



(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) 
1-0022572

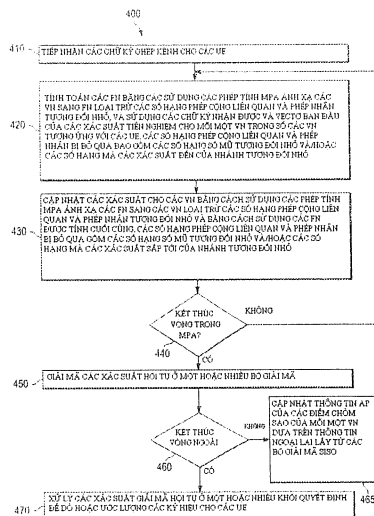
(51)⁷ **H03M 13/00**

(13) **B**

- (21) 1-2015-03578 (22) 14.03.2014
(86) PCT/US2014/029300 14.03.2014 (87) WO2014/144758 18.09.2014
(30) 61/788,881 15.03.2013 US
14/212,583 14.03.2014 US
(45) 25.12.2019 381 (43) 25.12.2015 333
(73) HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (CN)
Huawei Administration Building, Bantian, Longgang, Shenzhen, Guangdong 518129,
China
(72) NIKOPOUR, Hosein (CA), BAYESTEH, Alireza (CA), BALIGH, Mohammadhadi
(CA)
(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)

(54) **PHƯƠNG PHÁP, THÀNH PHẦN MẠNG ĐỂ DÒ CÁC PHIÊN TRUYỀN CHỮ KÝ MẬT ĐỘ THẤP**

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp và thiết bị theo các phương án thực hiện để dò thuật toán truyền thông báo (message passing algorithm - MPA) độ phức tạp thấp với tổn hao hiệu năng chấp nhận được hoặc rất thấp so với MPA chuẩn. Phương pháp gồm các bước tính toán, ở bộ dò, các nút chức năng (function node -FN) theo các tín hiệu ghép kênh được tiếp nhận cho một hoặc nhiều thiết bị người dùng (user equipment UE) bằng cách sử dụng các phép tính MPA thứ nhất mà ánh xạ các nút biến thiên (VN- variable node) tương ứng với các UE đến các FN và bằng cách sử dụng thông tin tiên nghiệm trong vectơ các xác suất ban đầu cho mỗi một VN, loại trừ khỏi các phép tính MPA thứ nhất các số hạng nhân tương đối nhỏ thứ nhất, cập nhật các xác suất cho các VN bằng cách sử dụng các FN tính toán cuối cùng và các phép tính MPA thứ hai mà ánh xạ các FN đến các VN, và loại trừ các số hạng nhân tương đối nhỏ thứ hai khỏi các phép tính MPA thứ hai.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến công nghệ không dây, và, theo các phương án thực hiện cụ thể, đến bộ tiếp nhận phức tạp thấp và phương pháp điều biến chữ ký mật độ thấp.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

LDS (Low density signature- chữ ký mật độ thấp) là kỹ thuật CDMA (code division multiple access-đa truy nhập phân chia mã) trong đó các chuỗi trải rộng cho các ký hiệu dữ liệu là rải rác. MPA (Message passing algorithm-thuật toán truyền thông báo) là phương pháp dò đa người dùng dựa trên BP (belief propagation-lan truyền độ tin cậy) để điều biến LDS. Độ phức tạp MPA là cao sao cho không thể thực hiện triển khai trong thực tế trong một số trường hợp, chẳng hạn cho các phiên điều biến với các thứ tự cao hơn hoặc số lượng lớn các chữ ký LDS ghép kênh. Tuy nhiên, MPA là giải pháp gần tối ưu để tiếp nhận LDS. LDS với việc tiếp nhận MPA có thể tạo hiệu năng và các tính năng tốt, nhưng có thể không thực tế như các giải pháp khác, như OFDMA (orthogonal frequency-division multiple access- đa truy nhập phân chia tần số trực giao). Việc giảm độ phức tạp MPA để dò điều biến LDS mà không thay đổi đáng kể hiệu năng có thể cải thiện tính khả thi và khả dụng MPA để dò điều biến LDS, và khiến MPA thích hợp hơn cho những trường hợp có thứ tự điều biến cao hơn hoặc số lượng lớn các chữ ký LDS ghép kênh.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo phương án thực hiện được ưu tiên của sáng chế, phương pháp dò các phiên truyền LDS gồm tính toán, ở bộ dò, các FN (function node-nút

chức năng) theo các tín hiệu ghép kênh được tiếp nhận cho một hoặc các UE (user equipment-thiết bị người dùng) nhờ sử dụng các phép tính MPA thứ nhất mà ánh xạ các VN (Variable node- nút biến thiên) tương ứng với các UE đến các FN và sử dụng thông tin tiên nghiệm trong vector ban đầu của các xác suất cho mỗi một VN. Phương pháp còn gồm loại trừ các số hạng nhân tương đối nhỏ thứ nhất khỏi các phép tính MPA thứ nhất, cập nhật các xác suất cho các VN bằng cách sử dụng các FN tính toán cuối cùng và các phép tính MPA thứ hai mà ánh xạ các FN đến các VN, và loại trừ các số hạng nhân tương đối nhỏ thứ hai khỏi các phép tính MPA thứ hai.

Theo phương án thực hiện được ưu tiên khác của sáng chế, thành phần mạng để dò các phiên truyền LDS gồm bộ xử lý và vật lưu trữ máy tính đọc được lưu trữ việc lập trình để thực thi bởi bộ xử lý. Việc lập trình gồm các lệnh để tính toán các FN theo các tín hiệu ghép kênh được tiếp nhận cho các UE bằng cách sử dụng các phép tính MPA thứ nhất mà ánh xạ các VN tương ứng với các UE đến các FN và bằng cách sử dụng thông tin tiên nghiệm trong vector các xác suất ban đầu cho mỗi một VN. Việc lập trình còn gồm các lệnh để loại trừ khỏi các số hạng nhân tương đối nhỏ thứ nhất các phép tính MPA thứ nhất, cập nhật các xác suất cho các VN bằng cách sử dụng các FN tính toán cuối cùng và các phép tính MPA thứ hai mà ánh xạ các FN đến các VN, và loại trừ các số hạng nhân tương đối nhỏ thứ hai khỏi các phép tính MPA thứ hai.

Theo phương án thực hiện được ưu tiên khác của sáng chế, thiết bị để dò các phiên truyền LDS gồm bộ dò được tạo cấu hình để tính toán, theo các tín hiệu ghép kênh được tiếp nhận cho các UE, thông tin tiên nghiệm trong vector các xác suất cho mỗi một VN bằng cách sử dụng một hoặc nhiều lần lặp của các phép tính MPA mà ánh xạ giữa các VN và các FN cho đến khi các xác suất hội tụ trong ngưỡng định trước hoặc số lần lặp MPA tối đa định trước đạt đến và để loại trừ khỏi các phép tính MPA các

số hạng nhân tương đối nhỏ. Thiết bị còn gồm một hoặc nhiều bộ giải mã cho các VN được ghép nối với bộ dò và được tạo cấu hình để giải mã các xác suất cho mỗi một VN bằng cách sử dụng các xác suất được tính toán cho các VN để thu thập thông tin ngoại lai.

Phần nêu trên đã phác thảo khá rộng các dấu hiệu của phương án thực hiện sáng chế nhằm hiểu rõ hơn phần mô tả chi tiết của sáng chế dưới đây. Các dấu hiệu và ưu điểm bổ sung theo các phương án thực hiện sáng chế sẽ được mô tả dưới đây, vốn tạo nên đối tượng của các điểm yêu cầu bảo hộ sáng chế. Các chuyên gia trong lĩnh vực nên hiểu rằng khái niệm và các phương án thực hiện cụ thể được bộc lộ có thể dễ dàng được sử dụng làm cơ sở để cải biến hoặc thiết kế các cấu trúc hoặc quy trình khác để thực hiện các mục đích tương tự của sáng chế. Các chuyên gia trong lĩnh vực cũng nên hiểu rằng các kết cấu tương đương này không xa rời khỏi tinh thần và phạm vi của sáng chế như được nêu trong các điểm yêu cầu bảo hộ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Để hiểu rõ hơn sáng chế, và các ưu điểm của nó, phần viện dẫn được thực hiện đến các phần mô tả dưới đây có dựa vào các hình vẽ đi kèm, trong đó:

Fig.1 thể hiện ma trận trải rộng để xác định chuỗi trải rộng để điều biến LDS;

Fig.2 thể hiện MPA để dò LDS;

Fig.3 thể hiện bộ tiếp nhận LDS với việc dò vòng ngoài để kết thúc sớm MPA theo phương án thực hiện sáng chế;

Fig.4 thể hiện phương pháp dò MPA độ phức tạp giảm theo phương án thực hiện sáng chế;

Fig.5 thể hiện hiệu quả của tham số ngưỡng, P_{th} , trên độ phức tạp của thuật toán MPA;

Fig.6 thể hiện hiệu năng của thuật toán MPA đối với các giá trị P_{th} khác nhau;

Fig.7 thể hiện hiệu quả của việc kết thúc sớm MPA trên độ phức tạp của thuật toán;

Fig.8 thể hiện toàn bộ độ phức tạp của bộ tiếp nhận LDS ở các giá trị SNR (Signal-to-Noise Ratio- Tỷ số tín hiệu trên nhiễu) biến đổi;

Fig.9 thể hiện phần trăm của toàn bộ việc giảm độ phức tạp bằng cách sử dụng các kỹ thuật giảm theo sáng chế;

Fig.10 thể hiện độ khuếch đại vòng ngoài trong bộ tiếp nhận LDS theo phương án thực hiện sáng chế; và

Fig.11 thể hiện hệ thống xử lý mà có thể được sử dụng để triển khai các phương án thực hiện khác nhau.

Mô tả chi tiết các phương án thực hiện sáng chế

Cấu trúc và hoạt động của các phương án thực hiện được ưu tiên được bàn đến chi tiết dưới đây. Tuy nhiên, nên hiểu rằng sáng chế đề cập đến nhiều khái niệm sáng tạo áp dụng được mà có thể được triển khai trong nhiều ngữ cảnh cụ thể. Các phương án thực hiện cụ thể được đề cập chỉ nhằm minh họa theo các cách cụ thể để sử dụng sáng chế, và không nhằm giới hạn phạm vi sáng chế.

Mặc dù MPA tận dụng các chuỗi rải rác khi ghép kênh ký hiệu để giảm độ phức tạp của việc dò đa người dùng, song vẫn có chỗ để giảm độ phức tạp của bộ dò MPA (liên quan đến thời gian tính toán) trong khi duy trì hiệu năng gần tối ưu của MPA. Hệ thống và phương pháp theo các phương án thực hiện được đề xuất để cho phép lược đồ MPA độ phức tạp thấp với tổn hao hiệu năng chấp nhận được hoặc rất nhỏ so với MPA chuẩn. Lược đồ MPA độ phức tạp thấp có thể được triển khai bởi bộ tiếp nhận (dưới đây được gọi là “bộ tiếp nhận độ phức tạp thấp”) cho các phiên truyền được điều biến LDS. Việc triển khai MPA độ phức tạp thấp

cũng có thể được kết hợp trong bộ tiếp nhận với bộ giải mã FEC (forward error correction-hiệu chỉnh lỗi tiến) SISO (soft input soft output- đầu vào mềm-đầu ra mềm) và phản hồi vòng ngoài để cải tiến thêm hiệu năng của bộ tiếp nhận LDS. Lược đồ MPA độ phức tạp thấp có thể được sử dụng cho các thứ tự điều biến cao hơn và/hoặc số lượng lớn các chữ ký LDS ghép kênh, vốn không thực tế với MPA chuẩn.

