



(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)



1-0036689

(51)⁸ H03M 13/11; H03M 13/03

(13) B

(21) 1-2018-04872

(22) 12/05/2017

(86) PCT/US2017/032413 12/05/2017

(87) WO 2017/197267 A1 16/11/2017

(30) 62/335,163 12/05/2016 US; 15/593,035 11/05/2017 US

(45) 25/08/2023 425

(43) 25/01/2019 370A

(73) QUALCOMM INCORPORATED (US)

ATTN: International IP Administration, 5775 Morehouse Drive, San Diego, CA
92121-1714, United States of America

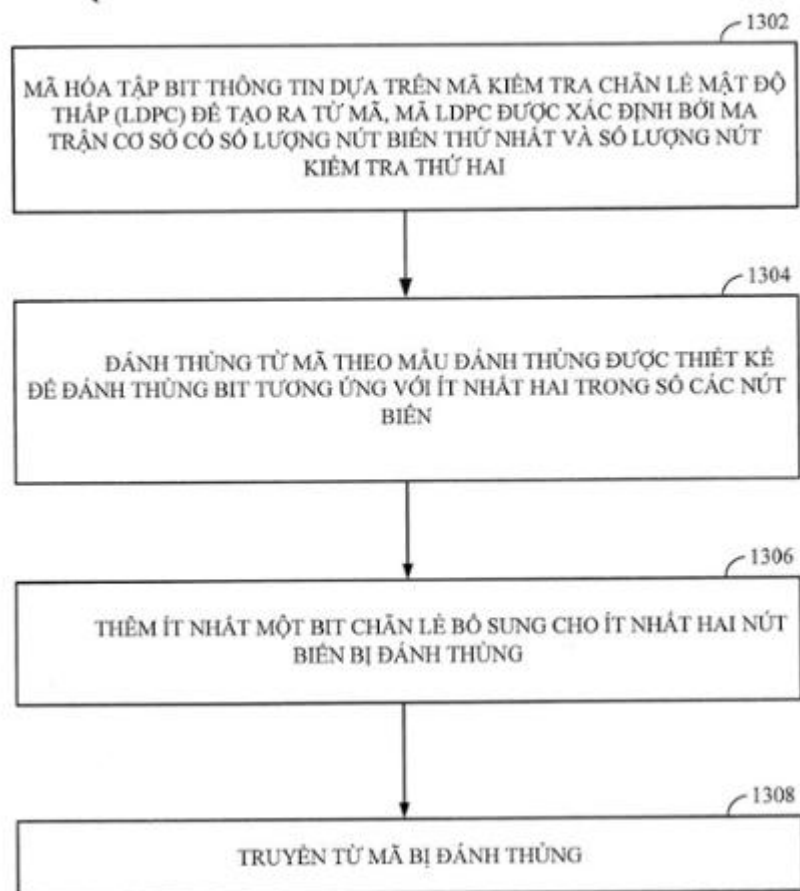
(72) RICHARDSON, Thomas Joseph (US); KUDEKAR, Shrinivas (IN).

(74) Công ty TNHH Quốc tế D & N (D&N INTERNATIONAL CO.,LTD.)

(54) PHƯƠNG PHÁP, THIẾT BỊ VÀ PHƯƠNG TIỆN BẮT BIẾN ĐỌC ĐƯỢC BẰNG
MÁY TÍNH ĐỂ TRUYỀN THÔNG KHÔNG DÂY

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp, thiết bị và phương tiện bắt biến đọc được bằng máy tính để truyền thông không dây. Một số khía cạnh của sáng chế thường đề cập đến các kỹ thuật đánh thùng tăng cường và cấu trúc mã kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (low-density parity-check - LDPC). Phương pháp truyền thông không dây bằng thiết bị truyền được đề xuất. Phương pháp này thường bao gồm bước mã hóa tập bit thông tin dựa trên mã LDPC để tạo ra từ mã, mã LDPC được xác định bởi ma trận cơ sở có số lượng nút biến thứ nhất và số lượng nút kiểm tra thứ hai; đánh thùng từ mã theo mẫu đánh thùng được thiết kế để đánh thùng các bit tương ứng với ít nhất hai trong số các nút biến để tạo ra từ mã bị đánh thùng; thêm ít nhất một bit chẵn lẻ bổ sung cho ít nhất hai nút biến bị đánh thùng; và truyền từ mã bị đánh thùng.

1300



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Nói chung, một số khía cạnh về công nghệ được mô tả dưới đây đề cập đến truyền thông không dây và dò tìm và/hoặc sửa các lỗi trong dữ liệu nhị phân, và cụ thể hơn, đến phương pháp và thiết bị để đánh thủng tăng cường và cấu trúc mã kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (low-density parity-check - LDPC). Một số khía cạnh có thể cho phép cải thiện hiệu suất của các mã LDPC bị đánh thủng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các hệ thống truyền thông không dây được triển khai rộng rãi để cung cấp các loại nội dung truyền thông khác nhau như thoại, video, dữ liệu, gửi tin nhắn, phát rộng, v.v.. Các hệ thống này có thể sử dụng các công nghệ đa truy cập có khả năng hỗ trợ truyền thông với nhiều người dùng bằng cách dùng chung tài nguyên hệ thống có sẵn (chẳng hạn, băng thông và công suất truyền). Ví dụ về các hệ thống đa truy cập như vậy bao gồm các hệ thống đa truy cập phân mã (code division multiple access - CDMA), hệ thống đa truy cập phân thời (time-division multiple access - TDMA), hệ thống CDMA đồng bộ phân thời (time division synchronous CDMA- TD-SCDMA), hệ thống đa truy cập phân tần (frequency-division multiple access - FDMA), hệ thống FDMA một sóng mang (single-carrier FDMA - SC-FDMA), hệ thống phát triển dài hạn (Long Term Evolution - LTE) thuộc dự án hợp tác thế hệ thứ ba (3rd Generation Partnership Project - 3GPP), hệ thống LTE-cải tiến (LTE Advanced - LTE-A) và các hệ thống đa truy cập phân tần trực giao (orthogonal frequency-division multiple access - OFDMA).

Các công nghệ đa truy cập đã được ứng dụng trong các chuẩn viễn thông khác nhau để cung cấp giao thức chung cho phép các thiết bị không dây khác nhau truyền thông ở cấp độ thành phố, quốc gia, khu vực và thậm chí toàn cầu. Một ví dụ về chuẩn viễn thông nổi bật là chuẩn vô tuyến mới (new radio - NR), ví dụ, chuẩn truy cập vô tuyến 5G. NR là tập hợp các cải tiến cho chuẩn di động LTE do 3GPP công bố. Chuẩn này được thiết kế để hỗ trợ tốt hơn truy cập Internet băng rộng di động bằng cách cải thiện hiệu quả phổ, giảm chi phí, cải thiện dịch vụ, sử dụng phổ mới, và tích hợp tốt hơn

với các chuẩn mở khác nhờ sử dụng OFDMA có tiền tố vòng (cyclic prefix - CP) trên liên kết xuống (downlink - DL), và trên liên kết lên (uplink - UL) cũng như hỗ trợ công nghệ tạo chùm, anten nhiều đầu vào nhiều đầu ra (multiple-input multiple-output - MIMO) và gộp sóng mang.

Nói chung, hệ thống truyền thông đa truy cập không dây có thể đồng thời hỗ trợ truyền thông cho nhiều nút không dây. Mỗi nút truyền thông với một hoặc nhiều trạm cơ sở qua các cuộc truyền trên các liên kết xuôi và ngược. Liên kết xuôi (hay liên kết xuống) chỉ liên kết truyền thông từ trạm cơ sở đến các nút, và liên kết ngược (hay liên kết lên) chỉ liên kết truyền thông từ các nút đến các trạm cơ sở. Các liên kết truyền thông này có thể được thiết lập qua hệ thống một đầu vào một đầu ra, nhiều đầu vào một đầu ra hoặc hệ thống MIMO.

Hệ thống truyền thông đa truy cập không dây có thể bao gồm một số trạm cơ sở (base station - BS), mỗi trạm này hỗ trợ đồng thời việc truyền thông cho nhiều thiết bị truyền thông mà còn được biết đến với tên khác là thiết bị người dùng (user equipment - UE). Trong mạng LTE hoặc LTE-A, tập hợp gồm một hoặc nhiều BS có thể xác định nút B tiến hóa (eNB – evolve NodeB). Theo các ví dụ khác (ví dụ, trong thế hệ tiếp theo, NR, hoặc mạng 5G), hệ thống truyền thông đa truy cập không dây có thể gồm một số đơn vị phân tán (distributed unit - DU) (ví dụ, đơn vị biên (edge unit - EU), nút biên (edge node - EN), đầu vô tuyến (radio head - RH), đầu vô tuyến thông minh (smart radio head - SRH), điểm thu phát (transmission reception point - TRP), v.v.) truyền thông với một số đơn vị trung tâm (central unit - CU) (ví dụ, nút trung tâm (central node - CN), bộ điều khiển nút truy cập (access node controller - ANC), v.v.), trong đó tập hợp gồm một hoặc nhiều DU, truyền thông với CU, có thể xác định nút truy cập (ví dụ, BS, NR BS, 5G BS, NB, eNB, NR NB, 5G NB, điểm truy cập (access point - AP), nút mạng, gNB, TRP, v.v.). BS, AN, hoặc DU có thể truyền thông với UE hoặc tập hợp các UE trên các kênh liên kết xuống (ví dụ, với các cuộc truyền từ trạm cơ sở hoặc đến UE) và các kênh liên kết lên (ví dụ, với các cuộc truyền từ UE đến BS, AN, hoặc DU).

Các giá trị nhị phân (ví dụ, các số một hoặc không), được dùng để biểu diễn và truyền các loại thông tin khác nhau, như video, âm thanh, thông tin thống kê, v.v. Thật không may, trong quy trình lưu trữ, truyền và/hoặc xử lý dữ liệu nhị phân, các lỗi có thể do vô ý được đưa vào; ví dụ “1” có thể đổi thành “0” hoặc ngược lại.

Nói chung, trong trường hợp truyền dữ liệu, bộ thu quan sát mỗi bit thu được khi có nhiễu hoặc độ méo và chỉ có chỉ báo về giá trị của bit được thu nhận. Trong các trường hợp này, các giá trị quan sát được hiểu là nguồn bit “mềm”. Bit mềm chỉ báo ước tính ưu tiên của giá trị của bit (ví dụ, 1 hoặc 0) cùng với một số chỉ báo về độ tin cậy của ước tính đó. Trong khi số lượng lỗi có thể tương đối thấp, nhưng thậm chí số lỗi hoặc độ méo nhỏ có thể làm cho dữ liệu không thể dùng được hoặc, trong trường hợp có lỗi truyền, có thể đòi hỏi phải truyền lại dữ liệu. Để cung cấp cơ chế kiểm tra các lỗi và, trong một số trường hợp, để sửa lỗi, dữ liệu nhị phân có thể được mã hóa để đưa vào phần dư được thiết kế cẩn thận. Việc mã hóa đơn vị dữ liệu tạo ra cái được gọi chung là từ mã. Do phần dư của nó, từ mã thường gồm nhiều bit hơn đơn vị dữ liệu đầu vào mà từ mã được tạo ra từ đó.

