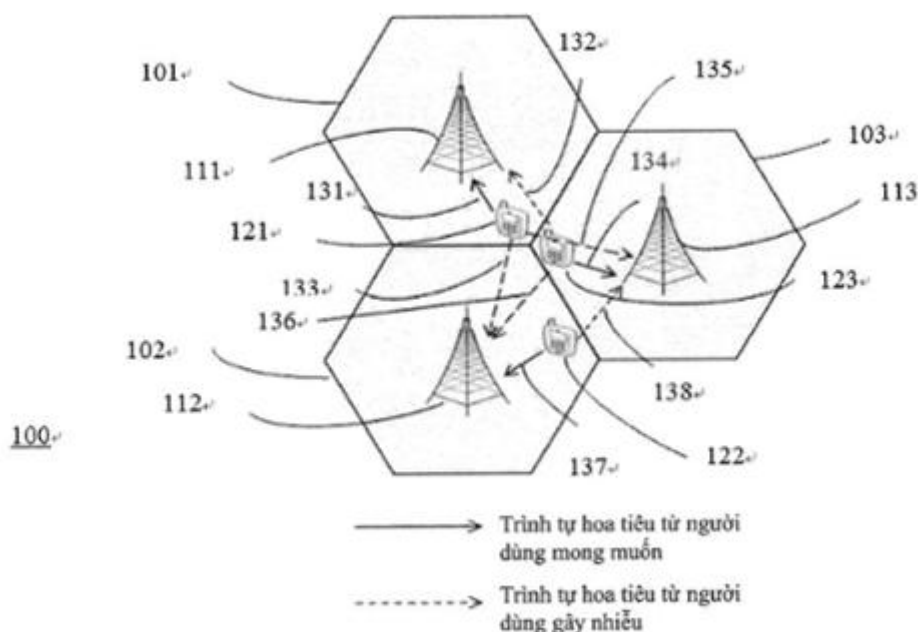
Huawei Administration Building Bantian Longgang District Shenzhen, Guangdong
518129, China

(72) BAZZI, Samer (DE); XU, Wen (DE).

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

(54) BỘ ĐIỀU KHIỂN DÙNG ĐỂ LÀM GIẢM NHIỀU HOA TIÊU LIÊN Ô, TRẠM GỐC DÙNG ĐỂ PHỤC VỤ CÁC THIẾT BỊ NGƯỜI DÙNG VÀ PHƯƠNG PHÁP LÀM GIẢM NHIỀU HOA TIÊU LIÊN Ô TRONG MẠNG DI ĐỘNG

(57) Sáng chế đề cập đến sự cấp phát các trình tự hoa tiêu tín hiệu tham chiếu-thông tin trạng thái kênh (CSI-RS) hoặc thông tin trạng thái kênh (CSI) trong số ô theo cách phối hợp để làm giảm nhiễu hoa tiêu liên ô. Các trình tự trong mỗi ô chiếm giữ cùng khe thời gian, nhiều tần số sóng mang con, và trực giao theo thời gian thông qua các chuyển đổi theo chu kỳ được chọn thích hợp. Các trình tự trong nhiều ô được chọn từ vùng các trình tự phân biệt được không trực giao thông qua các chỉ số gốc của chúng. Bước trao đổi các chỉ số gốc trong số ô cho phép ô đang xem xét tái cấu trúc các trình tự được sử dụng trong các ô lân cận và ước tính các kênh nhiễu làm số lượng các nhánh kênh thường bị hạn chế, do đó làm giảm nhiễu hoa tiêu. Ngoài ra, sáng chế cũng đề xuất thuật toán lựa chọn tối ưu cục bộ dùng để tìm ra các sự kết hợp của các trình tự mà còn làm giảm sai số toàn phương trung bình ước tính kênh.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến lĩnh vực truyền thông không dây, và cụ thể là đề cập đến thông tin trạng thái kênh (channel state information, viết tắt là CSI) và đề cập đến sự ước tính kênh dựa trên các trình tự hoa tiêu trong hệ thống nhiều ô.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Để đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng của sự truyền dữ liệu không dây tốc độ cao, các bộ truyền có số lượng lớn của anten và phục vụ nhiều người dùng (hệ thống MIMO cỡ lớn) hiện đang được nghiên cứu cho các hệ thống chia ô không dây tương lai. Một ứng dụng khả dụng của kịch bản này là đường xuống (Downlink, viết tắt là DL) của dự án hợp tác thế hệ thứ ba (3rd Generation Partnership Project, viết tắt là 3GPP) tiến hóa dài hạn (Long Term Evolution, viết tắt là LTE)/LTE-cải tiến. Một trong số các thách thức chính trong sự hoạt động của MIMO và MIMO cỡ lớn là thu thập thông tin trạng thái kênh (CSI) chính xác tại trạm gốc (base station, viết tắt là BS) để thực hiện các hoạt động tạo chùm hoặc tiền mã hóa. Trong các hệ thống LTE, điều này được thực hiện bằng cách gửi các tín hiệu-các hoa tiêu được xác định trước hoặc các trình tự hoa tiêu-mà được sử dụng cho sự ước tính kênh.

Các hệ thống 5G sẽ sử dụng phổ tần số một cách hiệu quả và sẽ hướng tới việc sử dụng lại tần số là 1. Điều này hàm ý rằng các hoa tiêu của người dùng mong muốn sẽ trải qua nhiễu hoa tiêu liên ô khi các hoa tiêu của người dùng trong các ô lân cận được lập lịch trên cùng các tài nguyên thời gian và tần số như các tài nguyên của các hoa tiêu của người dùng mong muốn. Nhiễu này làm suy giảm chất lượng CSI tại BS. Các trình tự hoa tiêu mong muốn mà trực giao qua số lượng ô bất kỳ về cơ bản là không thể. Do đó, các trình tự hoa tiêu thường được giới hạn là trực giao trong một ô và cần phải đưa ra các giải pháp mới để làm giảm nhiễu hoa tiêu liên ô.

Vấn đề nhiễu hoa tiêu liên ô là đặc biệt nghiêm trọng đối với người dùng ở rìa ô, do công suất của các hoa tiêu gây nhiễu là so sánh được với công suất của các hoa tiêu mong muốn.

Một kịch bản khả dụng mà ở đó nhiễu hoa tiêu liên ô gây bất lợi là ở chế độ song công phân chia theo thời gian (time-division-duplex, viết tắt là TDD). Ở đây, do tính thuận nghịch kênh, bộ truyền có thể ước tính CSI của người dùng mong muốn dựa trên các hoa tiêu được gửi bởi người dùng này trong đường lên (Uplink, viết tắt là UL) và sử dụng các ước tính này để thực hiện việc tạo chùm hoặc tiền mã hóa trong DL. Tuy nhiên, nhiễu hoa tiêu liên ô UL làm suy giảm chất lượng CSI tại BS và dẫn đến các bộ tiền mã hóa bị sai lệch mà làm suy giảm hiệu suất DL trong chế độ TDD. Kịch bản khác mà áp dụng cho cả chế độ TDD và song công phân chia theo tần số (frequency-division-duplex, viết tắt là FDD) là trong hoàn cảnh của sự truyền dữ liệu RL. Ở đây, nhiễu hoa tiêu liên ô UL làm suy giảm chất lượng của UL CSI cần thiết tại BS để giải mã/giải điều biến các ký hiệu được gửi bởi người dùng mong muốn.

LTE sử dụng các thủ tục sau đây để ngẫu nhiên hóa nhiễu tới các ô khác. Đầu tiên, theo trình tự nhóm mong muốn, trình tự được sử dụng trong ô đang xem xét phụ thuộc vào mẫu mong muốn của nhóm và mẫu chuyển đổi trình tự. Trong khía cạnh này, có 17 mẫu/nhóm mong muốn và 30 mẫu chuyển đổi. Hơn nữa, nhóm lên tới 30 ô có thể thuộc về cùng nhóm mong muốn, và ô nằm trong nhóm được làm sai khác thông qua mẫu chuyển đổi. Thứ hai, theo mong muốn chuyển đổi theo chu kỳ, chuyển đổi theo chu kỳ dành riêng cho ô được bổ sung trên đỉnh của các chuyển đổi theo chu kỳ dành riêng cho UE. Cần phải chú ý rằng LTE nhờ đó chỉ có khả năng ngẫu nhiên hóa nhiễu tới các ô khác.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Để giải quyết các bất lợi và các vấn đề nêu trên, sáng chế có mục đích cải thiện tình trạng của các giải pháp kỹ thuật đã biết. Cụ thể là, mục đích của sáng chế là làm giảm nhiễu hoa tiêu liên ô.

Mục đích nêu trên của sáng chế đạt được bởi giải pháp được đề xuất trong các điểm yêu cầu bảo hộ độc lập kèm theo. Các sự thực hiện có lợi của sáng chế còn được xác định trong các điểm yêu cầu bảo hộ phụ thuộc tương ứng.

Khía cạnh thứ nhất của sáng chế đề xuất bộ điều khiển dùng để làm giảm nhiễu hoa tiêu liên ô trong mạng di động bao gồm nhiều trạm gốc dùng để phục vụ các thiết bị người dùng trong ô tương ứng. Tập hợp khác của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi mỗi trạm gốc dùng để ước tính thông tin trạng thái kênh (CSI) của các thiết bị người dùng được phục vụ bởi trạm gốc này. Bộ điều khiển bao gồm bộ phận truyền được làm thích ứng để truyền thông tin về tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi trạm gốc thứ nhất của mạng tới ít nhất trạm gốc thứ hai của mạng.

Nhờ đó, sáng chế đề xuất sự phối hợp nhiều ô cho phép trạm gốc thứ hai ước tính CSI của các thiết bị người dùng trong ô khác và làm giảm nhiễu hoa tiêu liên ô, và cụ thể là ước tính CSI của các thiết bị người dùng trong ô được phục vụ bởi trạm gốc thứ nhất.

Bộ điều khiển là một phần của mạng và cụ thể là có thể khác biệt với các trạm gốc của mạng hoặc có thể là một phần của một trạm gốc.

Trong dạng thực hiện của bộ điều khiển theo khía cạnh thứ nhất, tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi mỗi trạm gốc được nhận dạng bởi thông số nhận dạng trình tự, và bộ phận truyền được làm thích ứng để truyền thông tin về tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi trạm gốc thứ nhất tới trạm gốc thứ hai của mạng, trong đó:

bộ phận truyền được làm thích ứng để truyền thông số nhận dạng trình tự mà nhận dạng tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi trạm gốc thứ nhất tới trạm gốc thứ hai.

Trong dạng thực hiện của bộ điều khiển theo khía cạnh thứ nhất, tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi mỗi trạm gốc bao gồm các trình tự Zadoff-Chu bao gồm trình tự gốc và các phiên bản được dịch chuyển theo chu kỳ của trình tự gốc, trình tự gốc này đang được nhận dạng bởi chỉ số gốc. Bộ phận truyền được làm thích ứng để truyền thông số nhận dạng trình tự mà nhận

dạng tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi trạm gốc thứ nhất tới trạm gốc thứ hai, trong đó:

bộ phận truyền được làm thích ứng để truyền chỉ số gốc mà nhận dạng trình tự gốc được sử dụng bởi trạm gốc thứ nhất tới trạm gốc thứ hai.

Trong dạng thực hiện của bộ điều khiển theo khía cạnh thứ nhất, tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi mỗi trạm gốc bao gồm các trình tự M, các trình tự Gold hoặc các trình tự Kasami. Thông số nhận dạng trình tự nhận dạng tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi trạm gốc thứ nhất trong đó tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng trong trạm gốc thứ nhất có thể được tạo ra từ thông số nhận dạng trình tự.

Nhờ đó, trạm gốc thứ hai có thể tái cấu trúc tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi trạm gốc thứ nhất.

