(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) **1-0049155**

(51)[2022.01] **H04B 7/0413**

(13) **B**

(21) 1-2022-07468
(22) 11/05/2021
(86) PCT/CN2021/093013 11/05/2021
(87) WO 2021/228075 18/11/2021
(30) 202010414538.2 15/05/2020 CN
(45) 25/07/2025 448
(43) 27/02/2023 419A
(73) VIVO MOBILE COMMUNICATION CO., LTD. (CN)
No.1, Vivo Road, Chang'an, Dongguan, Guangdong 523863, China
(72) LI, Jianjun (CN); SONG, Yang (CN); QIN, Fei (CN).
(74) Công ty TNHH Đại Tín và Liên Danh (DAITIN AND ASSOCIATES CO.,LTD)

(54) PHƯƠNG PHÁP GỬI KÝ HIỆU THÔNG TIN ĐIỀU KHIỂN, PHƯƠNG PHÁP ƯỚC TÍNH KÊNH, VÀ THIẾT BỊ TRUYỀN TIN

(21) 1-2022-07468

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp gửi ký hiệu thông tin điều khiển, phương pháp ước tính kênh và thiết bị truyền tin. Phương pháp này bao gồm: xác định, dựa trên ma trận biến đổi Fourier rời rạc (discrete Fourier transform, DFT) và ma trận cảm biến, ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng với mỗi ăng-ten trên mỗi tài nguyên điều khiển; và gửi một ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng trên mỗi tài nguyên điều khiển cho mỗi ăng-ten; trong đó ma trận cảm biến được xác định thông qua hướng dẫn thông tin kênh.

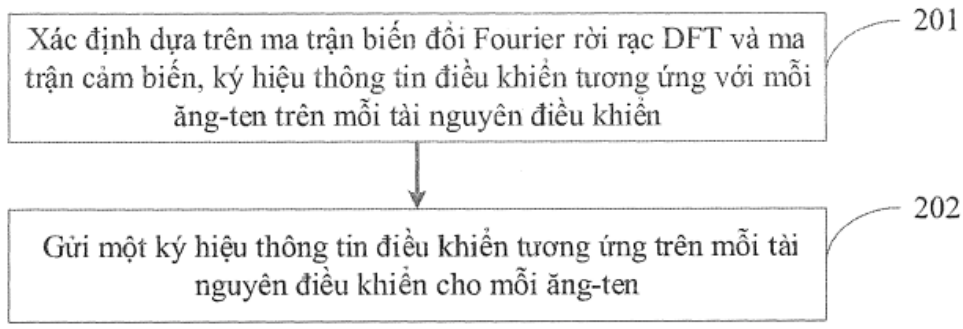

Fig.2

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến lĩnh vực kỹ thuật truyền tin, và cụ thể là đề cập đến phương pháp gửi ký hiệu thông tin điều khiển, phương pháp ước tính kênh, và thiết bị truyền tin.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Mục tiêu của 5G là đạt được sự cải thiện hiệu suất lớn về tốc độ truyền tải, mật độ truy cập của người dùng và độ trễ thấp. Hệ thống đa đầu vào nhiều đầu ra (Multiple-Input Multiple-Output, MIMO) khổng lồ (Massive) đã trở thành một trong những công nghệ quan trọng của truyền tin di động 5G do ưu điểm của nó là hiệu suất phổ cao và tiết kiệm năng lượng. Mạng 5G sử dụng công nghệ MIMO khổng lồ để tạo thành một mảng ăng-ten quy mô lớn, để thực hiện truyền hoặc nhận đồng thời các tín hiệu đến hoặc đi số lượng người dùng lớn hơn, do đó tăng dung lượng kênh và tải dữ liệu của mạng di động lên hàng chục lần hoặc hơn và cũng giảm mạnh nhiễu giữa nhiều người dùng. Công nghệ MIMO khổng lồ đã liên tục thu hút sự chú ý lớn của các nhà nghiên cứu kể từ khi được đề xuất do những tiềm năng to lớn về công suất và hiệu suất của nó.

Tuy nhiên, trong hệ thống MIMO khổng lồ, với sự gia tăng nhanh chóng về quy mô ăng-ten, phí tổn điều khiển và phí tổn phản hồi thông tin trạng thái kênh đã trở thành một trong những vấn đề nghẽn cổ chai trong việc sử dụng công nghệ MIMO khổng lồ cho mục đích thương mại. Trong mạng truyền tin 5G dựa trên MIMO khổng lồ, phí tổn điều khiển và phí tổn phản hồi kênh được tạo ra bởi dải ăng-ten khổng lồ được tạo bởi hàng trăm ăng-ten và được hỗ trợ bởi trạm gốc 5G, cũng như độ phức tạp của ước tính kênh, tất cả đều tăng một bậc so với các mạng MIMO trước đây. Do đó, làm thế nào để ước tính kênh cho mạng truyền tin MIMO khổng lồ là một vấn đề cần được giải quyết khẩn cấp hiện nay.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các phương án thực hiện của sáng chế đề xuất phương pháp gửi ký hiệu thông tin điều khiển, phương pháp ước tính kênh và thiết bị truyền tin để giải quyết vấn đề về ước tính kênh trong mạng truyền tin MIMO khổng lồ.

Theo khía cạnh thứ nhất, một phương án thực hiện của sáng chế đề xuất phương pháp gửi ký hiệu thông tin điều khiển, được áp dụng cho đầu cuối truyền và bao gồm:

xác định, dựa trên ma trận biến đổi Fourier rời rạc (Discrete Fourier Transform, DFT) và ma trận cảm biến, ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng với mỗi ăng-ten trên mỗi tài nguyên điều khiển; và

gửi một ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng trên mỗi tài nguyên điều khiển cho mỗi ăng-ten; trong đó

ma trận cảm biến được xác định thông qua hướng dẫn thông tin kênh.

Theo khía cạnh thứ hai, một phương án thực hiện của sáng chế đề xuất phương pháp ước tính kênh, được áp dụng cho đầu cuối nhận và bao gồm:

nhận tín hiệu điều khiển trên từng tài nguyên điều khiển, trong đó tín hiệu điều khiển bao gồm ký hiệu thông tin điều khiển được gửi tương ứng trên tài nguyên điều khiển bởi mỗi ăng-ten của một đầu cuối truyền; và

thực hiện ước tính kênh dựa trên mạng truyền tin nhắn gần đúng đã học (Learned Message Passing, LAMP) và các ký hiệu thông tin điều khiển; trong đó

ký hiệu thông tin điều khiển được xác định dựa trên ma trận biến đổi Fourier rời rạc DFT và ma trận cảm biến, ma trận cảm biến được xác định thông qua hướng dẫn thông tin kênh, thu được tham số LAMP được sử dụng để ước tính kênh bởi mạng LAMP thông qua hướng dẫn mạng nơ-ron được mở rộng trong quá trình phương pháp lặp dựa trên ma trận cảm biến và thuật toán AMP.

Theo khía cạnh thứ ba, một phương án thực hiện của sáng chế đề xuất một thiết bị truyền tin và thiết bị truyền tin là một đầu cuối truyền của một ký hiệu thông tin điều khiển, bao gồm:

một mô-đun xác định thứ nhất, được cấu hình để xác định, dựa trên ma trận biến đổi Fourier rời rạc DFT và ma trận cảm biến, ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng với mỗi ăng-ten trên mỗi tài nguyên điều khiển; và

một mô-đun gửi, được cấu hình để gửi một ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng trên mỗi tài nguyên điều khiển cho mỗi ăng-ten; trong đó

ma trận cảm biến được xác định thông qua hướng dẫn thông tin kênh.

Theo khía cạnh thứ tư, một phương án thực hiện của sáng chế đề xuất một thiết bị truyền tin và thiết bị truyền tin là đầu cuối nhận của một ký hiệu thông tin điều khiển, bao gồm:

một mô-đun nhận, được cấu hình để nhận tín hiệu điều khiển trên mỗi tài nguyên điều khiển, trong đó tín hiệu điều khiển bao gồm ký hiệu thông tin điều khiển được gửi tương ứng trên tài nguyên điều khiển bởi mỗi ăng-ten của một đầu cuối truyền; và

một mô-đun xử lý, được cấu hình để thực hiện ước tính kênh dựa trên một mạng truyền tin nhắn gần đúng đã học LAMP và các ký hiệu thông tin điều khiển; trong đó

ký hiệu thông tin điều khiển được xác định dựa trên ma trận biến đổi Fourier rời rạc DFT và ma trận cảm biến, ma trận cảm biến được xác định thông qua hướng dẫn thông tin kênh, thu được tham số LAMP được sử dụng để ước tính kênh bởi mạng LAMP thông qua hướng dẫn mạng nơ-ron được mở rộng trong quá trình phương pháp lặp dựa trên ma trận cảm biến và thuật toán AMP.

Theo khía cạnh thứ năm, một phương án thực hiện của sáng chế đề xuất một thiết bị truyền tin, bao gồm bộ nhớ, bộ xử lý và chương trình hoặc lệnh được lưu trữ trong bộ nhớ và có khả năng chạy trên bộ xử lý và khi chương trình hoặc lệnh được thực thi bởi bộ xử lý, thực hiện các bước của phương pháp gửi ký hiệu thông tin điều khiển hoặc khi chương trình hoặc lệnh được thực hiện bởi bộ xử lý, thực hiện các bước của phương pháp ước tính kênh.

Theo khía cạnh thứ sáu, một phương án thực hiện của sáng chế đề xuất phương tiện lưu trữ có thể đọc được bằng máy tính, trong đó chương trình hoặc lệnh được lưu trữ trên phương tiện lưu trữ có thể đọc được và khi chương trình hoặc lệnh được thực thi bởi bộ xử lý, thực hiện các bước của phương pháp gửi ký hiệu thông tin điều khiển, hoặc khi chương trình hoặc lệnh được thực thi bởi bộ xử lý, thực hiện các bước của phương pháp ước tính kênh.

Theo khía cạnh thứ bảy, một phương án thực hiện của sáng chế đề xuất một chip, trong đó chip bao gồm một bộ xử lý và một giao diện truyền tin, giao diện truyền tin được kết hợp với bộ xử lý và bộ xử lý được cấu hình để chạy một chương trình hoặc một lệnh để thực hiện phương pháp theo khía cạnh thứ nhất.

Theo các phương án thực hiện của sáng chế, ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng với mỗi ăng-ten trên mỗi tài nguyên điều khiển được xác định dựa trên ma trận DFT và ma trận cảm biến; ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng trên mỗi tài nguyên điều khiển được gửi cho mỗi ăng-ten, trong đó ma trận cảm biến được xác định thông qua hướng dẫn thông tin kênh. Bằng cách này, một số lượng nhỏ các điều khiển không trực giao có thể được sử dụng để giảm phí tổn điều khiển, từ đó số lượng điều khiển ít hơn nhiều so với số lượng ăng-ten và đầu cuối nhận có thể thực hiện ước tính kênh dựa trên các ký hiệu thông tin điều khiển, giải quyết vấn đề về ước tính kênh trong mạng truyền tin MIMO khổng lồ. Ngoài ra, do ký hiệu thông tin điều khiển được xác định bằng cách sử dụng ma trận cảm biến, nên có thể đảm bảo rằng ký hiệu thông tin điều khiển được xác định là ánh xạ tuyến tính tối ưu được điều chỉnh cho phù hợp với kênh hiện tại, từ đó cải thiện hiệu suất ước tính kênh.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sau đây, các phương pháp thực hiện của sáng chế sẽ được mô tả rõ ràng hơn thông qua các phương án thực hiện cùng với các hình vẽ kèm theo. Rõ ràng, các hình vẽ kèm theo chỉ mô tả một phần của sáng chế, dựa trên các hình vẽ kèm theo, người có trình độ trung bình trong cùng lĩnh vực kỹ thuật có thể đưa ra nhiều hình vẽ khác mà không cần cải tiến.

Fig.1 là sơ đồ cấu trúc minh họa hệ thống mạng có thể áp dụng các phương án thực hiện của sáng chế;

Fig.2 là lưu đồ minh họa phương pháp gửi ký hiệu thông tin điều khiển theo một phương án thực hiện của sáng chế;

Fig.3 là sơ đồ nguyên lý học của mạng cảm biến trong phương pháp gửi ký hiệu thông tin điều khiển theo một phương án thực hiện của sáng chế;

Fig.4 là sơ đồ cấu trúc minh họa mạng LAMP trong phương pháp gửi ký hiệu thông tin điều khiển theo một phương án thực hiện của sáng chế;

Fig.5 là sơ đồ cấu trúc minh họa lớp thứ t của mạng LAMP trong phương pháp gửi ký hiệu thông tin điều khiển theo một phương án thực hiện của sáng chế;

Fig.6 là sơ đồ khối minh họa hệ thống ước tính kênh MIMO khổng lồ trong phương pháp gửi ký hiệu thông tin điều khiển theo một phương án thực hiện của sáng chế;

Fig.7 là sơ đồ so sánh hiệu suất ước tính kênh;

Fig.8 là lưu đồ minh họa phương pháp ước tính kênh theo một phương án thực hiện của sáng chế;

Fig.9 là sơ đồ cấu trúc minh họa thiết bị mạng theo một phương án thực hiện của sáng chế;

Fig.10 là sơ đồ cấu trúc minh họa thiết bị đầu cuối theo một phương án thực hiện của sáng chế;

Fig.11 là sơ đồ cấu trúc minh họa thiết bị mạng khác theo một phương án thực hiện của sáng chế; và

Fig.12 là sơ đồ cấu trúc minh họa thiết bị đầu cuối khác theo một phương án thực hiện của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

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

Trong đơn yêu cầu bảo hộ này, thuật ngữ "bao gồm" và bất kỳ sửa đổi nào trong đó nhằm mục đích bao hàm sự bao gồm không độc quyền, ví dụ, quy trình, phương pháp, hệ thống, sản phẩm hoặc thiết bị chứa một loạt các bước hoặc đơn vị không nhất thiết bị giới hạn các bước hoặc đơn vị được liệt kê rõ ràng, nhưng có thể bao gồm các bước hoặc đơn vị khác không được liệt kê rõ ràng hoặc vốn có của các quy trình, phương pháp, sản phẩm hoặc thiết bị này. Ngoài ra, "và/hoặc" được sử dụng trong đơn yêu cầu bảo hộ này có nghĩa

là ít nhất một trong các đối tượng được kết nối, ví dụ, A và/hoặc B biểu diễn ba trường hợp sau: chỉ A, chỉ B, hoặc cả A và B.