Các bit dư được bổ sung bởi bộ mã hóa vào dòng bit truyền để tạo ra từ mã. Khi tín hiệu sinh ra từ các từ mã truyền được thu hoặc xử lý, thông tin dư có trong từ mã mà được quan sát trong tín hiệu có thể được sử dụng để nhận dạng và/hoặc sửa lỗi hoặc loại bỏ độ méo khỏi tín hiệu thu được để khôi phục đơn vị dữ liệu ban đầu. Việc kiểm tra và/hoặc sửa lỗi như vậy có thể được thực hiện như một phần của quy trình giải mã. Nếu có lỗi hoặc trong trường hợp có các lỗi hoặc độ méo có thể sửa được, thì quy trình giải mã có thể được sử dụng để khôi phục, từ dữ liệu nguồn đã xử lý, đơn vị dữ liệu ban đầu đã được mã hóa. Nếu có các lỗi không thể khôi phục được, thì quy trình giải mã có thể tạo ra một số chỉ báo rằng dữ liệu ban đầu không thể khôi phục hoàn toàn. Việc biểu thị thất bại khi giải mã như vậy có thể bắt đầu quy trình truyền lại dữ liệu. Vì việc sử dụng các dây sợi quang để truyền thông dữ liệu và tốc độ mà dữ liệu có thể được đọc từ hoặc được lưu trữ vào thiết bị lưu trữ dữ liệu (ví dụ ổ đĩa, băng từ, v.v.) tăng lên, cho nên nhu cầu về việc sử dụng hiệu quả khả năng lưu trữ và truyền dữ liệu cũng như khả năng mã hóa và giải mã dữ liệu ở tốc độ cao cũng tăng lên.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Phần dưới đây trình bày vắn tắt một số khía cạnh của sáng chế để cung cấp hiểu biết cơ bản về công nghệ được bộc lộ. Phần bản chất này không phải là phần khái quát rộng về tất cả các dấu hiệu được dự tính của sáng chế và không dự định chỉ ra những yếu tố cơ bản hay quan trọng của tất cả các khía cạnh theo sáng chế, cũng không mô tả phạm vi của khía cạnh bất kỳ hay tất cả các khía cạnh của sáng chế. Mục đích của phần

này chỉ là trình bày một số khái niệm trong một hoặc nhiều khía cạnh của sáng chế ở dạng giản lược như là phần mở đầu cho phần mô tả chi tiết hơn sẽ được trình bày sau đó. Sau khi xem xét phần mô tả này, và cụ thể là sau khi đọc phần “Mô tả chi tiết sáng chế”, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sẽ hiểu được cách thức mà các dấu hiệu của sáng chế mang lại các ưu điểm bao gồm cải thiện truyền thông giữa các điểm truy cập và các trạm trong mạng không dây.

Trong khi hiệu quả mã hóa và tốc độ dữ liệu cao là quan trọng, đối với hệ thống mã hóa và/hoặc giải mã thực tế được sử dụng trong nhiều thiết bị (ví dụ, thiết bị người dùng), thì yếu tố cũng quan trọng đó là các bộ mã hóa và/hoặc các bộ giải mã có thể được thực hiện với chi phí hợp lý.

Do nhu cầu truy cập băng rộng di động tiếp tục gia tăng, cần cải tiến thêm công nghệ NR. Tốt hơn là, sự cải thiện này phải ứng dụng được vào các công nghệ đa truy cập khác và các chuẩn viễn thông sử dụng các công nghệ này. Một lĩnh vực cần cải thiện là lĩnh vực mã hóa/giải mã, có thể ứng dụng được cho NR. Ví dụ, mong muốn là có các kỹ thuật dùng cho các mã LDPC hiệu suất cao theo chuẩn NR.

Nói chung, theo một số khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp và thiết bị đánh thủng tăng cường các mã kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (Low-density parity-check - LDPC). Các hệ thống truyền thông thường cần hoạt động ở một vài tốc độ khác nhau. Các mã LDPC là một sự lựa chọn cho phương án thực hiện đơn giản mà cung cấp quy trình mã hóa và giải mã ở các tốc độ khác nhau. Ví dụ, các mã LDPC tốc độ cao hơn có thể được tạo ra bằng cách đánh thủng các mã LDPC tốc độ thấp.

Theo một số khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp truyền thông không dây có thể được thực hiện bằng thiết bị truyền. Phương pháp này thường bao gồm bước mã hóa tập bit thông tin dựa trên mã LDPC để tạo ra từ mã, mã LDPC được xác định bởi ma trận cơ sở có số lượng nút biến thứ nhất và số lượng nút kiểm tra thứ hai; đánh thủng từ mã theo mẫu đánh thủng được thiết kế để đánh thủng các bit tương ứng với ít nhất hai trong số các nút biến để tạo ra từ mã bị đánh thủng; thêm ít nhất một bit chẵn lẻ bổ sung cho ít nhất hai nút biến bị đánh thủng; và truyền từ mã bị đánh thủng.

Theo một số khía cạnh, sáng chế đề xuất thiết bị truyền thông không dây như thiết bị truyền. Thiết bị này thường bao gồm phương tiện mã hóa tập bit thông tin dựa

trên mã LDPC để tạo ra từ mã, mã LDPC được xác định bởi ma trận cơ sở có số lượng nút biến thứ nhất và số lượng nút kiểm tra thứ hai; đánh thủng từ mã theo mẫu đánh thủng được thiết kế để đánh thủng các bit tương ứng với ít nhất hai trong số các nút biến để tạo ra từ mã bị đánh thủng; phương tiện thêm ít nhất một bit chẵn lẻ bổ sung cho ít nhất hai nút biến bị đánh thủng; và truyền từ mã bị đánh thủng.

Theo một số khía cạnh, sáng chế đề xuất thiết bị truyền thông không dây như thiết bị truyền. Thiết bị này thường bao gồm ít nhất một bộ xử lý được ghép nối với bộ nhớ và được tạo cấu hình để mã hóa tập bit thông tin dựa trên mã LDPC để tạo ra từ mã, mã LDPC được xác định bởi ma trận cơ sở có số lượng nút biến thứ nhất và số lượng nút kiểm tra thứ hai; đánh thủng từ mã theo mẫu đánh thủng được thiết kế để đánh thủng các bit tương ứng với ít nhất hai trong số các nút biến để tạo ra từ mã bị đánh thủng; và thêm ít nhất một bit chẵn lẻ bổ sung cho ít nhất hai nút biến bị đánh thủng. Thiết bị này gồm bộ phát được tạo cấu hình để truyền từ mã bị đánh thủng.

Theo một số khía cạnh, sáng chế đề xuất phương tiện đọc được bằng máy tính có mã thực thi được bằng máy tính lưu trữ trên đó. Mã thực thi được bằng máy tính thường bao gồm mã để mã hóa tập bit thông tin dựa trên mã LDPC để tạo ra từ mã, mã LDPC được xác định bởi ma trận cơ sở có số lượng nút biến thứ nhất và số lượng nút kiểm tra thứ hai; mã để đánh thủng từ mã theo mẫu đánh thủng được thiết kế để đánh thủng các bit tương ứng với ít nhất hai trong số các nút biến để tạo ra từ mã bị đánh thủng; mã để thêm ít nhất một bit chẵn lẻ bổ sung cho ít nhất hai nút biến bị đánh thủng; và mã để truyền từ mã bị đánh thủng.

Các khía cạnh, dấu hiệu và phương án khác của sáng chế sẽ trở nên rõ ràng với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này, sau khi xem xét phần mô tả sau đây về các khía cạnh làm ví dụ cụ thể của sáng chế dựa vào các hình vẽ kèm theo. Trong khi các dấu hiệu của sáng chế có thể được mô tả liên quan đến các khía cạnh và hình vẽ nhất định dưới đây, thì tất cả các khía cạnh của sáng chế có thể bao gồm một hoặc nhiều dấu hiệu có lợi được mô tả trong bản mô tả này. Nói cách khác, trong khi một hoặc nhiều khía cạnh có thể được mô tả là có các dấu hiệu có lợi nhất định, thì một hoặc nhiều dấu hiệu này cũng có thể được sử dụng theo các khía cạnh khác nhau của sáng chế. Tương tự, trong khi các khía cạnh làm ví dụ có thể được thảo luận dưới đây là

các phương án thiết bị, hệ thống, hay phương pháp, thì cần hiểu rằng các khía cạnh làm ví dụ đó có thể được thực hiện trong các thiết bị, hệ thống và phương pháp khác nhau.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Để có thể hiểu được chi tiết hơn các dấu hiệu nêu trên của sáng chế, phần mô tả cụ thể hơn, được nêu vắn tắt ở trên, có thể có được nêu ra có tham chiếu các khía cạnh, trong đó có một số khía cạnh được thể hiện trên các hình vẽ kèm theo. Tuy nhiên các hình vẽ kèm theo này chỉ minh họa các khía cạnh điển hình nhất định của sáng chế và do đó không được coi là giới hạn phạm vi sáng chế, do phần mô tả có thể bao gồm các khía cạnh khác có hiệu quả ngang nhau.

Fig.1 là sơ đồ khối minh họa mạng truyền thông không dây làm ví dụ, theo một số khía cạnh của sáng chế.

Fig.2 là sơ đồ khối minh họa kiến trúc logic làm ví dụ của mạng truy cập vô tuyến (radio access network - RAN) phân tán, theo một số khía cạnh của sáng chế.

Fig.3 là sơ đồ khối minh họa cấu trúc vật lý làm ví dụ của RAN phân tán, theo một số khía cạnh của sáng chế.

Fig.4 là sơ đồ khối minh họa thiết kế của trạm cơ sở (base station – BS) và thiết bị người dùng (user equipment - UE), làm ví dụ theo một số khía cạnh của sáng chế.

Fig.5 là sơ đồ thể hiện các ví dụ thực hiện chồng giao thức truyền thông, theo một số khía cạnh của sáng chế;

Fig.6 minh họa ví dụ về khung con lấy liên kết xuống (downlink – DL) làm trung tâm, theo một số khía cạnh của sáng chế.

Fig.7 minh họa một ví dụ về khung con lấy liên kết lên (uplink – UL) làm trung tâm, theo một số khía cạnh của sáng chế.

Fig.8 là dạng biểu diễn đồ họa của mã LDPC làm ví dụ, theo một số khía cạnh của sáng chế.

Fig.8A là dạng biểu diễn ma trận của mã LDPC làm ví dụ trên Fig.8 theo một số khía cạnh của sáng chế.

Fig.9 là dạng biểu diễn đồ họa của phép nâng mã LDPC trên Fig.8 theo một số khía cạnh của sáng chế.

Fig.10 là dạng biểu diễn số nguyên của ma trận dùng cho mã LDPC 802.11 gần như tuần hoàn.

Fig.11 là sơ đồ khối giản lược minh họa bộ mã hóa làm ví dụ, theo một số khía cạnh của sáng chế.

Fig.12 là sơ đồ khối giản lược minh họa bộ giải mã làm ví dụ, theo một số khía cạnh của sáng chế.

Fig.13 là lưu đồ minh họa các thao tác mã hóa thông tin làm ví dụ dựa trên phép đánh thùng tăng cường và cấu trúc mã LDPC để truyền thông không dây bằng thiết bị truyền, theo một số khía cạnh của sáng chế.

Fig.14 là dạng biểu diễn đồ họa của mã LDPC làm ví dụ có nhiều nút biến bậc tương đối thấp bị đánh thùng và các bit chẵn lẻ bổ sung, theo một số khía cạnh của sáng chế.

Để dễ hiểu, các số tham chiếu giống nhau được sử dụng khi thích hợp để biểu thị các phần tử giống nhau có trong các hình vẽ. Sáng chế dự định rằng các phần tử được mô tả trong một phương án có thể được sử dụng nếu có lợi ở trong các phương án khác mà không cần mô tả riêng.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các khía cạnh của sáng chế đề xuất thiết bị, phương pháp, hệ thống xử lý và sản phẩm chương trình máy tính để mã hóa (và/hoặc giải mã) cho công nghệ truy cập vô tuyến mới (NR) (ví dụ, truy cập vô tuyến 5G). NR có thể chỉ sóng vô tuyến được tạo cấu hình để hoạt động theo giao diện không gian mới hoặc theo lớp truyền tải cố định. Công nghệ truy cập NR có thể bao gồm hỗ trợ dịch vụ dải rộng di động nâng cao (enhanced mobile broadband - eMBB) hướng đến băng thông rộng (ví dụ, 80 MHz và lớn hơn), dịch vụ sóng millimet (mmW - millimeter wave) hướng đến tần số sóng mang cao (ví dụ, 60 GHz), dịch vụ truyền thông dạng máy lớn (massive machine type communication - mMTC) hướng đến các kỹ thuật MTC tương thích xuôi và/hoặc dịch vụ nền tảng (mission critical - MiCr) hướng đến dịch vụ truyền thông độ trễ thấp siêu

tin cậy (ultra-reliable low-latency communications - URLLC). Các dịch vụ này có thể bao gồm các yêu cầu về độ trễ và độ tin cậy. Công nghệ truy cập NR có thể sử dụng kỹ thuật mã hóa kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp và/hoặc các mã phân cực.