Trong dạng thực hiện của bộ điều khiển theo khía cạnh thứ nhất, bộ phận truyền được làm thích ứng để truyền thông số nhận dạng trình tự mà nhận dạng tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi trạm gốc thứ nhất tới trạm gốc thứ hai, trong đó:

bộ phận truyền được làm thích ứng để truyền các chỉ số của tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi trạm gốc thứ nhất tới trạm gốc thứ hai.

Trong dạng thực hiện của bộ điều khiển theo khía cạnh thứ nhất, bộ điều khiển bao gồm bộ phận lựa chọn được làm thích ứng để lựa chọn tập hợp thứ nhất của K thông số nhận dạng trình tự từ tập hợp thứ hai của thông số nhận dạng trình tự khả dụng, K tương ứng với số lượng các trạm gốc và tương ứng với số lượng ô của mạng, và bộ phận gán được làm thích ứng để gán thông số nhận dạng trình tự riêng biệt từ tập hợp thứ nhất tới mỗi trong số K trạm gốc của mạng.

Trong dạng thực hiện của bộ điều khiển theo khía cạnh thứ nhất, bộ phận lựa chọn được làm thích ứng để lựa chọn tập hợp của các thông số nhận dạng trình tự nhờ thuật toán tối ưu cục bộ bao gồm:

pha ban đầu bao gồm bước lựa chọn thông số nhận dạng trình tự thứ nhất r_k từ tập hợp thứ hai, bước khởi tạo tập hợp thứ nhất với thông số nhận dạng

trình tự thứ nhất, và bước loại bỏ thông số nhận dạng trình tự thứ nhất từ tập hợp thứ hai, và

pha đệ quy bao gồm bước lựa chọn thông số nhận dạng trình tự r_q của tập hợp thứ hai mà tối thiểu hóa bộ lọc sai số toàn phương trung bình liên kết ϵ_q , bước bổ sung thông số nhận dạng trình tự được lựa chọn r_q vào tập hợp thứ nhất, và bước loại bỏ thông số nhận dạng trình tự được lựa chọn r_q từ tập hợp thứ hai, trong đó bộ lọc sai số toàn phương trung bình liên kết ϵ_q được xác định là:

$$\epsilon_q = \text{tr} \left(\left(\frac{1}{\sigma_n^2} M_q^H M_q + C_{h_{1:q,td}}^{-1} \right)^{-1} \right)$$

trong đó q tương ứng với bước thứ q của pha đệ quy,

M_q là hàm số chuyển đổi thời gian tần số M được xác định bởi:

$$M_q \triangleq (S_1 \tilde{F}, \dots, S_q \tilde{F})$$

S_k là ma trận chéo bao gồm các phần tử của trình tự tương ứng s_k được xác định bởi thông số nhận dạng trình tự, và

$\tilde{F}$ là ma trận bao gồm T mục thứ nhất của L hàng của ma trận Fourier F_N tương ứng với L sóng mang con được chiếm giữ bởi các trình tự hoa tiêu, T là số lượng của các mục, và trong đó $C_{h_{1:q,td}}^{-1}$ là nghịch đảo của ma trận hiệp phương sai $(h_{1,td}^H, \dots, h_{q,td}^H)^H$, $h_{k,td}$ là đáp ứng xung của kênh, CIR, của thiết bị người dùng được phục vụ bởi trạm gốc k , có độ dài T , σ_n^2 là công suất của nhiễu bổ sung hiện có tại bộ phận lựa chọn, và $\text{tr}(\cdot)$ biểu thị vết của ma trận.

Nhờ đó, K là số lượng ô phối hợp trong khi k là chỉ số của ô phối hợp. Do đó, phụ thuộc vào bước thứ q của pha đệ quy, k có các giá trị $1, 2, 3, \dots, q$, và tại đầu cuối của pha đệ quy k có các giá trị $1, 2, 3, \dots, K$. Do mỗi người dùng được ánh xạ tới trạm gốc dịch vụ hoặc ô dịch vụ, k cũng là người dùng mà được phục vụ bởi trạm gốc k . Thực tế là, chúng ta xem xét một người dùng đối với mỗi ô khi mô tả sáng chế: nhiễu hoa tiêu mà làm ảnh hưởng xấu đến ước tính kênh của người dùng đang xem xét trong ô đang xem xét đến từ một người dùng trong mỗi trong số các ô khác mà truyền các hoa tiêu của nó với cùng chiều quay pha như người dùng đang xem xét đó.

Khía cạnh thứ hai của sáng chế đề xuất trạm gốc dùng để phục vụ các thiết bị người dùng trong ô của mạng di động. Mạng còn bao gồm các trạm gốc dùng để phục vụ các thiết bị người dùng trong ô tương ứng khác, trong đó tập hợp khác của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi mỗi trạm gốc dùng để ước tính thông tin trạng thái kênh (CSI) của các thiết bị người dùng được phục vụ bởi trạm gốc này. Trạm gốc bao gồm bộ thu được làm thích ứng để thu thông tin về các tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng tương ứng bởi các trạm gốc khác của mạng.

Trong dạng thực hiện của trạm gốc theo khía cạnh thứ hai, tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi mỗi trạm gốc được nhận dạng bởi thông số nhận dạng trình tự, và bộ thu được làm thích ứng để thu thông tin về các tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng tương ứng bởi các trạm gốc khác của mạng trong đó:

bộ thu được làm thích ứng để thu các thông số nhận dạng trình tự tương ứng mà nhận dạng các tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi các trạm gốc khác.

Trong dạng thực hiện của trạm gốc theo khía cạnh thứ hai, tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi mỗi trạm gốc bao gồm các trình tự Zadoff-Chu bao gồm trình tự gốc s_k và các phiên bản được dịch chuyển theo chu kỳ của trình tự gốc, trình tự gốc này s_k đang được nhận dạng bởi chỉ số gốc r_k , trong đó bộ thu được làm thích ứng để thu các thông số nhận dạng trình tự tương ứng mà nhận dạng các tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi các trạm gốc khác của mạng trong đó:

bộ thu được làm thích ứng để thu các chỉ số gốc r_k mà nhận dạng tương ứng trình tự gốc s_k được sử dụng bởi các trạm gốc khác.

Trong dạng thực hiện của trạm gốc theo khía cạnh thứ hai, tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi mỗi trạm gốc bao gồm các trình tự M, các trình tự Gold hoặc các trình tự Kasami, và trong đó thông số nhận dạng trình tự nhận dạng tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi trạm gốc đang xem xét trong đó tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng trong trạm gốc đang xem xét có thể được tạo ra từ thông số nhận dạng trình tự.

Trong dạng thực hiện của trạm gốc theo khía cạnh thứ hai, bộ thu được làm thích ứng để thu tín hiệu miền tần số L chiều y bao gồm các trình tự hoa tiêu thu được từ các thiết bị người dùng nằm trong ô được phục vụ bởi trạm gốc và trong ô khác, trong đó L là độ dài của các trình tự hoa tiêu mà lan truyền trên L sóng mang con. Trạm gốc bao gồm bộ phận tính toán được làm thích ứng để thực hiện, đối với các thiết bị người dùng nằm trong ô được phục vụ bởi trạm gốc và trong ô khác, sự ước tính kênh liên kết trong miền thời gian.

Trong dạng thực hiện của trạm gốc theo khía cạnh thứ hai, bộ phận tính toán được làm thích ứng để tạo, đối với mỗi thông số nhận dạng trình tự thu được r_k , trình tự s_k có độ dài L được xác định bởi thông số nhận dạng trình tự r_k , trong đó bộ phận tính toán được làm thích ứng để tạo hàm số chuyển đổi thời gian tần số M được xác định bởi:

$$M \triangleq (S_1 \tilde{F}, \dots, S_K \tilde{F})$$

trong đó S_k là ma trận chéo bao gồm các phần tử của trình tự được tạo tương ứng s_k , và

$\tilde{F}$ là ma trận bao gồm T mục thứ nhất của L hàng của ma trận Fourier F_N tương ứng với L sóng mang con được chiếm giữ bởi các trình tự hoa tiêu, T là số lượng của bậc,

trong đó bộ phận tính toán được làm thích ứng để thực hiện ước tính kênh liên kết bằng cách giải hệ tuyến tính của L phương trình được xác định bởi:

$$y = M h_{td} + n$$

trong đó y là tín hiệu miền tần số thu được bởi bộ thu, h_{td} được xác định là:

$$h_{td} = (h_{1,td}^H, \dots, h_{K,td}^H)^H$$

trong đó K là số lượng ô bao gồm ô được phục vụ bởi trạm gốc và ô khác, $h_{k,td}$ là đáp ứng xung của kênh, CIR, của thiết bị người dùng được phục vụ bởi trạm gốc k .

Trong dạng thực hiện của trạm gốc theo khía cạnh thứ hai, bộ phận tính toán được làm thích ứng để thực hiện sự ước tính kênh liên kết bằng cách tối ưu hóa bộ lọc ước tính G được xác định là:

$$G = (M^H M + \sigma_n^2 C_{htd}^{-1})^{-1} M^H$$

trong đó C_{htd} là ma trận hiệp phương sai của $h_{k,td}$, và σ_n^2 là công suất của nhiễu bổ sung hiện có tại bộ phận lựa chọn.

Trong dạng thực hiện của trạm gốc theo khía cạnh thứ hai, trạm gốc bao gồm bộ phận phát rộng được làm thích ứng để phát rộng thông tin về tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi trạm gốc vào các thiết bị người dùng được phục vụ bởi trạm gốc.

Các khía cạnh khác liên quan đến bộ điều khiển theo khía cạnh thứ nhất của sáng chế cũng áp dụng cho trạm gốc theo khía cạnh thứ hai.

Khía cạnh thứ ba của sáng chế đề xuất phương pháp làm giảm nhiễu hoa tiêu liên ô trong mạng di động bao gồm nhiều trạm gốc dùng để phục vụ các thiết bị người dùng trong ô tương ứng, trong đó tập hợp khác của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi mỗi trạm gốc dùng để ước tính thông tin trạng thái kênh (CSI) của các thiết bị người dùng được phục vụ bởi trạm gốc này. Phương pháp bao gồm bước truyền thông tin về tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi trạm gốc thứ nhất của mạng tới ít nhất trạm gốc thứ hai của mạng.

Các khía cạnh khác liên quan đến bộ điều khiển theo khía cạnh thứ nhất của sáng chế cũng áp dụng cho phương pháp theo khía cạnh thứ ba.

Khía cạnh thứ tư của sáng chế đề xuất phương pháp dùng cho trạm gốc để phục vụ các thiết bị người dùng trong ô của mạng di động, trong đó mạng còn bao gồm các trạm gốc dùng để phục vụ các thiết bị người dùng trong ô tương ứng khác. Tập hợp khác của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi mỗi trạm gốc dùng để ước tính thông tin trạng thái kênh (CSI) của các thiết bị người dùng được phục vụ bởi trạm gốc này. Phương pháp này bao gồm: trạm gốc thu thông tin về các tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng tương ứng bởi các trạm gốc khác của mạng.

Các khía cạnh khác liên quan đến trạm gốc theo khía cạnh thứ hai của sáng chế cũng áp dụng cho phương pháp theo khía cạnh thứ tư.

Khía cạnh thứ năm của sáng chế đề xuất chương trình máy tính có mã chương trình dùng để thực hiện phương pháp theo khía cạnh thứ ba hoặc khía cạnh thứ tư, khi chương trình máy tính chạy trên thiết bị tính toán.