Fig.1 thể hiện ma trận trải rộng (S) 100 mà có thể được sử dụng để xác định chuỗi trải rộng để điều biến LDS (chẳng hạn, trong khi truyền). Ma trận trải rộng 100 có thể được triển khai ở bộ truyền để xác định các ký hiệu đầu ra (chẳng hạn, cho OFDM) của dữ liệu ghép kênh cho các UE (chẳng hạn, trong các phiên truyền liên kết). Ma trận trải rộng 100 có hệ số trải rộng bốn chữ ký dồn kênh hoặc các tín hiệu cho sáu UE. Các mục của ma trận trải rộng 100 chỉ định các phần góp cho mỗi một ký hiệu trong sáu ký hiệu cho sáu UE tương ứng cho mỗi một tài nguyên trong bốn tài nguyên đầu ra như các âm OFDMA. Mỗi một cột trong sáu cột liên kết với một trong sáu chữ ký hoặc sáu UE, và mỗi một hàng trong bốn hàng liên kết với một trong bốn tài nguyên. Theo các ví dụ khác, nhiều hơn một chữ ký có thể được phân phối cho UE. Trong khi ma trận 4x6 được mô tả, sáng chế có thể áp dụng cho các ma trận khác.

Fig.1 cũng thể hiện đồ thị 101 nối sáu VN 110 (gắn nhãn $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$) cho bốn FN 120 (gắn nhãn y_1, y_2, y_3, y_4). Hình vẽ đồ thị được sử dụng để ánh xạ quan hệ giữa sáu ký hiệu UE và bốn tài nguyên hoặc các âm. Mỗi một nhánh giữa một VN 110 và một FN 120 biểu thị vector bốn giá trị xác suất cho bốn giá trị khả thi (còn được gọi là các điểm chòm sao) cho VN 110 đó. Bốn giá trị khả thi biểu thị nhóm giá trị hoàn chỉnh mà từ đó một giá trị được gán ký hiệu cho UE tương ứng với VN 110 đó. Do vậy, vector của bốn xác suất ở nhánh đó giữa một VN 110 và một FN 120 biểu thị sự phân phối xác suất (của bốn giá trị khả thi) để đóng góp

một ký hiệu (tương ứng với VN 110 đó) cho một âm (tương ứng với FN 120 đó).

Các giá trị xác suất trong mỗi một nhánh có thể là các tỷ lệ hợp lý logarit (log-likelihood ratio -LLR) trong trường hợp các thứ tự điều biến thấp hơn, như BPSK (binary phase-shift keying-khóa dịch pha nhị phân). Trong trường hợp các phiên điều biến cao hơn, như QPSK (Quadrature phase-shift keying –khóa dịch pha cầu phương), các giá trị có thể là các giá trị độ tin cậy được chuẩn hóa cho mỗi một điểm chòm sao. Chẳng hạn, theo các mục trong ma trận trải rộng 100, FN y_1 là kết hợp của các VN dưới đây: $x_1 - x_2 + i x_5$. Một cách tương tự, $y_2 = x_1 - i x_3 - i x_6$, $y_3 = -x_2 + i x_4 + x_6$, và $y_4 = i x_1 - x_4 + x_5$. Bốn chữ ký dồn kênh hoặc tín hiệu tương ứng với bốn FN 120 được truyền kết hợp đến bộ tiếp nhận kết hợp cho sáu UE, trong đó bốn tín hiệu được tiếp nhận sau đó được xử lý bằng cách sử dụng MPA để thu thập sáu ký hiệu tương ứng cho sáu UE.

Fig.2 minh họa lược đồ MPA chuẩn 200 được sử dụng để dò LDS dựa trên BP để giải mã LDPC (Low Density Parity Check – Kiểm tra bit chẵn lẻ mật độ thấp). Lược đồ MPA 200 có thể được sử dụng ở bộ dò LDS tiếp nhận bốn âm trên Fig.1. Lược đồ MPA 200 triển khai thuật toán lặp để xác định các VN 210 cho sáu UE từ bốn FN 220. Ban đầu, vector chứa các xác suất tiên nghiệm (a priori probability- ap) được sử dụng cho mỗi một VN trong sáu VN 210 với bốn âm được tiếp nhận và ma trận trải rộng, S, để tính toán các FN 220. Sáu vector ban đầu cho sáu VN 210 được gán nhãn $ap_1, ap_2, ap_3, ap_4, ap_5, ap_6$.

Lược đồ MPA 200 cập nhật lặp lại các giá trị của các FN 220 theo các giá trị của các VN 210 (bắt đầu từ các giá trị tiên nghiệm ban đầu) và lần lượt sử dụng các giá trị được cập nhật của các FN 220 để cập nhật các giá trị của các VN 210. Việc cập nhật các vector hoặc các giá trị tới lui giữa các VN 210 và các FN 220 còn được gọi là truyền thông báo hoặc trao đổi giữa hai nhóm nút. Việc truyền thông tin tới lui này giữa các FN 220

và các VN 210 được lặp lại cho đến khi các giá trị của các VN 210 hội tụ về giải pháp. Sau đó, các giá trị xác suất hội tụ của các VN 210 được xử lý để xác định mỗi một ký hiệu cho sáu UE.

Trong ví dụ về điều biến QPSK, mỗi một nhánh trên Fig.2 giữa VN 210 và FN 220 biểu thị vector các xác suất có kích thước bằng 4. Lấy $V(n)$ làm vector cho nhóm VN được nối với FN n , và $Z(k)$ là nhóm FN được nối với VN k . Do vậy, thông tin được truyền từ FN n đến VN $k \in V(n)$ là vector có kích thước bằng 4 có thể được biểu thị như là

$$\mathbf{l}_{c_n \rightarrow u_k}(i) = \sum_{\substack{\mathbf{x}^{[n]} \\ x_k = e^{j\frac{\pi}{4}(2i-1)}}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} \|\mathbf{y}_n - \mathbf{h}^{[n]T} \mathbf{x}^{[n]}\|^2\right) \prod_{m \in V(n) \setminus k} \mathbf{l}_{u_m \rightarrow c_n}(x_m), \quad i=1,2,3,4, \text{ và thông}$$

tin được truyền từ VN k đến FN $n \in Z(k)$ là vector có kích thước bằng 4 mà có thể được biểu thị như là

$$\mathbf{l}_{u_k \rightarrow c_n}(i) = \text{normalize} \left(ap_k(i) \prod_{m \in Z(k) \setminus n} \mathbf{l}_{c_m \rightarrow u_k}(i) \right), \quad i=1,2,3,4. \text{ Trạng thái ban đầu có}$$

$$\text{thể là } \mathbf{l}_{u_k \rightarrow c_n}^{(init)} = \left(\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4} \right).$$

Bảng 1 thể hiện ký pháp được sử dụng trong các phương trình và các quan hệ toán học dưới đây.

Bảng 1: Ký pháp.

J: số VN = số lớp
N: số FN = hệ số trải rộng
M: kích thước chòm sao
d_v: số nhánh được nối với VN
d_f: số nhánh được nối với FN $Nd_f = Jd_v$
Không đánh mất tín tổng quát, ngữ cảnh đối xứng trong đó tất cả các nút có số nhánh được nối giống nhau được xem xét
n_{block}: Số khối trải rộng
R: tốc độ mã FEC

MPA nêu trên được mô tả bởi Hoshyar, và các cộng sự, trong “Novel Low-Density Signature for Synchronous CDMA Systems Over AWGN Channel,” IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 56, No. 4, April 2008 , và bởi Hoshyar, và các cộng sự, trong “Efficient Multiple Access Technique,” IEEE 71st VTC 2010, pp. 1-5, cả hai đều được đưa vào đây dưới dạng viện dẫn. MPA được phân tích ở đây để xác định số lượng tính toán giảm cần thiết hoặc cần để duy trì hiệu năng tối ưu của MPA. Phép phân tích thể hiện rằng độ phức tạp của MPA có thể được giảm bằng cách giảm số lượng cần thiết hoặc các phép tính cần mà không hi sinh hoặc giảm hiệu năng đáng kể. Chẳng hạn, độ phức tạp của MPA được giảm bằng cách giảm số phép nhân. Việc giảm số phép nhân cũng có thể giảm số lượng các phép tổng trong MPA, trong khi bỏ qua một số số hạng nhân cũng có thể loại bỏ các số hạng tổng liên quan.

Liên quan đến độ phức tạp của các phép tính cho các VN, các phép nhân trong MPA được thực hiện trên lần lặp MPA và trên khối trải rộng (hoặc nhánh) như là

$$I_{u_k \rightarrow c_n}(i) = ap_k(i) \underbrace{\prod_{m \in Z(k) \setminus n} I_{c_m \rightarrow u_k}(i)}_{(d_v - 2)}, \quad i = 1, \dots, M, \quad n = 1, \dots, N, \quad k = 1, \dots, d_f. \quad \text{Số phép}$$

nhân trên lần lặp trên khối trải rộng được tìm thấy bằng

$$\text{Num of Mul} = JM \quad d_v (d_v - 1), \quad \text{và do vậy số lượng phép nhân cho toàn}$$

$$\begin{array}{c} 1442443 \\ \text{update a branch} \\ 1444424443 \\ \text{update all branches of a node} \\ 14444442444443 \\ \text{for all constellation points} \\ 14444444244444443 \\ \text{update all variable nodes} \end{array}$$

bộ lần lặp bằng $T_{var,tot} = \sum_{f=1}^{n_{block}} iter_{MPA}(f) MJ d_v (d_v - 1)$, trong đó $iter_{MPA}(f)$ ký hiệu số lượng lần lặp trong khối trải rộng f .

Liên quan đến độ phức tạp của các phép tính cho các FN, các phép nhân trong MPA được thực hiện trên lần lặp MPA và trên khối trải rộng như là

$$l_{c_n \rightarrow u_k}(i) = \sum_{\substack{\mathbf{x}^{[n]} \\ \mathbf{x}_k = C_i \\ M^{d_f-1} \text{ combinations}}} \exp\left(-\frac{1}{N_0} \|y_n - \mathbf{h}^{[n]T} \mathbf{x}^{[n]}\|^2\right) \prod_{\substack{m \in \mathcal{V}(n) \setminus k \\ (d_f-2) \text{ per combination} \\ \text{independent of } i}} l_{u_m \rightarrow c_n}(x_m), \quad \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, M, \\ n = 1, \dots, N, \quad k = 1, \dots, d_f. \end{matrix}$$

Số phép nhân trên lần lặp trên khối trải rộng được thấy bằng

$$\text{Num of Mul} = Nd_f (M^{d_f-1} (d_f - 2) + (M - 1) M^{d_f-1}) = Nd_f M^{d_f-1} (d_f - 3 + M),$$

và do vậy số phép nhân trên tổng số lần lặp bằng

$$T_{func,tot} = \sum_{f=1}^{n_{block}} iter_{MPA}(f) Nd_f M^{d_f-1} (d_f - 3 + M).$$

Toàn bộ độ phức tạp của MPA liên quan đến tổng số phép nhân có thể được biểu thị dưới dạng $T_{MPA} = T_{var,tot} + T_{func,tot}$ (cho cả FN lẫn VN). Ngoài ra, số lượng phép tính cho tổng số lần lặp của bộ giải mã turbo mà có thể được sử dụng trong bộ tiếp nhận LDS bằng

$$T_{Turbo} = \sum_{j=1}^J iter_{turbo}(j) \log_2(M) R 2^{M+2} n_{Tone}, \text{ trong đó } iter_{turbo}(j) \text{ ký hiệu số lượng bộ}$$

giải mã turbo lần lặp cần để giải mã dữ liệu của người dùng j . Ngoài ra, bộ tính xác suất của MPA turbo, vốn có thể được sử dụng trong bộ tiếp nhận LDS để cải thiện hiệu năng như được mô tả theo phương án thực hiện dưới đây, bằng $T_{ap} = n_{block} MJ (\log_2(M) - 1)$. Do vậy, toàn bộ độ phức tạp trong bộ tiếp nhận LDS bằng cách sử dụng các thuật toán nêu trên và các lược đồ turbo bằng $T_{tot} = iter_{out} (T_{MPA} + T_{turbo} + T_{ap})$, trong đó $iter_{out}$ ký hiệu số lượng lần lặp vòng ngoài.