Theo các khía cạnh, sáng chế đề xuất các kỹ thuật đánh thủng tăng cường và cấu trúc mã LDPC, ví dụ, mã LDPC có hiệu suất tăng cường. Theo các khía cạnh, nhiều nút biến bậc tương đối thấp có thể bị đánh thủng, ví dụ, chứ không phải là một nút biến bậc cao. Bậc của các nút biến để chỉ số lượng kết nối giữa các nút biến đến nút kiểm tra trên biểu đồ cơ sở. Trên biểu đồ cơ sở lớn (còn gọi là mã cơ sở hoặc PCM cơ sở), các nút biến có thể hỗ trợ bậc kết nối cao hơn so với các nút biến trên biểu đồ cơ sở nhỏ. Ngoài ra, để tăng một cách hiệu quả tốc độ mã, các bit chẵn lẻ phụ có thể được bổ sung vào cấu trúc mã LDPC, mỗi bit chẵn lẻ tương ứng với một nút biến bậc một được tạo ra nhờ tính chẵn lẻ của hai nút bị đánh thủng.

Các khía cạnh khác nhau của sáng chế được mô tả đầy đủ hơn sau đây dựa vào các hình vẽ kèm theo. Tuy nhiên, sáng chế có thể được cụ thể hóa ở nhiều dạng khác nhau và không được hiểu là giới hạn ở cấu trúc hoặc chức năng cụ thể đã nêu trong bản mô tả này. Thay vì vậy, các khía cạnh này được cung cấp để có thể hiểu rõ sáng chế một cách đầy đủ và toàn diện, và sẽ chuyển tải toàn bộ phạm vi của sáng chế đến người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này. Dựa trên các nguyên lý được đề xuất ở đây, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này có thể thấy rằng phạm vi của sáng chế dự định bao gồm khía cạnh bất kỳ của sáng chế được đề xuất ở đây, cho dù được thực hiện độc lập hay kết hợp với khía cạnh bất kỳ của sáng chế. Ví dụ, thiết bị có thể được thực hiện hoặc phương pháp có thể được thực hành nhờ sử dụng một số khía cạnh bất kỳ được đề xuất ở đây. Ngoài ra, phạm vi của sáng chế dự định bao gồm thiết bị hoặc phương pháp như vậy được thực hiện bằng cách sử dụng cấu trúc, chức năng khác, hoặc cấu trúc và chức năng bổ sung hoặc khác với các khía cạnh khác nhau của sáng chế được đề xuất ở đây. Cần phải hiểu rằng khía cạnh bất kỳ được đề xuất ở đây có thể được thực hiện bằng một hoặc nhiều phần tử nêu trong yêu cầu bảo hộ. Thuật ngữ “làm ví dụ” được sử dụng trong bản mô tả này để chỉ việc dùng “làm ví dụ hoặc minh họa”. Khía cạnh bất kỳ được mô tả ở đây là “làm ví dụ” thì không nhất thiết được hiểu là được ưu tiên hoặc có ưu điểm hơn so với khía cạnh khác.

Mặc dù các khía cạnh cụ thể được mô tả ở đây, nhưng nhiều sửa đổi và hoán vị của các khía cạnh này cũng nằm trong phạm vi của sáng chế. Mặc dù một số lợi ích và ưu điểm của các khía cạnh ưu tiên được đề cập, nhưng phạm vi của sáng chế không dự định giới hạn ở các lợi ích, cách sử dụng hoặc các mục tiêu cụ thể này. Thay vào đó, các khía cạnh của sáng chế dự định có thể áp dụng rộng rãi cho các công nghệ không dây, các cấu hình hệ thống, các mạng, và các giao thức truyền khác nhau mà một số trong đó sẽ được minh họa làm ví dụ trên các hình vẽ và trong phần mô tả chi tiết về các khía cạnh ưu tiên dưới đây. Phần mô tả chi tiết và các hình vẽ chỉ minh họa sáng chế chứ không giới hạn sáng chế, phạm vi của sáng chế được xác định bởi yêu cầu bảo hộ dưới đây và các dấu hiệu tương đương của chúng.

Các kỹ thuật được mô tả trong bản mô tả này có thể được sử dụng cho các mạng truyền thông không dây khác nhau như mạng đa truy cập phân mã (Code Division Multiple Access - CDMA), mạng đa truy cập phân thời (Time Division Multiple Access - TDMA), mạng đa truy cập phân tần (Frequency Division Multiple Access - FDMA), mạng FDMA trực giao (Orthogonal FDMA-OFDMA), FDMA một sóng mang (Single-Carrier FDMA - SC-FDMA), v.v. Thuật ngữ “mạng” và “hệ thống” thường được dùng hoán đổi với nhau. Mạng CDMA có thể thực hiện công nghệ vô tuyến như truy cập vô tuyến mặt đất toàn cầu (Universal Terrestrial Radio Access - UTRA), cdma2000, v.v. UTRA bao gồm CDMA băng rộng (Wideband CDMA - WCDMA) và công nghệ tốc độ chip thấp (Low Chip Rate - LCR). CDMA2000 bao gồm các tiêu chuẩn IS-2000, IS-95, và IS-856. Mạng TDMA có thể thực hiện công nghệ vô tuyến như hệ thống thông tin di động toàn cầu (Global System for Mobile Communication - GSM). Mạng OFDMA có thể thực hiện công nghệ vô tuyến như UTRA cải tiến (Evolved UTRA – E-UTRA), IEEE 802.11, IEEE 802.16, IEEE 802.20, Flash-OFDM®, v.v. UTRA, E-UTRA và GSM là một phần của hệ thống viễn thông di động toàn cầu (Universal Mobile Telecommunication System – UMTS). LTE và LTE nâng cao (LTE-Advanced – LTE-A) 3GPP là các phiên bản của UMTS sử dụng E-UTRA. UTRA, E-UTRA, UMTS, LTE, LTE-A, và GSM được mô tả trong các tài liệu của tổ chức có tên “Dự án đối tác thế hệ thứ ba” (3rd Generation Partnership Project – 3GPP). CDMA2000 được mô tả trong các tài liệu của tổ chức có tên “Dự án đối tác thế hệ thứ ba 2” (3GPP2). Các mạng truyền thông này đơn thuần được liệt kê dưới dạng các ví dụ về các mạng trong đó các kỹ thuật

được mô tả trong sáng chế này có thể được áp dụng; tuy nhiên, sáng chế không giới hạn ở mạng truyền thông nêu trên. Để rõ ràng, cần lưu ý rằng trong khi các khía cạnh có thể được mô tả ở đây sử dụng công nghệ liên quan đến công nghệ không dây 3G và/hoặc 4G, các khía cạnh của sáng chế có thể được áp dụng trong các hệ thống truyền thông thế hệ khác, như công nghệ vô tuyến mới bao gồm 5G và công nghệ sau này.

Ngữ cảnh hệ thống truyền thông không dây

Fig.1 minh họa mạng truyền thông không dây 100 làm ví dụ, trong đó các khía cạnh của sáng chế có thể được thực hiện. Ví dụ, thiết bị truyền như UE 120 hoặc BS 110 có thể mã hóa tập hợp bit thông tin dựa trên mã kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (LDPC) để tạo ra từ mã. Thiết bị truyền có thể thực hiện đánh thủng mã LDPC theo mẫu đánh thủng. Mẫu đánh thủng có thể được thiết kế để đánh thủng các bit tương ứng với ít nhất hai trong số các nút biến. Các nút biến bị đánh thủng có thể là các nút biến bậc cao nhất trong ma trận cơ sở trừ các nút biến bậc tương đối thấp so với các nút biến trong các mã LDPC khác. Các nút biến bậc cao có nhiều kết nối với các nút kiểm tra. Đồ thị cơ sở lớn (ví dụ, có nhiều nút kiểm tra) có thể hỗ trợ/gồm các nút biến bậc cao hơn so với biểu đồ cơ sở nhỏ (ví dụ, có một vài nút kiểm tra). Các bit chẵn lẻ phụ có thể được thêm vào cấu trúc mã LDPC đối với mỗi cặp nút biến bị đánh thủng.

Như được thể hiện trên Fig.1, mạng truyền thông không dây 100 có thể bao gồm một số BS 110 và các thực thể mạng khác. BS có thể là trạm truyền thông với các UE. Mỗi trạm cơ sở 110 có thể cung cấp vùng phủ sóng truyền thông cho một vùng địa lý cụ thể. Trong 3GPP, thuật ngữ “ô” có thể chỉ vùng phủ sóng của nút B và/hoặc hệ thống con của nút B phục vụ vùng phủ sóng này, tùy thuộc vào ngữ cảnh mà thuật ngữ này được sử dụng. Trong hệ thống NR, thuật ngữ “ô” và gNB, nút B, 5G NB, AP, NR BS, NR BS, TRP, v.v., có thể hoán đổi cho nhau. Trong một số ví dụ, ô có thể không nhất thiết là ô tĩnh, và khu vực địa lý của ô có thể di chuyển theo vị trí của trạm cơ sở di động. Trong một số ví dụ, các trạm cơ sở có thể được kết nối với nhau và/hoặc với một hoặc nhiều trạm cơ sở hoặc nút mạng khác (không được thể hiện trên hình vẽ) trong mạng truyền thông không dây 100 qua một số loại giao diện backhaul khác nhau như kết nối vật lý trực tiếp, mạng ảo, hoặc tương tự bằng cách sử dụng mạng truyền tải thích hợp bất kỳ.

Nói chung, số lượng mạng không dây bất kỳ có thể được triển khai trong một vùng địa lý cho trước. Mỗi mạng không dây có thể hỗ trợ một công nghệ truy cập vô tuyến cụ thể (radio access technology - RAT) và có thể hoạt động trên một hoặc nhiều tần số. RAT cũng có thể được gọi là công nghệ vô tuyến, giao diện không gian, v.v. Tần số cũng có thể được gọi là sóng mang, kênh tần số, v.v. Mỗi tần số có thể hỗ trợ một RAT trong vùng địa lý cho trước để tránh nhiễu giữa các mạng không dây có các RAT khác nhau. Trong một số trường hợp, các mạng NR hoặc RAT 5G có thể được triển khai.

BS có thể cung cấp vùng phủ sóng truyền thông cho ô macro, ô pico, ô femto, và/hoặc các loại ô khác. Ô macro có thể bao phủ vùng địa lý tương đối rộng (chẳng hạn, có bán kính vài kilômét) và có thể cho phép các UE là thuê bao dịch vụ truy cập không hạn chế. Ô pico có thể bao gồm vùng địa lý tương đối nhỏ và có thể cho phép các UE là thuê bao dịch vụ truy cập không hạn chế. Ô femto cũng có thể bao phủ vùng địa lý tương đối nhỏ (ví dụ, gia đình) và có thể cho phép các UE có liên hệ với ô femto (ví dụ, các UE trong nhóm thuê bao kín (closed subscriber group - CSG) truy cập giới hạn, các UE cho người dùng trong gia đình, v.v.). BS dùng cho ô macro có thể được gọi là BS macro. BS dùng cho ô pico có thể được gọi là BS pico. BS dùng cho ô femto có thể được gọi là BS femto hoặc BS thường trú. Trong ví dụ được thể hiện trên Fig.1, BS 110a, BS 110b, và BS 110c có thể lần lượt là các BS macro đối với ô macro 102a, ô macro 102b, và ô macro 102c. BS có thể hỗ trợ một hoặc nhiều (ví dụ, ba) ô.

Mạng truyền thông không dây 100 còn có thể bao gồm các trạm chuyển tiếp. Trạm chuyển tiếp là trạm nhận cuộc truyền dữ liệu và/hoặc thông tin khác từ trạm phía trên (ví dụ, BS 110 hoặc UE 120) và truyền cuộc truyền dữ liệu và/hoặc thông tin khác cho trạm phía dưới (ví dụ, UE 120 hoặc BS 110). Trạm chuyển tiếp cũng có thể là UE mà chuyển tiếp các cuộc truyền cho các UE khác. Trong ví dụ được thể hiện trên Fig.1, trạm chuyển tiếp 110r có thể truyền thông với BS 110a và UE 120r để hỗ trợ truyền thông giữa BS 110a và UE 120r. Trạm chuyển tiếp cũng có thể được gọi là bộ phận chuyển tiếp, eNB chuyển tiếp, v.v.