Sáng chế đề xuất cụ thể để tuân theo định dạng khung LTE UL dùng cho các trình tự hoa tiêu làm ví dụ. Tuy nhiên, sáng chế có thể cũng được sử dụng trong các hệ thống khác. Trong LTE UL, các trình tự hoa tiêu người dùng trong mỗi ô chiếm giữ cùng khe ký hiệu theo thời gian nhưng mở rộng qua nhiều tần số sóng mang con, và trực giao theo thời gian thông qua các chuyển đổi theo chu kỳ được chọn thích hợp. Việc mở rộng các trình tự hoa tiêu theo tần số có đặc tính là số lượng sóng mang con được chiếm giữ càng lớn, trình tự độ dài và số lượng các trình tự khả dụng càng lớn. Ví dụ, nếu các trình tự Zadoff-Chu (ZC) được xem xét, số lượng các trình tự gốc tỷ lệ với độ dài của các trình tự, và mỗi trình tự gốc phân biệt được bởi chỉ số gốc của nó. Nó là các trình tự khả dụng làm vùng của các trình tự. Các trình tự thuộc vùng này không trực giao. Các trình tự trong nhiều ô được chọn từ vùng này. Sáng chế bao gồm hai phần chính.

Khía cạnh chính của sáng chế liên quan đến sự trao đổi của các trình tự, ví dụ các chỉ số gốc của các trình tự ZC, trong số các trạm gốc. Điều này cho phép mỗi BS nhận biết các trình tự hoa tiêu nào được sử dụng bởi người dùng trong các ô lân cận và để thực hiện ước tính liên kết của CSI của các liên kết mong muốn và gây nhiễu theo thời gian làm tổng số lượng các nhánh kênh thường bị hạn chế trong thực tế. Thông tin của CSI của người các liên kết người dùng trong các ô lân cận có thể là quan trọng đối với, ví dụ, các ứng dụng UL hoặc DL CoMP. Các trạm gốc mà trao đổi các chỉ số trình tự hoặc nhận biết các chỉ số được sử dụng của các trình tự trong các ô lân cận thông qua bộ điều khiển trung tâm được gọi là các trạm gốc phối hợp.

Khía cạnh chính khác của sáng chế liên quan đến thuật toán lựa chọn tối ưu cục bộ mà nhận biết các dạng kết hợp tốt của các trình tự mà đảm bảo sai số toàn phương trung bình (MSE) của sự ước tính kênh thấp đối với độ dài trình tự đang xem xét và số lượng các trạm gốc phối hợp. Điều này là đặc biệt quan trọng trong các ứng dụng băng rộng mà ở đó các trình tự chiếm số lượng lớn của sóng mang con và mà ở đó vùng của các trình tự khả dụng là lớn. Trong các kịch bản này, sự lựa chọn trình tự có thể mang lại các lợi ích đáng kể.

Khi so sánh với tình trạng của các giải pháp kỹ thuật đã biết, ví dụ được tiêu chuẩn hóa trong LTE, sự trao đổi được đề xuất của các trình tự nâng cao

chất lượng CSI một cách đáng kể. Ngoài ra, thuật toán được đề xuất lựa chọn tối ưu cục bộ trung bình làm tăng thêm lượng công suất từ 1 đến 5dB trong chế độ tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu (SNR) trung bình tới cao, khi được so sánh với trường hợp mà ở đó các trình tự được gán ngẫu nhiên bởi mạng hoặc được chọn ngẫu nhiên bởi ô. Lợi ích thu được bởi sự lựa chọn tối ưu cục bộ có thể được sử dụng để cải thiện hơn nữa chất lượng CSI hoặc làm giảm sự truyền công suất hoa tiêu được yêu cầu để thu được MSE của ước tính được xem xét. Ngoài ra, sự lựa chọn tối ưu cục bộ đảm bảo rằng các tập hợp xấu của các trình tự được loại trừ, trong đó các tập hợp xấu là các tập hợp mà gây ra ước tính kênh MSE của ước tính kênh cao hơn. Đặc tính của các tập hợp này có thể kém nhiều hơn 10 dB so với đặc tính của các tập hợp được trả lại bởi thủ tục tối ưu cục bộ có SNR cao.

Các ma trận M và M_q được đề xuất bởi sáng chế áp dụng cho các hệ thống OFDM hoặc các hệ thống tương tự OFDM (đa sóng mang).

Được chú ý rằng tất cả các thiết bị, các phần tử, các bộ phận và các phương tiện được mô tả trong sáng chế có thể được thực hiện bằng các phần tử phần mềm hoặc phần cứng hoặc dạng kết hợp bất kỳ của chúng. Tất cả các bước mà được thực hiện bởi các thực thể được mô tả trong sáng chế cũng như các tính chức năng được mô tả cần được thực hiện bởi các thực thể có mục đích rằng thực thể tương ứng được làm thích ứng để hoặc được tạo cấu hình để thực hiện các bước và các tính chức năng tương ứng. Ngay cả khi, trong phần mô tả sau đây của các phương án cụ thể, tính chức năng hoặc bước cụ thể cần được tạo ra hoàn toàn bởi các thực thể bên ngoài không được phản ánh trong phần mô tả của phần tử chi tiết cụ thể của thực thể đó mà thực hiện bước hoặc tính chức năng cụ thể đó, rõ ràng đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật rằng các phương pháp và các tính chức năng này có thể được thực hiện bằng các phần tử phần mềm hoặc phần cứng tương ứng, hoặc dạng kết hợp bất kỳ của chúng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các khía cạnh và các dạng thực hiện nêu trên của sáng chế sẽ được thực hiện trong phần mô tả sau đây của các phương án cụ thể liên quan đến các hình vẽ kèm theo, trong đó

Fig.1 thể hiện phương án của hệ thống truyền thông nhiều ô theo sáng chế,

Fig.2 thể hiện mạng lưới thời gian-tần số với các trình tự hoa tiêu có độ dài L ,

Fig.3 thể hiện phương án của sự lựa chọn trình tự tối ưu cục bộ theo sáng chế,

Fig.4 thể hiện lỗi ước tính/sóng mang con/người dùng làm hàm của SNR theo phương án của sáng chế,

Fig.5 thể hiện lỗi ước tính/sóng mang con/người dùng làm hàm của SNR theo phương án khác của sáng chế,

Fig.6 thể hiện lỗi ước tính/sóng mang con/người dùng làm hàm của SNR theo phương án khác của sáng chế,

Fig.7 thể hiện kịch bản ứng dụng của sự lựa chọn trình tự tối ưu cục bộ theo phương án của sáng chế, và

Fig.8 thể hiện kịch bản ứng dụng của sự lựa chọn trình tự tối ưu cục bộ theo phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Fig.1 thể hiện phương án của mạng di động hoặc hệ thống truyền thông nhiều ô theo sáng chế.

Hệ thống 100 bao gồm nhiều ô 101, 102, 103, cũng như nhiều trạm gốc 111, 112, 113. Mỗi trạm gốc 111, 112, 113 được làm thích ứng để phục vụ các thiết bị người dùng (UE) 121, 122, 123 trong các ô tương ứng 101, 102, 103 của nó. Mỗi trạm gốc chịu trách nhiệm cụ thể cho sự truyền thông theo đường xuống (DL) và đường lên (UL) với các thiết bị người dùng nằm trong ô của nó. Thuật ngữ trạm gốc là thuật ngữ thông thường dùng để xác định ô phục vụ thực thể, tức là phục vụ các thiết bị người dùng nằm trong ô. Trạm gốc có thể dùng để lấy ví dụ cho trạm thu phát gốc (BTS) trong mạng GSM, Node B trong mạng UMTS, hoặc eNodeB trong LTE.

Trong phương án trên Fig.1, trạm gốc 111 thu thông tin trạng thái kênh (CSI) thông qua các trình tự hoa tiêu được gửi bởi UE 121 trong UL 131. Ngược lại, các trạm gốc 112, 113 thu CSI tương ứng thông qua các trình tự hoa tiêu

được gửi bởi các UE 122, 123 trong UL tương ứng 137, 134. Các trình tự hoa tiêu được gửi bởi các UE 122, 123 gây ra các nhiễu hoa tiêu tại trạm gốc 111. Điều này được tham chiếu để lấy ví dụ bởi mũi tên 132 trên Fig.1. Tương tự, các trình tự hoa tiêu được gửi bởi các UE 121, 122 gây ra các nhiễu hoa tiêu tại trạm gốc 113. Điều này được tham chiếu bởi các mũi tên 135, 138 trên Fig.1. Hơn nữa, các trình tự hoa tiêu được gửi bởi các UE 121, 123 gây ra các nhiễu hoa tiêu tại trạm gốc 112. Điều này được tham chiếu bởi các mũi tên 133, 136 trên Fig.1.

Hệ thống truyền thông 100 theo sáng chế dùng để lấy ví dụ cho hệ thống song công phân chia theo tần số (OFDM) trực giao nhiều ô với tổng N sóng mang con. Ngoài ra, K BS/ô phối hợp được xem xét, mà ở đó sự cấp phát độ rộng băng tần đang xem xét bao gồm L sóng mang con được chia sẻ bởi tất cả người dùng một anten thông qua ô. Người dùng trong ô k gửi các phiên bản quay pha của trình tự s_k trong UL với mục đích ước tính kênh, trong đó trình tự s_k được nhận biết tới BS tương ứng k . Fig.2 thể hiện mạng lưới thời gian-tần số tương ứng với các trình tự hoa tiêu có độ dài L , trong đó các trình tự được quay pha được lan truyền trên L sóng mang con với $k=1...K$.

Sự quay pha trong miền tần số tương ứng với sự chuyển đổi theo chu kỳ trong miền thời gian; do đó, các hoa tiêu bên trong ô được phân chia theo thời gian. Sự quay pha/sự chuyển đổi theo chu kỳ được thiết kế để giải thích cho sự phân bố theo thời gian do tính lựa chọn tần số và đảm bảo người dùng duy trì sự trực giao theo thời gian, như được thực hiện trong các hệ thống LTE chẳng hạn. Ví dụ, các hệ thống LTE hỗ trợ lên đến 8 sự chuyển đổi theo chu kỳ cho mỗi khe ký hiệu ($66,67 \mu s$) trong UL, cho phép 8 người dùng sử dụng cùng khe ký hiệu cho sự truyền hoa tiêu. Tương ứng là, nhiễu hoa tiêu còn lại mà làm ảnh hưởng xấu đến ước tính kênh của người dùng đang xem xét đến từ người dùng trong ô khác bước truyền các hoa tiêu của chúng sử dụng cùng sự quay pha như người dùng đang xem xét đó. Không mất tính tổng quát, nhờ đó chúng ta tập trung vào người dùng mà gửi các trình tự tương ứng của chúng mà không có sự chuyển đổi pha bất kỳ. Mỗi BS thu trình tự tương ứng với người dùng trong ô của riêng nó ngoài $K-1$ trình tự từ ô khác. Đối với sự phân tích này, đủ để xem

xét một BS và một trong số các anten thu của nó. Tín hiệu miền tần số L chiều thu được tại một trong số các anten có thể được viết là :

$$y = \sum_{k=1}^K S_k h_k + n \quad (1)$$

Trong đó h_k là vectơ CSI L chiều miền tần số giữa BS và người dùng k tại sóng mang con đang quan tâm, S_k là ma trận chéo bao gồm các phần tử s_k trên đường chéo chính của nó, và n là vectơ nhiễu Gauss trắng bổ sung mà các phần tử của nó không được tương quan với trung bình bằng không và phương sai σ_n^2 .

Theo phương án sau đây, được giả thiết rằng, tương tự với các hệ thống LTE/LTE-A, trình tự Zadoff-Chu (ZC) được mở rộng theo chu kỳ được sử dụng. Tuy nhiên, sáng chế không chỉ giới hạn ở các trình tự ZC và gồm các loại khác của các trình tự sẽ được mô tả sau đây. Chính thức là, phần tử thứ u của trình tự ZC được mở rộng theo chu kỳ (CE) có độ dài L và chỉ số gốc r được xác định là:

$$\tilde{a}_L^r(u) = \exp \left(\frac{j \pi r (u-1)_{\tilde{L}} ((u-1)_{\tilde{L}} + 1)}{\tilde{L}} \right), \quad (2)$$

trong đó $u = 1, \dots, L$.