Để giảm độ phức tạp của các phép tính cho FN, một vài số hạng nhân trong các mối quan hệ toán học nêu trên có thể bị bỏ qua, như các số hạng số mũ (chẳng hạn, các hàm $\exp(\cdot)$) vốn được xem là tương đối nhỏ to các số hạng khác, và các số hạng trong đó xác suất tới của nhánh được xem là tương đối nhỏ so với các số hạng khác. Các số hạng có thể được xác định tương đối nhỏ khi các giá trị của các số hạng này nhỏ hơn ngưỡng cho trước hoặc theo tỷ số so với các số hạng khác. Tổng số tổ hợp hiệu quả

thu được cho nhánh của FN bằng $T_n(k) \leq M^{d_f-1}$, và số phép nhân với độ phức tạp giảm bằng $T_{func,tot} = \sum_{v=1}^{n_{block}} iter_{MPA}(v) \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^{d_f} T_n(k)(d_f - 2) + (M - 1)T_n(k)$. Do vậy, mục đích là để giảm số hạng $T_n(k)$. Các số hạng số mũ cũng có thể được tính toán một lần ở một lần lặp (chẳng hạn, lần lặp ban đầu) và các giá trị thu được sau đó có thể được dùng lại trên các lần lặp MPA.

Để giảm độ phức tạp của các phép tính cho VN, một vài số hạng nhân trong các mối quan hệ toán học nêu trên có thể bị bỏ qua, như các số hạng số mũ được xem là tương đối nhỏ và các số hạng trong đó xác suất tới của nhánh được xem là tương đối nhỏ, chẳng hạn, nhỏ hơn ngưỡng cho trước hoặc so với các số hạng khác. Tổng số phép nhân thu được trên VN j bằng số phép nhân với độ phức tạp giảm bằng $T_{var,tot} = \sum_{f=1}^{n_{block}} iter_{MPA}(f) \sum_{j=1}^J MV_j$.

Ngoài ra, số hạng $iter_{MPA}(f)$ trên đây được giảm trong MPA bằng cách sử dụng việc kết thúc sớm quá trình lặp. Các lần lặp MPA có thể được kết thúc sớm khi các xác suất hội tụ đủ bằng cách thiết lập tham số hội tụ. Bộ chỉ báo kết thúc sớm có thể là biện pháp hội tụ được xác định trên xác suất của các điểm chòm sao ở mỗi một VN. Chẳng hạn, khi chuẩn của sự khác biệt giữa các xác suất được cập nhật và các giá trị trước đó nhỏ hơn ngưỡng định trước, các lần lặp MPA được kết thúc. Như được mô tả trên đây, giảm độ phức tạp MPA đạt được bằng cách giảm độ phức tạp của các phép tính cho các FN và cho các VN bằng cách loại bỏ một số số hạng tính toán như được mô tả trên đây, và bằng cách sử dụng việc kết thúc sớm MPA dựa trên tham số hội tụ.

Fig.3 thể hiện bộ tiếp nhận LDS 300 triển khai quyết định vòng ngoài với bộ giải mã turbo và với việc kết thúc sớm vòng ngoài dò LDS theo phương án thực hiện sáng chế. Bộ tiếp nhận LDS 300 bao gồm bộ dò MPA 310 được tạo cấu hình để triển khai độ phức tạp giảm MPA như được mô tả trên đây (bằng cách bỏ qua các số hạng số mũ và các số hạng

trong đó xác suất tới của nhánh được xem là tương đối nhỏ, và bằng cách kết thúc sớm MPA nội bộ theo tham số hội tụ). MPA độ phức tạp thấp hoặc được giảm đạt được bằng cách giảm số phép tính toán cho cả FN lẫn VN (bằng cách bỏ qua các số hạng số mũ tương đối nhỏ và các số hạng trong đó xác suất tới của nhánh tương đối nhỏ) và bằng cách kết thúc sớm quá trình lặp MPA (theo tham số hội tụ).

Ngoài ra, vòng ngoài của bộ dò MPA turbo 310 được kết thúc sớm dựa trên bộ chỉ báo kết thúc sớm vòng ngoài, chẳng hạn, khi các xác suất được cập nhật hội tụ theo ngưỡng ở các đầu ra FEC. Bộ tiếp nhận LDS 300 còn bao gồm một hoặc nhiều bộ giải mã FEC SISO 320 được ghép nối với đầu ra của bộ dò MPA 310. Mỗi một bộ giải mã SISO 320 có thể được sử dụng cho UE tương ứng. Các bộ giải mã SISO 320 tiếp nhận các LLR hoặc các giá trị xác suất từ MPA và xử lý các giá trị được tiếp nhận để cấp các LLR được tính toán hoặc các giá trị xác suất cho khối quyết định cứng 330 cho mỗi một UE đích. Bộ tiếp nhận LDS 300 còn bao gồm vòng ngoài cho turbo-MPA 325 được tạo cấu hình để xác định thông tin tiên nghiệm được cập nhật để dò LDS (đối với bộ dò MPA 310) dựa trên đầu ra của các bộ giải mã SISO 320.

Vòng ngoài cho turbo-MPA 325 tiếp nhận các xác suất (chẳng hạn, các LLR) ở đầu ra của bộ dò MPA 310 và ở đầu ra của các bộ giải mã SISO và tính toán sự khác biệt giữa các LLR để có thông tin ngoại lai. Thông tin ngoại lai của các bit được sử dụng để cập nhật thông tin tiên nghiệm về các điểm chòm sao của từng VN (hoặc UE). Tiêu chí hội tụ vòng ngoài có thể được xác định để kết thúc sớm các lần lặp vòng ngoài. Sau khi kết thúc vòng ngoài, đầu ra của các bộ giải mã SISO 320 được gửi tới các khối quyết định cứng 330 để xử lý thêm. Các khối quyết định 330 cho các UE đích xử lý các xác suất tương ứng để xác định các bit tương ứng cho các UE đích. Bằng cách sử dụng vòng ngoài cho turbo-MPA 325, MPA để dò LDS có thể được kết thúc khi việc kết thúc sớm

vòng ngoài được thỏa mãn hoặc số lần lặp tối đa cho trước đạt đến. Vòng ngoài cải thiện hiệu năng so với MPA không có cấu trúc vòng ngoài.

Vòng ngoài bổ sung cho thành phần turbo-MPA 325 có thể tăng chi phí cho bộ tiếp nhận LDS 300, mà còn cải thiện hiệu năng của MPA để dò điều biến LDS (chẳng hạn, liên quan đến tốc độ). Việc cải thiện hiệu năng có thể tăng chi phí phụ trội và do vậy có thể điều chỉnh được cho toàn bộ độ phức tạp của việc dò LDS và của cải thiện hiệu năng. Bằng cách sử dụng vòng ngoài bổ sung cho turbo-MPA 325 trong bộ tiếp nhận LDS độ phức tạp thấp 300 là tùy chọn. Chẳng hạn, theo các phương án thực hiện khác, bộ dò MPA 310 triển khai độ phức tạp thấp MPA với các phép tính độ phức tạp giảm cho các FN và các VN và với việc kết thúc sớm cho lần lặp MPA mà không sử dụng vòng ngoài bổ sung cho turbo-MPA 325, chẳng hạn, không tính toán thêm thông tin ngoại lai và các xác suất tiên nghiệm và việc kết thúc sớm vòng ngoài dựa trên đầu ra của các bộ giải mã.

Fig.4 thể hiện MPA độ phức tạp thấp có thể được triển khai ở bộ tiếp nhận LDS độ phức tạp thấp, chẳng hạn ở bộ tiếp nhận LDS 300 theo phương án thực hiện. Ở bước 410, các kênh ghép kênh hoặc các chữ ký cho các UE được tiếp nhận. Chẳng hạn bốn tín hiệu được tiếp nhận mà ghép kênh sáu ký hiệu cho sáu UE tương ứng. Ở bước 420, các FN được tính toán bằng cách sử dụng các phép tính MPA mà ánh xạ các VN đến các FN loại trừ các số hạng nhân và cộng liên quan tương đối nhỏ, và bằng cách sử dụng các chữ ký ghép kênh nhận được và vector ban đầu của các ap cho mỗi một VN tương ứng với các UE. Ma trận trải rộng liên quan các tín hiệu ghép kênh với các ký hiệu UE cũng được sử dụng trong MPA để tính toán các FN. Các số hạng phép tổng liên quan và phép nhân được bỏ qua gồm các số hạng số mũ tương đối nhỏ và/hoặc các số hạng trong đó xác suất tới của nhánh tương đối nhỏ. Các nhánh giữa các FN và các VN được xác định bởi ma trận trải rộng. Kích thước của các số hạng

tương đối nhỏ có thể được xác định dựa trên ngưỡng định trước hoặc tỷ số nhỏ nhất so với các phép tính khác hoặc số hạng nhân của MPA (chẳng hạn, nhỏ hơn 5% kích thước của các số hạng khác).

Ở bước 430, các xác suất cho các VN được cập nhật bằng cách sử dụng các phép tính MPA mà ánh xạ các FN đến các VN loại trừ các số hạng tổng liên quan và nhân tương đối nhỏ và bằng cách sử dụng các FN tính toán cuối cùng. Ma trận trải rộng mà liên quan các tín hiệu ghép kênh với các ký hiệu UE cũng được sử dụng trong MPA để tính toán các VN. Các số hạng phép tổng liên quan và phép nhân bỏ qua gồm tương đối nhỏ các số hạng số mũ và/hoặc các số hạng trong đó xác suất tới của nhánh tương đối nhỏ. Kích thước của các số hạng tương đối nhỏ có thể được xác định dựa trên ngưỡng định trước hoặc tỷ số nhỏ nhất so với phép tính khác hoặc số hạng nhân của MPA (chẳng hạn, nhỏ hơn 5% kích thước của các số hạng khác).

Ở bước 440, phương pháp 400 xác định xem liệu có kết thúc MPA hay không. Các lần lặp MPA có thể được kết thúc khi các xác suất được cập nhật hội tụ trong sự chênh lệch ngưỡng định trước hoặc khi số lượng MPA lần lặp đạt số lần lặp MPA tối đa định trước. Nếu các xác suất được cập nhật hội tụ (chẳng hạn, các khác biệt giữa các xác suất được cập nhật và các giá trị xác suất trước đó tương ứng nhỏ hơn ngưỡng) hoặc số lần lặp MPA tối đa đạt đến, sau đó phương pháp 400 chuyển sang bước 450. Mặt khác, phương pháp 400 trở về triển khai bước 420 và sau đó bước 430 ở lần lặp mới (chẳng hạn, ở bộ dò MPA 310). Theo phương án thực hiện khác, các số hạng số mũ có thể được tính toán và được xem xét trong các phép tính cho các FN và các VN (ở các bước 420 và 430) ở lần lặp thứ nhất hoặc ban đầu của MPA, và các giá trị tương tự có thể được sử dụng trong lần lặp tiếp theo mà không tính toán lại các số hạng giống nhau.