Mạng truyền thông không dây 100 có thể là mạng không đồng nhất bao gồm các BS thuộc các loại khác nhau, ví dụ, BS macro, BS pico, BS femto, trạm chuyển tiếp, v.v. Các loại BS khác nhau này có thể có các mức công suất truyền khác nhau, các khu

vực phủ sóng khác nhau, và sự ảnh hưởng khác nhau đối với nhiễu trong mạng truyền thông không dây 100. Ví dụ, BS macro có thể có mức công suất truyền cao (ví dụ, 20 Watt) trong khi BS pico, BS femto, và các bộ chuyển tiếp có thể có mức công suất truyền thấp hơn (ví dụ, 1 Watt).

Mạng truyền thông không dây 100 có thể hỗ trợ hoạt động đồng bộ hoặc không đồng bộ. Đối với hoạt động đồng bộ, các trạm cơ sở có thể có định thời khung tương tự, và các cuộc truyền từ các trạm cơ sở khác nhau có thể được đồng chỉnh xấp xỉ theo thời gian. Đối với hoạt động không đồng bộ, các trạm cơ sở có thể có các định thời khung khác nhau, và các cuộc truyền từ các trạm cơ sở khác nhau có thể không được đồng chỉnh theo thời gian. Các kỹ thuật được mô tả ở đây có thể được dùng cho cả hoạt động đồng bộ hoặc không đồng bộ.

Bộ điều khiển mạng 130 có thể ghép nối với tập hợp các BS và cung cấp sự phối hợp và điều khiển cho các BS này. Bộ điều khiển mạng 130 có thể truyền thông với các BS 110 qua tuyến backhaul. Các BS cũng có thể truyền thông với nhau, ví dụ, trực tiếp hoặc gián tiếp qua tuyến backhaul không dây hoặc có dây.

Các UE 120 (ví dụ, UE 120x, UE 120y, v.v.) có thể phân tán khắp mạng truyền thông không dây 100, và mỗi UE có thể là cố định hoặc di động. UE cũng có thể được gọi là trạm di động, thiết bị đầu cuối, đầu cuối truy cập, đơn vị thuê bao, trạm, thiết bị đặt tại cơ sở của khách hàng (Customer Premises Equipment - CPE), điện thoại di động, máy trợ giúp số cá nhân (personal digital assistant - PDA), modem không dây, thiết bị truyền thông không dây, thiết bị cầm tay, máy tính xách tay, điện thoại không dây, trạm vòng cục bộ không dây (wireless local loop - WLL), máy tính bảng, camera, thiết bị trò chơi, netbook, smartbook, ultrabook, thiết bị y tế hoặc dụng cụ y tế, cảm biến/thiết bị sinh trắc học, thiết bị mang được như đồng hồ thông minh, quần áo thông minh, kính thông minh, vòng tay thông minh, trang sức thông minh (ví dụ, nhẫn thông minh, vòng cổ thông minh, v.v.), thiết bị giải trí (ví dụ, thiết bị nghe nhạc, thiết bị phát video, vô tuyến vệ tinh, v.v.), bộ phận hoặc cảm biến của xe, thiết bị đo/cảm biến thông minh, thiết bị sản xuất công nghiệp, thiết bị hệ thống định vị toàn cầu hoặc thiết bị thích hợp khác được tạo cấu hình để truyền thông qua môi trường có dây hoặc không dây. Một số UE có thể được xem là thiết bị cải tiến hoặc truyền thông dạng máy (machine-type communication - MTC) hoặc thiết bị MTC cải tiến (evolved MTC - eMTC). Các UE

MTC và eMTC gồm, ví dụ, rôbot, thiết bị bay không người lái, thiết bị từ xa, cảm biến, thiết bị đo, thiết bị giám sát, thẻ vị trí, v.v. có thể truyền thông với BS, thiết bị khác (ví dụ, thiết bị từ xa), hoặc một số thực thể khác. Nút không dây có thể cung cấp, ví dụ, khả năng kết nối cho hoặc với mạng (ví dụ, mạng diện rộng như Internet hoặc mạng kiểu ô) qua liên kết truyền thông có dây hoặc không dây. Một số UE có thể được xem là thiết bị internet vạn vật (Internet-of-Things - IoT).

Trên Fig.1, đường nét liền có hai mũi tên biểu thị các cuộc truyền mong muốn giữa UE và BS phục vụ là BS được chỉ định để phục vụ UE trên liên kết xuống và/hoặc liên kết lên. Đường nét đứt nhỏ có hai mũi tên biểu thị các cuộc truyền bị nhiễu giữa UE và BS.

Một số mạng không dây (ví dụ, LTE) sử dụng kỹ thuật dồn kênh phân tần trực giao (orthogonal frequency division multiplexing - OFDM) trên liên kết xuống và dồn kênh phân tần một sóng mang (SC-FDM) trên liên kết lên. OFDM và SC-FDM phân chia băng thông hệ thống thành nhiều (K) sóng mang con trực giao, hay còn gọi là âm, bin, v.v. Mỗi sóng mang con có thể được điều biến với dữ liệu. Nói chung, các ký hiệu điều biến được gửi trong miền tần số với OFDM và trong miền thời gian với SC-FDM. Khoảng cách giữa các sóng mang con liên tiếp có thể được cố định, và tổng số sóng mang con (K) có thể phụ thuộc vào băng thông hệ thống. Ví dụ, khoảng cách của các sóng mang con có thể là 15 kHz và phần cấp phát tài nguyên nhỏ nhất (gọi là “khối tài nguyên” (RB)) có thể là 12 sóng mang con (tức là, 180 kHz). Do vậy, kích thước biến đổi Fourier nhanh (Fast Fourier Transform - FFT) danh nghĩa có thể lần lượt bằng 128, 256, 512, 1024 hoặc 2048 đối với băng thông hệ thống 1,25 MHz, 2,5 MHz, 5 MHz, 10 MHz, hoặc 20 MHz. Băng thông hệ thống có thể còn được phân chia thành các dải con. Ví dụ, dải con có thể bao gồm 1,08 MHz (tức là 6 RB), và có thể lần lượt có 1, 2, 4, 8 hoặc 16 dải con đối với băng thông hệ thống 1,25 MHz, 2,5 MHz, 5 MHz, 10 MHz, hoặc 20 MHz.

Trong khi các khía cạnh của các ví dụ được mô tả trong sáng chế này có thể liên quan đến công nghệ LTE, các khía cạnh của sáng chế có thể được áp dụng cho các hệ thống truyền thông không dây khác như NR.

NR có thể sử dụng OFDM có CP trên liên kết lên và liên kết xuống và bao gồm bước hỗ trợ hoạt động bán song công sử dụng kỹ thuật song công phân thời (time division duplex - TDD). Băng thông sóng mang một thành phần 100 MHz có thể được hỗ trợ. Các RB có chuẩn NR có thể trải trên 12 sóng mang con với băng thông sóng mang con là 75 kHz trong khoảng thời gian 0,1 mili giây (ms – milisecond). Mỗi khung vô tuyến có thể bao gồm 50 khung con có độ dài 10 ms. Do vậy, mỗi khung con có thể có độ dài 0,2 ms. Mỗi khung con có thể chỉ báo hướng liên kết (tức là, liên kết lên hoặc liên kết xuống) để truyền dữ liệu và hướng liên kết của mỗi khung con có thể được dịch chuyển động. Mỗi khung con có thể gồm dữ liệu DL/UL cũng như dữ liệu điều khiển DL/UL. Các khung con UL và DL cho chuẩn NR có thể được mô tả chi tiết dưới đây dựa vào các hình vẽ trên Fig.6 và Fig.7. Kỹ thuật tạo chùm có thể được hỗ trợ và hướng chùm có thể được tạo cấu hình động. Các cuộc truyền MIMO có sự mã hóa trước cũng có thể được hỗ trợ. Các cấu hình MIMO trên DL có thể hỗ trợ tối đa 8 anten phát với các cuộc truyền DL đa tầng tối đa 8 dòng và tối đa 2 dòng trên mỗi UE. Các cuộc truyền đa tầng với tối đa 2 dòng trên mỗi UE có thể được hỗ trợ. Việc gộp nhiều ô có thể được hỗ trợ với tối đa 8 ô phục vụ. Theo cách khác, chuẩn NR có thể hỗ trợ giao diện không gian khác, ngoài giao diện dựa trên OFDM.

Theo một số ví dụ, việc truy cập vào giao diện không gian có thể được lập lịch. Thực thể lập lịch (ví dụ, BS 110 hoặc UE 120) cấp phát tài nguyên để truyền thông giữa một số hoặc tất cả các thiết bị và dụng cụ trong vùng hoặc ô dịch vụ của nó. Theo sáng chế, như được mô tả thêm dưới đây, thực thể lập lịch có thể chịu trách nhiệm lập lịch, gán, tạo cấu hình lại, và giải phóng tài nguyên cho một hoặc nhiều thực thể phụ thuộc. Tức là, đối với truyền thông được lập lịch, thực thể phụ thuộc sử dụng tài nguyên được phân bổ bởi thực thể lập lịch. Các trạm cơ sở không phải là các thực thể duy nhất đóng vai trò là thực thể lập lịch. Tức là, trong một số ví dụ, UE có thể đóng vai trò là thực thể lập lịch, lập lịch tài nguyên cho một hoặc nhiều thực thể phụ thuộc (ví dụ, một hoặc nhiều UE khác). Trong ví dụ này, UE đóng vai trò là thực thể lập lịch, và các UE sử dụng tài nguyên được lập lịch bởi UE để truyền thông không dây. UE có thể đóng vai trò là thực thể lập lịch trong mạng ngang hàng (peer-to-peer - P2P), và/hoặc trong mạng kiểu lưới. Trong ví dụ về mạng kiểu lưới, các UE có thể tùy ý truyền thông trực tiếp với nhau ngoài truyền thông với thực thể lập lịch.

Do đó, trong mạng truyền thông không dây có sự truy cập lập lịch vào tài nguyên thời gian - tần số và có cấu hình dạng ô, cấu hình P2P, và cấu hình dạng lưới, thực thể lập lịch và một hoặc nhiều thực thể phụ thuộc có thể truyền thông bằng cách sử dụng tài nguyên đã lập lịch.

Mạng truy cập vô tuyến (radio access network - RAN) NR có thể gồm một hoặc nhiều đơn vị trung tâm (central unit- CU) và các đơn vị phân tán (distributed unit - DU). BS NR (ví dụ, gNB, NB 5G, NB, NB 5GB, TRP, AP) có thể tương ứng với một hoặc nhiều BS. Các ô NR có thể được tạo cấu hình như ô truy cập (ACell - access cells) hoặc chỉ là ô dữ liệu (data cell-DCell). DCell có thể là các ô được dùng để gộp sóng mang hoặc cho khả năng kết nối kép, nhưng không được dùng để truy cập ban đầu, chọn/chọn lại ô hoặc chuyển vùng.

Fig.2 minh họa kiến trúc logic làm ví dụ của mạng RAN phân tán 200, mà có thể được cài đặt trong hệ thống truyền thông không dây 100 được minh họa trên Fig.1. Nút truy cập (access node - AN) 5G 206 có thể bao gồm bộ điều khiển nút truy cập (access node controller - ANC) 202. ANC 202 có thể là CU của mạng RAN phân tán 200. Giao diện backhaul với mạng lõi thế hệ tiếp theo (next generation core network - NG-CN) 204 có thể kết thúc ở ANC 202. Giao diện backhaul với nút truy cập thế hệ tiếp theo (next generation access node - NG-AN) lân cận có thể kết thúc ở ANC 202. ANC 202 có thể bao gồm một hoặc nhiều TRP 208.

Các TRP 208 bao gồm các DU. TRP 208 có thể được kết nối với một ANC (ANC 202) hoặc nhiều hơn một ANC (không được thể hiện). Ví dụ, để dùng chung RAN, phải triển khai sóng vô tuyến là dịch vụ (radio as a service - RaaS), và AND dành riêng cho dịch vụ, TRP có thể kết nối với nhiều hơn một ANC 202. TRP 208 có thể bao gồm một hoặc nhiều cổng anten. Các TRP 208 có thể được tạo cấu hình để cung cấp lưu lượng riêng (ví dụ, lựa chọn động) hoặc chung (chẳng hạn, truyền chung) cho UE (ví dụ, UE 120).