Trong các phương án thực hiện của sáng chế, các từ như "ví dụ" hoặc "lấy ví dụ" được sử dụng để thể hiện việc đưa ra ví dụ, minh họa hoặc mô tả. Bất kỳ phương án hoặc sơ đồ thiết kế nào được mô tả là "ví dụ" hoặc "lấy ví dụ" theo các phương án thực hiện của sáng chế không được giải thích là được ưu tiên hơn hoặc có nhiều ưu điểm hơn so với phương án hoặc sơ đồ thiết kế khác. Nói một cách chính xác, việc sử dụng thuật ngữ như "ví dụ" hoặc "lấy ví dụ" nhằm trình bày một khái niệm liên quan theo cách cụ thể.

Sau đây, mô tả các phương án thực hiện của sáng chế có tham khảo các hình vẽ kèm theo. Phương pháp gửi ký hiệu thông tin điều khiển, phương pháp ước tính kênh và thiết bị truyền tin theo các phương án thực hiện của sáng chế có thể được áp dụng cho hệ thống truyền tin không dây. Hệ thống truyền tin không dây có thể là một hệ thống 5G, một hệ thống phát triển lâu dài (Evolved Long Term Evolution, eLTE) hoặc một hệ thống truyền tin phát triển sau này.

Tham khảo Fig.1, Fig.1 là sơ đồ cấu trúc minh họa hệ thống mạng có thể áp dụng các phương án thực hiện của sáng chế. Như được minh họa trên Fig.1, hệ thống mạng bao gồm thiết bị đầu cuối 11 và thiết bị mạng 12. Thiết bị đầu cuối 11 có thể là thiết bị đầu cuối của người dùng hoặc thiết bị đầu cuối khác, ví dụ, điện thoại di động, máy tính bảng (Tablet Personal Computer), máy tính xách tay (Laptop Computer), trợ lý kỹ thuật số cá nhân (Personal Digital Assistant, PDA), thiết bị internet di động (Mobile Internet Device, MID), thiết bị đeo được (Wearable Device). Cần lưu ý rằng loại cụ thể của thiết bị đầu cuối 11 không bị giới hạn trong các phương án thực hiện của sáng chế. Thiết bị phía mạng 12 có thể là trạm gốc 5G hoặc trạm gốc phiên bản mới, hoặc là trạm gốc trong hệ thống truyền tin khác, hoặc trạm gốc có thể được gọi là NodeB, hoặc một NodeB đã phát triển, hoặc điểm truyền và nhận (Transmission Reception Point, TRP), hoặc điểm truy cập (Access Point, AP), hoặc các thuật ngữ khác trong cùng lĩnh vực. Miễn là đạt được cùng một hiệu quả kỹ thuật, thiết bị mạng không bị giới hạn bởi một thuật ngữ kỹ thuật cụ thể. Ngoài ra, thiết bị mạng 12 có thể là một nút chính (Master Node, MN) hoặc một nút phụ (Secondary Node, SN). Cần lưu ý rằng trạm gốc 5G chỉ được sử dụng để ví dụ trong phương án thực hiện này của sáng chế, chứ không dùng để giới hạn một loại thiết bị mạng cụ thể.

Để dễ hiểu, phần sau mô tả một số nội dung có trong các phương án thực hiện của sáng chế.

Trong một hệ thống MIMO khổng lồ, phí tổn điều khiển và phí tổn phản hồi cần thiết để ước tính và phản hồi kênh là rất lớn do số lượng ăng-ten rất lớn. Để giảm phí tổn điều khiển và phí tổn phản hồi, ước tính kênh dựa trên lý thuyết cảm biến nén (Compressed sensing, CS) có thể được thực hiện bằng cách sử dụng các đặc tính thưa của các kênh MIMO khổng lồ trong miền không gian và miền góc. Theo phương pháp này, kết luận thông qua phân tích rằng các kênh của các ăng-ten khác nhau trong miền không gian và miền góc có đặc tính cấu trúc thưa do đặc tính thưa bị giới hạn của các kênh MIMO khổng lồ và đặc tính bố trí sát nhau của các mảng ăng-ten của trạm gốc. Dựa trên đặc tính này, ước tính kênh MIMO khổng lồ được chuyển thành bài toán khôi phục tín hiệu hệ số cho cảm biến nén có cấu trúc. Cụ thể, trạm gốc gửi một số lượng nhỏ điều khiển không trực giao để giảm phí tổn điều khiển. Số lượng điều khiển ít hơn nhiều so với số lượng ăng-ten. Sau khi nhận được tín hiệu điều khiển, người dùng di động sử dụng thuật toán khôi phục tín hiệu thưa để cảm biến nén, chẳng hạn như theo dõi đối sánh trực giao (Orthogonal Matching Pursuit, OMP), phát hiện hỗ trợ lặp khối (Block Iterative support detection, Block ISD), truyền tin nhắn gần đúng (Approximate Message Passing, AMP), để giải quyết vấn đề này. Cả kết quả phân tích lý thuyết và mô phỏng đều chứng minh rằng trong trường hợp không gian thưa, có thể thu được chính xác thông tin trạng thái kênh MIMO khổng lồ với phí tổn điều khiển thấp bằng cách sử dụng phương pháp ước tính kênh và phản hồi dựa trên cảm biến nén có cấu trúc.

Cảm biến nén được coi là một phương pháp tốt để giảm phí tổn CSI. Tuy nhiên, các phương pháp này có một số vấn đề cố hữu.

Vấn đề 1: Các phương pháp dựa trên CS chủ yếu dựa vào giả định thưa của các kênh không gian trên một số cơ sở, trong khi nhiều kênh thực trong các kịch bản thực tế không thực sự có độ thưa tuyệt đối trên tất cả các vec-tơ cơ sở. Do đó, phương pháp phản hồi kênh dựa trên CS dựa trên giả định trước về ma trận thông tin trạng thái kênh (Channel State Information, CSI) thưa hoàn toàn, và do đó có hiệu suất kém đối với các kênh MIMO khổng lồ chỉ thỏa mãn điều kiện xấp xỉ thưa. Do đó, hiệu suất khó đạt yêu cầu.

Vấn đề 2: các phương pháp dựa trên CS sử dụng ánh xạ ngẫu nhiên, và do đó không thể sử dụng tốt các đặc tính cấu trúc vốn có của các kênh. Có nghĩa là, khi phương pháp cảm biến nén được sử dụng để xử lý nén tín hiệu, một ma trận cảm biến được tạo ngẫu nhiên. Thường được sử dụng là ma trận Gaussian ngẫu nhiên và ma trận Bernoulli ngẫu nhiên. Rõ ràng, đặc tính thống kê của các tín hiệu không được xem xét trong các ma trận theo kiểu này, và các ma trận không phải là lựa chọn tối ưu mặc dù nó có hoạt động. Cuối cùng, mặc dù phương pháp dựa trên CS có thể giảm phí tổn điều khiển, nhưng bản thân phương pháp này có sai số ước tính, ngay cả trong trường hợp tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu rất cao, vẫn khó thực hiện hiệu suất ước tính kênh rất cao, và cũng có một hiệu ứng đáy phẳng của sai số ước tính. Dựa trên tình trạng nêu trên, rất khó để áp dụng cảm biến nén cho các hệ thống thực tế. Vì vậy, làm thế nào để cải thiện hiệu suất của ước tính kênh dựa trên cảm biến nén và làm cho ước tính kênh dựa trên cảm biến nén trở nên thực tế là một vấn đề đáng được nghiên cứu. Theo quan điểm này, đề xuất phương pháp của sáng chế.

Tham khảo Fig.2, Fig.2 là lưu đồ minh họa phương pháp gửi ký hiệu thông tin điều khiển theo một phương án thực hiện của sáng chế. Phương pháp này được áp dụng cho một đầu cuối truyền và như được minh họa trên Fig.2, bao gồm các bước sau.

Bước 201: Xác định dựa trên ma trận biến đổi Fourier rời rạc DFT và ma trận cảm biến, ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng với mỗi ăng-ten trên mỗi tài nguyên điều khiển.

Bước 202: Gửi một ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng trên mỗi tài nguyên điều khiển cho mỗi ăng-ten.

Ma trận cảm biến được xác định thông qua việc hướng dẫn thông tin kênh.

Theo sáng chế, ước tính kênh đường lên hoặc ước tính kênh đường xuống có thể được thực hiện dựa trên các ký hiệu thông tin điều khiển. Nói cách khác, đầu cuối truyền có thể là một thiết bị mạng hoặc một thiết bị đầu cuối. Khi đầu cuối truyền là một thiết bị mạng, ước tính kênh đường xuống có thể được thực hiện dựa trên các ký hiệu thông tin điều khiển; khi đầu cuối truyền là một thiết bị đầu cuối, ước tính kênh đường lên có thể được thực hiện dựa trên các ký hiệu thông tin điều khiển. Trong các phương án thực hiện sau, ước tính kênh đường xuống được sử dụng làm ví dụ để mô tả.

Cụ thể, thiết bị mạng có thể bao gồm nhiều ăng-ten và số lượng ăng-ten lớn hơn số lượng tài nguyên điều khiển. Số lượng tài nguyên điều khiển ít nhất là hai. Theo tùy chọn, số lượng tài nguyên điều khiển ít hơn nhiều so với số lượng ăng-ten. Ví dụ, khi số lượng ăng-ten là 64, số tài nguyên điều khiển có thể là 32. Thiết bị mạng cần gửi một ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng trên mỗi tài nguyên điều khiển cho mỗi ăng-ten. Ví dụ, đối với mỗi cái trong số 64 ăng-ten, các ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng cần được gửi trên 32 tài nguyên điều khiển.

Theo tùy chọn, trong phương án thực hiện này, việc xác định, dựa trên ma trận biến đổi Fourier rời rạc DFT và ma trận cảm biến, một ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng với mỗi ăng-ten trên mỗi tài nguyên điều khiển bao gồm:

xác định, theo $F*W=A$, ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng với mỗi ăng-ten trên mỗi tài nguyên điều khiển, trong đó A là ma trận đo A được tạo thành bởi tất cả các ký hiệu thông tin điều khiển, W là ma trận cảm biến, F là ma trận DFT chiều N và N là số ăng-ten.

Cần phải hiểu rằng, theo phương án thực hiện này, ma trận cảm biến là một mạng nơ-ron thu được thông qua việc học sâu và hướng dẫn trước. Nếu ký hiệu thông tin điều khiển được gửi bởi ăng-ten truyền thứ i trên tài nguyên điều khiển thứ j được biểu thị bằng $a_{i,j}$, tất cả các $a_{i,j}$ có thể được kết hợp thành một ma trận đo A, với một chiều $N*Np$, trong đó N là số ăng-ten của thiết bị mạng và Np là số tài nguyên điều khiển. N phần tử của mỗi cột lần lượt được truyền trên N ăng-ten truyền. Theo phương án thực hiện của sáng chế, A=F*W, trong đó W là ma trận cảm biến và F là ma trận DFT N-chiều. W có thể thu được bằng cách sử dụng phương pháp học sâu và W có thể được hiểu là một lớp của mạng nơ-ron được xác định thông qua việc hướng dẫn thông tin kênh. Bằng cách này, có thể đảm bảo rằng ký hiệu thông tin điều khiển được xác định là ánh xạ tuyến tính tối ưu được điều chỉnh cho phù hợp với kênh hiện tại. Theo tùy chọn, học sâu và hướng dẫn có thể được thực hiện trong trường hợp thuật toán ước tính kênh và tham số AMP cố định của đầu cuối nhận được xác định, trong đó tham số AMP có thể được hiểu là tham số tương ứng với thuật toán AMP.

Theo tùy chọn, theo một phương án thực hiện, để tìm ra ma trận cảm biến tối ưu bằng cách sử dụng phương pháp mạng nơ-ron, ma trận cảm biến được coi là một lớp của

mạng nơ-ron tuyến tính, không có chức năng bù và kích hoạt so với mạng nơ-ron thông thường. Trong quá trình hướng dẫn, ma trận cảm biến của đầu cuối truyền, thuật toán AMP của đầu cuối nhận, các kênh MIMO khổng lồ và nhiễu được đưa vào đều có thể được coi là một mạng nơ-ron để hướng dẫn. Như được minh họa trên Fig.3, đầu cuối nhận sử dụng thuật toán AMP gốc, với các tham số của nó là các giá trị thực nghiệm. Dữ liệu hướng dẫn đến từ các kênh khác nhau và mục tiêu của tối ưu hóa hướng dẫn (hàm phí tổn) là để giảm thiểu sai số trung bình bình phương giữa đầu ra $\left[\hat{h}_0\ \hat{h}_1\ \cdots\ \hat{h}_{N-1}\right]$ ở đầu cuối ra của thuật toán AMP và các kênh thực tế $\left[\hat{h}_0\ \hat{h}_1\ \cdots\ \hat{h}_{N-1}\right]$, nghĩa là $\min\left(\sum_{i=0}^{N-1}\left|h_i-\hat{h}_i\right|^2\right)$.