Ở đây, $\tilde{L}$ là số nguyên tố lớn nhất nhỏ hơn L và $(x)_{\tilde{L}}$ biểu thị phép toán môđun $\tilde{L}$. Người dùng trong ô k sử dụng trình tự CE ZC có độ dài L và chỉ số gốc r_k . Do đó, các phần tử của s_k là

$$s_k(u) = \exp \left(\frac{j \pi r_k (u-1)_{\tilde{L}} ((u-1)_{\tilde{L}} + 1)}{\tilde{L}} \right), \quad (3)$$

$u = 1, \dots, L$. Chú ý rằng tồn tại $\tilde{L}-1$ chỉ số gốc khi các trình tự có độ dài L được sử dụng. Do đó, trong thực tế, tồn tại đủ chỉ số gốc phân biệt được và các trình tự hoa tiêu tương ứng để được sử dụng thông qua K ô. Ví dụ, đối với sự cấp phát độ rộng băng nhỏ nhất trong LTE mà tương ứng với $L = 12$ sóng mang con, 10 chỉ số gốc khác nhau hiện có và 10 trình tự hoa tiêu khác nhau có thể được sử dụng thông qua lên đến 10 ô. Được giả thiết rằng các trình tự được lưu trữ tại BS/UE, sao cho thông tin của chỉ số gốc đang xem xét tại BS/UE đủ để

tạo cấu trúc trình tự CE ZC tương ứng. Ngoài ra, được giả thiết rằng K chỉ số gốc được gán ngẫu nhiên cho K ô.

Phần thứ nhất của sáng chế gồm bước trao đổi các chỉ số trình tự trong số các BS sao cho BS đang xem xét thu nhận thông tin của các trình tự được sử dụng trong (K-1) ô lân cận mà được yêu cầu để thực hiện ước tính kênh cho tất cả K UE một cách đồng thời. Tuy nhiên, ngay cả với thông tin này, BS không thể ước tính CSI của tất cả các UE một cách đồng thời, do sự thật là CSI của tất cả người dùng tương ứng với KL biến, trong khi vector được quan sát tại BS (tức là, y) có kích cỡ L.

Do đó, sáng chế đề xuất việc thực hiện ước tính kênh trong miền thời gian. Nếu đáp ứng xung của kênh (CIR) của mỗi người dùng có lớn nhất T mục, sau đó vector thu được y có thể được viết như một sự lựa chọn là

$$y = \sum_{k=1}^K S_k \tilde{F} h_{k,td} + n \quad (4)$$

trong đó ma trận Fourier con $\tilde{F}$ thu được từ T mục thứ nhất của L hàng của ma trận Fourier F_N tương ứng với L sóng mang con đang quan tâm, và $h_{k,td}$ là CIR của người dùng k, N là tổng số lượng sóng mang con khả dụng. Trong hệ thống OFDM, số lượng bậc T nhỏ hơn số lượng sóng mang con L, xem ví dụ I. Maniatis, T. Weber, A. Sklavos, Y. Liu, E. Costa, H. Haas, và E. Schulz, "pilots for joint channel estimation in multi-user OFDM mobile radio systems (các hoa tiêu dùng cho ước tính kênh liên kết trong các hệ thống radio di động OFDM đa người dùng)" trong Proc. của IEEE Int. Symp. tái bản lần thứ 7 về kỹ thuật và ứng dụng trải phổ (ISSSTA '02), tập 1, các trang 44-48. Giá trị T có thể được xác định bởi trạm gốc theo kịch bản lan truyền hoặc được ước tính bởi một số kỹ thuật mà nằm ngoài phạm vi của sáng chế.

Sự quan sát này liên quan đến số lượng bậc T mà nhỏ hơn số lượng sóng mang con L được sử dụng để thực hiện ước tính kênh liên kết. Cụ thể là, BS có thể ước tính liên kết CIR của tất cả các UE nếu số lượng sóng mang con được cấp phát cho mỗi người dùng là lớn hơn tổng số bậc CIR người dùng ($L > KT$), và nếu các trình tự của các ô lân cận được biết tại BS.

Trong trường hợp này, có thể xác định ma trận M và vector h_{td} sau đây:

$$M \triangleq (S_1 \tilde{F}, \dots, S_K \tilde{F}) \in \mathbb{C}^{L \times KT} \quad (5)$$

$$h_{td} = (h_{1,td}^H, \dots, h_{K,td}^H)^H \in \mathbb{C}^{KT} \quad (6)$$

trong đó M là hàm số chuyển đổi thời gian tần số ma trận và biến thứ hai h_{td} gồm các CIR được xếp chồng của tất cả người dùng.

Sau đó, BS có thể áp dụng bộ lọc MSE thu G sau đây :

$$G = (M^H M + \sigma_n^2 C_{h_{td}}^{-1})^{-1} M^H \quad (7)$$

để thu được ước tính CIR được xếp chồng của tất cả UE:

$$\hat{h}_{td} = (M^H M + \sigma_n^2 C_{h_{td}}^{-1})^{-1} M^H y. \quad (8)$$

Ở đây, $C_{h_{td}}$ là ma trận hiệp phương sai của $h_{k,td}$.

Nói cách khác, sự xếp chồng các CIR người dùng theo vector được xác định trên đây h_{td} và sự xác định hàm số chuyển đổi thời gian tần số ma trận M , y có thể được viết như sau:

$$y = M h_{td} + n \quad (9)$$

mà là hệ tuyến tính của L phương trình trong KT chưa biết. BS nhận biết các trình tự $s_l, \forall l$, điều này là bài toán ước tính mà thực hiện chính xác một cách giải đối với $L \geq KT$. Trong trường hợp $L < KT$, bậc ưu thế của mỗi người dùng có thể được ước tính và giữ các bậc không quan trọng. Do số lượng của các bộ gây nhiễu ưu thế thường bị hạn chế, $L \geq KT$ dùng cho khoảng rộng của các kịch bản.

Chú ý rằng thông tin của ma trận hiệp phương sai này là không cần thiết để thực hiện bộ lọc MSE. Thực tế là, thông qua công thức MSE và thuật toán lựa chọn tối ưu cục bộ phụ thuộc vào ma trận hiệp phương sai $C_{h_{td}}$, chất lượng này có thể được thay thế bởi ma trận nhận dạng (hoặc phiên bản được định tỷ lệ của nó) trong thực tế. Có nhiều lý do của vấn đề này. Thứ nhất, các CIR của các UE trong ô khác nhau thường không liên quan đến và do đó ma trận hiệp phương sai $C_{h_{td}}$ thể hiện cấu trúc chéo khối, mà ở đó các thực thể chéo khối khác

không tương ứng với các ma trận hiệp phương sai bậc của người dùng đơn lẻ. Thứ hai, với khoảng rộng của các kịch bản chẳng hạn như các môi trường bên ngoài, các vật tán xạ tương ứng với người dùng đang xem xét là không tương quan. Do đó, bậc của mỗi người dùng là không tương quan và C_{htd} là ma trận chéo bao gồm các công suất mục của K người dùng trên đường chéo chính và không tại vị trí khác. Trong trường hợp các công suất mục không được biết tại BS, C_{htd} có thể được thay thế bởi ma trận nhận dạng được định tỷ lệ khi chạy thuật toán tối ưu cục bộ. Thuật toán sẽ vẫn thể hiện đặc tính mong muốn, ngay cả với thông tin lỗi của ma trận hiệp phương sai.

Trong phần mô tả sau đây, thuật toán lựa chọn trình tự tối ưu cục bộ theo sáng chế sẽ được mô tả chi tiết.

Ngoài ra, bộ lọc ước tính MSE tại BS được tính toán giả định các trình tự được cố định. Sự cải thiện MSE hơn nữa xảy ra với sự lựa chọn trình tự. Chú ý rằng với bộ lọc ước tính được chọn, sự ước tính kênh MSE trong miền thời gian đọc là:

$$\epsilon = \text{tr} \left(\left(\frac{1}{\sigma_n^2} M^H M + C_{\text{htd}}^{-1} \right)^{-1} \right) \quad (10)$$

mà hoàn toàn là hàm của các trình tự hoa tiêu người dùng thông qua M , và $\text{tr}(\cdot)$ biểu thị vết của ma trận. Tập hợp tối ưu của các trình tự do đó sẽ tối thiểu hóa ϵ . Không may là, bài toán tối ưu hóa này là đặc tính tổ hợp, và không thực hiện phép giải dạng đóng. Sự tiếp cận cường bức không thích hợp trong các ứng dụng thời gian thực do nó phải trải qua số lượng lớn các sự kết hợp khả dụng và có thể không khả dụng đối với nhiều hơn 2 ô đối với giá trị L lớn. Do đó, sáng chế đề xuất thuật toán lựa chọn trình tự tối ưu cục bộ để giải quyết vấn đề này. Thuật toán tối ưu cục bộ thường được sử dụng để tìm ra các lời giải gần điểm cực thuận của các bài toán tổ hợp. Trong ngữ cảnh của sự lựa chọn trình tự, thuật toán tối ưu cục bộ lựa chọn trình tự s_q có chỉ số gốc r_q mà tối thiểu hóa MSE liên kết ở bước q , các trình tự đang xem xét $\{s_1, s_2, \dots, s_{q-1}\}$ đã được chọn và cố định. Ở bước q , hàm chuyển đổi đầu vào-đầu ra M_q được xác định là:

$$M_q \triangleq (S_1 \tilde{F}, \dots, S_q \tilde{F})$$

(11)

và MSE liên kết là:

$$\epsilon_q = \text{tr} \left(\left(\frac{1}{\sigma_n^2} M_q^H M_q + C_{h_{1:q,td}}^{-1} \right)^{-1} \right) \quad (12)$$

trong đó $C_{h_{1:q,td}}^{-1}$ là ma trận hiệp phương sai $(h_{1,td}^H, \dots, h_{q,td}^H)^H$.

Tại bước thứ q của thuật toán lựa chọn tối ưu cục bộ, bước đi qua $\tilde{L} - q$ lựa chọn trình tự khả dụng (do q-1 trình tự đã được gán cho q-1 người dùng thứ nhất) và tìm ra trình tự mà dẫn đến MSE thấp nhất. Nó được tổng hợp trong thuật toán 1 trên Fig.3.

Thuật toán tối ưu cục bộ có thể thực hiện theo cách tập trung hoặc được phân phối. Trong sự thực hiện tập trung, bộ điều khiển trung tâm sẽ tính toán tất cả K trình tự trong K ô mạng và báo hiệu K chỉ số gốc của các trình tự tương ứng cho mỗi BS/ô. Bộ điều khiển trung tâm còn gán trình tự cần được sử dụng trong mỗi ô; tuy nhiên, lựa chọn này có thể là ngẫu nhiên. Sự thực hiện phân tán như sau đây. Trong bước thứ nhất, BS đang xem xét, BS 1 nêu trên, chọn ngẫu nhiên s_1 và báo hiệu chỉ số gốc của nó cho (K-1) BS khác. Trong bước $q \geq 2$, BS q thực hiện bước q của thuật toán tối ưu cục bộ và tính toán trình tự s_q của nó dựa trên các trình tự $\{s_1, s_2, \dots, s_{q-1}\}$ mà đã được báo hiệu bởi các BS mà thực hiện các bước từ 1 đến q-1. Sau đó nó báo hiệu chỉ số gốc s_q cho (K-1) BS/ô khác. Báo hiệu này đảm bảo tất cả các trình tự được yêu cầu được biết tại các BS.