Kiến trúc logic làm ví dụ của RAN phân tán 200 có thể được dùng để minh họa định nghĩa fronthaul. Kiến trúc logic có thể hỗ trợ các giải pháp fronthaul theo các dạng triển khai khác nhau. Ví dụ, kiến trúc logic có thể dựa trên khả năng của mạng truyền (ví dụ, băng thông, độ trễ và/hoặc độ biến động). Kiến trúc logic có thể dùng chung các

chức năng và/hoặc thành phần với LTE. NG-AN 210 có thể hỗ trợ khả năng kết nối kép với NR. NG-AN 210 có thể dùng chung fronthaul chung cho LTE và NR. Kiến trúc logic có thể cho phép hợp tác giữa và trong số các TRP 208. Ví dụ, sự hợp tác có thể được tạo cấu hình trước trong TRP 208 và/hoặc trên các TRP 208 qua ANC 202. Có thể không có giao diện giữa các TRP.

Kiến trúc logic cho RAN phân tán 200 có thể bao gồm cấu hình động có các hàm logic phân tách. Sáng chế sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây dựa vào Fig.5, lớp điều khiển tài nguyên vô tuyến (Radio Resource Control - RRC), lớp giao thức hội tụ dữ liệu gói (Packet Data Convergence Protocol - PDCP), lớp điều khiển liên kết vô tuyến (Radio Link Control - RLC), lớp điều khiển truy cập phương tiện (Medium Access Control - MAC), và các lớp vật lý (Physical - PHY) có thể được đặt tại DU (ví dụ, TRP 208) hoặc CU (ví dụ, ANC 202).

Fig.3 minh họa một ví dụ về kiến trúc vật lý của RAN phân tán 300 theo các khía cạnh của sáng chế. Như được thể hiện trên Fig.3, RAN phân tán 300 gồm đơn vị mạng lõi tập trung (centralized core network unit - C-CU) 302, đơn vị RAN tập trung (C-RU - centralized RAN unit) 304, và DU 306.

C-CU 302 có thể quản lý các chức năng mạng lõi. C-CU 302 có thể được triển khai tập trung. Chức năng của C-CU 302 giảm tải (ví dụ, cho các dịch vụ không dây nâng cao (advanced wireless service - AWS)), trong nỗ lực xử lý dung lượng tối đa. C-RU 304 có thể quản lý một hoặc nhiều chức năng ANC. Tùy ý, C-RU 304 có thể quản lý một cách cục bộ các chức năng mạng lõi. C-RU 304 có thể có sự triển khai phân tán. C-RU 304 có thể được đặt ở gần biên của mạng. DU 306 có thể quản lý một hoặc nhiều TRP (nút biên (edge node - EN), đơn vị biên (edge unit - EU), đầu vô tuyến (radio head - RH), đầu vô tuyến thông minh (smart radio head - SRH) hoặc tương tự). DU 306 có thể được đặt ở các biên của mạng có chức năng tần số vô tuyến (RF - radio frequency).

Fig.4 minh họa các thành phần ví dụ của BS 110 và UE 120 được minh họa trên Fig.1, có thể được sử dụng để thực hiện các khía cạnh của sáng chế để mã hóa LDPC một cách linh hoạt và chặt chẽ hiệu suất cao. Một hoặc nhiều thành phần của BS 110 và UE 120 được thể hiện trên Fig.4 có thể được sử dụng để thực hiện các khía cạnh của sáng chế. Ví dụ, các anten từ 452a đến 454r, các bộ giải điều biến/bộ điều biến từ 454a

đến 454r, bộ xử lý TX MIMO 466, bộ xử lý thu 458, bộ xử lý truyền 464, và/hoặc bộ điều khiển/bộ xử lý 480 của UE 120 và/hoặc các anten từ 434a đến 434t, các bộ giải điều biến/bộ điều biến từ 434a đến 434t, bộ xử lý TX MIMO 430, bộ xử lý truyền 420, bộ xử lý thu 438, và/hoặc bộ điều khiển/bộ xử lý 440 của BS 110 có thể được sử dụng để thực hiện các thao tác 1300 được mô tả ở đây và được minh họa dựa vào Fig.13.

Đối với trường hợp kết hợp giới hạn, BS 110 có thể là BS marco 110c trên Fig.1, và UE 120 có thể là UE 120y. BS 110 cũng có thể là BS thuộc một số dạng khác. Trạm cơ sở 110 có thể được trang bị các anten từ 434a đến 434t, và UE 120 có thể được trang bị các anten từ 452a đến 452r.

Tại BS 110, bộ xử lý truyền 420 có thể thu dữ liệu từ nguồn dữ liệu 412 và thông tin điều khiển từ bộ điều khiển/bộ xử lý 440. Thông tin điều khiển có thể dành cho kênh phát rộng vật lý (Physical Broadcast Channel - PBCH), kênh chỉ báo định dạng điều khiển vật lý (Physical Control Format Indicator Channel - PCFICH), kênh chỉ báo ARQ lai vật lý (Physical Hybrid ARQ Indicator Channel - PHICH), kênh điều khiển liên kết xuống (Physical Downlink Control Channel - PDCCH), hoặc kênh điều khiển hoặc tín hiệu khác. Dữ liệu có thể dành cho kênh dùng chung liên kết xuống vật lý (Physical Downlink Shared Channel - PDSCH), hoặc kênh dữ liệu hoặc tín hiệu khác. Bộ xử lý truyền 420 có thể xử lý (ví dụ, mã hóa và ánh xạ ký hiệu) dữ liệu và thông tin điều khiển để lần lượt thu được ký hiệu dữ liệu và ký hiệu điều khiển. Ví dụ, bộ xử lý truyền 420 có thể mã hóa các bit thông tin sử dụng thiết kế mã LPDC được mô tả chi tiết hơn dưới đây. Bộ xử lý truyền 420 cũng có thể tạo ký hiệu tham chiếu, ví dụ, cho tín hiệu đồng bộ hóa sơ cấp (primary synchronization signal - PSS), tín hiệu đồng bộ hóa thứ cấp (secondary synchronization signal - SSS), và tín hiệu tham chiếu dành riêng cho ô (cell-specific reference signal - CRS). Bộ xử lý nhiều đầu vào nhiều đầu ra (MIMO - multiple-input multiple-output) truyền (Tx) 430 có thể thực hiện xử lý không gian (ví dụ, tiền mã hóa) trên các ký hiệu dữ liệu, ký hiệu điều khiển, và/hoặc các ký hiệu tham chiếu, nếu có thể, và có thể cung cấp các dòng ký hiệu đầu ra cho các bộ điều biến (MOD - modulator) từ 432a đến 432t. Mỗi bộ điều biến 432 có thể xử lý dòng ký hiệu đầu ra tương ứng (ví dụ, cho OFDM, v.v.) để thu được dòng mẫu đầu ra. Mỗi bộ điều biến 432 có thể còn xử lý (ví dụ, chuyển đổi sang tương tự, khuếch đại, lọc, và tăng tần số) dòng

mẫu đầu ra để thu được tín hiệu liên kết xuống. Các tín hiệu liên kết xuống từ các bộ điều biến từ 432a đến 432t có thể được truyền lần lượt qua các anten từ 434a đến 434t.

Tại UE 120, các anten từ 452a đến 452r có thể thu các tín hiệu liên kết xuống từ trạm cơ sở 110 và có thể cung cấp lần lượt các tín hiệu đã thu cho các bộ giải điều biến (demodulator - DEMOD) từ 454a đến 454r. Mỗi bộ giải điều biến 454 có thể làm thích ứng (ví dụ, lọc, khuếch đại, giảm tần số, và số hóa) tín hiệu nhận được tương ứng để thu được các mẫu đầu vào. Mỗi bộ giải điều biến 454 có thể còn xử lý các mẫu đầu vào (ví dụ, cho OFDM, v.v.) để thu được các ký hiệu đã thu. Bộ dò MIMO 456 có thể thu được các ký hiệu đã thu từ tất cả các bộ giải điều biến từ 454a đến 454r, thực hiện dò MIMO trên các ký hiệu đã thu nếu có thể, và cung cấp các ký hiệu dò được. Bộ xử lý thu 458 có thể xử lý (ví dụ, giải điều biến, giải đan xen và giải mã) các ký hiệu dò được, cung cấp dữ liệu giải mã cho UE 120 cho bộ góp dữ liệu 460, và cung cấp thông tin điều khiển đã giải mã cho bộ điều khiển/bộ xử lý 480.

Trên liên kết lên, tại UE 120, bộ xử lý truyền 464 có thể thu và xử lý dữ liệu (ví dụ, cho kênh dùng chung liên kết lên vật lý (Physical Uplink Shared Channel - PUSCH) hoặc kênh dữ liệu hoặc tín hiệu khác) từ nguồn dữ liệu 462 và thông tin điều khiển (ví dụ, cho kênh điều khiển liên kết lên vật lý (PUCCH) hoặc kênh dữ liệu hoặc tín hiệu khác) từ bộ điều khiển/bộ xử lý 480. Bộ xử lý truyền 464 cũng có thể tạo ra các ký hiệu tham chiếu cho tín hiệu tham chiếu. Các ký hiệu từ bộ xử lý truyền 464 có thể được mã hóa trước bởi bộ xử lý MIMO TX 466 nếu có thể, còn được xử lý bởi các bộ giải điều biến từ 454a đến 454r (ví dụ, cho SC-FDM, v.v.), và được truyền đến BS 110. Ở BS 110, các tín hiệu liên kết lên từ UE 120 có thể được thu bởi các anten 434, được xử lý bởi các bộ giải điều biến 432, được phát hiện bởi bộ dò MIMO 436 nếu có thể, và còn được xử lý bởi bộ xử lý thu 438 để thu được dữ liệu đã giải mã và thông tin điều khiển do UE 120 gửi. Bộ xử lý thu 438 có thể cung cấp dữ liệu đã giải mã cho bộ góp dữ liệu 439 và thông tin điều khiển đã giải mã cho bộ điều khiển/bộ xử lý 440.

Bộ nhớ 442 có thể lưu trữ dữ liệu và các mã chương trình cho BS 110 và bộ nhớ 482 có thể lưu trữ dữ liệu và các mã chương trình cho UE 120. Bộ lập lịch 444 có thể lập lịch các UE để truyền dữ liệu trên liên kết xuống và/hoặc liên kết lên.

Fig.5 minh họa sơ đồ 500 thể hiện các ví dụ thực hiện chồng giao thức truyền thông, theo các khía cạnh của sáng chế. Các chồng giao thức truyền thông được minh họa có thể được thực hiện bởi các thiết bị hoạt động trong hệ thống 5G (ví dụ, hệ thống hỗ trợ tính di động dựa trên liên kết lên). Sơ đồ 500 thể hiện chồng giao thức truyền thông bao gồm lớp RRC 510, lớp PDCP 515, lớp RLC 520, lớp MAC 525, và lớp PHY 530. Theo một ví dụ, các lớp của chồng giao thức có thể được thực hiện là các modul phần mềm riêng, các phần của bộ xử lý hoặc ASIC, các phần của thiết bị không cùng vị trí được kết nối bằng liên kết truyền thông hoặc các kết hợp khác nhau của chúng. Các phương án cùng vị trí và không cùng vị trí có thể được sử dụng, ví dụ, trong chồng giao thức cho thiết bị truy cập mạng (ví dụ, AN, CU và/hoặc DU) hoặc UE.

Tùy chọn thứ nhất 505-a thể hiện phương án thực hiện tách chồng giao thức, trong đó phương án thực hiện của chồng giao thức được tách giữa giữa thiết bị truy cập mạng tập trung (ví dụ, ANC 202) và thiết bị truy cập mạng phân tán (ví dụ, DU 208). Trong tùy chọn thứ nhất 505-a, lớp RRC 510 và lớp PDCP 515 có thể được thực hiện bởi CU, và lớp RLC 520, lớp MAC 525, và lớp PHY 530 có thể được thực hiện bởi DU. Theo các ví dụ khác nhau, CU và DU có thể được đặt cùng vị trí hoặc không cùng vị trí. Tùy chọn thứ nhất 505-a có thể hữu ích trong việc triển khai ô macro, ô micro hoặc ô pico.