Theo phương án thực hiện của sáng chế, ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng với mỗi ăng-ten trên mỗi tài nguyên điều khiển được xác định dựa trên ma trận DFT và ma trận cảm biến; ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng trên mỗi tài nguyên điều khiển được gửi cho mỗi ăng-ten, trong đó ma trận cảm biến được xác định thông qua hướng dẫn thông tin kênh. Bằng cách này, một số lượng nhỏ các điều khiển không trực giao có thể được sử dụng để giảm phí tổn của điều khiển, do đó số lượng điều khiển ít hơn nhiều so với số lượng ăng-ten và đầu cuối nhận có thể thực hiện ước tính kênh dựa trên các ký hiệu thông tin điều khiển, giải quyết được vấn đề ước tính kênh trong mạng truyền tin MIMO khổng lồ. Ngoài ra, do ký hiệu thông tin điều khiển được xác định bằng cách sử dụng ma trận cảm biến, nên có thể đảm bảo rằng ký hiệu thông tin điều khiển được xác định là ánh xạ tuyến tính tối ưu được điều chỉnh cho phù hợp với kênh hiện tại, từ đó cải thiện hiệu suất ước tính kênh.

Ví dụ, theo một phương án thực hiện, phương pháp này còn bao gồm:

hướng dẫn ma trận cảm biến, trong đó hướng dẫn ma trận cảm biến bao gồm các bước sau:

thu nhận nhiều nhóm của thông tin kênh thực tế thu được bằng cách thực hiện ước tính kênh bởi đầu cuối nhận dựa trên thuật toán ước tính kênh đặt trước và một tham số truyền tin nhắn gần đúng AMP; và

thực hiện hướng dẫn lặp trên mô hình mạng nơ-ron đặt trước dựa trên thuật toán ước tính kênh, tham số AMP, nhiều nhóm của thông tin kênh thực tế và ma trận DFT, để thu được ma trận cảm biến.

Theo tùy chọn, bước thực hiện hướng dẫn lặp trên mô hình mạng nơ-ron đặt trước bao gồm:

trong lần lặp thứ L, điều chỉnh các biến của mô hình mạng nơ-ron dựa trên thông tin ước tính kênh thu được trong lần lặp thứ L và nhóm thứ L của thông tin kênh tương ứng với lần lặp thứ L, trong đó thu được thông tin ước tính kênh bằng cách thực hiện ước tính kênh trên kết quả mục tiêu dựa trên thuật toán ước tính kênh và tham số AMP và kết quả mục tiêu là kết quả của việc nhân một đầu ra của mô hình mạng nơ-ron với ma trận DFT và sau đó với nhóm thứ L của thông tin kênh tương ứng với lần lặp thứ L, trong đó L là một số nguyên dương.

Nhiều nhóm của thông tin kênh thực tế nêu trên có thể được sử dụng làm dữ liệu hướng dẫn. Trong quy trình lặp thứ nhất trong mô hình mạng nơ-ron, kết quả đầu ra tương ứng dựa trên giá trị biến đặt trước có thể được nhân với ma trận DFT để thu được tích, tích sau đó được nhân với một nhóm của thông tin kênh thực tế được sử dụng trong quy trình lặp thứ nhất để thu được kết quả trung gian và sau đó ước tính kênh được thực hiện bằng cách sử dụng kết quả trung gian theo thuật toán ước tính kênh và tham số AMP cố định trước, để thu được thông tin ước tính kênh của lần lặp thứ nhất. Sau lần lặp thứ nhất, các biến của mô hình mạng nơ-ron có thể được điều chỉnh thông qua so sánh giữa thông tin ước tính kênh và nhóm của thông tin kênh thực tế được sử dụng trong lần lặp thứ nhất và lần lặp tiếp theo được thực hiện dựa trên các biến đã điều chỉnh cho đến khi hướng dẫn của tất cả dữ liệu hướng dẫn được hoàn thành để thu được ma trận cảm biến. Các biến được mô tả ở trên có thể được hiểu là các biến trong hàm phí tổn.

Theo phương án thực hiện của sáng chế, quá trình hướng dẫn ma trận cảm biến có thể được hiểu là học sâu một. Học sâu giai đoạn thứ nhất nhằm mục đích thu được ánh xạ tuyến tính tối ưu phù hợp với kênh hiện tại thay cho ánh xạ ngẫu nhiên và tương ứng với thuật toán cảm biến nén, tức là thu được ma trận cảm biến tối ưu để ước tính kênh.

Cần lưu ý rằng mỗi ăng-ten nhận ở đầu cuối nhận thực hiện ước tính kênh một cách độc lập, và do đó có thể xem xét trường hợp ước tính kênh chỉ sử dụng một ăng-ten nhận.

Cụ thể, sau khi nhận được tín hiệu điều khiển trên từng tài nguyên điều khiển, với tín hiệu điều khiển bao gồm ký hiệu thông tin điều khiển được gửi tương ứng bởi mỗi ăng-ten của đầu cuối truyền trên tài nguyên điều khiển, đầu cuối nhận có thể thực hiện ước tính kênh dựa trên mạng truyền tin nhắn gần đúng đã học LAMP và ký hiệu thông tin điều khiển.

Theo phương án thực hiện này, tín hiệu điều khiển được gửi bởi một mảng ăng-ten và đi qua một kênh, và tín hiệu sau đó được nhận bởi một ăng-ten nhận trên Np tài nguyên điều khiển. $H=h*F$ để biểu diễn phép biến đổi DFT của mảng kênh. Tín hiệu cuối cùng được đo bởi mô-đun xử lý băng tần cơ sở là y, trong đó $y=h*A+n=h*F*W+n=H*W+n$. Trong trường hợp này, tín hiệu gốc H có thể được tái tạo từ (y,W) đã biết. Chiều của tín hiệu gốc H lớn hơn chiều của tín hiệu đo y, và tín hiệu gốc bị thưa; do đó, mạng LAMP có thể được sử dụng để khôi phục tín hiệu gốc, để ước tính kênh. Mạng LAMP là mạng nơ-ron thu được bằng cách mở rộng quy trình phương pháp lặp của thuật toán AMP. Thông qua quá trình hướng dẫn của mạng nơ-ron sâu, các hệ số hoạt động tuyến tính và tham số hẹp phi tuyến của nó có thể được tối ưu hóa cùng nhau để thu được các giá trị của các tham số LAMP phân tán. Việc hướng dẫn các tham số LAMP này được thực hiện sau khi hoàn thành hướng dẫn ma trận cảm biến W của đầu cuối truyền, tức là mạng LAMP được tối ưu hóa dựa trên W được tối ưu hóa bằng cách sử dụng thông tin kênh. Theo phương án thực hiện của sáng chế, ước tính kênh có thể được thực hiện bằng cách sử dụng mạng LAMP với các tham số LAMP được tối ưu hóa, do đó cải thiện hiệu suất ước tính kênh dựa trên cảm biến nén và thực hiện ước tính kênh MIMO khổng lồ hiệu suất cao với phí tổn điều khiển thấp.

Ví dụ, trong một phương án thực hiện, phương pháp hướng dẫn các tham số LAMP bao gồm các bước sau:

thu nhận nhiều nhóm của thông tin kênh thực tế thu được bằng cách thực hiện ước tính kênh ở đầu cuối nhận dựa trên thuật toán ước tính kênh đặt trước và một tham số truyền tin nhắn gần đúng AMP; và

thực hiện hướng dẫn lặp trên mạng LAMP đặt trước dựa trên ma trận cảm biến đã được hướng dẫn, nhiều nhóm của thông tin kênh thực tế và ma trận DFT, để thu được các tham số LAMP.

Theo tùy chọn, bước thực hiện hướng dẫn lặp trên mạng LAMP đặt trước bao gồm: trong lần lặp thứ L, điều chỉnh tham số LAMP của mạng LAMP dựa trên thông tin ước tính kênh thu được trong lần lặp thứ L và nhóm thứ L của thông tin kênh tương ứng với lần lặp thứ L, trong đó thông tin ước tính kênh thu được bằng cách thực hiện ước tính kênh dựa trên mạng LAMP và kết quả mục tiêu là kết quả của việc nhân một đầu ra của ma trận cảm biến với ma trận DFT và sau đó với nhóm thứ L của thông tin kênh thứ tương ứng với lần lặp thứ L, trong đó L là một số nguyên dương.

Cần lưu ý rằng quá trình hướng dẫn của mạng LAMP (tức là mạng nơ-ron sâu) có thể được hiểu là học sâu giai đoạn hai. Học sâu giai đoạn hai được sử dụng để thu được các tham số tối ưu (là các tham số LAMP) của thuật toán AMP sau khi thu được ma trận cảm biến tối ưu. Bằng cách này, hiệu suất của ước tính kênh dựa trên cảm biến nén được cải thiện.

Hơn nữa, các ký hiệu thông tin điều khiển được gửi trên các ăng-ten khác nhau là khác nhau và các ký hiệu thông tin điều khiển được gửi bởi cùng một ăng-ten trên các tài nguyên điều khiển khác nhau là khác nhau. Nói cách khác, trong phương án thực hiện này, ký hiệu thông tin điều khiển được gửi trên tài nguyên điều khiển thứ j cho ăng-ten truyền thứ i là duy nhất.

Theo tùy chọn, trong một phương án thực hiện, mạng LAMP được xây dựng dựa trên thuật toán cảm biến nén thông thường, tức là dựa trên AMP. Quy trình phương pháp lặp của thuật toán AMP được mở rộng thành một mạng nơ-ron, để cùng nhau tối ưu hóa các hệ số hoạt động tuyến tính và các tham số hẹp phi tuyến của nó. Giá trị của các tham số phân phối này có thể thu được thông qua quá trình hướng dẫn của mạng nơ-ron sâu. Trong quá trình hướng dẫn mạng LAMP, đầu cuối truyền sử dụng ma trận cảm biến đã được hướng dẫn và tối ưu hóa. Theo tùy chọn, cấu trúc mạng của mạng LAMP được minh họa trên Fig.4.

Theo Fig.4, đối với kịch bản ứng dụng cảm biến nén $y = Ax + n$, x các tín hiệu thưa được ước tính để phục hồi từ (y, A) đã biết, trong đó $\hat{x}$ chỉ một vec-tơ được ước tính của tín hiệu thưa gốc, y là một vec-tơ đo và v là một vec-tơ dư. Vec-tơ đo y được sử dụng làm đầu vào chung của tất cả các lớp, và các đầu ra lớp trước của vec-tơ ước tính $\hat{x}$ và vec-tơ

dư v được sử dụng làm đầu vào lớp tiếp theo của vec-tơ ước tính $\hat{x}$ và vec-tơ dư v tương ứng. Ước tính cuối cùng $\hat{x}_T$ của tín hiệu thưa gốc là đầu ra sau khi truyền qua mạng nơ-ron lớp T. Cấu trúc mạng của lớp thứ t được minh họa trên Fig.5. Cấu trúc này tương ứng chính xác với quy trình lặp trong thuật toán AMP, để thực hiện cập nhật vec-tơ ước tính $\hat{x}$ và vec-tơ dư v theo từng bước một. B_t và $\eta(r_t;\theta_t,\sigma_t^2)$ tương ứng với một ma trận trọng số tuyến tính và một hàm kích hoạt phi tuyến tính trong mạng nơ-ron, tương ứng. $\eta(r_t;\theta_t,\sigma_t^2)=\max(|r_t|-\theta_t*\sigma_t^2,0)$, trong đó $r_t=x_t+B_t v_t$, θ_t biểu diễn một tham số phi tuyến tính và σ_t^2 biểu diễn một tham số nhiễu.

Cần lưu ý rằng, các nhánh tương ứng với các đường liền nét dày trong cấu trúc mạng LAMP được sử dụng trong phương án thực hiện này của sáng chế tương ứng với các mục hiệu chỉnh Onsager để tăng tốc hội tụ trong thuật toán AMP. Ngoài ra, hàm phi tuyến trong thuật toán LAMP là một hàm hẹp bắt nguồn từ một bài toán ước tính tín hiệu cụ thể, chứ không phải là một hàm kích hoạt trong mạng nơ-ron thông thường, trong đó hàm kích hoạt không có ý nghĩa vật lý rõ ràng và được đưa vào chỉ để cung cấp hàm phi tuyến tính. Hơn nữa, tham số nhiễu σ_t^2 trong hàm hẹp liên quan đến phần dư và có thể được cập nhật theo từng lớp. Do đó, mạng LAMP được sử dụng trong phương án thực hiện này của sáng chế có thể phù hợp hơn cho bài toán khôi phục tín hiệu thưa hơn so với mạng nơ-ron thông thường.

Cần hiểu rằng trong phương án thực hiện của sáng chế, thuật toán LAMP kết hợp học sâu với thuật toán AMP để tận dụng ưu điểm, không chỉ sử dụng khả năng học mạnh mẽ của mạng nơ-ron sâu mà còn giữ lại các chức năng của thuật toán AMP để triển khai phục hồi tín hiệu thưa.

Trong phương án thực hiện của sáng chế, chế độ học có giám sát có thể được sử dụng để thực hiện hướng dẫn tham số mạng bằng cách nhập một tập dữ liệu $\{y_i,x_i\}_{i=1}^N$, trong đó y_i biểu diễn tín hiệu đo chiều thấp và x_i biểu diễn tín hiệu thưa chiều cao. Để cải thiện hơn nữa hiệu suất của thuật toán và sử dụng đầy đủ khả năng học tập mạnh mẽ của mạng nơ-ron, ở mỗi lớp, toán tử tuyến tính B cũng có thể được cập nhật theo từng lớp

(trong thuật toán AMP $B = A^T$), ngoài cách cập nhất từng lớp một của tham số phi tuyến θ_t. Do đó, trong mạng LAMP, một tập tham số cần được hướng dẫn là $\Phi = \{B_t, \theta_t\}_{t=1}^T$.