Ở bước 450, các xác suất được hội tụ (chẳng hạn, các LLR) được giải mã ở một hoặc nhiều bộ giải mã (chẳng hạn, các bộ giải mã SISO 320). Mỗi một vector các xác suất cho VN tương ứng với một trong các UE có thể được gửi tới bộ giải mã tương ứng. Ở bước 460, phương pháp 400 xác định (chẳng hạn, ở vòng ngoài cho turbo-MPA 325) xem liệu có kết thúc vòng ngoài hay không. Vòng ngoài có thể được kết thúc khi sự khác biệt giữa các xác suất được giải mã (chẳng hạn, từ các bộ giải mã 320) và các xác suất được hội tụ sử dụng MPA (chẳng hạn, từ bộ dò MPA 310) nằm trong ngưỡng chênh lệch định trước hoặc khi số lượng các lần lặp vòng ngoài đạt đến số lần lặp vòng ngoài tối đa định trước. Nếu sự khác biệt giữa các xác suất được giải mã và các xác suất được cập nhật cuối cùng sử dụng MPA hội tụ hoặc số lần lặp vòng ngoài tối đa đạt đến, thì phương pháp 400 chuyển sang bước 470. Mặt khác, phương pháp 400 chuyển sang bước 465, trong đó thông tin tiên nghiệm của các điểm chòm sao của mỗi một VN được cập nhật dựa trên thông tin ngoại lai lấy từ các bộ giải mã (chẳng hạn, SISO bộ giải mã). Sau đó, phương pháp 400 trở về bước 420 để bắt đầu lại việc dò MPA (chẳng hạn, thông qua vòng ngoài từ các bộ giải mã đến bộ dò MPA). Ở bước 470, các xác suất được giải mã hội tụ được xử lý ở một hoặc nhiều khối quyết định (chẳng hạn, khối quyết định 330) để dò hoặc ước lượng các ký hiệu cho các UE. Mỗi một vector các xác suất cho VN tương ứng với một trong các UE có thể được gửi tới khối quyết định tương ứng.

Các phép mô phỏng được thực hiện để kiểm tra các độ khuếch đại từ việc thuật toán MPS độ phức tạp trên đây, chẳng hạn như được mô tả trong phương pháp 400 hoặc bộ tiếp nhận LDS 300. Bảng 2 thể hiện một số tham số mô phỏng và chi tiết được xem xét.

Bảng 2: Các chi tiết mô phỏng và chi tiết

Tham số	Giá trị
Gán tài nguyên	4 RB để LDS-OFDM được cục bộ hóa
Hệ số trải rộng cho LDS-OFDM	4
Chuỗi trải rộng	$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & -1 & 0 & i & 0 \\ 1 & 0 & i & 0 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 0 & i & 0 & 1 \\ i & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$
Hệ số quá tải	1,5 (6 UE)
Giải mã	Turbo-MPA với tối đa ba (hoặc 7) lần lặp vòng ngoài (có hoặc không kết thúc sớm), lần lặp MPA tối đa 25 (hoặc 15) có hoặc không kết thúc sớm
Ước lượng kênh	Hoàn hảo
Cấu hình Anten	SISO hoặc SIMO (1×2)
Điều biến & Mã hóa	QPSK với tỷ lệ ½
Phân phối công suất (UL)	Đồng đều
Mô hình kênh	PB với tốc độ 3 km/h

Hai tham số ngưỡng được sử dụng để điều khiển và giảm độ phức tạp của thuật toán MPA. Tham số thứ nhất, P_{th} , là ngưỡng trên các xác suất tối theo đó phép nhân được bỏ qua (cho cả các FN lẫn các VN). Tham số thứ hai, N_{th} , là ngưỡng theo số hạng chuẩn $\|y_n - \mathbf{h}^{[n]T} \mathbf{x}^{[n]}\|^2$ trên đây mà phép nhân của số hạng mũ (chẳng hạn, hàm $\exp()$) được bỏ qua. N_{th} có thể được xác định sao cho số hạng $\exp(.)$ trở thành P_{th} tương tự đối với N_{th} . Điều này khiến việc tối ưu hóa đơn giản hơn (tối ưu hóa một chiều). Trong trường hợp này, N_{th} có thể được tính toán dưới dạng $N_{th} = \ln(P_{th}^{-1})N_0$.

Fig.5 thể hiện hiệu quả của P_{th} trên độ phức tạp của thuật toán MPA. Đồ thị 500 gồm các điểm đồ thị hoặc đường cong cho độ phức tạp trung

binh (như là số phép nhân) trên lần lặp MPA với SNR bằng decibel (dB) cho bốn giá trị P_{th} khác nhau, trong đó $P_{th} = 0$ tương ứng với trường hợp MPA chuẩn không có giảm độ phức tạp. Đồ thị 500 thể hiện việc giảm độ phức tạp cao hơn cho các giá trị SNR cao hơn khi các tín hiệu được tiếp nhận gần hơn các điểm được truyền thực sự và do vậy số lượng lớn hơn các số hạng $\exp(\cdot)$ và các số hạng xác suất có thể được loại bỏ trên các lần lặp MPA. Fig.6 thể hiện hiệu năng của thuật toán MPA cho các giá trị P_{th} khác nhau. Đồ thị 600 gồm các điểm đồ thị hoặc đường cong cho BLER (block error rate-tỷ lệ lỗi khối) với SNR cho hai giá trị P_{th} và trường hợp thuật toán MPA chuẩn mà không giảm độ phức tạp (chẳng hạn, không bỏ qua tính toán hoặc số hạng nhân). Đồ thị 600 thể hiện rằng $P_{th} \sim 1e-4$ giảm đáng kể độ phức tạp trong khi việc giảm hiệu năng BLER có thể bỏ qua.

Fig.7 thể hiện hiệu quả của việc kết thúc sớm MPA trên độ phức tạp của thuật toán. Đồ thị 700 gồm các điểm đồ thị hoặc đường cong cho độ phức tạp (dưới dạng số phép nhân) với SNR cho ba giá trị P_{th} khác nhau, gồm $P_{th} = 0$. Đồ thị 700 thể hiện rằng việc kết thúc sớm là khá hiệu quả trong vùng SNR thấp trong đó việc lặp MPA thêm là không hữu ích. Việc kết hợp các ngưỡng xác suất (để loại trừ các số hạng tính toán) và việc kết thúc sớm MPA có thể cải thiện độ phức tạp của MPA trên toàn bộ vùng SNR.

Fig.8 thể hiện toàn bộ độ phức tạp của bộ tiếp nhận LDS ở các giá trị SNR biến đổi. Đồ thị 800 gồm các điểm đồ thị hoặc đường cong cho độ phức tạp (dưới dạng số phép nhân) với SNR đối với các sự kết hợp khác nhau của các giá trị P_{th} (gồm $P_{th} = 0$) và các kỹ thuật giảm độ phức tạp. Đồ thị 800 thể hiện toàn bộ độ phức tạp gồm hiệu quả của các tổ hợp khác nhau của ngưỡng xác suất/mũ (được sử dụng để loại bỏ các số hạng tính toán), việc kết thúc sớm MPA, và việc kết thúc sớm vòng ngoài với

SNR. Toàn bộ độ phức tạp được quan sát để giảm thêm cho SNR cao khi tất cả ba kỹ thuật được kết hợp

Fig.9 thể hiện phần trăm của toàn bộ việc giảm độ phức tạp bách sử dụng tất cả ba kỹ thuật giảm độ phức tạp. Đồ thị 900 gồm các điểm đồ thị hoặc đường cong cho toàn bộ tiết kiệm độ phức tạp (dưới dạng phần trăm) với SNR. Đường cong thu được từ tỷ số của đường cong cho $P_{th} = 1e-4$ với cả ba kỹ thuật trên Fig.8 và đường cong cho $P_{th} = 0$ đối với MPA chuẩn mà không giảm độ phức tạp.

Fig.10 thể hiện độ khuếch đại vòng ngoài, chẳng hạn, bằng cách sử dụng vòng ngoài cho turbo-MPA 325 trong bộ tiếp nhận LDS 300. Đồ thị 1000 gồm các điểm đồ thị hoặc đường cong cho BLER với SNR cho số lượng UE ghép kênh khác nhau có hoặc không có các lần lặp vòng ngoài. Có ba trường hợp (đối với 6 trong 6, 4 trong 6, và 2 trong 6 UE hoạt động) được xem xét không có vòng ngoài, và ba trường hợp bổ sung (đối với 6 trong 6, 4 trong 6, và 2 trong 6 UE hoạt động) được xem xét cho bộ tiếp nhận với bảy lần lặp vòng ngoài. Các kết quả thể hiện rằng vòng ngoài tạo độ khuếch đại đáng kể khi nhiều UE hơn giao thoa trên đỉnh nhau. Độ khuếch đại biến mất khi số lượng UE được lập lịch giảm.

Fig.11 là sơ đồ khối của hệ thống xử lý 1100 mà có thể được sử dụng để triển khai các phương án thực hiện khác nhau. Các thiết bị cụ thể có thể sử dụng tất cả các thành phần được thể hiện, hoặc chỉ nhóm nhỏ các thành phần này, và mức độ tích hợp có thể thay đổi giữa các thiết bị. Ngoài ra, thiết bị có thể chứa nhiều thực thể của thành phần, như nhiều khối xử lý, nhiều bộ xử lý, các bộ nhớ, các bộ truyền, các bộ tiếp nhận, v.v.. Hệ thống xử lý 1100 có thể gồm khối xử lý 1101 có một hoặc nhiều thiết bị ra/vào, như loa, micrô, chuột, màn hình cảm ứng, vùng phím nhỏ, bàn phím, máy in, phần hiển thị, và tương tự. Khối xử lý 1101 có thể gồm CPU (central processing unit-khối xử lý trung tâm) 1110, bộ nhớ 1120, thiết bị lưu trữ khối 1130, bộ điều hợp video 1140, và giao diện I/O 1160

được nối với đường truyền. Đường truyền có thể là một hoặc nhiều loại bất kỳ trong một số kiến trúc đường truyền gồm đường truyền bộ nhớ hoặc bộ điều khiển bộ nhớ, đường truyền ngoại vi, đường truyền video, hoặc tương tự.

CPU 1110 có thể gồm loại bộ xử lý dữ liệu điện tử bất kỳ. Bộ nhớ 1120 có thể gồm loại bộ nhớ hệ thống bất kỳ như SRAM (static random access memory- bộ nhớ truy nhập ngẫu nhiên tĩnh), DRAM (dynamic random access memory- bộ nhớ truy nhập ngẫu nhiên động), SDRAM (synchronous DRAM- DRAM đồng bộ), ROM (read-only memory- bộ nhớ chỉ đọc), kết hợp của nó, hoặc tương tự. Theo phương án thực hiện, bộ nhớ 1120 có thể gồm ROM để sử dụng lúc khởi động, và DRAM cho chương trình và lưu trữ dữ liệu để sử dụng khi thực thi chương trình. Theo các phương án thực hiện, bộ nhớ 1120 là bất biến. Thiết bị lưu trữ khối 1130 có thể gồm loại thiết bị lưu trữ bất kỳ được tạo cấu hình để lưu trữ dữ liệu, chương trình, và thông tin khác và để khi cần dữ liệu, chương trình, và thông tin khác truy nhập được qua đường truyền. Thiết bị lưu trữ khối 1130 có thể gồm, chẳng hạn, một hoặc nhiều ổ trạng thái rắn, ổ đĩa cứng, ổ đĩa từ, ổ đĩa quang, hoặc thiết bị tương tự.

Bộ điều hợp video 1140 và giao diện I/O 1160 tạo giao diện để ghép nối thiết bị nhập xuất bên ngoài với khối xử lý. Như được minh họa trên hình vẽ, các ví dụ về thiết bị nhập và xuất bên ngoài gồm phần hiển thị 1190 được ghép nối với bộ điều hợp video 1140 và tổ hợp bất kỳ của chuột/bàn phím/máy in 1170 được ghép nối với giao diện I/O 1160. Các thiết bị khác có thể được ghép nối với khối xử lý 1101, và các tấm mạch giao diện bổ sung có thể được sử dụng. Chẳng hạn, tấm mạch giao diện nối tiếp (không được thể hiện trên hình vẽ) có thể được sử dụng để tạo giao diện nối tiếp cho máy in.