Mỗi BS cần thiết để thông báo các UE trong ô của nó chỉ số trình tự thông qua thủ tục báo hiệu. Điều này có thể được thực hiện, ví dụ thông qua kênh phát rộng, hoặc theo cách tương tự với những gì LTE hiện tại đang thực hiện. Trong trường hợp này, các UE cũng liên quan. Trong LTE, trình tự UL được sử dụng bởi UE phụ thuộc vào các thông số dành riêng cho ô (ID ô) và dành riêng cho nhóm, mà ở đó nhóm ô bao gồm lên tới 30 ô. LTE phiên bản 11 và cao hơn đưa ra khả năng ghi đè các thông số này và thiết đặt “ô ảo và các thông số nhóm” khác (ví dụ với mục đích CoMP) thông qua lớp điều khiển tài nguyên radio

(RRC). Cơ chế này có thể được sử dụng để gán các chỉ số trình tự hoa tiêu được lựa chọn tới các UE. Cụ thể là, sau khi thuật toán tối ưu cục bộ kết thúc, “ô ảo và các thông số nhóm” tương ứng với các chỉ số trình tự hoa tiêu được lựa chọn có thể được gửi bởi BS tới các UE được liên kết với BS này. Các UE sau đó sẽ thu nhận các chỉ số trình tự hoa tiêu được lựa chọn từ “ô ảo và các thông số nhóm”. Chú ý rằng trong LTE không có cơ chế khả dụng/được tiêu chuẩn hóa đối với bước trao đổi các chỉ số trình tự trong số các BS.

Sự truyền/trao đổi của các trình tự được lựa chọn là cần thiết khi hoặc 1) nhóm ô phối hợp được tạo ra bởi mạng (ví dụ theo kịch bản thứ nhất được mô tả chi tiết dưới đây), hoặc 2) ô mới liên kết nhóm (ví dụ theo kịch bản thứ hai được mô tả chi tiết dưới đây). Điều này có thể được thực hiện nhanh chóng và trong thời gian thực. Thực tế là, phí tổn báo hiệu nhỏ hơn, cụ thể là trong bậc của $K^2 \log_2(\tilde{L})$. Đối với các trình tự ZC được sử dụng trong LTE, $\tilde{L} = 1022$ đối với độ rộng băng 10MHz. Đối với $K = 6$, $\tilde{L} = 1022$, thông báo cần được trao đổi trong số tất cả K eNB là bằng $6^2 \log_2(1022) \leq 360$ bit. Do thông báo là nhỏ và sự trao đổi giữa các BS thường được thực hiện thông qua các mạng có dây, nó có thể được thực hiện trong thời gian thực. Thông báo cần được báo hiệu từ BS tới các UE của nó nhỏ bằng $\log_2(\tilde{L}) \leq 10$ bit. Do đó, sự trao đổi thông báo giữa BS và các UE có thể được thực hiện trong thời gian thực, do đã được thực hiện trong LTE (ví dụ đối với CoMP).

Trong kịch bản thứ nhất của sự lựa chọn trình tự tối ưu cục bộ theo sáng chế, mạng gán nhóm ô để phối hợp và thực hiện ước tính kênh liên kết.

Trong phương án thứ nhất của kịch bản thứ nhất, quy trình được tập trung. Ví dụ, đối với mạng gán nhóm ba ô để phối hợp và thực hiện ước tính kênh liên kết, quy trình được giả thiết bởi bộ điều khiển trung tâm, như được mô tả chi tiết sau đây:

Bước 1: bộ điều khiển trung tâm lấy trình tự ngẫu nhiên s_1 .

Bước 2: s_1 đang xem xét, bộ điều khiển trung tâm thiết đặt $q=2$, và tìm ra trình tự s_2 mà tối thiểu hóa MSE liên kết, tức là tối thiểu hóa ϵ_q , giả thiết hai ô trong mạng. Ma trận hiệp phương sai trong định nghĩa nêu trên của ϵ_q có thể được lấy xấp xỉ bởi ma trận nhận dạng được định tỷ lệ.

Bước 3: s_1 và s_2 đang xem xét, bộ điều khiển trung tâm các tập hợp $q=3$ và tìm ra trình tự s_3 mà tối thiểu hóa MSE liên kết c_q mà giả thiết ba ô trong mạng. Ma trận hiệp phương sai theo định nghĩa của c_q có thể được lấy xấp xỉ bởi ma trận nhận dạng được định tỷ lệ.

Bước 4: bộ điều khiển trung tâm gán thu được các trình tự s_1 , s_2 , và s_3 một cách ngẫu nhiên vào ba ô. Ngoài ra, nó còn báo hiệu tới mỗi ô các trình tự được sử dụng trong hai ô lân cận dùng cho sự ước tính kênh liên kết để thu được như được xác định bởi phương trình (8). Nói cách khác, nó báo hiệu các trình tự s_2 và s_3 mà được sử dụng trong ô 2 và 3 tới ô 1 và v.v..

Sau đó, thuật toán kết thúc, do tất cả các trình tự cần thiết được báo hiệu và ước tính kênh MSE liên kết trong mỗi ô có thể thu được theo phương trình (8).

Phương án thứ hai của kịch bản thứ nhất được minh họa trên Fig.7 mà thể hiện hệ thống truyền thông 700 với ba ô 701, 702, 703 và các trạm gốc 711, 712, 713 tương ứng. Trong phương án thứ hai của kịch bản thứ nhất, trong trường hợp không có bộ điều khiển trung tâm và thuật toán được thực hiện theo cách được phân bố, quy trình của phương án thứ nhất có thể được thay đổi đơn giản như sau đây:

Bước 1 diễn ra tại ô 1 701: ô 1 chọn trình tự ngẫu nhiên s_1 và báo hiệu s_1 tới ô 2 702 và 3 703.

Bước 2 diễn ra tại ô 2: thông tin đã cho của s_1 , ô 2 chọn trình tự s_2 của nó mà tối thiểu hóa MSE liên kết c_q với $q=2$ theo thủ tục tối ưu cục bộ. Nó báo hiệu s_2 được lựa chọn tới ô 1 và 3.

Bước 3 diễn ra tại ô 3: thông tin đã cho của s_1 và s_2 , ô 3 chọn trình tự s_3 của nó theo thủ tục tối ưu cục bộ sao cho MSE liên kết c_q với $q=3$ được tối thiểu hóa. Nó báo hiệu s_3 được lựa chọn tới ô 1 và 2.

Sau đó, thuật toán kết thúc, do tất cả các trình tự cần thiết được báo hiệu và ước tính kênh MSE liên kết trong mỗi ô có thể thu được theo phương trình (8).

Trong kịch bản thứ hai của sự lựa chọn trình tự tối ưu cục bộ theo sáng chế, một số ô phối hợp và thực hiện ước tính kênh liên kết theo sáng chế và ô khác liên kết nhóm phối hợp.

Trong phương án thứ nhất của kịch bản thứ hai, quy trình được tập trung. Ví dụ, hai ô 1 và 2 đang phối hợp và thực hiện ước tính kênh liên kết. Ô 1 nhận biết trình tự s2 được sử dụng trong ô 2 và ngược lại. Ô 3 bây giờ liên kết nhóm phối hợp. Các bước sau đây thể hiện trình tự s3 trong ô 3 được tính toán như thế nào và cái gì cần thông tin được trao đổi mà giả thiết sự thực hiện tập trung.

Bước 1: bộ điều khiển trung tâm đã nhận biết các trình tự s1 và s2 được sử dụng trong ô 1 và 2. Thông tin đã cho này, nó tính toán trình tự s3 cần được sử dụng trong ô 3 nhờ sử dụng thủ tục tối ưu cục bộ.

Bước 2: nó báo hiệu s3 tới ô 1, 2, và 3. Ngoài ra, nó báo hiệu các trình tự s1 và s2 tới ô 3.

Quy trình kết thúc. Đối với tất cả các trình tự cần thiết được báo hiệu, ước tính kênh MSE liên kết thông qua ba ô có thể thu được theo phương trình (8).

Phương án thứ hai của kịch bản thứ hai được minh họa trên Fig.8 mà thể hiện hệ thống truyền thông 800 với ba ô 801, 802, 803 và các trạm gốc 811, 812, 813 tương ứng. Trong phương án thứ hai của kịch bản thứ hai, việc tính toán trình tự của ô mà liên kết nhóm phối hợp và sự trao đổi thông tin được thực hiện theo cách không tập trung, và bao gồm các bước sau đây:

Bước 1: ô 1 801 và 2 802 báo hiệu các trình tự s1 và s2, tương ứng, tới ô 3 mà muốn liên kết nhóm phối hợp.

Bước 2: thông tin đã cho của s1 và s2, ô 3 tính toán trình tự s3 của nó mà cần được sử dụng nhờ sử dụng thủ tục tối ưu cục bộ.

Bước 3: ô 3 báo hiệu s3 được tìm thấy tới ô 1 và 2.

Bước 4: quy trình kết thúc. Đối với tất cả các trình tự cần thiết được báo hiệu, ước tính kênh MSE liên kết thông qua ba ô có thể thu được theo phương trình (8).

Mặc dù phương pháp được đề xuất được minh họa cho các trình tự CE ZC, rõ ràng là sáng chế không chỉ giới hạn ở các trình tự này. Phương pháp được đề xuất có thể bao gồm loại bất kỳ của các trình tự mà có thể được phân biệt thông

qua thông số chẳng hạn như trình tự gốc trong trường hợp của các trình tự ZC. Thông số này được gọi là thông số nhận dạng trình tự.

Các sự thay thế cho các trình tự ZC còn bao gồm các trình tự M, các trình tự Gold, hoặc các trình tự Kasami. Các trình tự này là, tuy nhiên, các trình tự nhị phân bao gồm 0 và 1. Mặc dù không có chỉ số gốc như trong trường hợp ZC, không có các thông số (ví dụ các thông số ngẫu nhiên) mà tạo ra các trình tự này. Các thông số này có thể được truyền tới các BS khác sao cho trình tự tương ứng có thể được tạo ra theo cách trực tuyến. Ngoài ra, toàn bộ các trình tự có thể được tạo ra trước, được lưu trữ trong các BS và/hoặc các UE, và được định chỉ số. Trong trường hợp này, chỉ các chỉ số trình tự cần được được truyền tới các BS khác, tức là cần được trao đổi trong số các BS.

Trong các phần mô tả sau đây, đặc tính và các lợi ích của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết.

Các sự mô phỏng mức liên kết đã được tiến hành để ước tính đặc tính của thuật toán được đề xuất lựa chọn tối ưu cục bộ. Các nhận biết chính như sau đây:

Khi so sánh với tình trạng của các giải pháp kỹ thuật đã biết (ví dụ LTE), sự trao đổi được đề xuất của các chỉ số gốc nâng cao chất lượng CSI một cách đáng kể do ước tính kênh liên kết có thể được thực hiện thông qua K ô và CSI của người dùng mong muốn sau đó có thể được phục hồi với hầu hết nhiễu được ngăn chặn.

Thuật toán được đề xuất lựa chọn tối ưu cục bộ mang lại thêm công suất từ 1 đến 5dB trên trung bình trong chế độ SNR trung bình tới cao, khi được so sánh với trường hợp mà ở đó các trình tự được gán ngẫu nhiên bởi mạng hoặc được chọn ngẫu nhiên bởi ô. Điều này được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.4 tới Fig.6 mà minh họa lỗi ước tính/sóng mang con/người dùng tương ứng làm hàm của SNR, trong đó trong phương án trên Fig.4 K=3 ô và L=120 sóng mang con, trong phương án trên Fig.5 K=4 ô và L=180 sóng mang con có các công suất mục không bằng nhau, và trong phương án trên Fig.5 K=5 ô và L=240 sóng mang con.