Vì mạng LAMP được xây dựng trên cơ sở thuật toán lặp AMP, dựa trên quá trình hướng dẫn lặp trong quá trình hướng dẫn mạng, phương pháp hướng dẫn từng lớp một được sử dụng để hướng dẫn mạng thực hiện tối ưu hóa chung các hệ số hoạt động tuyến tính và tham số hẹp phi tuyến tính. Không giống như mạng nơ-ron thông thường chỉ xác định một hàm phí tổn, mỗi lớp trong mạng LAMP xác định một hàm tổn phí $L_t(\Phi)$ để thực hiện hướng dẫn từng lớp, được xác định cụ thể như sau:

$$L_t(\Phi) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left\|\hat{x}_t(y_i, \Phi) - x_i\right\|$$

Cần hiểu rằng để tránh quá khớp mạng, ma trận hệ số hoạt động tuyến tính B_t và tham số hẹp phi tuyến tính θ_t trước tiên được hướng dẫn ở mỗi lớp thông qua việc tối ưu hóa riêng biệt và sau đó thông qua tối ưu hóa chung.

Cần lưu ý rằng, theo một phương án thực hiện, còn có thể xem xét tác động của tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu đối với ước tính kênh. Nói cách khác, trong quá trình hướng dẫn ma trận cảm biến và mạng LAMP, việc hướng dẫn có thể được thực hiện trong một phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu cụ thể. Sau đây mô tả chi tiết việc hướng dẫn ma trận cảm biến và mạng LAMP.

Theo phương án thực hiện này, ma trận cảm biến W có thể được hướng dẫn trong phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ hai, nghĩa là, ma trận cảm biến W có thể áp dụng cho phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ hai. Phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ hai có thể được hiểu là một phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu rộng. Bởi vì thiết bị mạng không biết tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu của đầu cuối nhận, nên việc hướng dẫn ma trận cảm biến W trong phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu rộng có thể cải thiện phạm vi áp dụng của ma trận cảm biến W.

Việc hướng dẫn mạng LAMP có thể được thực hiện trong một số phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ nhất khác nhau, để thu được các tham số LAMP tương ứng với các phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ nhất khác nhau. Ví dụ, có thể thu được ba nhóm của

tham số LAMP thông qua hướng dẫn cho dải SNR thấp (0–10dB), dải SNR trung bình (10–20dB) và dải SNR cao (20–30dB). Bằng cách này, đầu cuối nhận có thể chọn các tham số LAMP tương ứng dựa trên phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu hiện tại để tối ưu hóa mạng LAMP cho việc ước tính kênh.

Cần lưu ý rằng, sau khi hướng dẫn xong ma trận cảm biến và mạng LAMP, tín hiệu gốc H có thể được ước tính bằng cách sử dụng ma trận cảm biến và mạng LAMP đã được hướng dẫn, để thu được kênh đa ăng-ten gốc h. Quy trình làm việc của việc truyền ký hiệu thông tin điều khiển và ước tính kênh của toàn hệ thống như sau:

Thiết bị mạng sử dụng mỗi ăng-ten truyền để truyền một ký hiệu thông tin điều khiển trên mỗi tài nguyên điều khiển dựa trên ma trận cảm biến được tối ưu hóa và ma trận DFT N-chiều. Đối với thiết bị đầu cuối, trước tiên thiết bị đầu cuối sử dụng ăng-ten nhận để nhận tín hiệu điều khiển trên mỗi tài nguyên điều khiển, sau đó dựa trên các tín hiệu điều khiển này, sử dụng mạng LAMP với các tham số được tối ưu hóa để thực hiện ước tính kênh, để triển khai ước tính kênh MIMO không lồ hiệu suất cao với phí tổn điều khiển thấp. Kiến trúc triển khai của toàn bộ hệ thống được minh họa trên Fig.6.

Như được minh họa trên Fig.7, theo một phương án thực hiện, giả sử MIMO 64 ăng-ten chỉ sử dụng 32 tài nguyên điều khiển, 701 minh họa hiệu suất ước tính kênh bằng phương pháp APM thông thường theo các tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu khác nhau, 702 minh họa hiệu suất ước tính kênh bằng phương pháp theo sáng chế theo các tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu khác nhau, và 703 minh họa hiệu suất ước tính kênh bằng phương pháp điều khiển trực giao theo các tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu khác nhau. Có thể biết được từ hình này rằng độ chính xác của ước tính kênh được cải thiện đáng kể bằng cách sử dụng phương pháp của sáng chế để ước tính kênh.

Trong phương án thực hiện của sáng chế, thiết kế điều khiển và ước tính kênh dựa trên học sâu hai giai đoạn có thể giảm phí tổn điều khiển so với phương pháp gửi điều khiển trực giao bằng cách sử dụng tất cả các ăng-ten một cách độc lập. So với phí tổn điều khiển cho cảm biến nén trước đây, thu được ánh xạ tuyến tính tối ưu để phù hợp với kênh hiện tại và do đó hiệu suất được cải thiện đáng kể trong điều kiện của cùng một phí tổn điều khiển. Phương pháp học sâu hai giai đoạn theo sáng chế, thuật toán AMP cảm biến nén thông thường và phương pháp điều khiển trực giao thể hiện hiệu suất ước tính kênh

khác nhau theo các tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu khác nhau. Có thể biết được từ hình vẽ này rằng độ chính xác của ước tính kênh được cải thiện đáng kể bằng cách sử dụng phương pháp của sáng chế. Do đó, các phương án thực hiện của sáng chế cải thiện hiệu suất của ước tính kênh.

Tham khảo Fig.8, Fig.8 là lưu đồ minh họa phương pháp ước tính kênh theo một phương án thực hiện của sáng chế. Phương pháp này được áp dụng cho một đầu cuối nhận và như được minh họa trên Fig.8, bao gồm các bước sau.

Bước 801: Nhận tín hiệu điều khiển trên từng tài nguyên điều khiển, trong đó tín hiệu điều khiển bao gồm ký hiệu thông tin điều khiển được gửi tương ứng trên tài nguyên điều khiển bởi mỗi ăng-ten của đầu cuối truyền.

Bước 802: Thực hiện ước tính kênh dựa trên một mạng truyền tin nhắn gần đúng đã học LAMP và các ký hiệu thông tin điều khiển.

Ký hiệu thông tin điều khiển được xác định dựa trên ma trận biến đổi Fourier rời rạc DFT và ma trận cảm biến, ma trận cảm biến được xác định thông qua hướng dẫn thông tin kênh, thu được tham số LAMP được sử dụng để ước tính kênh bởi mạng LAMP thông qua hướng dẫn mạng nơ-ron. được mở rộng trong quá trình phương pháp lặp dựa trên ma trận cảm biến và thuật toán AMP.

Theo tùy chọn, ký hiệu thông tin điều khiển được xác định theo F*W=A, trong đó A là ma trận đo A được tạo thành bởi tất cả các ký hiệu thông tin điều khiển, W là ma trận cảm biến, F là ma trận DFT N chiều và N là số lượng ăng-ten.

Theo tùy chọn, phương pháp này còn bao gồm:

hướng dẫn ma trận cảm biến, trong đó hướng dẫn ma trận cảm biến bao gồm các bước sau:

thu nhận nhiều nhóm của thông tin kênh thực tế thu được bằng cách thực hiện ước tính kênh ở đầu cuối nhận dựa trên thuật toán ước tính kênh đặt trước và một tham số truyền tin nhắn gần đúng AMP; và

thực hiện hướng dẫn lặp trên mô hình mạng nơ-ron đặt trước dựa trên thuật toán ước tính kênh, tham số AMP, nhiều nhóm của thông tin kênh thực tế và ma trận DFT, để thu nhận ma trận cảm biến.

Theo tùy chọn, bước thực hiện hướng dẫn lặp trên mô hình mạng nơ-ron đặt trước bao gồm:

trong lần lặp thứ L, điều chỉnh các biến của mô hình mạng nơ-ron dựa trên thông tin ước tính kênh thu được trong lần lặp thứ L và nhóm thứ L của thông tin kênh tương ứng với lần lặp thứ L, trong đó thu được thông tin ước tính kênh bằng cách thực hiện ước tính kênh trên kết quả mục tiêu dựa trên thuật toán ước tính kênh và tham số AMP và kết quả mục tiêu là kết quả của việc nhân một đầu ra của mô hình mạng nơ-ron với ma trận DFT và sau đó với nhóm thứ L của thông tin kênh tương ứng với lần lặp thứ L, trong đó L là một số nguyên dương.

Theo tùy chọn, trước khi thực hiện ước tính kênh dựa trên mạng truyền tin nhắn gần đúng đã học LAMP và các ký hiệu thông tin điều khiển, phương pháp này còn bao gồm:

xác định tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu của đầu cuối nhận; và

xác định tham số LAMP tương ứng với phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu mục tiêu làm tham số LAMP được sử dụng để ước tính kênh bởi mạng LAMP, trong đó phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu mục tiêu là phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ nhất tương ứng với tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu trong ít nhất hai phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ nhất.

Theo tùy chọn, phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ nhất là phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu để thu được tham số LAMP thông qua hướng dẫn và phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ nhất tương ứng một đối một với tham số LAMP.

Theo tùy chọn, ít nhất hai phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ nhất được bao gồm trong phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ hai và phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ hai là phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu để thu được cảm biến ma trận thông qua hướng dẫn thông tin kênh.

Theo tùy chọn, số lượng ăng-ten lớn hơn số lượng tài nguyên điều khiển.

Cần lưu ý rằng phương án thực hiện này được sử dụng để triển khai đầu cuối nhận tương ứng với phương án thực hiện được minh họa trên Fig.2. Đối với phương án thực hiện cụ thể và để đạt được hiệu quả tương tự, tham khảo mô tả liên quan của phương án thực hiện được minh họa trên Fig.2. Chi tiết không được mô tả lại ở đây.

Tham khảo Fig.9, Fig.9 là sơ đồ cấu trúc minh họa thiết bị truyền tin theo một phương án thực hiện của sáng chế. Thiết bị truyền tin là một đầu cuối truyền của ký hiệu thông tin điều khiển. Như được minh họa trên Fig.9, đầu cuối truyền 900 bao gồm:

mô-đun xác định thứ nhất 901, được cấu hình để xác định, dựa trên ma trận biến đổi Fourier rời rạc DFT và ma trận cảm biến, ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng với mỗi ăng-ten trên mỗi tài nguyên điều khiển; và

một mô-đun gửi 902, được cấu hình để gửi một ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng trên mỗi tài nguyên điều khiển cho mỗi ăng-ten; trong đó

ma trận cảm biến được xác định thông qua hướng dẫn thông tin kênh.

Theo tùy chọn, mô-đun xác định thứ nhất 901 được cấu hình đặc trưng để: xác định, theo F*W=A, ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng với mỗi ăng-ten trên mỗi tài nguyên điều khiển, trong đó A là ma trận đo A được tạo thành bởi tất cả các ký hiệu thông tin điều khiển, W là ma trận cảm biến, F là ma trận DFT N chiều và N là số ăng-ten.

Theo tùy chọn, các ký hiệu thông tin điều khiển được gửi trên các ăng-ten khác nhau là khác nhau và các ký hiệu thông tin điều khiển được gửi bởi cùng một ăng-ten trên các tài nguyên điều khiển khác nhau là khác nhau.

Theo tùy chọn, số lượng ăng-ten lớn hơn số lượng tài nguyên điều khiển.

Đầu cuối truyền theo phương án thực hiện của sáng chế có khả năng thực hiện các quá trình được thực hiện bởi đầu cuối truyền trong phương án thực hiện được minh họa trên Fig.2. Để tránh lặp, chi tiết không được mô tả lại ở đây.

Tham khảo Fig.10, Fig.10 là sơ đồ cấu trúc minh họa thiết bị truyền tin theo một phương án thực hiện của sáng chế. Thiết bị truyền tin là một đầu cuối nhận của một ký hiệu thông tin điều khiển. Như được minh họa trên Fig.10, đầu cuối nhận 1000 bao gồm:

mô-đun nhận 1001, được cấu hình để nhận tín hiệu điều khiển trên mỗi tài nguyên điều khiển, trong đó tín hiệu điều khiển bao gồm ký hiệu thông tin điều khiển được gửi tương ứng trên tài nguyên điều khiển bởi mỗi ăng-ten của một đầu cuối truyền; và

một mô-đun xử lý 1002, được cấu hình để thực hiện ước tính kênh dựa trên một mạng truyền tin nhắn gần đúng đã học LAMP và các ký hiệu thông tin điều khiển; trong đó

ký hiệu thông tin điều khiển được xác định dựa trên ma trận biến đổi Fourier rời rạc DFT và ma trận cảm biến, ma trận cảm biến được xác định thông qua hướng dẫn thông tin kênh, thu được tham số LAMP được sử dụng để ước tính kênh bởi mạng LAMP thông qua hướng dẫn mạng nơ-ron được mở rộng trong quá trình phương pháp lặp dựa trên ma trận cảm biến và thuật toán AMP.

Theo tùy chọn, ký hiệu thông tin điều khiển được xác định theo F*W=A, trong đó A là ma trận đo A được tạo thành bởi tất cả các ký hiệu thông tin điều khiển, W là ma trận cảm biến, F là ma trận DFT N chiều và N là số của ăng-ten.

Theo tùy chọn, các ký hiệu thông tin điều khiển được gửi trên các ăng-ten khác nhau là khác nhau và các ký hiệu thông tin điều khiển được gửi bởi cùng một ăng-ten trên các tài nguyên điều khiển khác nhau là khác nhau.

Theo tùy chọn, thiết bị truyền tin còn bao gồm:

mô-đun xác định thứ hai, được cấu hình để xác định tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu của đầu cuối nhận; và

mô-đun xác định thứ ba, được cấu hình để xác định tham số LAMP tương ứng với phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu mục tiêu làm tham số LAMP được sử dụng để ước tính kênh bởi mạng LAMP, trong đó phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu mục tiêu là phạm vi tỷ số trên nhiễu tương ứng với tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu trong ít nhất hai phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ nhất.

Theo tùy chọn, phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ nhất là phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu để thu được tham số LAMP thông qua hướng dẫn và phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ nhất tương ứng một đối một với tham số LAMP.

Theo tùy chọn, ít nhất hai phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ nhất được bao gồm trong phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ hai và phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ hai là phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu để thu được cảm biến ma trận thông qua hướng dẫn thông tin kênh.