Khối xử lý 1101 cũng gồm một hoặc nhiều giao diện mạng 1150, vốn có thể gồm các liên kết có dây, như cáp Ethernet hoặc tương tự, và/hoặc

các liên kết không dây để truy nhập các nút hoặc một hoặc nhiều mạng 1180. Giao diện mạng 1150 cho phép khối xử lý 1101 truyền thông với các khối từ xa qua các mạng 1180. Chẳng hạn, giao diện mạng 1150 có thể truyền thông không dây qua một hoặc nhiều bộ truyền/anten truyền và một hoặc nhiều bộ nhận/anten nhận. Theo phương án thực hiện, khối xử lý 1101 được ghép nối với mạng cục bộ hoặc mạng diện rộng để xử lý dữ liệu và truyền thông với các thiết bị từ xa, như các khối xử lý khác, mạng Internet, các phương tiện lưu trữ từ xa, hoặc thiết bị tương tự.

Trong khi sáng chế được mô tả có dựa vào các phương án thực hiện minh họa, phần mô tả này không được nhằm hiểu theo nghĩa giới hạn. Các cải biến và kết hợp khác nhau theo các phương án thực hiện minh họa, cũng như các phương án thực hiện khác của sáng chế, sẽ trở nên rõ ràng với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực khi viện dẫn phần mô tả này. Do vậy được nhằm tới việc các điểm yêu cầu bảo hộ đi kèm bao gồm các cải biến hoặc các phương án thực hiện bất kỳ.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp dò các phiên truyền LDS (low density signature – chữ ký mật độ thấp), phương pháp bao gồm các bước:

nhận, ở bộ nhận của thành phần mạng, các tín hiệu ghép kênh dựa trên các FN (function node – nút chức năng);

tính toán, ở bộ dò của thành phần mạng, các giá trị thứ nhất tương ứng với các tài nguyên OFDM (orthogonal frequency division multiplexing – ghép kênh phân chia tần số trực giao) ở các FN bằng cách sử dụng các phép tính MPA (message passing algorithm – thuật toán truyền thông điệp) thứ nhất trên các VN (variable node – nút biến thiên) tương ứng với các ký hiệu của các UE (user equipment – thiết bị người dùng) và các FN, và sử dụng thông tin tiên nghiệm trong vector xác suất ban đầu cho mỗi VN trong các VN;

loại trừ, từ các phép tính MPA thứ nhất, các số hạng nhân tương đối nhỏ thứ nhất, trong đó các số hạng nhân tương đối nhỏ thứ nhất gồm các số hạng số mũ nhỏ thứ nhất và các số hạng thứ nhất với các xác suất nhỏ;

cập nhật các xác suất cho các VN bằng cách sử dụng các giá trị thứ nhất được tính toán ở các FN mà không có các số hạng nhân tương đối nhỏ thứ nhất bị loại trừ; và

lặp lại các phép tính để cập nhật các FN bằng cách sử dụng các phép tính MPA thứ hai, loại trừ các số hạng nhân tương đối nhỏ thứ hai và cập nhật các xác suất thứ hai cho các VN, trong đó các số hạng nhân tương đối nhỏ thứ hai gồm các số hạng số mũ nhỏ thứ hai và các số hạng thứ hai với các xác suất nhỏ.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó các số hạng nhân tương đối nhỏ thứ nhất và các số hạng nhân tương đối nhỏ thứ hai gồm các số hạng trong đó xác suất đến của nhánh tương đối nhỏ.

3. Phương pháp theo điểm 1, còn bao gồm loại trừ từ các phép tính MPA thứ nhất và các phép tính MPA thứ hai các số hạng tổng tương đối nhỏ liên quan đến các số hạng nhân tương đối nhỏ thứ nhất và các số hạng nhân tương đối nhỏ thứ hai.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó các xác suất là các LLR (log-likelihood ratio – tỷ lệ hợp lý logarit) cho các phiên truyền điều biến BPSK (binary phase-shift keying - khóa dịch pha nhị phân).

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó các xác suất là các giá trị độ tin cậy chuẩn hóa cho các điểm chòm sao cho mỗi VN trong các VN.

6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp còn bao gồm các bước:

dò thấy hội tụ các xác suất;

giải mã các xác suất hội tụ để thu thập thông tin ngoại lai cho các VN;

cho đến khi hiệu số giữa các xác suất hội tụ và các xác suất hội tụ được giải mã đạt ngưỡng định trước thứ hai hoặc số lần lặp vòng ngoài lớn nhất định trước được đạt đến, cập nhật thông tin tiên nghiệm của điểm chòm sao của mỗi VN trong các VN dựa trên thông tin ngoại lai; và

lặp lại cập nhật các xác suất cho các VN cho một hoặc nhiều vòng lặp bổ sung bằng cách sử dụng thông tin tiên nghiệm được cập nhật trong vectơ xác suất ban đầu cho mỗi VN trong các VN.

7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó phương pháp còn bao gồm bước, khi sự khác biệt hội tụ trong ngưỡng định trước thứ hai, xử lý các xác suất hội tụ được giải mã cho các VN để thu được các ký hiệu cho các UE.

8. Thành phần mạng để dò thấy các phiên truyền LDS, thành phần mạng bao gồm:

bộ xử lý; và

vật lưu trữ máy tính đọc được lưu trữ chương trình để thực thi bởi bộ xử lý, chương trình gồm các lệnh để:

nhận các tín hiệu ghép kênh dựa trên các FN;

tính toán các giá trị thứ nhất tương ứng với các tài nguyên OFDM ở các FN bằng cách sử dụng các phép tính MPA thứ nhất trên các VN tương ứng với các ký hiệu của các UE và các FN, và sử dụng thông tin tiên nghiệm trong vector xác suất ban đầu cho mỗi VN trong các VN;

loại trừ khỏi các phép tính MPA thứ nhất các số hạng nhân tương đối nhỏ thứ nhất, trong đó các số hạng nhân tương đối nhỏ thứ nhất gồm các số hạng số mũ nhỏ thứ nhất và các số hạng thứ nhất với các xác suất nhỏ;

cập nhật các xác suất cho các VN bằng cách sử dụng các giá trị thứ nhất được tính toán ở các FN mà không có các số hạng nhân tương đối nhỏ thứ nhất bị loại trừ; và

lặp lại các phép tính để cập nhật các FN bằng cách sử dụng các phép tính MPA thứ hai, loại trừ các số hạng nhân tương đối nhỏ thứ hai và cập nhật các xác suất thứ hai cho các VN, trong đó các số hạng nhân tương đối nhỏ thứ hai gồm các số hạng số mũ nhỏ thứ hai và các số hạng thứ hai với các xác suất nhỏ.

9. Thành phần mạng theo điểm 8, trong đó các số hạng nhân tương đối nhỏ thứ nhất và các số hạng nhân tương đối nhỏ thứ hai gồm các số hạng trong đó xác suất đến của nhánh tương đối nhỏ.

10. Thành phần mạng theo điểm 8, trong đó chương trình còn gồm các lệnh để:

giải mã các xác suất được hội tụ cho các VN để có thông tin ngoại lai;

cho đến khi hiệu số giữa các xác suất hội tụ và các xác suất hội tụ được giải mã đạt ngưỡng định trước thứ hai hoặc số lần lặp vòng ngoài lớn nhất định trước được đạt, cập nhật thông tin tiên nghiệm của các điểm chòm sao của mỗi VN trong các VN dựa trên thông tin ngoại lai; và

lặp lại cập nhật các xác suất cho các VN cho một hoặc nhiều vòng lặp bổ sung bằng cách sử dụng thông tin tiên nghiệm được cập nhật trong vectơ xác suất ban đầu cho mỗi VN trong các VN.

11. Thành phần mạng theo điểm 10, trong đó chương trình còn gồm các lệnh để, khi sự khác biệt hội tụ trong ngưỡng định trước thứ hai, xử lý các xác suất hội tụ được giải mã cho các VN để có các ký hiệu tương ứng cho các UE.

12. Thành phần mạng để dò thấy các phiên truyền LDS, thành phần mạng bao gồm:

bộ nhận được tạo cấu hình để nhận các tín hiệu ghép kênh dựa trên các FN;

bộ dò thứ nhất được tạo cấu hình để tính toán thông tin tiên nghiệm trong vectơ của các xác suất cho mỗi VN trong các VN bằng cách sử dụng nhiều lần lặp các phép tính MPA trên các VN và các FN cho đến khi các xác suất hội tụ trong ngưỡng định trước hoặc số vòng lặp MPA lớn nhất định trước được đạt và để loại trừ các số hạng nhân tương đối nhỏ khỏi các phép tính MPA, trong đó các số hạng nhân tương đối nhỏ gồm các số hạng số mũ nhỏ thứ nhất và các số hạng thứ nhất với các xác suất nhỏ, trong đó các FN tương ứng với các tài nguyên OFDM và các VN tương ứng với các ký hiệu của các UE; và

ít nhất một bộ dò thứ hai cho các VN được ghép nối với bộ dò thứ nhất và được tạo cấu hình để giải mã các xác suất cho mỗi VN trong các VN và cập các xác suất được tính toán cho các VN.

13. Thành phần mạng theo điểm 12, trong đó các số hạng nhân tương đối nhỏ gồm các số hạng trong đó xác suất đến của nhánh tương đối nhỏ, và trong đó ngưỡng định trước là giá trị cố định định trước.

14. Thành phần mạng theo điểm 12, còn bao gồm một hoặc nhiều khối quyết định được ghép nối với ít nhất một bộ dò thứ hai và được tạo cấu hình, khi các xác suất được giải mã hội tụ, để cấp các ký hiệu tương ứng cho các UE bằng cách sử dụng các xác suất hội tụ được giải mã cho các VN.

15. Thành phần mạng theo điểm 14, trong đó mỗi bộ trong số ít nhất một bộ dò thứ hai giải mã các xác suất cho một trong các VN tương ứng với một trong các UE, và trong đó mỗi khối trong một hoặc nhiều khối quyết định cấp một trong các ký hiệu tương ứng cho một trong các UE.

16. Thành phần mạng theo điểm 12, trong đó số lượng tín hiệu ghép kênh nhỏ hơn số lượng ký hiệu tương ứng cho các UE, trong đó số lượng VN bằng số lượng các ký hiệu tương ứng, và trong đó số lượng FN bằng số lượng các tín hiệu ghép kênh.

17. Phương pháp theo điểm 1, trong đó thành phần còn bao gồm việc kết thúc sớm các phép tính MPA thứ hai nhờ đó tạo các FN được cập nhật cuối cùng, trong đó các phép tính MPA thứ hai được chấm dứt sớm khi tỷ lệ giữa các số hạng tương đối nhỏ cuối cùng và các kích thước của các số hạng khác nhỏ hơn 5% kích thước của các số hạng còn lại.

18. Thành phần mạng theo điểm 8, trong đó thành phần còn bao gồm việc kết thúc sớm các phép tính MPA thứ hai nhờ đó tạo các FN được cập nhật cuối cùng, trong đó các phép tính MPA thứ hai được chấm dứt sớm khi tỷ

lệ giữa các số hạng tương đối nhỏ cuối cùng và các kích thước của các số hạng khác nhỏ hơn 5% kích thước của các số hạng còn lại.

19. Thành phần mạng theo điểm 12, còn bao gồm vòng ngoài được ghép nối với ít nhất một bộ dò thứ hai và bộ dò thứ nhất, vòng ngoài được tạo cấu hình để nhận các xác suất được tính toán cho các VN từ ít nhất một bộ dò thứ hai và các xác suất cho mỗi VN trong các VN từ bộ dò thứ nhất và được tạo cấu hình để tính toán thông tin ngoại lai để gửi thông tin tiên nghiệm được cập nhật của các điểm chòm sao của mỗi VN trong các VN đến bộ dò thứ nhất.