Tùy chọn thứ hai 505-b thể hiện phương án thực hiện hợp nhất chồng giao thức, trong đó chồng giao thức được thực hiện trong một thiết bị truy cập mạng (ví dụ, nút truy cập (AN), NR BS, NB NR, nút mạng (network node - NN), TRP, gNB, v.v.). Trong tùy chọn thứ hai, mỗi lớp RRC 510, lớp PDCP 515, lớp RLC 520, lớp MAC 525, và lớp PHY 530 có thể được thực hiện bởi AN. Tùy chọn thứ hai 505-b có thể có ích khi triển khai ô femto.

Bất kể thiết bị truy cập mạng thực hiện một phần hay toàn bộ chồng giao thức, UE có thể thực hiện toàn bộ chồng giao thức (ví dụ, lớp RRC 510, lớp PDCP 515, lớp RLC 520, lớp MAC 525, và lớp PHY 530).

Fig.6 là sơ đồ thể hiện ví dụ về khung con lấy DL làm trung tâm. Khung con lấy DL làm trung tâm 600 có thể gồm phần điều khiển 602. Phần điều khiển 602 này có thể có trong phần ban đầu hoặc phần bắt đầu của khung con lấy DL làm trung tâm 600. Phần

điều khiển 602 có thể gồm các thông tin lập lịch và/hoặc thông tin điều khiển khác nhau tương ứng với các phần khác nhau của khung con lấy DL làm trung tâm 600. Trong một số cấu hình, phần điều khiển 602 có thể là kênh điều khiển DL vật lý (PDCCH - physical DL control channel), như được thể hiện trên Fig.6. Khung con lấy DL làm trung tâm 600 có thể gồm phần dữ liệu DL 604. Phần dữ liệu DL 604 có thể được gọi là phần tải tin của khung con lấy DL làm trung tâm 600. Phần dữ liệu DL 604 có thể gồm tài nguyên truyền thông được sử dụng để truyền thông dữ liệu DL từ thực thể lập lịch (ví dụ, UE hoặc BS) đến thực thể phụ thuộc (ví dụ, UE). Trong một số cấu hình, phần dữ liệu 604 có thể là kênh dùng chung DL vật lý (PDCCH).

Khung con lấy DL làm trung tâm 600 có thể còn gồm phần UL chung. Phần UL chung có thể được gọi là khối UL, khối UL chung và/hoặc các thuật ngữ thích hợp khác. Phần UL chung 606 có thể gồm thông tin phản hồi tương ứng với các phần khác nhau của khung con lấy DL làm trung tâm 600. Ví dụ, phần UL chung 606 có thể gồm thông tin phản hồi tương ứng với phần điều khiển 602. Các ví dụ không giới hạn về thông tin phản hồi có thể gồm tín hiệu báo nhận (acknowledgment - ACK), tín hiệu báo phủ nhận (negative acknowledgment - NACK), chỉ báo HARQ, và/hoặc các loại thông tin thích hợp khác. Phần UL chung 606 có thể ngoài ra hoặc theo cách khác gồm thông tin như thông tin về các thủ tục kênh truy cập ngẫu nhiên (random access channel - RACH), yêu cầu lập lịch (scheduling request - SR), và các loại thông tin thích hợp khác. Như được thể hiện trên Fig.6, phần cuối của phần dữ liệu DL 604 có thể được tách theo thời gian từ phần đầu của phần UL chung 606. Việc phân tách theo thời gian này có thể được gọi là khe, chu kỳ bảo vệ, khoảng thời gian bảo vệ và/hoặc các thuật ngữ thích hợp khác. Việc phân tách này tạo ra thời gian cho việc chuyển đổi từ truyền thông DL (ví dụ, thao tác nhận bởi thực thể phụ thuộc (ví dụ, UE)) sang truyền thông UL (ví dụ, truyền bởi thực thể phụ thuộc (ví dụ, UE)). Trên đây đơn thuần là một ví dụ về khung con lấy DL làm trung tâm và các cấu trúc khác có các đặc tính tương tự có thể tồn tại mà không nhất thiết là nằm ngoài các khía cạnh được mô tả trong sáng chế này.

Fig.7 là sơ đồ thể hiện ví dụ về khung con lấy UL làm trung tâm. Khung con lấy UL làm trung tâm 700 có thể gồm phần điều khiển 702. Phần điều khiển 702 có thể tồn tại trong phần ban đầu hoặc phần bắt đầu của khung con lấy UL làm trung tâm 700. Phần điều khiển 702 trên Fig.7 có thể tương tự như phần điều khiển 602, như được mô

tả trên đây dựa vào hình vẽ trên Fig.6. Khung con lấy UL làm trung tâm 700 có thể gồm phần dữ liệu UL 704. Phần dữ liệu UL 704 có thể được gọi là phần tải tin của khung con lấy UL làm trung tâm 700. Phần dữ liệu UL 704 có thể chỉ các tài nguyên truyền thông được sử dụng để truyền thông dữ liệu UL từ thực thể phụ thuộc (ví dụ, UE) đến thực thể lập lịch (ví dụ, UE hoặc BS). Trong một số cấu hình, phần điều khiển 702 có thể là PDCCH.

Như được thể hiện trên Fig.7, phần cuối của phần điều khiển DL 702 có thể được tách theo thời gian từ phần đầu của phần dữ liệu UL 704. Việc phân tách theo thời gian này có thể được gọi là khe, chu kỳ bảo vệ, khoảng thời gian bảo vệ và/hoặc các thuật ngữ thích hợp khác. Sự phân tách này cung cấp thời gian cho việc chuyển đổi từ truyền thông DL (ví dụ, thao tác nhận bởi thực thể lập lịch) sang truyền thông UL (ví dụ, truyền bởi thực thể lập lịch). Khung con lấy UL làm trung tâm 700 có thể còn gồm phần UL chung 706. Phần UL chung 706 trên FIG.7 có thể tương tự như phần UL chung 606, như được mô tả trên đây dựa vào hình vẽ trên Fig.6. Phần UL chung 706 có thể ngoài ra hoặc theo cách khác gồm thông tin như thông tin về chỉ báo chất lượng kênh (channel quality indicator - CQI), các tín hiệu tham chiếu thăm dò (sounding reference signal - SRS) và các loại thông tin thích hợp khác. Trên đây đơn thuần là một ví dụ về khung con lấy UL làm trung tâm và các cấu trúc khác có các đặc tính tương tự có thể tồn tại mà không nhất thiết là nằm ngoài các khía cạnh được mô tả trong bản mô tả này.

Trong một số trường hợp, hai hoặc nhiều thực thể phụ thuộc (ví dụ, UE) có thể truyền thông với nhau bằng cách sử dụng các tín hiệu liên kết phụ. Các ứng dụng thế giới thực của các cuộc truyền thông liên kết phụ này có thể gồm các ứng dụng an toàn công cộng, dịch vụ lân cận, chuyển tiếp từ UE tới mạng, truyền thông xe tới xe (vehicle-to-vehicle-V2V), truyền thông internet vạn vật (Internet-of-Everything-IoE), truyền thông IoT, mạng lưới trọng yếu và/hoặc các ứng dụng thích hợp khác. Nói chung, tín hiệu liên kết phụ có thể chỉ tín hiệu được truyền từ một thực thể phụ thuộc (ví dụ, UE1) đến thực thể phụ thuộc khác (ví dụ, UE2) mà không cần chuyển tiếp cuộc truyền thông này qua thực thể lập lịch (ví dụ, UE hoặc BS), ngay cả khi thực thể lập lịch có thể được sử dụng cho mục đích lập lịch và/hoặc điều khiển. Trong một số ví dụ, tín hiệu liên kết phụ có thể được truyền nhờ sử dụng phổ có đăng ký (không giống như mạng cục bộ không dây (WLAN) thường sử dụng phổ không cần đăng ký).

UE có thể hoạt động trong các cấu hình tài nguyên vô tuyến khác nhau bao gồm cấu hình liên quan đến việc truyền các tín hiệu dẫn đường sử dụng tập tài nguyên riêng (ví dụ, trạng thái riêng của lớp điều khiển tài nguyên vô tuyến (radio resource control - RRC), v.v.) hoặc cấu hình liên quan đến việc truyền các tín hiệu dẫn đường sử dụng tập tài nguyên chung (ví dụ, trạng thái chung của lớp RRC, v.v.). Khi hoạt động ở trạng thái riêng của RRC, UE có thể chọn tập tài nguyên riêng để truyền tín hiệu dẫn đường đến mạng. Khi hoạt động ở trạng thái chung của RRC, UE có thể chọn tập tài nguyên chung để truyền tín hiệu dẫn đường đến mạng. Trong cả hai trường hợp, tín hiệu dẫn đường được truyền bởi UE có thể được thu bởi một hoặc nhiều thiết bị truy cập mạng như AN hoặc DU, hoặc các phần của chúng. Mỗi thiết bị truy cập mạng thu có thể được tạo cấu hình để thu và đo tín hiệu dẫn đường truyền trên tập tài nguyên chung và cũng thu và đo tín hiệu dẫn đường được truyền trên tập tài nguyên riêng cấp phát cho các UE mà thiết bị truy cập mạng là một thành viên của tập giám sát các thiết bị truy cập mạng đối với UE này. Một hoặc nhiều thiết bị truy cập mạng thu hoặc CU mà các thiết bị truy cập mạng thu truyền kết quả xác định tín hiệu dẫn đường đến đó, có thể sử dụng kết quả đo để nhận dạng các ô phục vụ cho các UE hoặc để khởi động việc thay đổi ô phục vụ cho một hoặc nhiều UE.

Ví dụ về các đặc tính mã hóa sửa lỗi

Nhiều hệ thống truyền thông sử dụng các mã sửa lỗi. Cụ thể, các mã sửa lỗi bù cho độ không tin cậy thực của việc truyền thông tin trong các hệ thống này bằng cách đưa phần dư vào dòng dữ liệu. Cụ thể, các mã kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (LDPC) là loại mã sửa lỗi sử dụng hệ thống mã hóa lặp. Mã Gallager là một ví dụ gần đây về các mã LDPC “đều”. Các mã LDPC đều là mã khối tuyến tính mà trong đó phần lớn các phần tử của ma trận kiểm tra chẵn lẻ H của nó bằng ‘0’.

Các mã LDPC có thể được biểu diễn bằng các đồ thị hai phía (còn gọi là “đồ thị Tanner”). Trong đồ thị hai phía, tập các nút biến tương ứng với các bit của từ mã (ví dụ, các bit thông tin hoặc bit hệ thống) và tập các nút kiểm tra tương ứng với tập các ràng buộc kiểm tra chẵn lẻ xác định mã. Do vậy, các nút của đồ thị được tách thành hai tập riêng biệt và có các biên kết nối các nút thuộc hai loại khác nhau, nút biến và nút kiểm tra. Đồ thị hoặc mã đều là một đồ thị hoặc mã mà đối với đồ thị hoặc mã này tất cả các nút biến có cùng bậc và tất cả các nút ràng buộc có cùng bậc. Trong trường hợp này, mã

này là mã đều. Mặt khác, mã không đều có các nút ràng buộc và/hoặc các nút liên kết có các bậc khác nhau. Ví dụ, một vài nút biên có thể có bậc 4, một số nút khác có bậc 3 và một số nút khác nữa có bậc 2.

Kỹ thuật “nâng” cho phép các mã LDPC sẽ được triển khai bằng cách sử dụng các thiết lập mã hóa và/hoặc giải mã song song trong khi vẫn giảm độ phức tạp thường liên quan đến các mã LDPC lớn. Cụ thể hơn, kỹ thuật nâng là kỹ thuật tạo ra mã LDPC tương đối lớn từ nhiều bản sao của một mã cơ sở nhỏ hơn. Ví dụ, mã LDPC được nâng có thể được tạo ra bằng cách tạo ra một số (Z) bản sao song song của đồ thị cơ sở và sau đó liên kết các bản sao song song này bằng cách hoán vị các nhóm biên của mỗi bản sao của đồ thị cơ sở. Do vậy, đồ thị lớn hơn có thể thu được bằng thuật toán “sao chép và hoán vị” trong đó nhiều bản sao được chồng lên nhau để các đỉnh cùng loại ở gần nhau, nhưng toàn bộ đồ thị bao gồm nhiều đồ thị con không kết nối.