Theo tùy chọn, số lượng ăng-ten lớn hơn số lượng tài nguyên điều khiển.

Thiết bị đầu cuối theo phương án thực hiện của sáng chế có khả năng thực hiện các quy trình của thiết bị đầu cuối theo phương án thực hiện được minh họa trên Fig.8. Để tránh lặp, chi tiết không được mô tả lại ở đây.

Tham khảo Fig.11, Fig.11 là sơ đồ cấu trúc minh họa thiết bị mạng khác theo một phương án thực hiện của sáng chế. Như được minh họa trên Fig.11, thiết bị mạng 1100 bao gồm bộ xử lý 1101, bộ thu phát 1102, bộ nhớ 1103 và giao diện bus.

Bộ xử lý 1101 được cấu hình để xác định, dựa trên ma trận biến đổi Fourier rời rạc DFT và ma trận cảm biến, một ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng với mỗi ăng-ten trên mỗi tài nguyên điều khiển.

Bộ thu phát 1102 được cấu hình để gửi một ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng trên mỗi tài nguyên điều khiển cho mỗi ăng-ten.

Ma trận cảm biến được xác định thông qua việc hướng dẫn thông tin kênh.

Cần hiểu rằng theo phương án thực hiện này, bộ xử lý 1101 và bộ thu phát 1102 có khả năng thực hiện các quy trình của thiết bị mạng theo phương án thực hiện được minh họa trên Fig.2. Để tránh lặp, chi tiết không được mô tả lại ở đây.

Theo Fig.11, kiến trúc bus có thể bao gồm số lượng bất kỳ bus kết nối và cầu, được kết nối cụ thể với nhau bằng các mạch khác nhau của một hoặc nhiều bộ xử lý được đại diện bởi bộ xử lý 1101 và bộ nhớ được đại diện bởi bộ nhớ 1103. Kiến trúc bus có thể liên kết thêm nhiều mạch khác như thiết bị ngoại vi, bộ điều chỉnh điện áp và mạch quản lý nguồn với nhau. Tất cả những thứ này đều đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật liên quan, và do đó không được mô tả thêm trong bản mô tả này. Giao diện bus cung cấp một giao diện. Bộ thu phát 1102 có thể có nhiều thành phần, bao gồm đầu cuối truyền và bộ thu, đồng thời cung cấp bộ phận được cấu hình để truyền tin với nhiều thiết bị khác trên một phương tiện

truyền dẫn. Đối với các thiết bị người dùng khác nhau, giao diện người dùng 1104 có thể là giao diện để kết nối thiết bị được yêu cầu bên ngoài và bên trong, và thiết bị được kết nối bao gồm nhưng không giới hạn ở bàn phím, màn hình, loa, tai nghe, cần điều khiển và những thứ tương tự.

Bộ xử lý 1101 chịu trách nhiệm quản lý kiến trúc bus và xử lý chung, và bộ nhớ 1103 có thể lưu trữ dữ liệu được sử dụng bởi bộ xử lý 1101 khi bộ xử lý trong quá trình hoạt động.

Tốt hơn là, một phương án thực hiện của sáng chế còn đề xuất thiết bị mạng, bao gồm bộ xử lý 1101, bộ nhớ 1103 và chương trình hoặc lệnh được lưu trữ trong bộ nhớ 1103 và có khả năng chạy trên bộ xử lý 1101. Khi chương trình hoặc lệnh được thực thi bởi bộ xử lý 1101, thực hiện các quy trình của phương pháp gửi ký hiệu thông tin điều khiển với cùng hiệu quả kỹ thuật. Để tránh lặp, chi tiết không được mô tả lại ở đây.

Fig.12 là sơ đồ cấu trúc minh họa phần cứng của thiết bị đầu cuối để triển khai các phương án thực hiện của sáng chế.

Thiết bị đầu cuối 1200 bao gồm nhưng không giới hạn ở các thành phần như đơn vị tần số vô tuyến 1201, mô-đun mạng 1202, đơn vị đầu ra âm thanh 1203, đơn vị đầu vào 1204, cảm biến 1205, đơn vị hiển thị 1206, đơn vị đầu vào của người dùng 1207, đơn vị giao diện 1208, bộ nhớ 1209, bộ xử lý 1210 và nguồn 1211. Người có trình độ trong lĩnh vực này có thể hiểu rằng, cấu trúc thiết bị đầu cuối được minh họa trên Fig.12 không tạo thành bất kỳ giới hạn nào đối với thiết bị đầu cuối và thiết bị đầu cuối có thể bao gồm nhiều hơn hoặc ít hơn các thành phần được thể hiện trong hình, hoặc kết hợp một số thành phần hoặc có các bố trí thành phần khác nhau.

Đơn vị tần số vô tuyến điện 1201 được cấu hình để nhận tín hiệu điều khiển trên mỗi tài nguyên điều khiển, trong đó tín hiệu điều khiển bao gồm một ký hiệu thông tin điều khiển được gửi tương ứng trên tài nguyên điều khiển bởi mỗi ăng-ten của một đầu cuối truyền.

Bộ xử lý 1210 được cấu hình để thực hiện ước tính kênh dựa trên một mạng truyền tin nhắn gần đúng đã học LAMP và các ký hiệu thông tin điều khiển.

Ký hiệu thông tin điều khiển được xác định dựa trên ma trận biến đổi Fourier rời rạc DFT và ma trận cảm biến, ma trận cảm biến được xác định thông qua hướng dẫn thông tin kênh, thu được tham số LAMP được sử dụng để ước tính kênh bởi mạng LAMP thông qua hướng dẫn mạng nơ-ron được mở rộng trong quá trình phương pháp lặp dựa trên ma trận cảm biến và thuật toán AMP.

Cần hiểu rằng theo phương án thực hiện của sáng chế, bộ xử lý 1210 và đơn vị tần số vô tuyến 1201 có khả năng thực hiện các quy trình được thực hiện bởi thiết bị đầu cuối trong phương án thực hiện được minh họa trên Fig.8. Để tránh lặp, chi tiết không được mô tả lại ở đây.

Cần hiểu rằng, theo phương án thực hiện này của sáng chế, đơn vị tần số vô tuyến 1201 có thể được cấu hình để nhận và gửi thông tin hoặc tín hiệu trong quá trình gọi, cụ thể, sau khi nhận dữ liệu đường xuống từ trạm gốc, đơn vị tần số vô tuyến 1201 sẽ gửi dữ liệu đường xuống cho bộ xử lý 1210 để xử lý, ngoài ra, đơn vị tần số vô tuyến 1201 gửi dữ liệu đường lên đến trạm gốc. Thông thường, đơn vị tần số vô tuyến 1201 bao gồm, nhưng không giới hạn, ăng-ten, ít nhất một bộ khuếch đại, bộ thu phát, bộ ghép, bộ khuếch đại nhiễu thấp, bộ song công, và những thứ tương tự. Ngoài ra, đơn vị tần số vô tuyến 1201 có thể truyền tin với mạng và thiết bị khác thông qua hệ thống truyền tin không dây.

Thiết bị đầu cuối cung cấp truy cập Internet băng thông rộng không dây cho người dùng bằng cách sử dụng mô-đun mạng 1202, chẳng hạn, giúp người dùng gửi và nhận e-mail, duyệt web và truy cập các nội dung phát trực tuyến.

Đơn vị đầu ra âm thanh 1203 có thể chuyển đổi dữ liệu âm thanh do thiết bị tần số vô tuyến 1201 hoặc mô-đun mạng 1202 nhận được hoặc được lưu trữ trong bộ nhớ 1209 thành tín hiệu âm thanh và xuất tín hiệu âm thanh dưới dạng âm. Hơn nữa, đơn vị đầu ra âm thanh 1203 có thể cung cấp thêm đầu ra âm thanh (ví dụ: âm thanh nhận tín hiệu cuộc gọi và âm thanh nhận tin nhắn) liên quan đến một chức năng cụ thể được thực hiện bởi thiết bị đầu cuối 1200. Đơn vị đầu ra âm thanh 1203 bao gồm loa, bộ rung, bộ thu, và những thứ tương tự.

Đơn vị đầu vào 1204 được cấu hình để nhận tín hiệu âm thanh hoặc tín hiệu video. Đơn vị đầu vào 1204 có thể bao gồm bộ xử lý đồ họa (Graphics Processing Unit, GPU) 12041 và tai nghe 12042. Đơn vị xử lý đồ họa 12041 xử lý dữ liệu hình ảnh của ảnh tĩnh

hoặc video thu được bởi thiết bị chụp ảnh (ví dụ: máy ảnh) ở chế độ chụp ảnh hoặc chế độ quay video. Khung hình ảnh đã xử lý có thể được hiển thị trên đơn vị hiển thị 1206. Khung hình ảnh được xử lý bởi bộ xử lý đồ họa 12041 có thể được lưu trữ trong bộ nhớ 1209 (hoặc phương tiện lưu trữ khác) hoặc được gửi bằng cách sử dụng đơn vị tần số vô tuyến 1201 hoặc mô-đun mạng 1202. Tai nghe 12042 có thể nhận âm thanh và có thể xử lý âm thanh đó thành dữ liệu âm thanh. Dữ liệu âm thanh đã xử lý có thể được chuyển đổi, ở chế độ cuộc gọi, thành một định dạng có thể được gửi đến trạm gốc của mạng thông tin di động bằng cách sử dụng đơn vị tần số vô tuyến 1201.

Ngoài ra, thiết bị đầu cuối 1200 còn bao gồm ít nhất một loại cảm biến 1205, cụ thể như cảm biến ánh sáng, cảm biến chuyển động và một cảm biến khác. Cụ thể, cảm biến ánh sáng bao gồm cảm biến ánh sáng xung quanh và cảm biến khoảng cách. Cảm biến ánh sáng xung quanh có thể điều chỉnh độ sáng của tấm hiển thị 12061 dựa trên độ sáng của ánh sáng xung quanh. Cảm biến khoảng cách có thể tắt tấm hiển thị 12061 và/hoặc đèn nền khi thiết bị đầu cuối 1200 di chuyển về phía tai. Là một loại cảm biến chuyển động, cảm biến gia tốc có thể phát hiện giá trị của gia tốc theo từng hướng (thường là ba trục), đồng thời phát hiện giá trị và hướng của trọng lực khi cảm biến gia tốc tĩnh và có thể được áp dụng cho ứng dụng để nhận dạng tư thế của thiết bị đầu cuối (ví dụ: chuyển đổi giữa màn hình ngang và màn hình dọc, các trò chơi có liên quan và hiệu chuẩn tư thế từ kế), một chức năng liên quan đến nhận dạng rung (cụ thể như máy đếm bước chân hoặc tiếng gõ) và tương tự. Cảm biến 1205 có thể bao gồm cảm biến vân tay, cảm biến áp suất, cảm biến mống mắt, cảm biến phân tử, con quay hồi chuyển, khí áp kế, ẩm kế, nhiệt kế, cảm biến hồng ngoại, v.v... Chi tiết không được mô tả ở đây.

Đơn vị hiển thị 1206 được cấu hình để hiển thị thông tin do người dùng nhập hoặc thông tin được cung cấp cho người dùng. Đơn vị hiển thị 1206 có thể bao gồm tấm hiển thị 12061 và tấm hiển thị 12061 có thể là màn hình tinh thể lỏng (Liquid Crystal Display, LCD), đi-ốt phát sáng hữu cơ (Organic Light-Emitting Diode, OLED) hoặc tương tự.

Đơn vị đầu vào người dùng 1207 có thể được cấu hình để nhận thông tin số hoặc ký tự đầu vào và tạo đầu vào tín hiệu chính liên quan đến cài đặt người dùng và điều khiển chức năng của thiết bị đầu cuối. Cụ thể, đơn vị đầu vào người dùng 1207 bao gồm tấm cảm ứng 12071 và đơn vị đầu vào khác 12072. Tấm cảm ứng 12071 còn được gọi là màn hình cảm ứng và có thể thu thập thao tác cảm ứng được thực hiện bởi người dùng trên hoặc gần

tấm cảm ứng 12071 (cụ thể như thao tác do người dùng thực hiện trên tấm cảm ứng 12071 hoặc gần tấm cảm ứng 12071 bằng cách sử dụng bất kỳ vật thể hoặc phụ kiện thích hợp nào, cụ thể như ngón tay hoặc bút stylus). Tấm cảm ứng 12071 có thể bao gồm hai phần: thiết bị phát hiện cảm ứng và bộ điều khiển cảm ứng. Thiết bị phát hiện cảm ứng phát hiện vị trí chạm của người dùng, phát hiện tín hiệu do thao tác chạm mang lại và gửi tín hiệu đến bộ điều khiển cảm ứng. Bộ điều khiển cảm ứng nhận thông tin cảm ứng từ thiết bị phát hiện cảm ứng, chuyển đổi thông tin cảm ứng thành tọa độ điểm tiếp xúc và gửi tọa độ điểm tiếp xúc đến bộ xử lý 1210, đồng thời có thể nhận và thực hiện lệnh do bộ xử lý 1210 gửi. Ngoài ra, tấm cảm ứng 12071 có thể là nhiều loại khác nhau như điện trở, điện dung, hồng ngoại và sóng âm bề mặt. Ngoài tấm cảm ứng 12071, đơn vị đầu vào của người dùng 1207 có thể bao gồm thêm đơn vị đầu vào khác 12072. Cụ thể, đơn vị đầu vào khác 12072 có thể bao gồm một trong các, nhưng không giới hạn, bàn phím vật lý, nút chức năng (cụ thể như nút điều chỉnh âm lượng hoặc nút bật/tắt nguồn), bi xoay, chuột và cần điều khiển. Chi tiết không được mô tả ở đây.