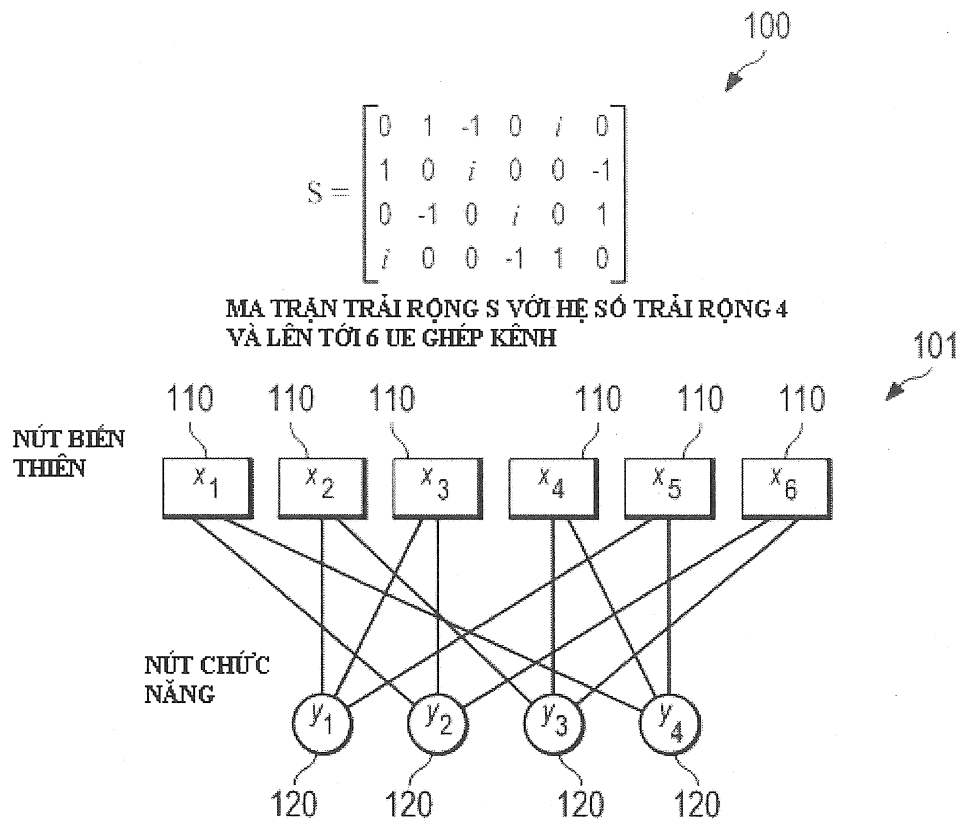
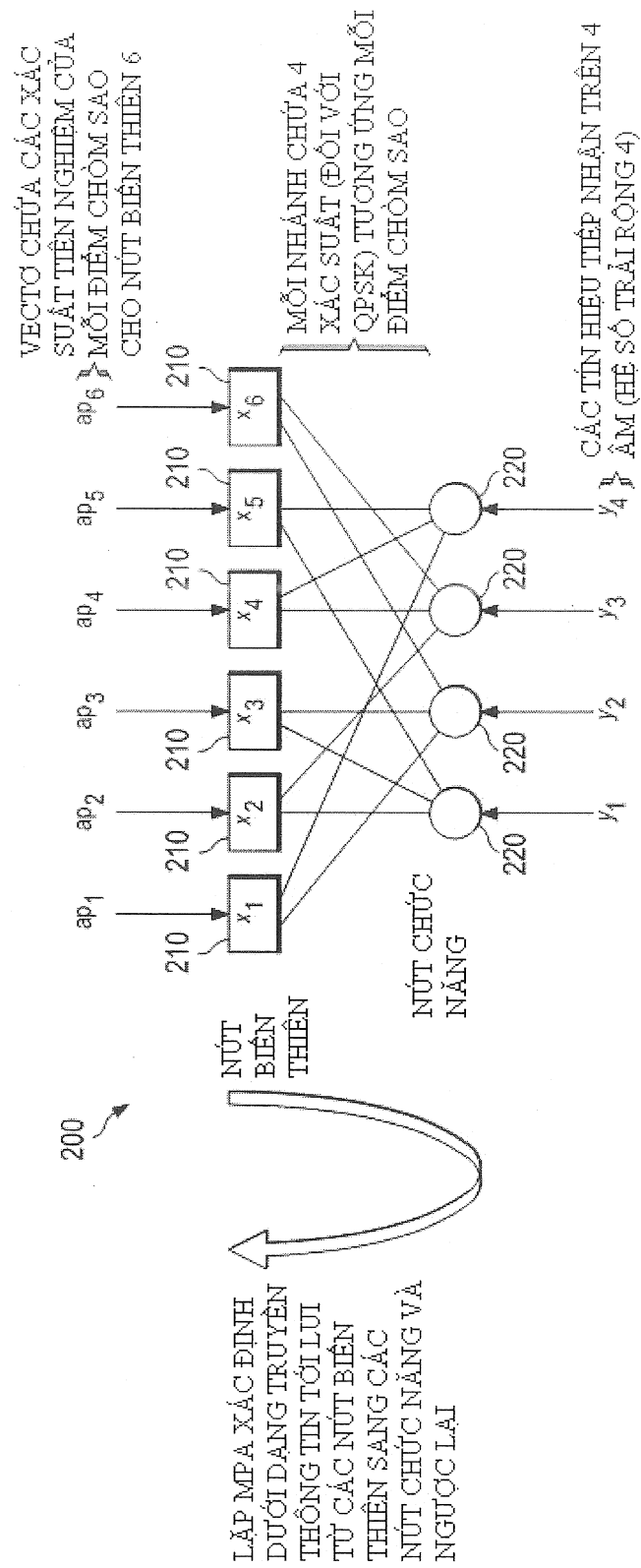