Hiệu quả thu được bởi sự lựa chọn tối ưu cục bộ có thể được sử dụng để cải thiện hơn nữa chất lượng CSI hoặc làm giảm sự truyền công suất hoa tiêu

được yêu cầu để thu được MSE của ước tính được xem xét. Ngoài ra, sự lựa chọn tối ưu cục bộ đảm bảo các tập hợp xấu của các trình tự không được chọn. Đặc tính của các tập hợp này có thể kém hơn 10 dB so với đặc tính của các trình tự được trả lại bởi thuật toán tối ưu cục bộ.

Thuật toán tối ưu cục bộ vẫn thể hiện đặc tính mong muốn ngay cả với thông tin lỗi của ma trận hiệp phương sai C_{htd} . Fig.5 minh họa các kết quả của kịch bản này mà ở đó ma trận hiệp phương sai được thay thế bằng ma trận nhận dạng được định tỷ lệ bởi $1/T$.

Trong phần mô tả sau đây, các điểm khác nhau và các lợi ích của sáng chế được mô tả chi tiết.

Khi so sánh với tình trạng của các giải pháp kỹ thuật đã biết (ví dụ LTE), sự trao đổi được đề xuất của các chỉ số gốc nâng cao chất lượng CSI tại BS một cách đáng kể. CSI chính xác là cần thiết cho sự truyền của các sơ đồ điều biến bậc cao (ví dụ, 64-QAM hoặc cao hơn).

Do sự ước tính kênh liên kết thông qua K ô được thực hiện, CSI được ước tính của người dùng trong các ô lân cận có thể được sử dụng để thực hiện UL hoặc DL CoMP, mà hiện đang hoạt động với CSI chất lượng và đặc tính hệ thống cao hơn theo phương pháp được đề xuất.

Khi ô mới liên kết nhóm phối hợp, chỉ trình tự của ô đang xem xét phải được tính toán, như ví dụ được thể hiện trong kịch bản thứ hai. Điều này làm cho sự cập phát động và nhóm các nhóm khả dụng trong thời gian thực, ngược lại với các trường hợp mà ở đó, ví dụ, sự tiếp cận cưỡng bức phải được sử dụng để tính toán các trình tự.

Sự tiếp cận cưỡng bức này ít hữu ích hơn thuật toán được đề xuất tối ưu cục bộ do nó không thể được thực hiện trong thời gian thực nhưng là sự thay thế cho thuật toán tối ưu cục bộ được đề xuất. Xem xét kịch bản $K = 4$ và $L = 240$. Sau đó, có $\tilde{L}=239$ và $\tilde{L}-1=238$ trình tự CE ZC với các chỉ số gốc phân biệt được. Sự tiếp cận cưỡng bức yêu cầu trải qua $238 \times 237 \times 236 \times 235 > 3 \times 10^9$ sự kết hợp để tìm ra một sự kết hợp mà dẫn đến MSE thấp nhất. Sự tìm kiếm cưỡng bức này là khả dụng, nhưng sự lựa chọn tối ưu cục bộ được tham chiếu. Thực tế là, sự lựa chọn tối ưu cục bộ chỉ yêu cầu trải qua $237+236+235 = 708$ sự kết hợp, mà thực

hiện dễ dàng trong thời gian thực khi 4 nhóm ô được tạo ra. So sánh với số lượng sự kết hợp được yêu cầu trong cả hai trường hợp, thuật toán lựa chọn tối ưu cục bộ làm giảm rất nhiều độ phức tạp.

Sáng chế đã được mô tả có dựa trên các phương án làm các ví dụ cũng như các sự thực hiện. Tuy nhiên, các cải biến khác có thể được hiểu và được thực hiện bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật và sử dụng trong thực tế sáng chế được yêu cầu bảo hộ, từ các nghiên cứu của các hình vẽ, sáng chế này và các điểm yêu cầu bảo hộ độc lập. Trong phần yêu cầu bảo hộ cũng như trong phần mô tả từ “bao gồm” không loại trừ các phần tử hoặc các bước khác và các danh từ thể hiện số ít cũng đồng thời thể hiện số nhiều. Phần tử đơn lẻ hoặc bộ phận khác có thể thực hiện đầy đủ các chức năng của một số thực thể hoặc các mục được nêu trong bộ yêu cầu bảo hộ. Sự thật là các giải pháp nhất định được nêu trong các điểm yêu cầu bảo hộ phụ thuộc khác nhau không chỉ báo rằng sự kết hợp của các giải pháp này không thể được sử dụng theo cách thực hiện có lợi.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Bộ điều khiển dùng để làm giảm nhiễu hoa tiêu liên ô trong mạng di động bao gồm nhiều trạm gốc dùng để phục vụ các thiết bị người dùng trong các ô tương ứng, trong đó tập hợp khác nhau của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi mỗi trạm gốc để ước tính thông tin trạng thái kênh (channel state information, viết tắt là CSI) của các thiết bị người dùng được phục vụ bởi trạm gốc này và tập hợp khác nhau của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi mỗi trạm gốc được nhận dạng bởi thông số nhận dạng trình tự, bộ điều khiển bao gồm:

bộ phận truyền được làm thích ứng để truyền thông tin về tập hợp các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi trạm gốc thứ nhất của mạng đến ít nhất trạm gốc thứ hai của mạng; và

bộ xử lý được làm thích ứng để lựa chọn tập hợp thứ nhất của K thông số nhận dạng trình tự (r_k) từ tập hợp thứ hai của các thông số nhận dạng trình tự khả dụng, K tương ứng với số lượng các trạm gốc và tương ứng với số lượng các ô của mạng, và được làm thích ứng để gán thông số nhận dạng trình tự riêng biệt từ tập hợp thứ nhất đến mỗi trong số K trạm gốc của mạng,

trong đó bộ xử lý được làm thích ứng để lựa chọn tập hợp của các thông số nhận dạng trình tự (r_k) bằng thuật toán tối ưu cục bộ bao gồm:

pha ban đầu bao gồm lựa chọn thông số nhận dạng trình tự thứ nhất (r_k) từ tập hợp thứ hai, khởi tạo tập hợp thứ nhất với thông số nhận dạng trình tự thứ nhất, và loại bỏ thông số nhận dạng trình tự thứ nhất từ tập hợp thứ hai, và

pha đệ quy bao gồm lựa chọn thông số nhận dạng trình tự (r_q) của tập hợp thứ hai mà tối thiểu hóa bộ lọc sai số toàn phương trung bình liên kết E_q , bổ sung thông số nhận dạng trình tự được lựa chọn r_q vào tập hợp thứ nhất, và loại bỏ thông số nhận dạng trình tự được lựa chọn r_q từ tập hợp thứ hai.

2. Bộ điều khiển theo điểm 1,

trong đó tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi mỗi trạm gốc được nhận dạng bởi thông số nhận dạng trình tự, và

trong đó bộ phận truyền được làm thích ứng để truyền thông tin về tập hợp các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi trạm gốc thứ nhất đến trạm gốc thứ hai của mạng trong đó:

bộ phận truyền được làm thích ứng để truyền thông số nhận dạng trình tự nhận dạng tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi trạm gốc thứ nhất đến trạm gốc thứ hai.

3. Bộ điều khiển theo điểm 2,

trong đó tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi mỗi trạm gốc bao gồm các trình tự Zadoff-Chu bao gồm trình tự gốc (s_k) và các phiên bản được dịch chuyển theo chu kỳ của trình tự gốc, trình tự gốc (s_k) được nhận dạng bởi chỉ số gốc (r_k),

trong đó bộ phận truyền được làm thích ứng để truyền thông số nhận dạng trình tự nhận dạng tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi trạm gốc thứ nhất đến trạm gốc thứ hai trong đó:

bộ phận truyền được làm thích ứng để truyền chỉ số gốc (r_k) nhận dạng trình tự gốc (s_k) được sử dụng bởi trạm gốc thứ nhất đến trạm gốc thứ hai.

4. Bộ điều khiển theo điểm 2,

trong đó tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi mỗi trạm gốc bao gồm các trình tự M, các trình tự Gold hoặc các trình tự Kasami, và

trong đó thông số nhận dạng trình tự nhận dạng tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi trạm gốc thứ nhất trong đó tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng trong trạm gốc thứ nhất có thể được tạo ra từ thông số nhận dạng trình tự.

5. Bộ điều khiển theo điểm 2,

trong đó bộ phận truyền được làm thích ứng để truyền thông số nhận dạng trình tự nhận dạng tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi trạm gốc thứ nhất đến trạm gốc thứ hai ở chỗ:

bộ phận truyền được làm thích ứng để truyền các chỉ số của tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi trạm gốc thứ nhất đến trạm gốc thứ hai.

6. Bộ điều khiển theo điểm 1,

trong đó bộ lọc sai số toàn phương trung bình liên kết E_q được xác định là:

$$\epsilon_q = \text{tr} \left(\left(\frac{1}{\sigma_n^2} M_q^H M_q + C_{h_{1:q}, \text{td}}^{-1} \right)^{-1} \right)$$

trong đó q tương ứng với bước thứ q của pha đệ quy, M_q là hàm số chuyển đổi thời gian tần số M được xác định bởi:

$$M_q \triangleq (S_1 \tilde{F}, \dots, S_q \tilde{F})$$

S_k là ma trận chéo chứa các phần tử của trình tự tương ứng (s_k) được nhận dạng bởi thông số nhận dạng trình tự, và

$\tilde{F}$ là ma trận bao gồm T mục thứ nhất của L hàng của ma trận Fourier F_N tương ứng với L sóng mang con được chiếm giữ bởi các trình tự hoa tiêu, T là số lượng bậc,

và trong đó $C_{h_{1:q,td}}^{-1}$ là nghịch đảo của ma trận hiệp phương của $(h_{1,td}^H, \dots, h_{q,td}^H)^H$, $h_{k,td}$ là đáp ứng xung của kênh (channel impulse response,

viết tắt là CIR) của thiết bị người dùng được phục vụ bởi trạm gốc k , có độ dài T , σ_n^2 là công suất của nhiễu bổ sung hiện diện ở bộ xử lý, và $\text{tr}(\cdot)$ biểu thị vết của ma trận.

7. Trạm gốc dùng để phục vụ các thiết bị người dùng trong ô của mạng di động, trong đó mạng còn bao gồm các trạm gốc dùng để phục vụ các thiết bị người dùng trong các ô tương ứng khác,

trong đó tập hợp khác nhau của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi mỗi trạm gốc để ước tính thông tin trạng thái kênh (CSI) của các thiết bị người dùng được phục vụ bởi trạm gốc, trạm gốc bao gồm:

bộ thu được làm thích ứng để thu thông tin về các tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng tương ứng bởi các trạm gốc khác của mạng, trong đó tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi mỗi trạm gốc được nhận dạng bởi thông số nhận dạng trình tự, và bộ thu được làm thích ứng để thu các thông số nhận dạng trình tự lần lượt nhận dạng các tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi các trạm gốc khác;

trong đó bộ thu còn được làm thích ứng để thu tín hiệu miền tần số kích thước L y bao gồm các trình tự hoa tiêu được thu từ các thiết bị người dùng được đặt trong ô được phục vụ bởi trạm gốc và trong các ô khác, trong đó L là

độ dài của các trình tự hoa tiêu mà được trải qua L sóng mang con, trạm gốc bao gồm:

bộ xử lý được làm thích ứng để thực hiện, đối với các thiết bị người dùng nằm trong ô được phục vụ bởi trạm gốc và trong các ô khác, sự ước tính kênh liên kết trong miền thời gian;

trong đó bộ xử lý được làm thích ứng để tạo ra, đối với mỗi thông số nhận dạng trình tự (r_k) thu được, trình tự (s_k) của độ dài L được nhận dạng bởi thông số nhận dạng trình tự (r_k),

trong đó bộ xử lý được làm thích ứng để tạo ra hàm chuyển đổi thời gian tần số M được xác định bởi:

$$M \triangleq (S_1 \tilde{F}, \dots, S_K \tilde{F})$$

trong đó S_k là ma trận chéo chứa các phần tử của trình tự được tạo ra tương ứng (s_k), và

$\tilde{F}$ là ma trận bao gồm T mục thứ nhất của L hàng của ma trận Fourier F_N tương ứng với L sóng mang con được chiếm giữ bởi các trình tự hoa tiêu, T là số lượng bậc, trong đó bộ xử lý được làm thích ứng để thực hiện sự ước tính kênh liên kết bằng cách giải hệ tuyến tính của L phương trình được xác định bởi:

$$y = M h_{td} + n$$

trong đó y là tín hiệu miền tần số được thu bởi bộ thu, h_{td} được xác định là:

$$h_{td} = (h_{1,td}^H, \dots, h_{K,td}^H)^H$$

trong đó K là số lượng các ô bao gồm ô được phục vụ bởi trạm gốc và các ô khác,

$h_{k,td}$ là đáp ứng xung của kênh (channel impulse response, viết tắt là CIR), của thiết bị người dùng được phục vụ bởi trạm gốc k .