Hơn nữa, tấm cảm ứng 12071 có thể che tấm hiển thị 12061. Khi phát hiện hoạt động cảm ứng trên hoặc gần tấm cảm ứng 12071, tấm cảm ứng 12071 truyền hoạt động cảm ứng tới bộ xử lý 1210 để xác định loại sự kiện cảm ứng, và sau đó bộ xử lý 1210 cung cấp đầu ra hình ảnh tương ứng trên tấm hiển thị 12061 dựa trên loại sự kiện cảm ứng. Theo Fig.12, tấm cảm ứng 12071 và tấm hiển thị 12061 được sử dụng như hai thành phần độc lập để thực hiện các chức năng đầu vào và đầu ra của thiết bị đầu cuối, theo một số phương án sáng chế, tấm cảm ứng 12071 và tấm hiển thị 12061 có thể được tích hợp để triển khai các chức năng đầu vào và đầu ra của thiết bị đầu cuối. Điều này không bị giới hạn cụ thể ở đây.

Đơn vị giao diện 1208 là giao diện kết nối thiết bị bên ngoài với thiết bị đầu cuối 1200. Cụ thể là, thiết bị bên ngoài có thể bao gồm cổng tai nghe có dây hoặc không dây, cổng nguồn cấp điện bên ngoài (hoặc bộ sạc pin), cổng dữ liệu có dây hoặc không dây, cổng thẻ nhớ, cổng kết nối thiết bị có mô-đun nhận dạng, cổng vào/ra âm thanh, cổng vào/ra video, cổng tai nghe, v.v... Đơn vị giao diện 1208 có thể được cấu hình để nhận đầu vào (ví dụ, thông tin dữ liệu và nguồn) từ thiết bị bên ngoài và truyền đầu vào đã nhận đến một hoặc nhiều phần tử bên trong thiết bị đầu cuối 1200 hoặc có thể được cấu hình để truyền dữ liệu giữa thiết bị đầu cuối 1200 và thiết bị bên ngoài.

Bộ nhớ 1209 có thể được cấu hình để lưu trữ các chương trình phần mềm và dữ liệu khác nhau. Bộ nhớ 1209 chủ yếu có thể bao gồm vùng lưu trữ chương trình và vùng lưu trữ dữ liệu. Vùng lưu trữ chương trình có thể lưu trữ hệ điều hành, ứng dụng theo yêu cầu của ít nhất một chức năng (cụ thể như chức năng phát lại âm thanh và chức năng phát lại hình ảnh), và những thứ tương tự. Vùng lưu trữ dữ liệu có thể lưu trữ dữ liệu (cụ thể như dữ liệu âm thanh và danh bạ điện thoại) được tạo dựa trên việc sử dụng điện thoại di động và những thứ tương tự. Ngoài ra, bộ nhớ 1209 có thể bao gồm một bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên tốc độ cao và có thể bao gồm bộ nhớ không bay hơi, ví dụ, ít nhất một thiết bị lưu trữ đĩa từ, một thiết bị lưu trữ flash hoặc một thiết bị lưu trữ thể rắn dễ bay hơi khác.

Bộ xử lý 1210 là trung tâm điều khiển của thiết bị đầu cuối, kết nối các phần khác nhau của toàn bộ thiết bị đầu cuối bằng cách sử dụng các giao diện và đường truyền khác nhau, đồng thời thực hiện các chức năng khác nhau của thiết bị đầu cuối và xử lý dữ liệu bằng cách chạy hoặc thực thi các chương trình phần mềm và/hoặc mô-đun được lưu trữ trong bộ nhớ 1209 và gọi dữ liệu được lưu trữ trong bộ nhớ 1209, để giám sát toàn bộ thiết bị đầu cuối. Bộ xử lý 1210 có thể bao gồm một hoặc nhiều bộ xử lý. Tốt hơn là bộ xử lý 1210 có thể được tích hợp với bộ xử lý ứng dụng và bộ xử lý modem. Bộ xử lý ứng dụng chủ yếu xử lý hệ điều hành, giao diện người dùng, ứng dụng và những thứ tương tự. Bộ xử lý modem chủ yếu xử lý giao tiếp không dây. Có thể hiểu rằng, cách khác, bộ xử lý modem có thể không được tích hợp vào bộ xử lý 1210.

Thiết bị đầu cuối 1200 có thể bao gồm thêm nguồn điện 1211 (cụ thể như pin) để cung cấp năng lượng cho từng thành phần. Tốt hơn là, nguồn điện 1211 có thể được kết nối hợp lý với bộ xử lý 1210 bằng cách sử dụng hệ thống quản lý nguồn, để thực hiện các chức năng như sạc, xả và quản lý mức tiêu thụ điện bằng cách sử dụng hệ thống quản lý nguồn.

Ngoài ra, thiết bị đầu cuối 1200 bao gồm một số mô-đun chức năng không được hiển thị. Chi tiết không được mô tả ở đây.

Tốt hơn là, một phương án thực hiện của sáng chế còn đề xuất một thiết bị đầu cuối, bao gồm bộ xử lý 1210, bộ nhớ 1209 và chương trình hoặc lệnh được lưu trữ trong bộ nhớ 1209 và có khả năng chạy trên bộ xử lý 1210. Khi chương trình hoặc lệnh được thực thi

bởi bộ xử lý 1210, thực hiện các quy trình của phương pháp ước tính kênh nêu trên, với cùng một hiệu quả kỹ thuật. Để tránh lặp, chi tiết không được mô tả lại ở đây.

Một phương án thực hiện của sáng chế còn đề xuất một phương tiện lưu trữ có thể đọc được, trong đó một chương trình hoặc một lệnh được lưu trữ trong phương tiện lưu trữ có thể đọc được. Khi chương trình hoặc lệnh được thực thi bởi bộ xử lý, có thể thực hiện các quy trình của phương pháp gửi ký hiệu thông tin điều khiển theo các phương án thực hiện của sáng chế hoặc khi chương trình hoặc lệnh được thực thi bởi bộ xử lý, có thể thực hiện các quy trình của phương pháp ước tính kênh theo các phương án thực hiện của sáng chế với cùng một hiệu quả kỹ thuật. Để tránh lặp, chi tiết không được mô tả lại ở đây.

Bộ xử lý là bộ xử lý trong thiết bị điện tử được mô tả trong các phương án thực hiện nêu trên. Phương tiện lưu trữ có thể đọc được bao gồm phương tiện lưu trữ có thể đọc được trên máy tính, ví dụ, bộ nhớ chỉ đọc (Read-Only Memory, ROM), bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên (Random Access Memory, RAM), đĩa từ hoặc đĩa quang.

Một phương án thực hiện của sáng chế còn đề xuất một chip, trong đó chip bao gồm một bộ xử lý và một giao diện truyền tin. Giao diện truyền tin được kết hợp với bộ xử lý và bộ xử lý được cấu hình để chạy chương trình hoặc lệnh để thực hiện các quy trình của phương pháp gửi ký hiệu thông tin điều khiển hoặc phương pháp ước tính kênh, với cùng hiệu quả kỹ thuật. Để tránh lặp, chi tiết không được mô tả lại ở đây.

Cần hiểu rằng chip được đề cập trong các phương án thực hiện của sáng chế cũng có thể được gọi là chip cấp hệ thống, chip hệ thống, hệ thống chip, hệ thống trên chip hoặc tương tự. Cần lưu ý rằng trong bản mô tả này, thuật ngữ "gồm có", "bao gồm", hoặc bất kỳ biến thể nào khác của chúng nhằm bao hàm sự bao gồm không loại trừ, để một tiến trình, một phương pháp, một mục hoặc một thiết bị bao gồm danh sách các yếu tố không chỉ bao gồm các yếu tố đó mà còn bao gồm các yếu tố khác không được liệt kê rõ ràng, hoặc bao gồm thêm các yếu tố vốn có trong tiến trình, phương pháp, mục hoặc thiết bị đó. Trong trường hợp không có nhiều ràng buộc hơn, một phần tử đứng trước "bao gồm một..." không loại trừ sự tồn tại của các phần tử giống hệt nhau khác trong tiến trình, phương pháp, mục hoặc thiết bị bao gồm phần tử đó. Ngoài ra, cần lưu ý rằng phạm vi của phương pháp và thiết bị trong các phương án thực hiện của sáng chế không giới hạn ở việc thực hiện các chức năng theo thứ tự được trình bày hoặc thảo luận, mà còn có thể bao gồm việc thực hiện

các chức năng theo cách cơ bản đồng thời hoặc theo một thứ tự ngược lại, tùy thuộc vào các chức năng liên quan. Ví dụ, các phương pháp được mô tả có thể được thực hiện theo thứ tự khác với thứ tự được mô tả và các bước có thể được thêm vào, bỏ qua hoặc kết hợp với nhau. Ngoài ra, các tính năng được mô tả có tham chiếu đến một số ví dụ có thể được kết hợp trong các ví dụ khác.

Theo mô tả các phương án thực hiện sáng chế ở trên, người có trình độ trung bình trong cùng lĩnh vực kỹ thuật có thể hiểu rõ ràng rằng phương pháp trong các phương án thực hiện nêu trên có thể được triển khai bằng phần mềm ngoài nền tảng phần cứng phổ thông cần thiết hoặc chỉ bằng phần cứng. Trong hầu hết các trường hợp, cách triển khai trước đây được ưu tiên hơn. Dựa trên sự hiểu biết như vậy, các phương pháp thực hiện của sáng chế về cơ bản, hoặc phần đóng góp vào kỹ thuật trước đây có thể được triển khai dưới dạng một sản phẩm phần mềm. Sản phẩm phần mềm máy tính được lưu trữ trong một phương tiện lưu trữ (ví dụ: ROM/RAM, đĩa từ hoặc đĩa quang) và bao gồm một số hướng dẫn để chỉ dẫn thiết bị đầu cuối (có thể là điện thoại di động, máy tính, máy chủ, máy điều hòa không khí, thiết bị mạng, hoặc loại tương tự) để thực hiện phương pháp được mô tả trong các phương án thực hiện của sáng chế.

Các phương án thực hiện của sáng chế được mô tả ở trên có tham chiếu đến các hình vẽ kèm theo, nhưng sáng chế không giới hạn ở các phương án thực hiện đã nêu. Các phương án thực hiện chỉ mang tính minh họa mà không giới hạn phạm vi của sáng chế. Dựa vào phần mô tả, người có trình độ trung bình trong cùng lĩnh vực kỹ thuật có thể thực hiện nhiều biến thể khác mà vẫn thuộc phạm vi bảo hộ của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp gửi ký hiệu thông tin điều khiển, được áp dụng cho một đầu cuối truyền và bao gồm:

xác định, dựa trên ma trận biến đổi Fourier rời rạc (discrete Fourier transform, DFT) và ma trận cảm biến, ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng với mỗi ăng-ten trên mỗi tài nguyên điều khiển; và

gửi một ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng trên mỗi tài nguyên điều khiển cho mỗi ăng-ten; trong đó

ma trận cảm biến được xác định thông qua hướng dẫn thông tin kênh.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc xác định, dựa trên ma trận biến đổi Fourier rời rạc DFT và ma trận cảm biến, ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng với mỗi ăng-ten trên mỗi tài nguyên điều khiển bao gồm:

xác định, theo $F*W=A$, ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng với mỗi ăng-ten trên mỗi tài nguyên điều khiển, trong đó A là ma trận đo A được tạo thành bởi tất cả các ký hiệu thông tin điều khiển, W là ma trận cảm biến, F là DFT N chiều và N là số ăng-ten.

3. Phương pháp theo điểm 1, phương pháp này còn bao gồm:

hướng dẫn ma trận cảm biến, trong đó việc hướng dẫn ma trận cảm biến bao gồm các bước sau:

thu nhận nhiều nhóm của thông tin kênh thực tế thu được bằng cách thực hiện ước tính kênh bằng đầu cuối nhận dựa trên thuật toán ước tính kênh đặt trước và một tham số truyền tin nhắn gần đúng AMP; và

thực hiện hướng dẫn lặp trên mô hình mạng nơ-ron đặt trước dựa trên thuật toán ước tính kênh, tham số AMP, nhiều nhóm của thông tin kênh thực tế và ma trận DFT, để thu nhận ma trận cảm biến.

4. Phương pháp theo điểm 3, trong đó bước thực hiện hướng dẫn lặp trên mô hình mạng nơ-ron đặt trước bao gồm:

trong lần lặp thứ L, điều chỉnh các biến của mô hình mạng nơ-ron dựa trên thông tin ước tính kênh thu được trong lần lặp thứ L và nhóm thứ L của thông tin kênh tương ứng với lần lặp thứ L, trong đó thu được thông tin ước tính kênh bằng cách thực hiện ước tính kênh trên kết quả mục tiêu dựa trên thuật toán ước tính kênh và tham số AMP và kết quả mục tiêu là kết quả của việc nhân một đầu ra của mô hình mạng nơ-ron với ma trận DFT và sau đó với nhóm thứ L của thông tin kênh tương ứng với lần lặp thứ L, trong đó L là một số nguyên dương.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó các ký hiệu thông tin điều khiển được gửi trên các ăng-ten khác nhau là khác nhau, và các ký hiệu thông tin điều khiển được gửi bởi một ăng-ten giống nhau trên các tài nguyên điều khiển khác nhau là khác nhau.

6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó số lượng ăng-ten lớn hơn số lượng tài nguyên điều khiển.

7. Phương pháp ước tính kênh, áp dụng cho đầu cuối nhận và bao gồm:

nhận tín hiệu điều khiển trên từng tài nguyên điều khiển, trong đó tín hiệu điều khiển bao gồm ký hiệu thông tin điều khiển được gửi tương ứng trên tài nguyên điều khiển bởi mỗi ăng-ten của một đầu cuối truyền; và

thực hiện ước tính kênh dựa trên một bản tin gần đúng đã học được truyền qua mạng LAMP và các ký hiệu thông tin điều khiển; trong đó

ký hiệu thông tin điều khiển được xác định dựa trên ma trận biến đổi Fourier rời rạc DFT và ma trận cảm biến, ma trận cảm biến được xác định thông qua hướng dẫn thông tin kênh, thu được tham số LAMP được sử dụng để ước tính kênh bởi mạng LAMP thông qua hướng dẫn mạng nơ-ron được mở rộng trong quá trình phương pháp lặp dựa trên ma trận cảm biến và thuật toán AMP.