Fig.1



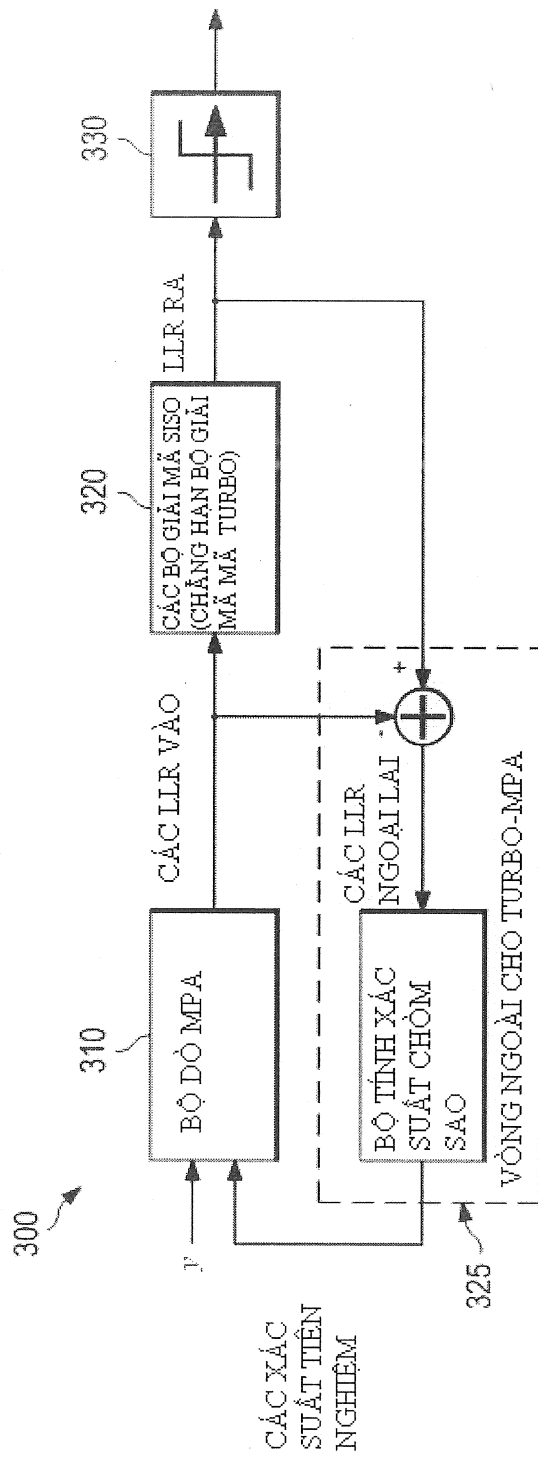


FIG. 3

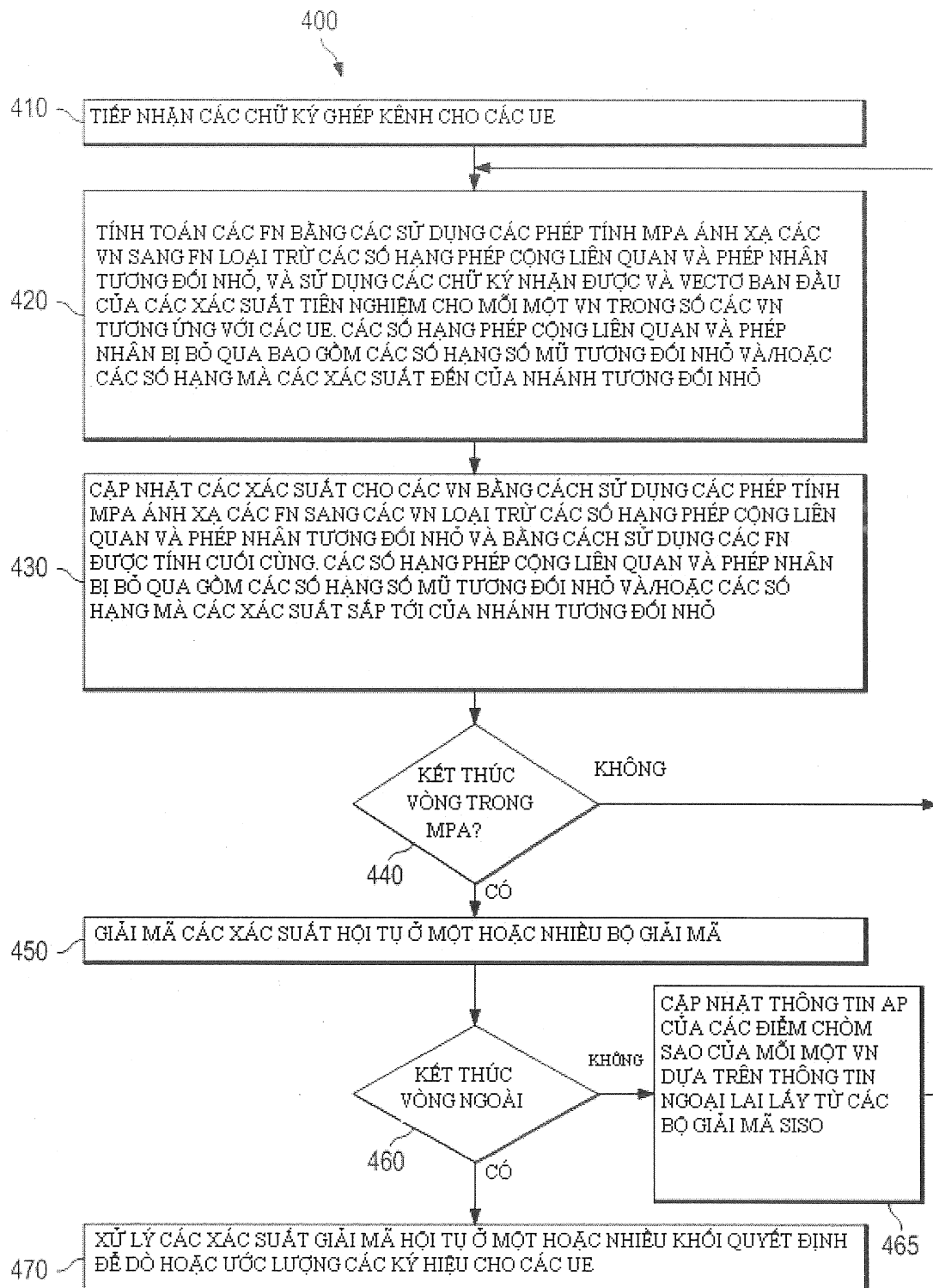


FIG. 4

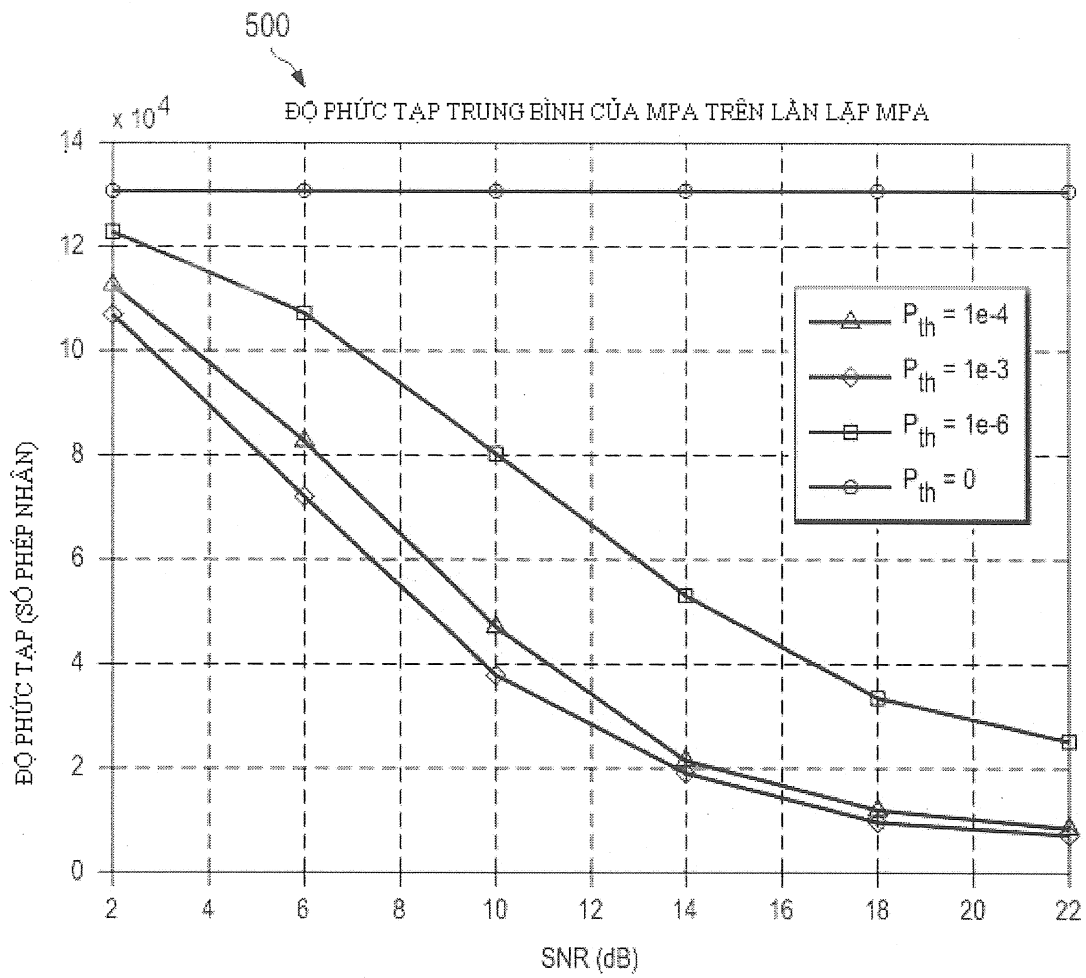


FIG. 5

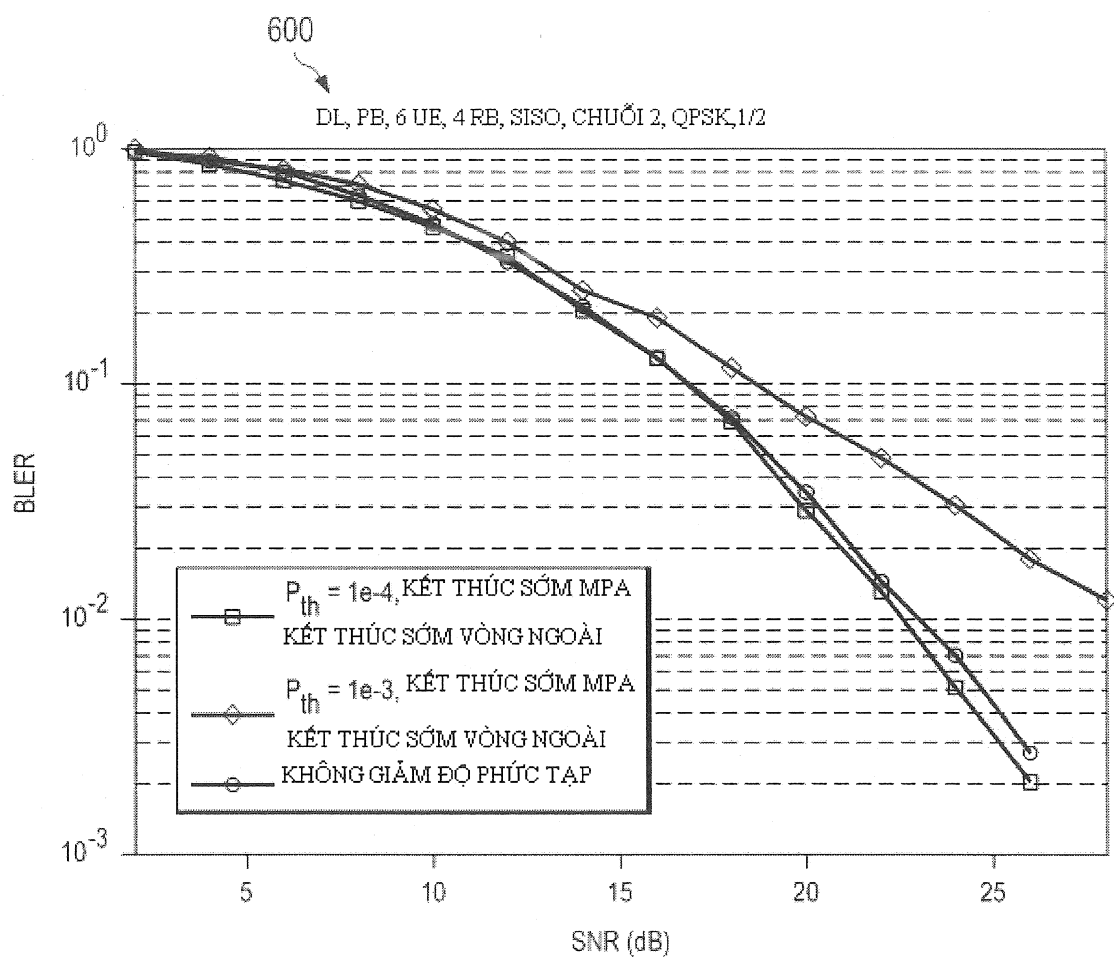


FIG. 6