8. Trạm gốc theo điểm 7,

trong đó tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi mỗi trạm gốc bao gồm các trình tự Zadoff-Chu bao gồm trình tự gốc (s_k) và các phiên bản được dịch chuyển theo chu kỳ của trình tự gốc, trình tự gốc (s_k) này được nhận dạng bởi chỉ số gốc (r_k),

trong đó bộ thu được làm thích ứng để thu các thông số nhận dạng trình tự lần lượt nhận dạng các tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi các trạm gốc khác của mạng trong đó:

bộ thu được làm thích ứng để thu các chỉ số gốc (r_k) nhận dạng trình tự gốc (s_k) lần lượt được sử dụng bởi các trạm gốc khác.

9. Trạm gốc theo điểm 7,

trong đó tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi mỗi trạm gốc bao gồm các trình tự M, các trình tự Gold hoặc các trình tự Kasami, và

trong đó thông số nhận dạng trình tự nhận dạng tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi trạm gốc ban đầu trong đó tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng trong trạm gốc ban đầu có thể được tạo ra từ thông số nhận dạng trình tự.

10. Trạm gốc theo điểm 7,

trong đó bộ xử lý được làm thích ứng để thực hiện sự ước tính kênh liên kết bằng cách tối ưu hóa bộ lọc ước tính G được xác định là:

$$G = \left(M^H M + \sigma_n^2 C_{h_{td}}^{-1} \right)^{-1} M^H$$

trong đó $C_{h_{td}}$ là ma trận hiệp phương sai của $h_{k,td}$, và σ_n^2 là công suất của nhiễu bổ sung hiện diện ở bộ xử lý của các trạm gốc khác.

11. Trạm gốc theo điểm 10, trạm gốc này còn bao gồm bộ phận truyền được làm thích ứng để phát rộng thông tin về tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi trạm gốc đến các thiết bị người dùng được phục vụ bởi trạm gốc.

12. Phương pháp làm giảm nhiễu hoa tiêu liên ô trong mạng di động bao gồm nhiều trạm gốc dùng để phục vụ các thiết bị người dùng trong các ô tương ứng, trong đó tập hợp khác nhau của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi mỗi trạm gốc để ước tính thông tin trạng thái kênh (CSI) của các thiết bị người dùng được phục vụ bởi trạm gốc và tập hợp khác nhau của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi mỗi trạm gốc được nhận dạng bởi thông số nhận dạng trình tự, phương pháp bao gồm:

truyền thông tin về tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi trạm gốc thứ nhất của mạng đến ít nhất trạm gốc thứ hai của mạng;

lựa chọn tập hợp thứ nhất của K thông số nhận dạng trình tự (r_k) từ tập hợp thứ hai của các thông số nhận dạng trình tự khả dụng, K tương ứng với số lượng trạm gốc và tương ứng với số lượng ô của mạng, và được làm thích ứng để gán thông số nhận dạng trình tự riêng biệt từ tập hợp thứ nhất đến mỗi trong số K trạm gốc của mạng;

lựa chọn tập hợp của các thông số nhận dạng trình tự (r_k) bởi thuật toán tối ưu cục bộ, thuật toán bao gồm:

pha ban đầu bao gồm lựa chọn thông số nhận dạng trình tự thứ nhất (r_k) từ tập hợp thứ hai, khởi tạo tập hợp thứ nhất với thông số nhận dạng trình tự thứ nhất, và loại bỏ thông số nhận dạng trình tự thứ nhất từ tập hợp thứ hai, và

pha đệ quy bao gồm lựa chọn thông số nhận dạng trình tự (r_q) của tập hợp thứ hai mà tối thiểu hóa bộ lọc sai số toàn phương trung bình liên kết ϵ_q , bổ sung thông số nhận dạng trình tự r_q được lựa chọn vào tập hợp thứ nhất, và loại bỏ thông số nhận dạng trình tự r_q được lựa chọn khỏi tập hợp thứ hai.

13. Phương pháp làm giảm nhiễu hoa tiêu liên ô trong mạng di động,

trong đó mạng bao gồm nhiều trạm gốc dùng để phục vụ các thiết bị người dùng trong các ô khác tương ứng,

trong đó tập hợp khác nhau của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi mỗi trạm gốc để ước tính thông tin trạng thái kênh (CSI), của các thiết bị người dùng được phục vụ bởi trạm gốc,

phương pháp bao gồm:

trạm gốc của mạng di động thu thông tin về các tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng lần lượt bởi các trạm gốc khác của mạng di động, trong đó tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi mỗi trạm gốc được nhận dạng bởi thông số nhận dạng trình tự, và bộ thu được làm thích ứng để thu các thông số nhận dạng trình tự lần lượt nhận dạng các tập hợp của các trình tự hoa tiêu được sử dụng bởi các trạm gốc khác;

trong đó bộ thu còn được làm thích ứng để thu tín hiệu miền tần số kích thước L y bao gồm các trình tự hoa tiêu được thu từ các thiết bị người dùng nằm trong ô được phục vụ bởi trạm gốc và trong các ô khác, trong đó L là độ dài của các trình tự hoa tiêu mà được trải qua L sóng mang con, trạm gốc bao gồm:

bộ xử lý được làm thích ứng để thực hiện, đối với các thiết bị người dùng nằm trong ô được phục vụ bởi trạm gốc và trong các ô khác, sự ước tính kênh liên kết trong miền thời gian;

trong đó bộ xử lý được làm thích ứng để tạo ra, đối với mỗi thông số nhận dạng trình tự (r_k) thu được, trình tự (s_k) của độ dài L được nhận dạng bởi thông số nhận dạng trình tự (r_k), trong đó bộ xử lý được làm thích ứng để tạo ra hàm chuyển đổi tần số thời gian M được xác định bởi:

$$M \triangleq (S_1 \tilde{F}, \dots, S_K \tilde{F})$$

trong đó S_k là ma trận chéo chứa các phần tử của trình tự được tạo ra tương ứng (s_k), và

$\tilde{F}$ là ma trận bao gồm T mục thứ nhất của L hàng của ma trận Fourier F_N tương ứng với L sóng mang con được chiếm giữ bởi các trình tự hoa tiêu, T là số lượng bậc,

trong đó bộ xử lý được làm thích ứng để thực hiện sự ước tính kênh liên kết bằng cách giải quyết hệ tuyến tính của L phương trình được xác định bởi:

$$y = Mh_{td} + n$$

trong đó y là tín hiệu miền tần số được thu bởi bộ thu,

h_{td} được xác định là:

$$h_{td} = (h_{1,td}^H, \dots, h_{K,td}^H)^H$$

trong đó K là số lượng các ô bao gồm ô được phục vụ bởi trạm gốc và các ô khác,

$h_{k,td}$ là đáp ứng xung của kênh (CIR) của thiết bị người dùng được phục vụ bởi trạm gốc k .

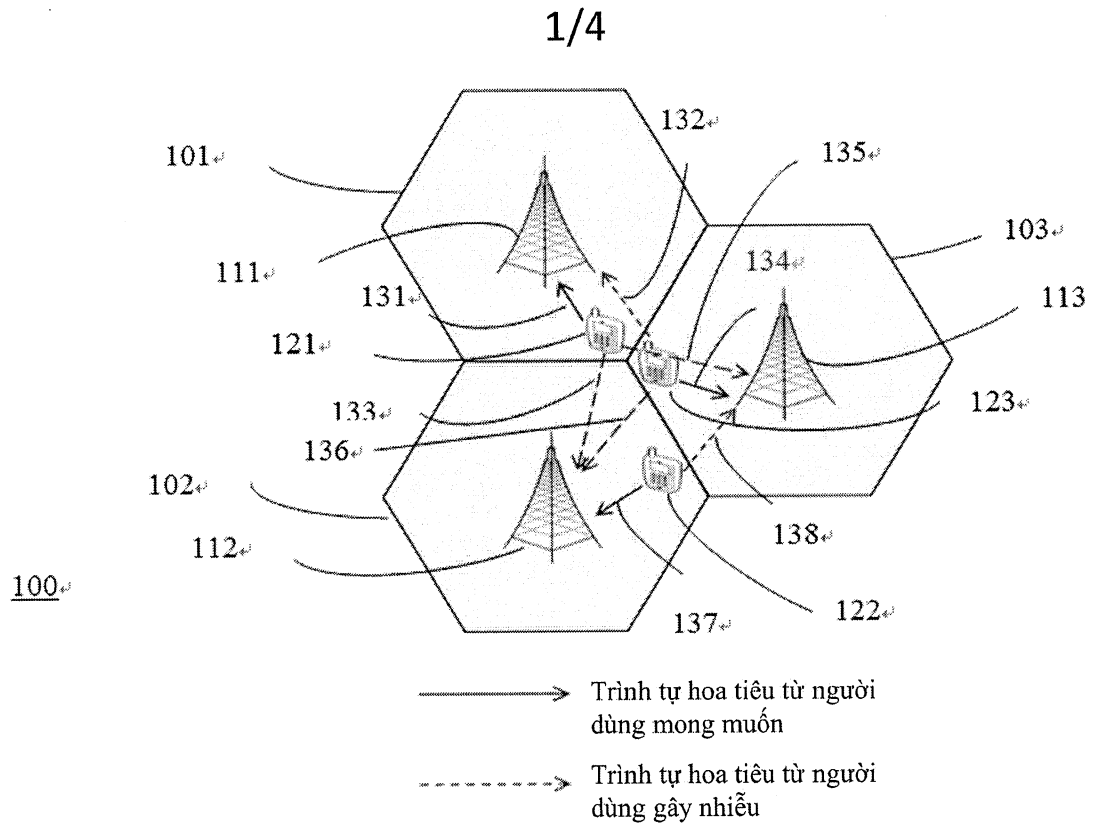


Fig. 1

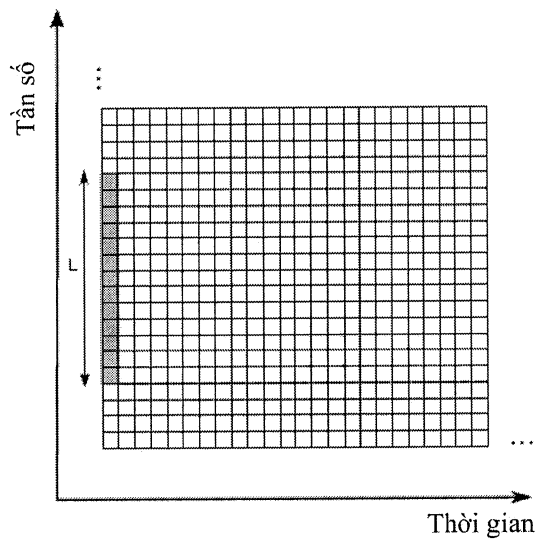


Fig. 2

2/4

Thuật toán 1 Lựa chọn trình tự tối ưu cục bộ

Require: Random root index r_1 and initial $s_1 = \tilde{a}_L^{r_1}$

 $\mathcal{S} \leftarrow s_1$ **for** $q = 2$ to K **do** index $\leftarrow 1$ $\epsilon_q = 0_{\tilde{L}-q}$ **for** $r_q = 1$ to $\tilde{L} - 1$, $\tilde{a}_L^{r_q} \notin \mathcal{S}$ **do** Calculate $[\epsilon_q]_{\text{index}}$, the channel estimation MSE assuming there are q users in the system using the sequence set $\mathcal{S} \cup \tilde{a}_L^{r_q}$ [cf. equations (12) and (11)] index $\leftarrow \text{index} + 1$ **end for** Select the root index r_q^* that minimizes ϵ_q $\mathcal{S} \leftarrow \mathcal{S} \cup \tilde{a}_L^{r_q^*}$ **end for**