8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó ký hiệu thông tin điều khiển được xác định theo $F*W=A$, trong đó A là ma trận đo A được tạo thành bởi tất cả các ký hiệu thông tin điều khiển, W là ma trận cảm biến, F là chiều N Ma trận DFT, và N là số ăng-ten.

9. Phương pháp theo điểm 7, phương pháp này còn bao gồm:

hướng dẫn ma trận cảm biến, trong đó việc hướng dẫn ma trận cảm biến bao gồm các bước sau:

thu nhận nhiều nhóm của thông tin kênh thực tế thu được bằng cách thực hiện ước tính kênh ở đầu cuối nhận dựa trên thuật toán ước tính kênh đặt trước và một tham số truyền tin nhắn gần đúng AMP; và

thực hiện hướng dẫn lặp trên mô hình mạng nơ-ron đặt trước dựa trên thuật toán ước tính kênh, tham số AMP, nhiều nhóm của thông tin kênh thực tế và ma trận DFT, để thu nhận ma trận cảm biến.

10. Phương pháp theo điểm 9, trong đó bước thực hiện hướng dẫn lặp trên mô hình mạng nơ-ron đặt trước bao gồm:

trong lần lặp thứ L, điều chỉnh các biến của mô hình mạng nơ-ron dựa trên thông tin ước tính kênh thu được trong lần lặp thứ L và nhóm thứ L của thông tin kênh tương ứng với lần lặp thứ L, trong đó thông tin ước tính kênh thu được bằng cách thực hiện ước tính kênh trên kết quả mục tiêu dựa trên thuật toán ước tính kênh và tham số AMP và kết quả mục tiêu là kết quả của việc nhân một đầu ra của mô hình mạng nơ-ron với ma trận DFT và sau đó với nhóm thứ L của thông tin kênh tương ứng với lần lặp thứ L, trong đó L là một số nguyên dương.

11. Phương pháp theo điểm 7, trong đó các ký hiệu thông tin điều khiển được gửi trên các ăng-ten khác nhau là khác nhau và các ký hiệu thông tin điều khiển được gửi bởi một ăng-ten giống nhau trên các tài nguyên điều khiển khác nhau là khác nhau.

12. Phương pháp theo điểm 7, trong đó trước khi thực hiện ước tính kênh dựa trên mạng truyền tin nhắn gần đúng đã học (Learned Approximate Message Passing, LAMP) và các ký hiệu thông tin điều khiển, phương pháp này còn bao gồm:

xác định tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu của đầu cuối nhận; và

xác định tham số LAMP tương ứng với phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu mục tiêu làm tham số LAMP được mạng LAMP sử dụng để ước tính kênh, trong đó phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu mục tiêu là phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ nhất tương ứng với tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu trong ít nhất hai phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ nhất.

13. Phương pháp theo điểm 12, trong đó phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ nhất là phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu để thu được tham số LAMP thông qua hướng dẫn và phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ nhất tương ứng một đối một với tham số LAMP.

14. Phương pháp theo điểm 13, trong đó ít nhất hai phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ nhất được bao gồm trong phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ hai và phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ hai là phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu để thu nhận ma trận cảm biến thông qua hướng dẫn thông tin kênh.

15. Phương pháp theo điểm 7, trong đó số lượng ăng-ten lớn hơn số lượng tài nguyên điều khiển.

16. Thiết bị truyền tin, trong đó thiết bị truyền tin là một đầu cuối truyền của ký hiệu thông tin điều khiển và bao gồm:

mô-đun xác định thứ nhất, được cấu hình để xác định, dựa trên ma trận biến đổi Fourier rời rạc DFT và ma trận cảm biến, ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng với mỗi ăng-ten trên mỗi tài nguyên điều khiển; và

một mô-đun gửi, được cấu hình để gửi một ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng trên mỗi tài nguyên điều khiển cho mỗi ăng-ten; trong đó

ma trận cảm biến được xác định thông qua hướng dẫn thông tin kênh.

17. Thiết bị truyền tin theo điểm 16, trong đó mô-đun xác định thứ nhất được cấu hình đặc trưng để: xác định, theo $F*W=A$, ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng với mỗi ăng-ten trên mỗi tài nguyên điều khiển, trong đó A là ma trận đo A được tạo thành bởi tất cả các ký hiệu thông tin điều khiển, W là ma trận cảm biến, F là ma trận DFT N chiều, và N là số lượng ăng-ten.

18. Thiết bị truyền tin theo điểm 16, trong đó các ký hiệu thông tin điều khiển được gửi trên các ăng-ten khác nhau là khác nhau, và các ký hiệu thông tin điều khiển được gửi bởi cùng một ăng-ten trên các tài nguyên điều khiển khác nhau là khác nhau.

19. Thiết bị truyền tin, trong đó thiết bị truyền tin là một đầu cuối nhận của ký hiệu thông tin điều khiển và bao gồm:

một mô-đun nhận, được cấu hình để nhận tín hiệu điều khiển trên mỗi tài nguyên điều khiển, trong đó tín hiệu điều khiển bao gồm ký hiệu thông tin điều khiển được gửi tương ứng trên tài nguyên điều khiển bởi mỗi ăng-ten của một đầu cuối truyền; và

một mô-đun xử lý, được cấu hình để thực hiện ước tính kênh dựa trên một mạng truyền tin nhắn gần đúng đã học LAMP và các ký hiệu thông tin điều khiển; trong đó

ký hiệu thông tin điều khiển được xác định dựa trên ma trận biến đổi Fourier rời rạc DFT và ma trận cảm biến, ma trận cảm biến được xác định thông qua hướng dẫn thông tin kênh, thu được tham số LAMP được sử dụng để ước tính kênh bởi mạng LAMP thông qua hướng dẫn mạng nơ-ron được mở rộng trong quá trình phương pháp lặp dựa trên ma trận cảm biến và thuật toán AMP.

20. Thiết bị truyền tin theo điểm 19, trong đó ký hiệu thông tin điều khiển được xác định theo $F*W=A$, trong đó A là ma trận đo A được tạo thành bởi tất cả các ký hiệu thông tin điều khiển, W là ma trận cảm biến, F là ma trận DFT N chiều, và N là số ăng-ten.

21. Thiết bị truyền tin theo điểm 19, trong đó các ký hiệu thông tin điều khiển được gửi trên các ăng-ten khác nhau là khác nhau, và các ký hiệu thông tin điều khiển được gửi bởi cùng một ăng-ten trên các tài nguyên điều khiển khác nhau là khác nhau.

22. Thiết bị truyền tin theo điểm 19, còn bao gồm:

mô-đun xác định thứ hai, được cấu hình để xác định tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu của đầu cuối nhận; và

mô-đun xác định thứ ba, được cấu hình để xác định tham số LAMP tương ứng với phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu mục tiêu làm tham số LAMP được sử dụng để ước tính kênh bởi mạng LAMP, trong đó phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu mục tiêu là phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ nhất tương ứng với tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu trong ít nhất hai phạm vi tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu thứ nhất.

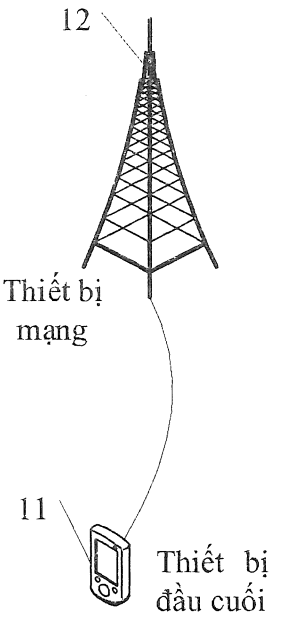
12
Thiết bị mạng
11
Thiết bị đầu cuối

Fig.1

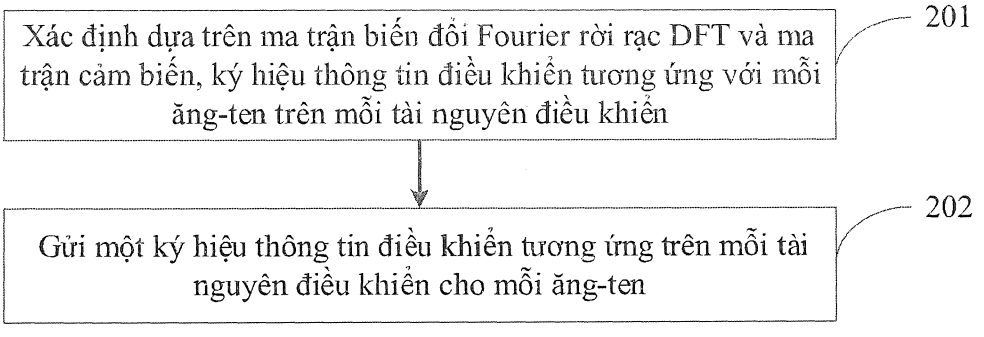
Xác định dựa trên ma trận biến đổi Fourier rời rạc DFT và ma trận cảm biến, ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng với mỗi ăng-ten trên mỗi tài nguyên điều khiển
201
Gửi một ký hiệu thông tin điều khiển tương ứng trên mỗi tài nguyên điều khiển cho mỗi ăng-ten
202