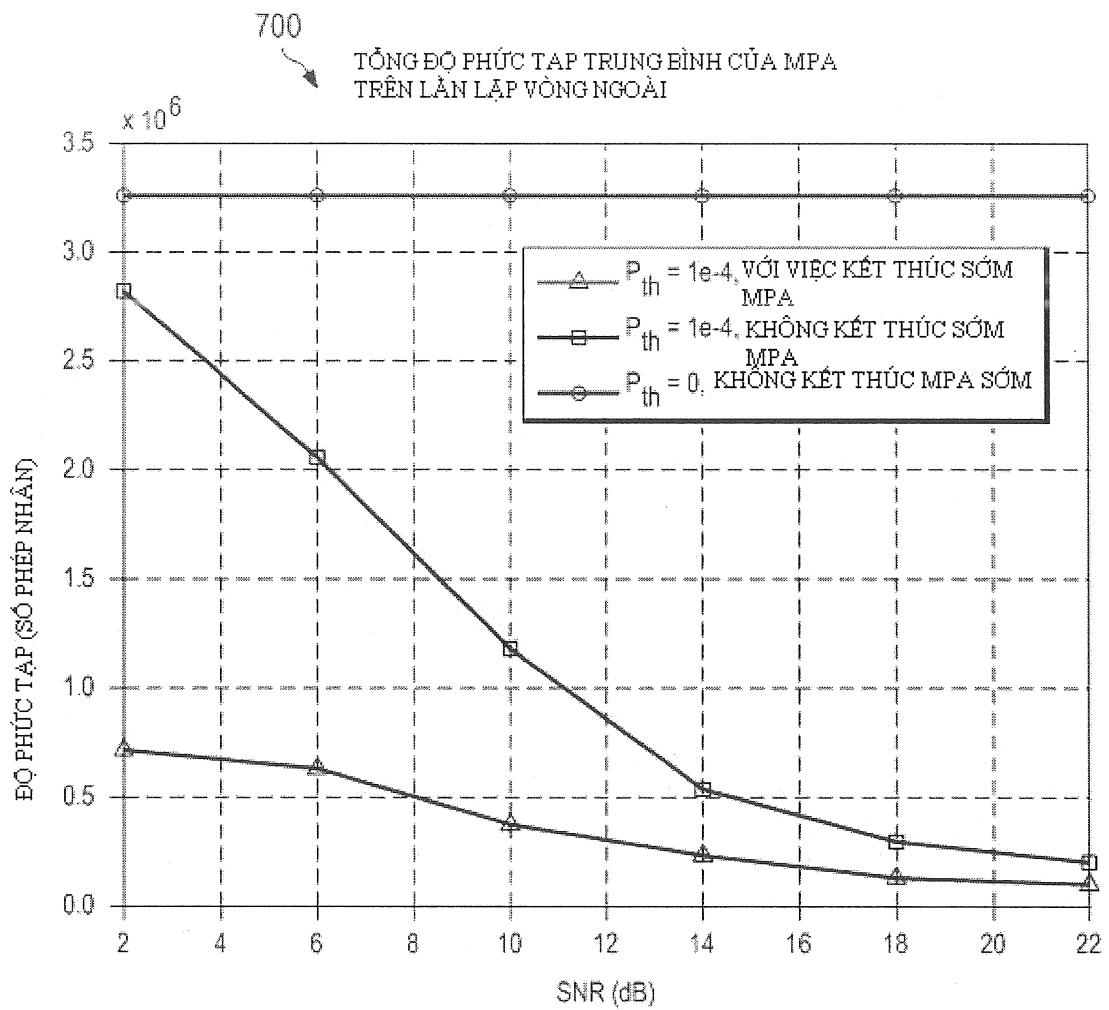


FIG. 7

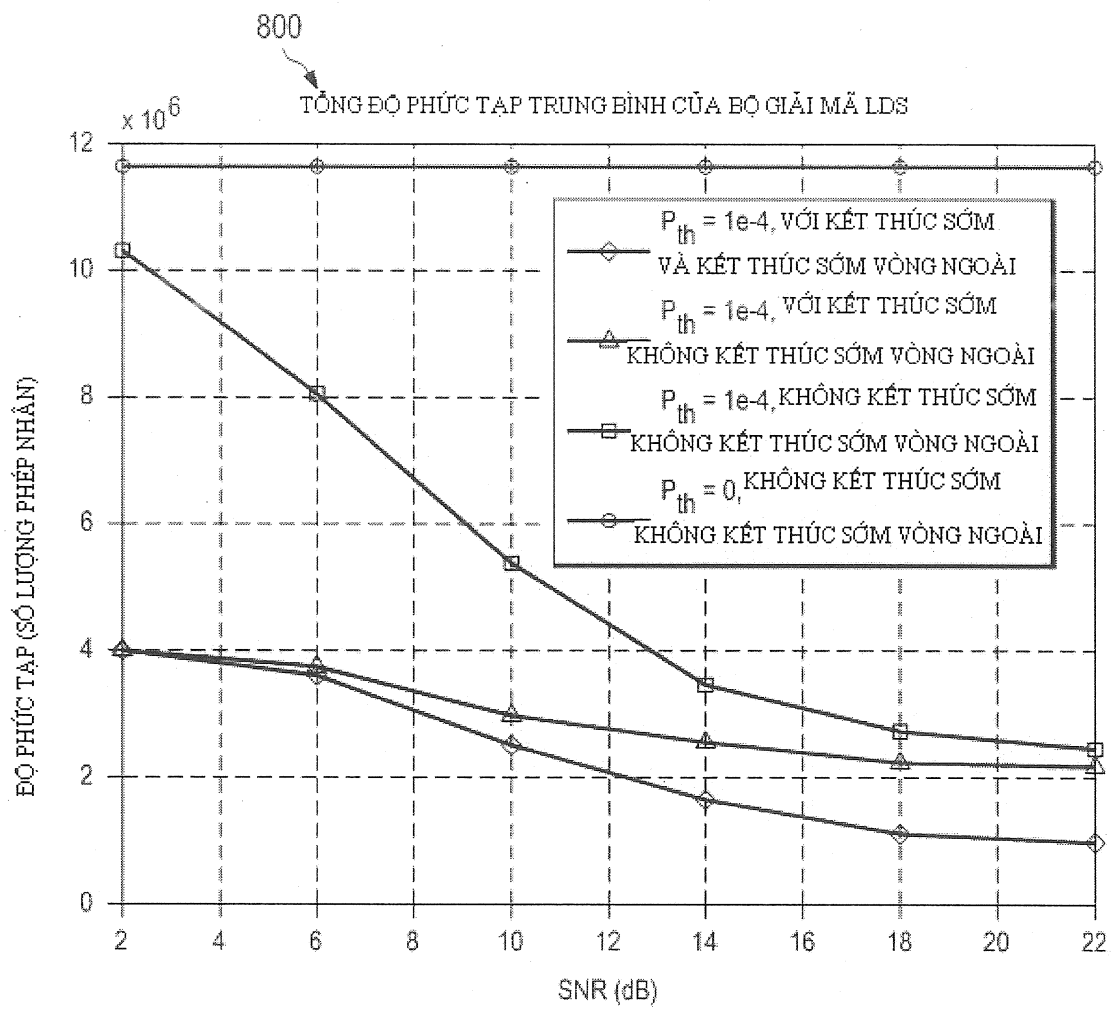


FIG. 8

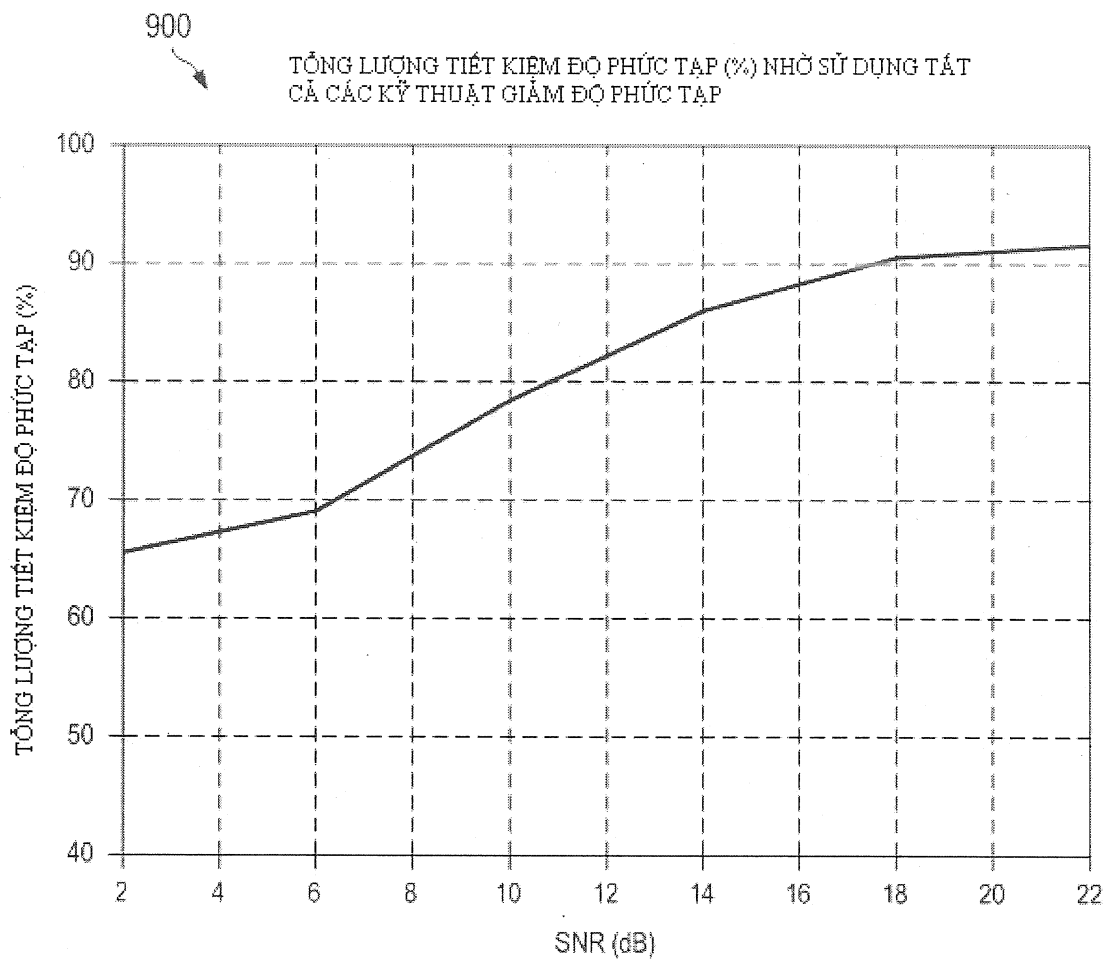


FIG. 9

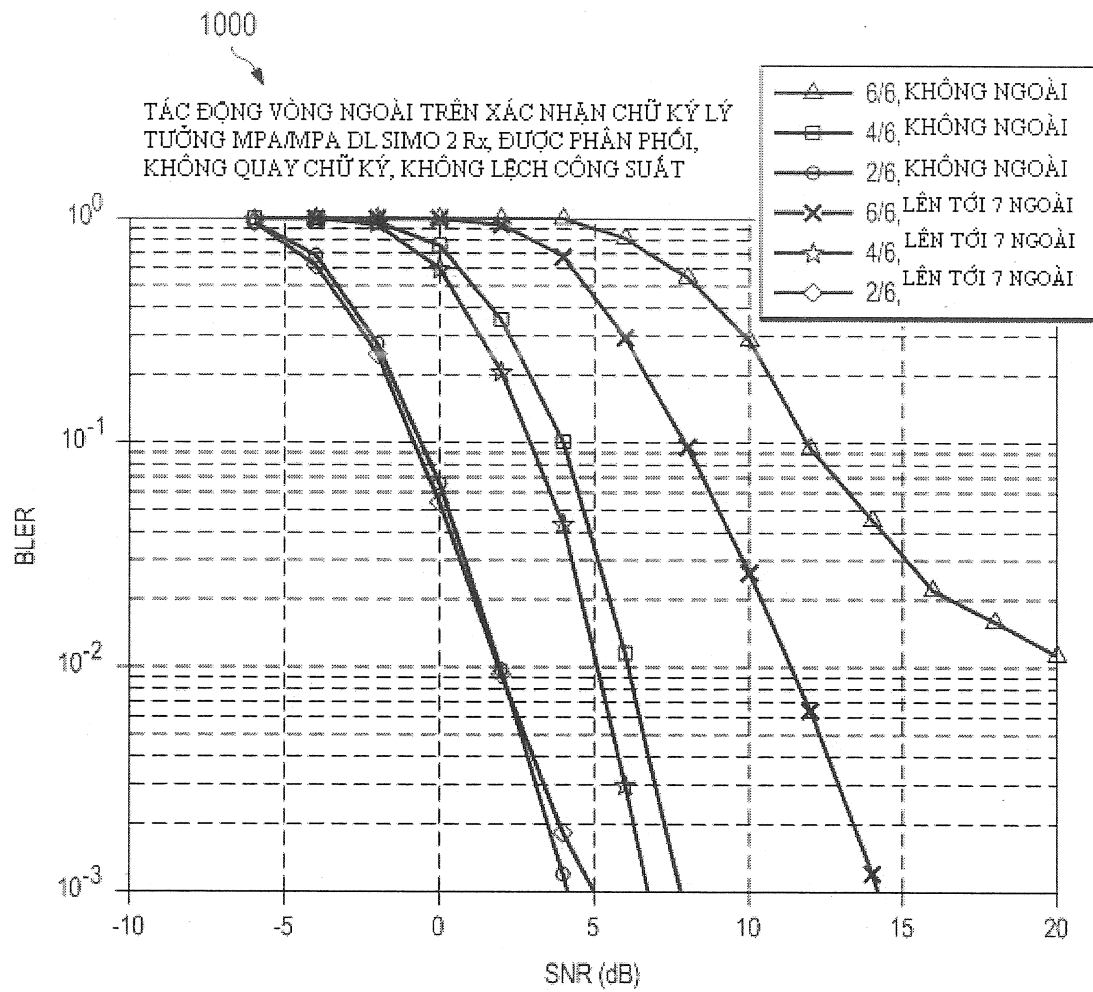


FIG. 10

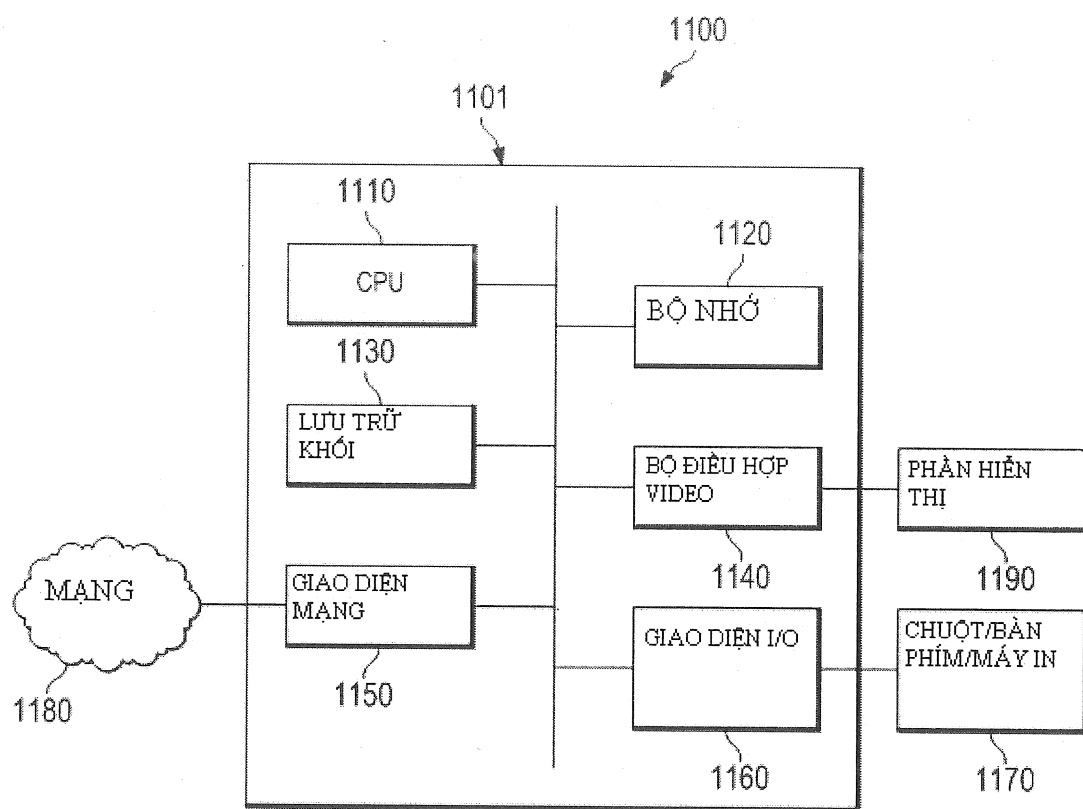


FIG. 11