Fig. 3

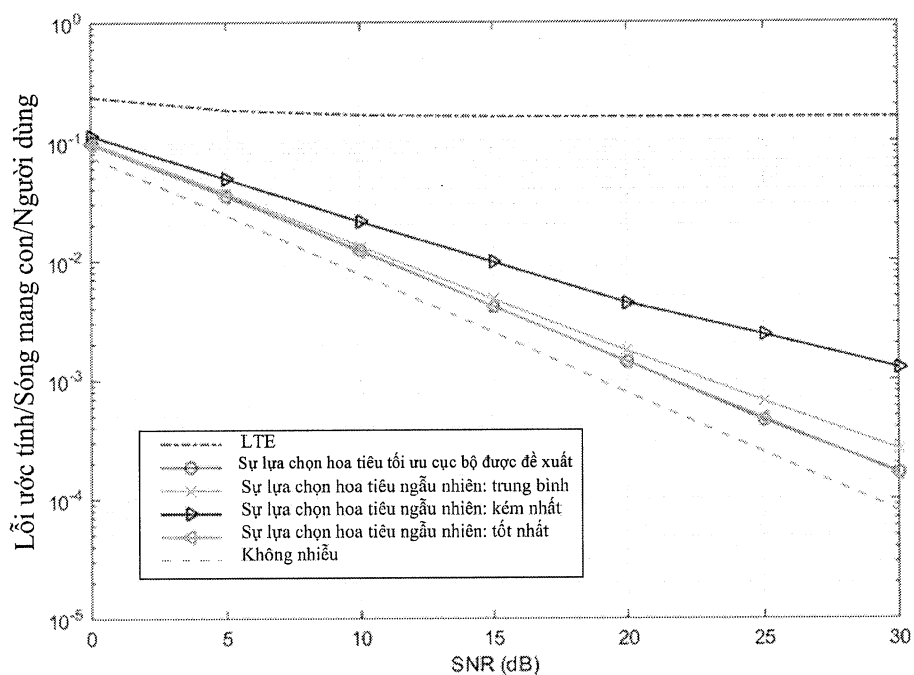


Fig. 4

3/4

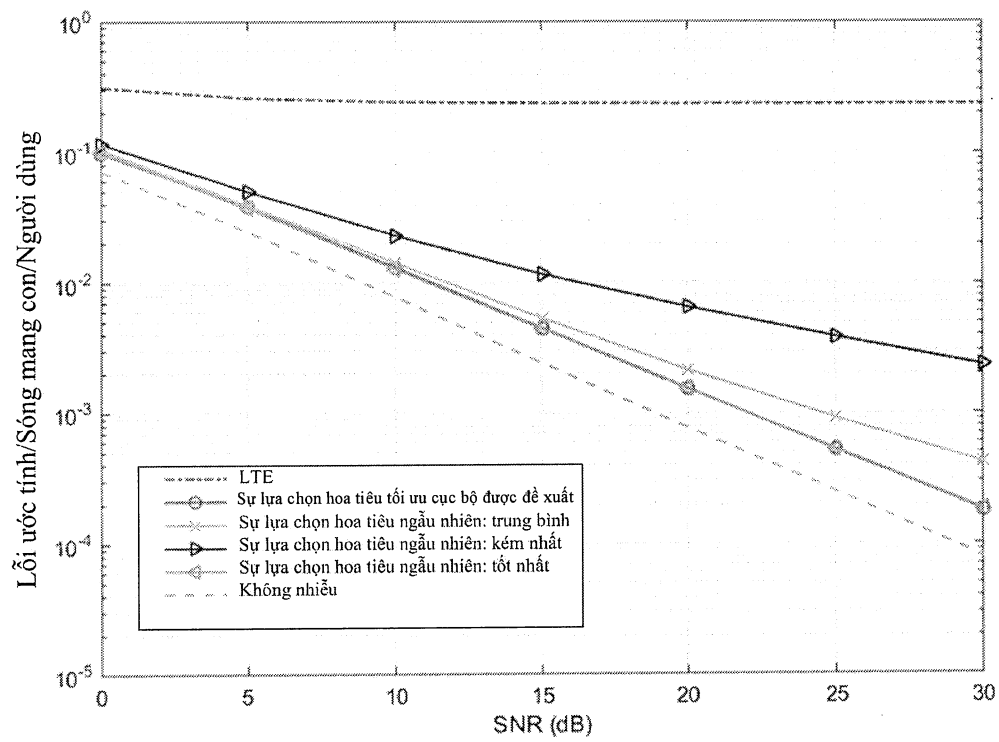


Fig. 5

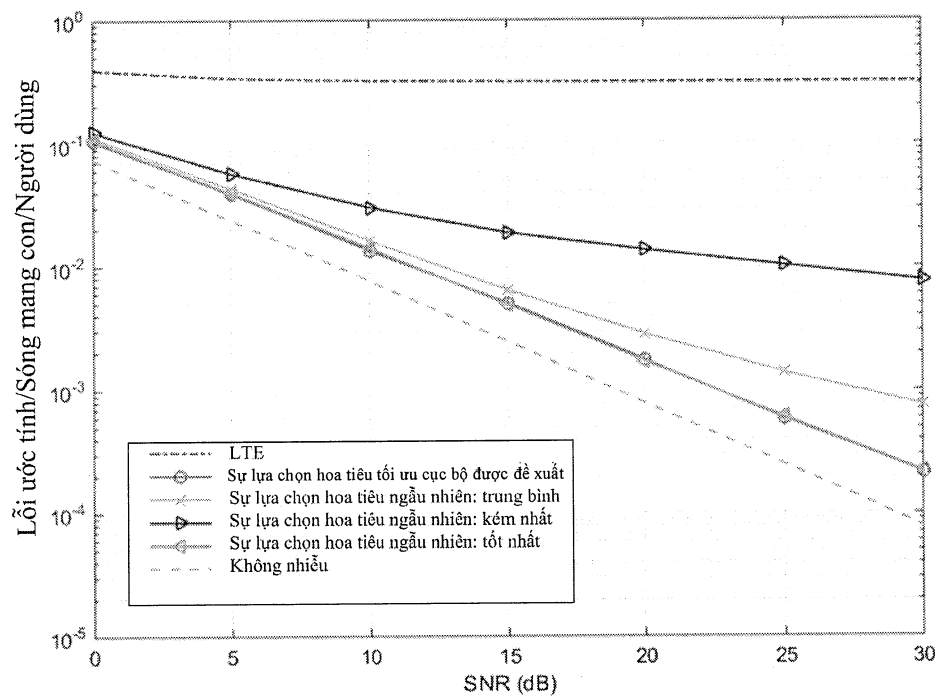


Fig. 6

4/4

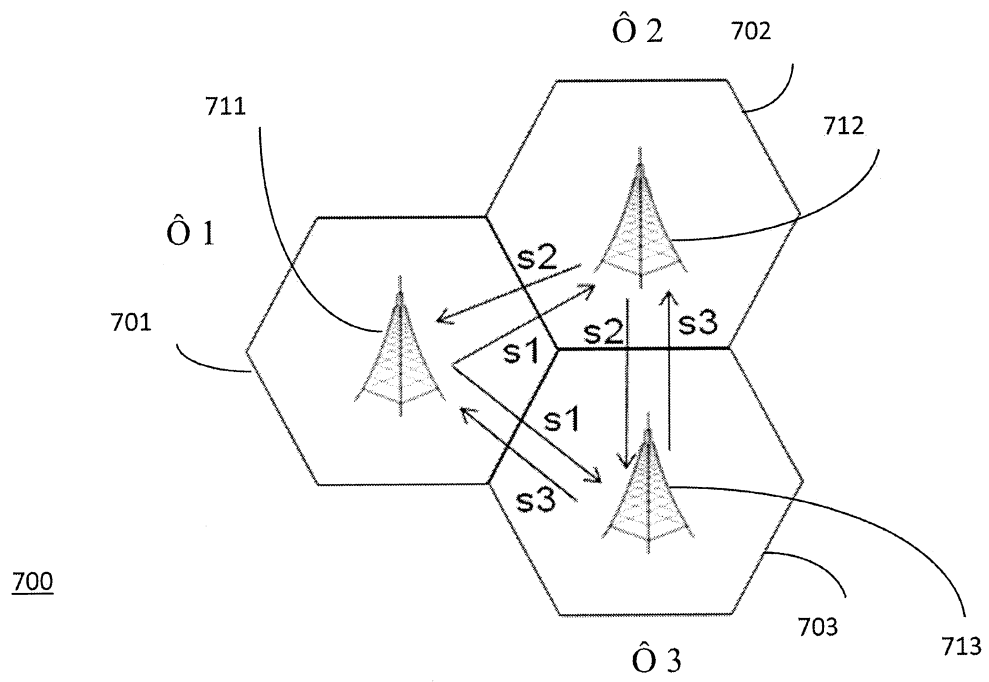


Fig. 7

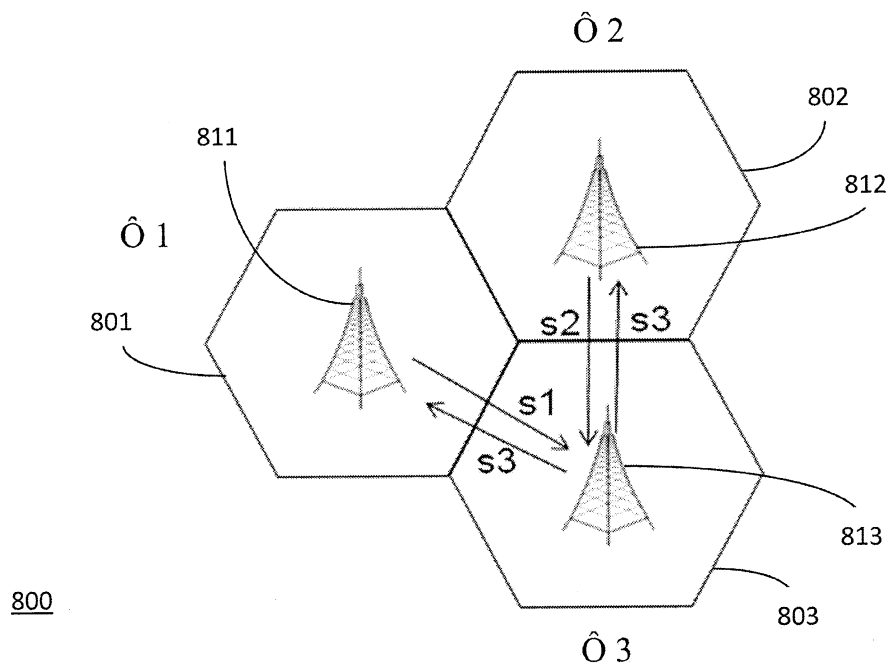


Fig. 8