Fig.2

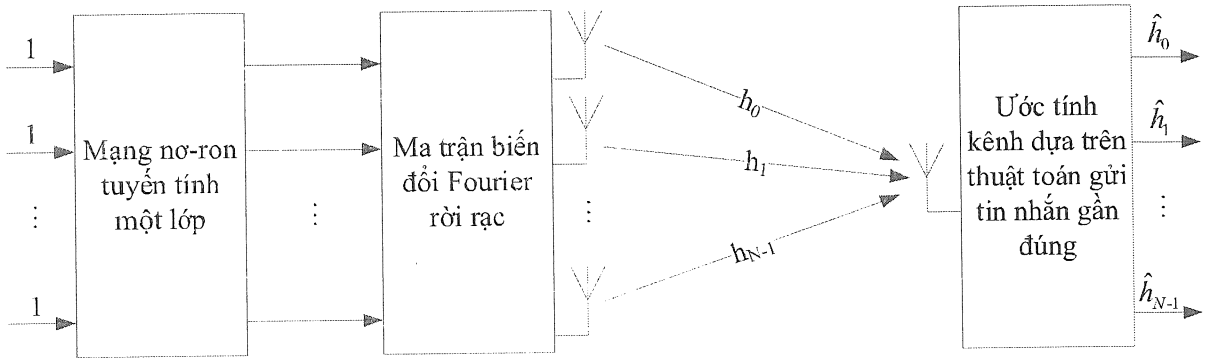

Fig.3

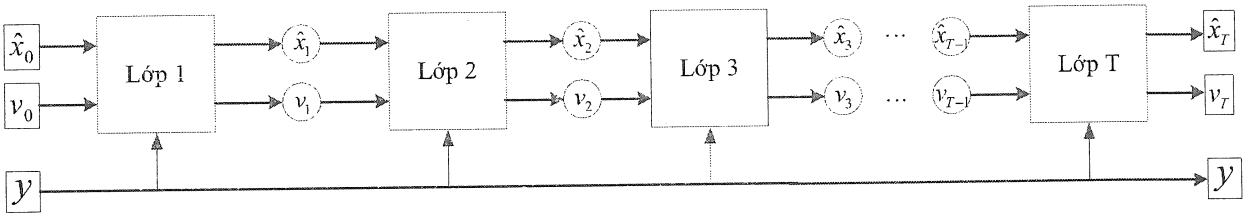

Fig.4

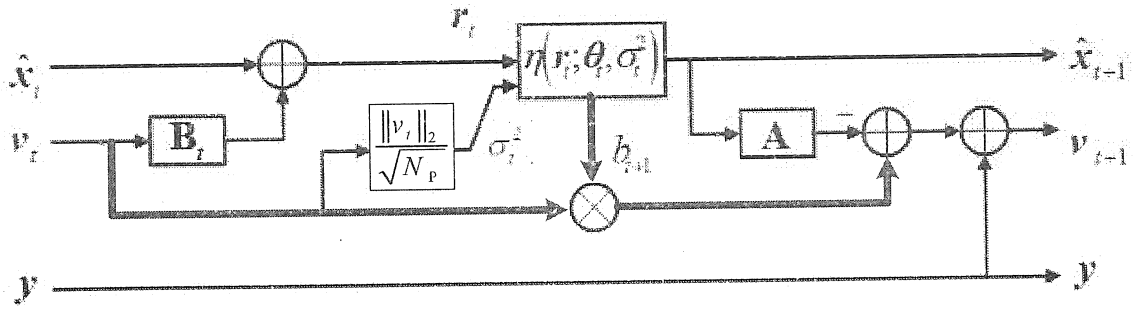

Fig.5

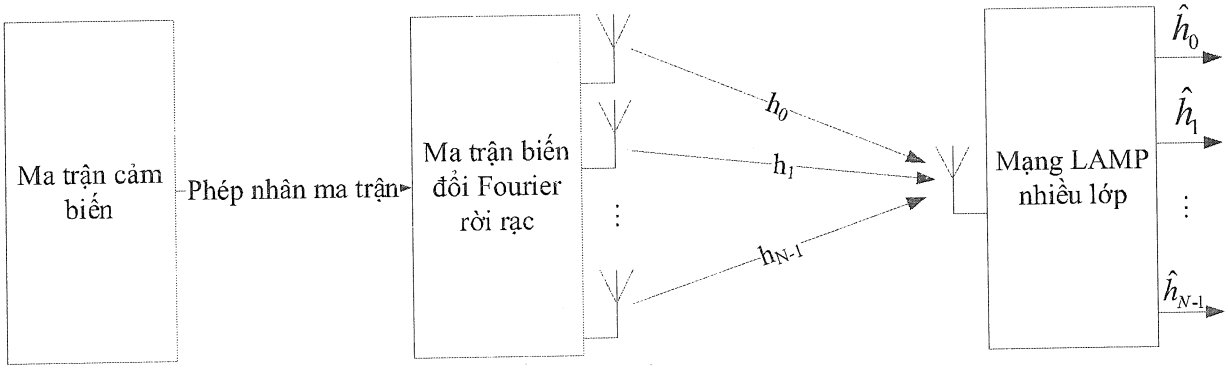

Fig.6

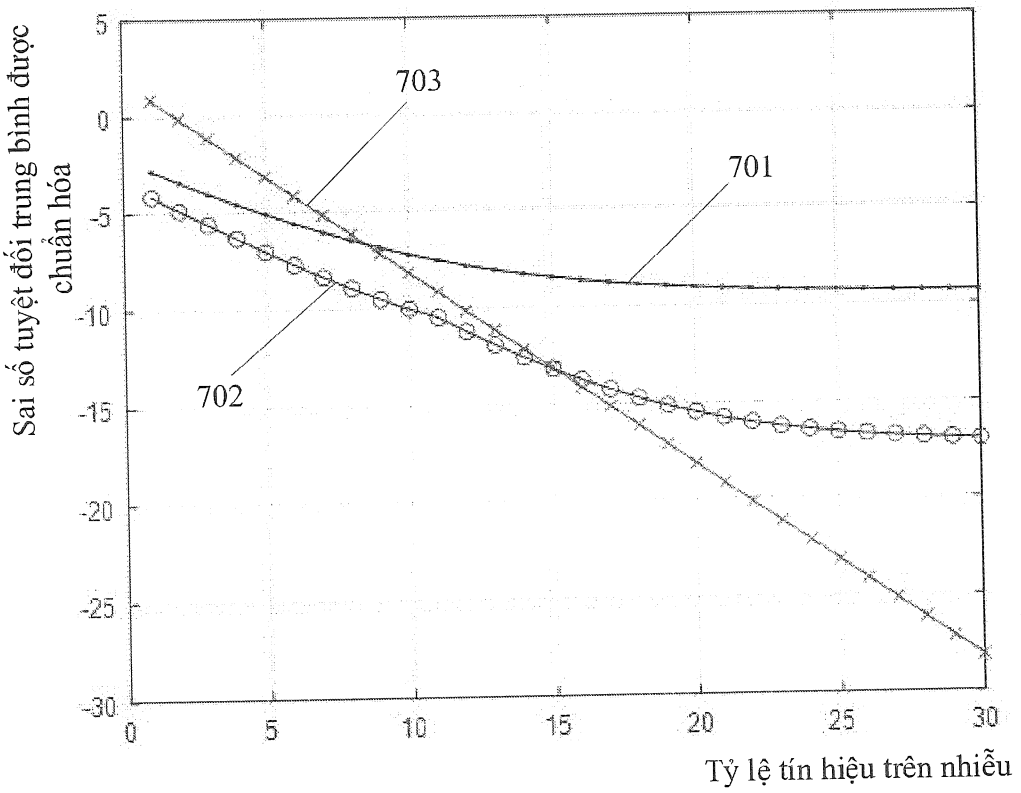
Sai số tuyệt đối trung bình được chuẩn hóa
Tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu
703
701
702
5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
0
5
10
15
20
25
30

Fig.7

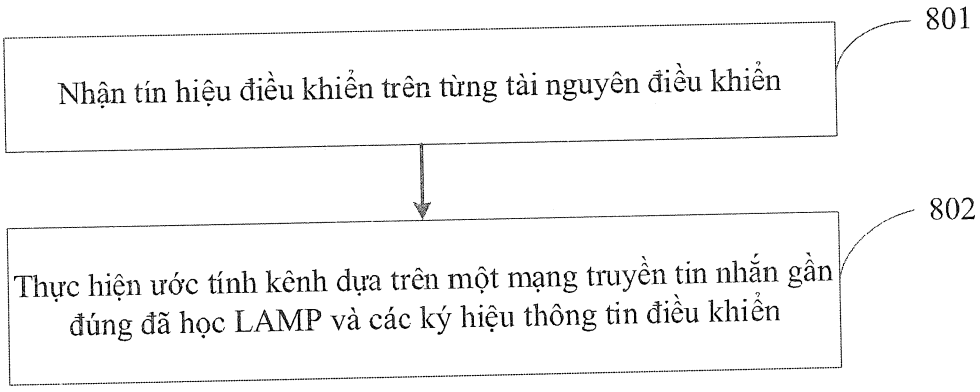
801
Nhận tín hiệu điều khiển trên từng tài nguyên điều khiển
802
Thực hiện ước tính kênh dựa trên một mạng truyền tin nhắn gần đúng đã học LAMP và các ký hiệu thông tin điều khiển

Fig.8

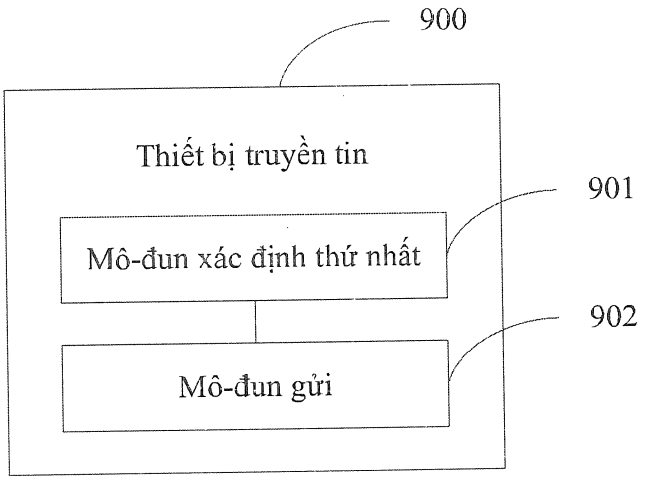
900
Thiết bị truyền tin
901
Mô-đun xác định thứ nhất
902
Mô-đun gửi

Fig.9

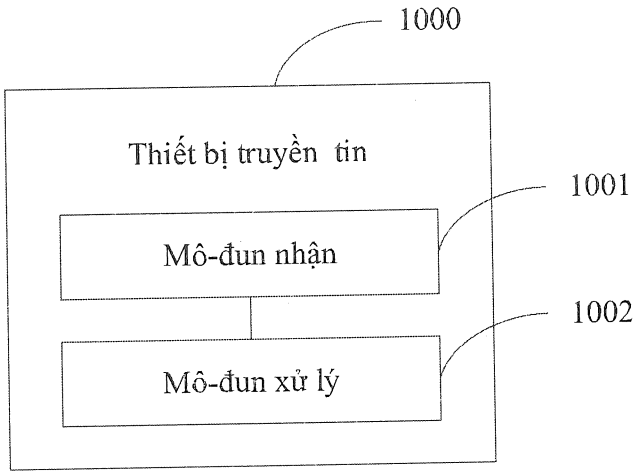
1000
Thiết bị truyền tin
1001
Mô-đun nhận
1002
Mô-đun xử lý

Fig.10

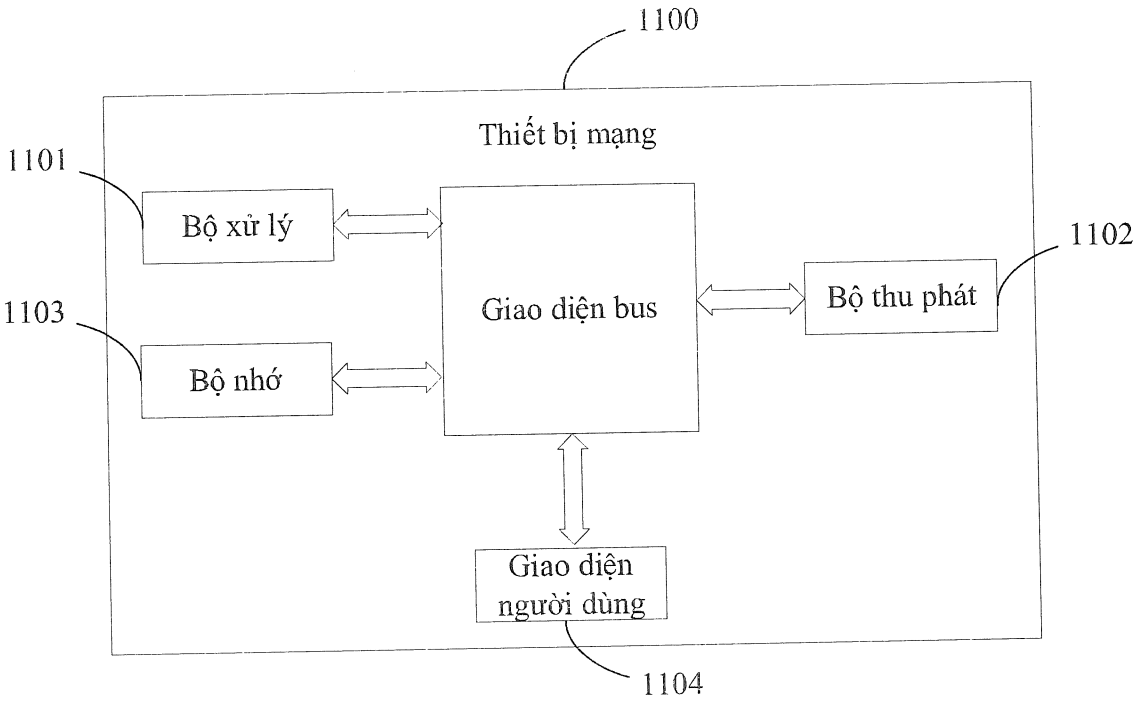
1100
Thiết bị mạng
1101
Bộ xử lý
1102
Giao diện bus
Bộ thu phát
1103
Bộ nhớ
Giao diện
người dùng
1104

Fig.11

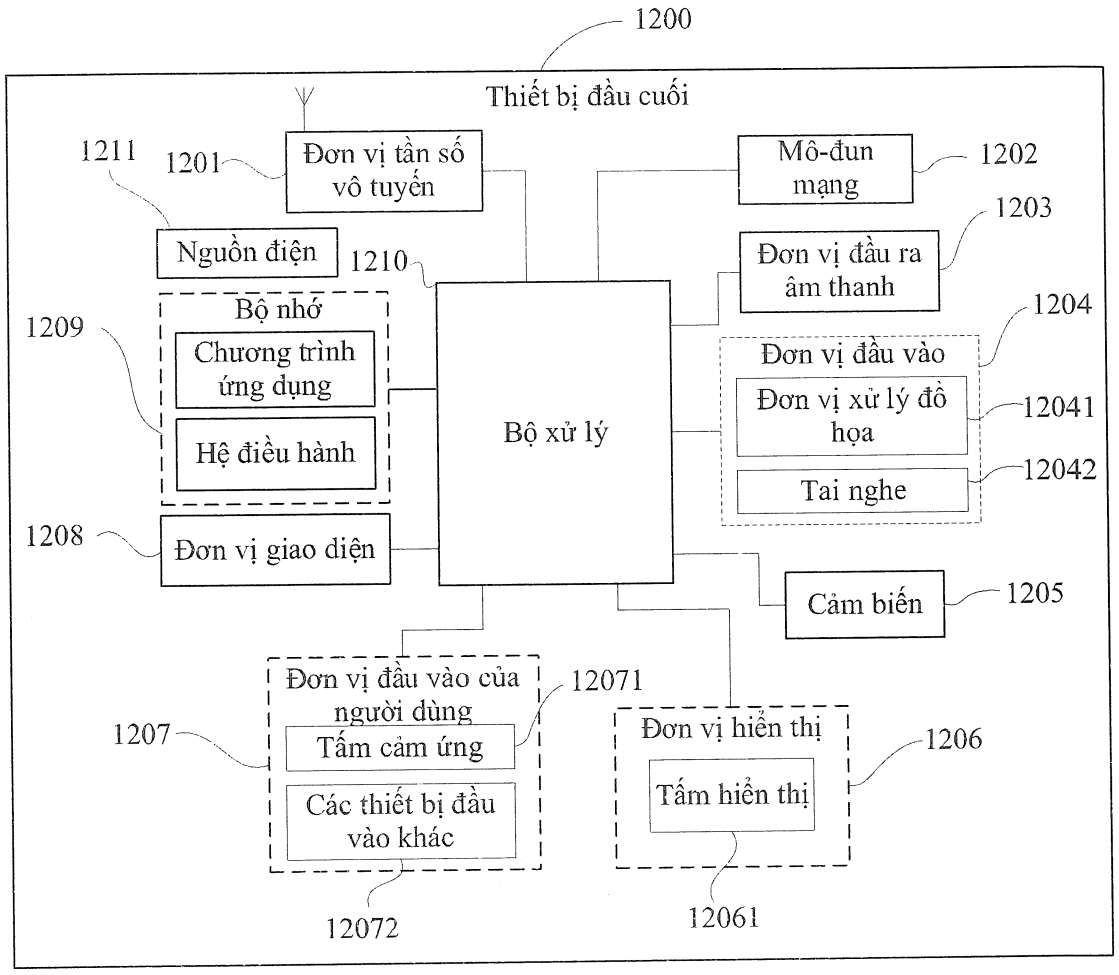
1200
Thiết bị đầu cuối
1211
1201
Đơn vị tần số vô tuyến
Mô-đun mạng
1202
1203
Nguồn điện
1210
Đơn vị đầu ra âm thanh
Bộ nhớ
1209
Chương trình ứng dụng
Hệ điều hành
Bộ xử lý
1204
Đơn vị đầu vào
Đơn vị xử lý đồ họa
12041
Tai nghe
12042
1208
Đơn vị giao diện
Cảm biến
1205
Đơn vị đầu vào của người dùng
12071
1207
Tấm cảm ứng
Các thiết bị đầu vào khác
Đơn vị hiển thị
1206
Tấm hiển thị
12072
12061

Fig.12