Đồ thị nâng được tạo ra bằng cách sao chép đồ thị cơ sở hai phía (G), mà còn được gọi là đồ thị nguyên thủy, một số lần, Z có thể được gọi là độ nâng, cỡ nâng hoặc giá trị cỡ nâng. Nút biên và nút kiểm tra được xem là “hàng xóm” nếu chúng kết nối với nhau bởi “biên” (tức là, đường kết nối nút biên với nút kiểm tra) trên đồ thị. Ngoài ra, đối với mỗi biên (e) của đồ thị cơ sở hai phía (G), phép hoán vị được áp dụng cho Z bản sao của biên (e) để liên kết N bản sao của G . Hoán vị thường có giá trị nguyên k kết hợp với biên, có thể được gọi là giá trị nâng. Chuỗi bit có mối liên quan một-một với chuỗi nút biên là từ mã hợp lệ nếu và chỉ nếu, đối với mỗi nút kiểm tra, các bit kết hợp với tất cả nút biên lân cận cộng với không modun 2 (tức là, chúng gồm số lượng chẵn của 1). Mã LDPC thu được có thể là mã gần vòng (quasi-cyclic-QC) nếu các giá trị hoán vị (giá trị nâng) được sử dụng là giá trị vòng.

Các hình vẽ từ Fig.8 đến Fig.8A thể hiện lần lượt dạng biểu diễn bằng đồ thị và ma trận của mã LDPC làm ví dụ theo một số khía cạnh của sáng chế. Ví dụ, Fig.8 thể hiện đồ thị hai phía 800 biểu diễn mã LDPC. Đồ thị hai phía 800 bao gồm tập gồm 5 nút biên 810 (được biểu thị bằng các hình tròn) nối với 4 nút kiểm tra 820 (được biểu diễn bằng hình vuông). Các biên trên đồ thị hai phía 800 kết nối các nút biên 810 với các nút kiểm tra 820 (được biểu diễn bằng các đường kết nối các nút biên 810 với các nút kiểm tra 820). Do vậy, đồ thị hai phía 800 gồm $|V| = 5$ nút biên và $|C| = 4$ nút kiểm tra, được nối bởi $|E| = 12$ biên.

Đồ thị hai phía 800 có thể được biểu diễn bằng ma trận liên kề đơn giản hóa, như được thể hiện trên Fig.8A. Dạng biểu diễn ma trận 800A gồm ma trận kiểm tra chẵn lẻ (PCM - parity check matrix) H và vectơ từ mã x , trong đó x_1 - x_5 biểu diễn các bit của từ mã x . H được sử dụng để xác định xem tín hiệu nhận được có được giải mã bình thường không. H có C hàng tương ứng với j nút kiểm tra và V cột tương ứng với i nút biến (tức là, ký hiệu được giải điều biến) trong đó các hàng biểu diễn các phương trình và các cột biểu diễn các bit của từ mã. Trên Fig.8A, H có 4 hàng và 5 cột lần lượt tương ứng với 4 nút kiểm tra và 5 nút biến từ đồ thị hai phía 800. Nếu nút kiểm tra thứ j được nối với nút biến thứ i bởi một biên (tức là, hai nút là lân cận), thì có số "1" trong cột thứ i và trong hàng thứ j của ma trận H . Tức là, sự giao nhau của hàng thứ i và cột thứ j chứa số "1" khi biên nối các đỉnh tương ứng và chứa số "0" khi không có biên. Vectơ từ mã x biểu diễn từ mã hợp lệ nếu và chỉ nếu $Hx = 0$ (ví dụ, đối với mỗi nút ràng buộc, các bit lân cận với nút ràng buộc (qua sự kết hợp của chúng với các nút biến) cộng với 0 modun 2 (tức là, chúng gồm số lượng chẵn các số một). Do vậy, nếu từ mã thu được chính xác, thì $Hx = 0 \pmod{2}$. Khi tích của tín hiệu nhận được mã hóa và H là "0", điều này biểu thị rằng không có lỗi.

Số lượng ký hiệu được giải điều biến hoặc các nút biến là độ dài mã LDPC. Số lượng các phần tử khác không trong hàng (cột) được định nghĩa là trọng số của hàng (cột) $d(c)d(v)$. Bậc của một nút chỉ số lượng biên kết nối với nút đó. Ví dụ, như được thể hiện trên Fig.8, nút biến 801 có ba bậc kết nối, với các biên kết nối với các nút kiểm tra 811, 812, và 813. Nút biến 802 có ba bậc kết nối, với các biên kết nối với các nút kiểm tra 811, 813, và 814. Nút biến 803 có hai bậc kết nối, với các biên kết nối với các nút kiểm tra 811 và 814. Nút biến 804 có hai bậc kết nối, với các biên kết nối với các nút kiểm tra 812 và 814. Và nút biến 805 có hai bậc kết nối, với các biên kết nối với các nút kiểm tra 812 và 813. Đặc tính này được minh họa trong ma trận H được thể hiện trên Fig.8A trong đó số lượng biên có liên quan đến nút biến 810 bằng với số lượng số 1 trong cột tương ứng và được gọi là bậc của nút biến $d(v)$. Tương tự, số lượng biên nối nút kiểm tra 820 bằng với số lượng số 1 trong hàng tương ứng và được gọi là bậc của nút kiểm tra $d(c)$. Ví dụ, như được thể hiện trên Fig.8A, cột thứ nhất trong ma trận H tương ứng với nút biến 801 và các mục nhập tương ứng trong cột này (1, 1, 1, 0) thể hiện các kết nối biên với các nút kiểm tra 811, 812, và 813, còn 0 thể hiện không có biên

nào kết nối với nút kiểm tra 814. Các mục nhập ở cột thứ hai, thứ ba, thứ tư và thứ năm của ma trận H lần lượt biểu diễn các kết nối biên của các nút biến 802, 803, 804, và 805, với nút kiểm tra.

Fig.9 là đồ thị hai phía 900 thể hiện việc nâng ba bản sao của đồ thị hai phía 800 trên Fig.8. Ba bản sao có thể được liên kết bằng cách hoán vị các biên giống nhau giữa các bản sao. Nếu các hoán vị giới hạn ở các hoán vị vòng, thì đồ thị thu được tương ứng với mã LDPC gần vòng có độ nâng $Z = 3$. Đồ thị ban đầu mà từ đồ thị này ba bản sao được tạo ra được gọi là đồ thị cơ sở. Để suy ra các đồ thị có kích thước khác nhau từ đồ thị cơ sở, phép toán “sao chép và hoán vị” có thể được áp dụng cho đồ thị cơ sở.

PCM tương ứng của đồ thị đã nâng có thể được xây dựng từ PCM của đồ thị cơ sở bằng cách thay mỗi mục nhập trong PCM cơ sở bằng ma trận $Z \times Z$. Các mục nhập “0” (mục nhập không có các biên cơ sở) được thay thế bằng ma trận 0 và các mục nhập 1 (chỉ báo biên cơ sở) được thay thế bằng ma trận hoán vị $Z \times Z$. Trong trường hợp nâng vòng, các hoán vị là các hoán vị vòng.

Mã LDPC nâng vòng cũng có thể được dịch là mã trên vòng của các đa thức nhị phân modun $x^Z + 1$. Trong quy trình dịch này, đa thức nhị phân, $(x) = b_0 + b_1x + b_2x^2 + \dots + b_{Z-1}x^{Z-1}$ có thể được kết hợp với mỗi nút biến trên đồ thị cơ sở. Vector nhị phân $(b_0, b_1, b_2, \dots, b_{Z-1})$ tương ứng với các bit kết hợp với Z nút biến tương ứng trên đồ thị nâng, tức là Z bản sao của một nút biến cơ sở. Hoán vị vòng k (được gọi là giá trị nâng kết hợp các biên trên đồ thị) của vector nhị phân thu được bằng cách nhân đa thức nhị phân tương ứng với x^k trong đó phép nhân được lấy modun $x^Z + 1$. Kiểm tra chẵn lẻ bậc d trên đồ thị cơ sở có thể được dịch là ràng buộc tuyến tính trên đa thức nhị phân lân cận $B_1(x), \dots, B_d(x)$, được viết là $x^{k_1}B_1(x) + x^{k_2}B_2(x) + \dots + x^{k_d}B_d(x) = 0$ hoặc $x^{k_1}B_1(x) + x^{k_2}B_2(x) + \dots + x^{k_d}B_d(x) = 0$, các giá trị, $k_1, \dots, k_d$ là các giá trị nâng vòng kết hợp với các biên tương ứng.

Phương trình kết quả này tương đương với Z nút kiểm tra chẵn lẻ trên đồ thị Tanner tương ứng với một nút kiểm tra chẵn lẻ kết hợp trên đồ thị cơ sở. Do vậy, ma trận kiểm tra chẵn lẻ cho đồ thị nâng có thể được biểu diễn bằng cách sử dụng ma trận cho đồ thị cơ sở trong đó các mục nhập 1 được thay bằng các đơn thức có dạng x^k và các mục nhập 0 được nâng bằng 0, nhưng giờ đây 0 được dịch là đa thức nhị phân 0

modun $x^z + 1$. Ma trận như vậy có thể được ghi bằng cách lấy giá trị k thay cho x^k . Trong trường hợp này đa thức 0 đôi khi được biểu diễn là “-1” và đôi khi là ký tự khác để phân biệt đa thức này với x^0 .

Thông thường, ma trận con bình phương của ma trận kiểm tra chẵn lẻ biểu diễn các bit chẵn lẻ của mã. Các cột bổ sung tương ứng với các bit thông tin mã, tại thời điểm mã hóa, là thiết lập bằng bit thông tin để được mã hóa. Quy trình mã hóa có thể được thực hiện bằng cách giải các biến trong ma trận con bình phương để thỏa mãn các phương trình kiểm tra chẵn lẻ. Ma trận H có thể được chia thành hai phần M và N trong đó M là phần bình phương. Do vậy, việc mã hóa rút gọn về việc giải $Mc = s = Nd$ trong đó c và d chứa x . Trong trường hợp các mã gần vòng hoặc mã nâng vòng, đại số trên có thể được dịch là ở trên vòng của modun đa thức nhị phân $x^z + 1$. Trong trường hợp mã LDPC theo chuẩn 802.11, là mã gần vòng, ma trận con mã hóa M có dạng biểu diễn số nguyên như được thể hiện trên Fig.10.

Từ mã LDPC thu được có thể được giải mã để tạo ra phiên bản tái tạo của từ mã ban đầu. Trong trường hợp không có lỗi hoặc trong trường hợp có các lỗi có thể sửa được, quy trình giải mã có thể được sử dụng để khôi phục đơn vị dữ liệu ban đầu đã được mã hóa. Các bit dư có thể được sử dụng bởi bộ giải mã để dò tìm và sửa các lỗi bit. (Các) bộ giải mã LDPC thường hoạt động bằng cách thực hiện lặp lại các phép tính cục bộ và chuyển các kết quả này nhờ trao đổi các thông báo trong đồ thị hai phía 800, dọc theo các biên và cập nhật các thông báo này bằng cách thực hiện các tính toán ở các nút dựa trên các thông báo đến. Các bước này thường được lặp lại vài lần. Ví dụ, mỗi nút biên 810 trên đồ thị 800 ban đầu có thể được cung cấp với “bit mềm” (ví dụ, biểu diễn bit thu được của từ mã) mà chỉ báo ước tính về giá trị bit liên quan như được xác định nhờ các giá trị quan sát từ kênh truyền thông. Bằng cách sử dụng các bit mềm này các bộ giải mã LDPC có thể cập nhật các thông báo bằng cách đọc lặp lại các thông báo hoặc một vài phần thông báo từ bộ nhớ và ghi lại thông báo đã cập nhật hoặc một vài phần của chúng, trở lại bộ nhớ. Các thao tác cập nhật thường dựa trên các ràng buộc kiểm tra chẵn lẻ của mã LDPC tương ứng. Trong các cài đặt đối với mã LDPC nâng, thông báo trên các biên giống nhau thường được xử lý song song.

Các mã LDPC được thiết kế cho các ứng dụng tốc độ cao thường sử dụng các cấu trúc gần vòng với các hệ số nâng lớn và đồ thị cơ sở tương đối nhỏ để hỗ trợ sự song

song cao trong các thao tác mã hóa và giải mã. Các mã LDPC có tốc độ mã cao (ví dụ, tỷ lệ độ dài thông báo so với độ dài từ mã) có xu hướng có tương đối ít lần kiểm tra chẵn lẻ hơn. Nếu số lần kiểm tra chẵn lẻ cơ sở nhỏ hơn bậc của nút biến (ví dụ, số biên kết nối với nút biến), thì trên đồ thị cơ sở nút biến đó được kết nối với ít nhất một trong số các kiểm tra chẵn lẻ cơ sở bằng hai hoặc nhiều biên (ví dụ, nút biến có một “biên kép”). Nếu số lần kiểm tra chẵn lẻ cơ sở nhỏ hơn bậc của nút biến (ví dụ, số biên kết nối với nút biến), thì trên đồ thị cơ sở nút biến đó được kết nối với ít nhất một trong số các kiểm tra chẵn lẻ cơ sở bằng hai hoặc nhiều biên. Việc có nút biến cơ sở và nút kiểm tra cơ sở được kết nối bởi hai hoặc nhiều biên thường là không mong muốn đối với các mục đích cài đặt phần cứng song song. Ví dụ, các biên kép này có thể dẫn đến nhiều thao tác đọc và ghi đồng thời vào cùng một vị trí nhớ, mà có thể phát sinh các vấn đề liên quan đến sự gắn kết dữ liệu. Biên kép ở mã LDPC cơ sở có thể khởi động việc đọc song song cùng một giá trị bit mềm ở vị trí nhớ hai lần trong quy trình một cập nhật kiểm tra chẵn lẻ song song. Do vậy, thường cần có mạch bổ sung để kết hợp các giá trị bit mềm mà được ghi trở lại vào bộ nhớ, để đưa cả hai cập nhật vào một cách thích hợp. Việc loại bỏ các biên kép ở mã LDPC giúp tránh được sự phức tạp thêm này.

Các thiết kế mã LDPC dựa trên sự nâng vòng có thể được dịch là các mã trên các vòng modun đa thức có thể là modun đa thức nhị phân x^Z-1 , trong đó Z là kích thước nâng (ví dụ, kích thước của vòng trong mã gần vòng). Do vậy, việc mã hóa các mã này có thể thường được dịch là phép toán đại số trong vòng này.

Theo định nghĩa về tổ hợp mã LDPC không đều chuẩn (sự phân bố bậc) tất cả các biên trên biểu diễn đồ thị Tanner có thể được hoán đổi về mặt thống kê. Nói cách khác, có một nhóm biên tương đương về mặt thống kê. Đối với các mã LDPC đa biên, có thể có nhiều nhóm biên tương đương. Trong khi trong định nghĩa về tập hợp LDPC không đều chuẩn, các nút trên đồ thị (cả nút biến và nút ràng buộc) được xác định bởi bậc của các nút, tức là, số biên mà các nút kết nối, trong cài đặt dạng đa biên, bậc biên là một vector, nó xác định số lượng biên kết nối với nút này từ mỗi nhóm (loại) tương đương biên một cách độc lập. Tập hợp dạng đa biên gồm số lượng loại biên hữu hạn. Loại bậc của nút ràng buộc là một vector các số nguyên (không âm); mục nhập bậc thứ i của vector này ghi lại số lượng lỗi của loại thứ i kết nối với nút này. Vector này có thể được gọi là bậc biên. Loại bậc của nút biến có hai phần mặc dù nó có thể được xem là

một vector của các số nguyên (không âm). Phần thứ nhất liên quan đến phân bố thu được và sẽ được gọi là bậc thu được và phần thứ hai mô tả bậc biên. Bậc biên đóng vai trò giống như đối với các nút ràng buộc. Các biên được phân loại vì các biên ghép cặp các lỗ cùng loại. Ràng buộc, mà các lỗ phải ghép cặp với các lỗ thuộc loại tương tự, mô tả khái niệm dạng đa biên. Trong phần mô tả dạng đa biên, các loại nút khác nhau có thể có các phân bố thu khác nhau (ví dụ, bit liên quan có thể qua các kênh khác nhau).

Kỹ thuật đánh thủng được thực hiện bằng cách loại bỏ các bit khỏi từ mã để tạo ra từ mã ngắn hơn. Do vậy, các nút biên bị đánh thủng tương ứng với bit từ mã thực tế không được truyền. Việc đánh thủng nút biên trong mã LDPC tạo ra mã ngắn hơn (ví dụ, do loại bỏ bit), trong khi vẫn loại bỏ hiệu quả nút kiểm tra. Cụ thể, để biểu diễn ma trận của một mã LDPC, bao gồm các bit cần được đánh thủng, trong đó nút biên được đánh thủng có bậc là một (ví dụ, bằng cách kết hợp hàng), việc đánh thủng nút biên loại bỏ bit liên quan khỏi mã và loại bỏ hiệu quả một nút kiểm tra lân cận khỏi đồ thị. Kết quả là, số nút kiểm tra trên đồ thị giảm xuống một. Bước đánh thủng có thể được thực hiện theo mẫu đánh thủng. Mẫu đánh thủng định rõ các bit cần được đánh thủng.

Fig.11 là sơ đồ khối giản lược minh họa bộ mã hóa theo một số khía cạnh của sáng chế. Fig.11 là sơ đồ khối đơn giản hóa 1100 thể hiện một phần của modem tần số vô tuyến (RF) 1150 mà có thể được tạo cấu hình để cung cấp tín hiệu gồm thông báo mã hóa để truyền thông không dây. Theo một ví dụ, bộ mã hóa chấp 1102 ở BS 110 (hoặc UE 120 trên liên kết ngược) nhận thông báo 1120 để truyền. Thông báo 1120 này có thể chứa dữ liệu và/hoặc dữ liệu thoại được mã hóa hoặc nội dung khác gửi cho thiết bị thu. Bộ mã hóa 1102 mã hóa thông báo bằng cách sử dụng sơ đồ điều biến và mã hóa (modulation and coding scheme - MCS) thích hợp, thường được chọn dựa trên cấu hình được xác định bởi BS 110 hoặc thực thể mạng khác. Sau đó, dòng bit mã hóa 1122 được tạo ra bởi bộ mã hóa 1102 có thể được đánh thủng có chọn lọc bởi modul đánh thủng 1104, có thể là một thiết bị hoặc bộ phận tách biệt hoặc có thể được tích hợp với bộ mã hóa 1102. Modul đánh thủng 1104 có thể xác định rằng dòng bit cần được đánh thủng trước khi truyền, hoặc được truyền mà không cần đánh thủng. Quyết định đánh thủng dòng bit 1122 thường được thực hiện dựa trên các điều kiện mạng, cấu hình mạng, các ưu tiên xác định RAN và/hoặc vì các lý do khác. Dòng bit 1122 có thể được đánh thủng theo mẫu đánh thủng 1112 và được sử dụng để mã hóa thông báo 1120. Modul đánh

thùng 1104 cung cấp đầu ra 1124 cho bộ ánh xạ 1106 để tạo ra chuỗi ký hiệu Tx 1126 được điều biến, khuếch đại hoặc xử lý theo cách khác bởi chuỗi Tx 1108 để tạo ra tín hiệu RF 1128 để truyền qua anten 1110.

Đầu ra 1124 của modul đánh thùng 1104 có thể là dòng bit không đánh thùng 1122 hoặc phiên bản bị đánh thùng của dòng bit 1122, tùy theo việc phần modem 1150 có được tạo cấu hình để đánh thùng dòng bit 1122 hay không. Theo một ví dụ, bit chặn lẻ và/hoặc bit sửa lỗi khác có thể được đánh thùng ở đầu ra 1124 của bộ mã hóa 1102 để truyền thông báo 1120 trên băng thông giới hạn của kênh RF. Theo ví dụ khác, dòng bit này có thể được đánh thùng để giảm công suất cần thiết để truyền thông báo 1120, để tránh nhiễu hoặc vì các lý do liên quan đến mạng khác. Các bit từ mã đánh thùng này không được truyền.

Các bộ giải mã và thuật toán giải mã được sử dụng để giải mã từ mã LDPC hoạt động bằng cách trao đổi các thông báo trong đồ thị dọc theo các biên và cập nhật các thông báo này bằng cách thực hiện các tính toán ở các nút dựa trên các thông báo đến. Mỗi nút biên trên đồ thị ban đầu có thể được cung cấp một bit mềm, được gọi là giá trị thu chỉ báo ước tính về giá trị của bit liên quan như được xác định nhờ các giá trị quan sát từ, ví dụ, kênh truyền thông. Lý tưởng nếu các ước tính cho các bit riêng là độc lập về mặt thống kê. Ý tưởng này có thể đi ngược lại thực tế. Từ thu được gồm một tập hợp các giá trị thu được.

Fig.12 là sơ đồ khối giản lược minh họa bộ giải mã theo một số khía cạnh của sáng chế. Fig.12 là sơ đồ giản lược 1200 thể hiện một phần của modem RF 1250 mà có thể được tạo cấu hình để thu và giải mã tín hiệu truyền không dây bao gồm thông báo mã hóa bị đánh thùng. Các bit từ mã bị đánh thùng có thể được coi là bị xóa. Ví dụ, các LLR của các nút bị đánh thùng có thể được thiết lập bằng “0” khi khởi tạo. Theo các ví dụ khác nhau, modem 1250 thu tín hiệu có thể thường trú ở UE, BS, hoặc thiết bị thích hợp bất kỳ khác để thực hiện các chức năng mô tả. Anten 1202 cung cấp tín hiệu RF 1220 cho UE. Chuỗi RF 1204 xử lý và giải điều biến tín hiệu RF 1220 và có thể cung cấp chuỗi ký hiệu 1222 cho bộ khử ánh xạ 1206, tạo ra dòng bit 1224 biểu diễn thông báo được mã hóa.

Bộ khử ánh xạ 1206 có thể tạo ra dòng bit khử đánh thủng 1224. Theo một ví dụ, bộ khử ánh xạ 1206 có thể gồm modul khử đánh thủng mà có thể được tạo cấu hình để chen các giá trị rỗng vào các vị trí trong dòng bit mà tại đó các bit bị đánh thủng bị bộ phát loại bỏ. Modul khử đánh thủng có thể được sử dụng khi đã biết mẫu đánh thủng 1210 được sử dụng để tạo ra dòng bit bị đánh thủng tại bộ phát. Mẫu đánh thủng 1210 có thể được sử dụng để nhận dạng các LLR 1228 mà có thể được bỏ qua trong quy trình giải mã dòng bit 1224 bởi bộ giải mã chập 1208. Các LLR có thể kết hợp với tập hợp các vị trí bit khử đánh thủng trong dòng bit 1224. Do vậy, bộ giải mã 1208 có thể tạo ra thông báo giải mã 1226 có chi phí xử lý giảm bằng cách bỏ qua các LLR đã nhận dạng 1228. Bộ giải mã LDPC có thể gồm các phần tử xử lý để thực hiện song song kiểm tra chẵn lẻ hoặc các thao tác của nút biến. Ví dụ, khi xử lý một từ mã có kích thước nâng Z , bộ giải mã LDPC có thể sử dụng số lượng (Z) phần tử xử lý để thực hiện đồng thời các thao tác kiểm tra chẵn lẻ trên tất cả Z biên của đồ thị.

Hiệu quả xử lý của bộ giải mã 1208 có thể được cải thiện bằng cách tạo cấu hình cho bộ giải mã 1208 để bỏ qua các LLR 1228 tương ứng với các bit bị đánh thủng trong thông báo được truyền trong dòng bit bị đánh thủng 1222. Dòng bit bị đánh thủng 1222 có thể được đánh thủng theo sơ đồ đánh thủng xác định một số bit cần loại bỏ khỏi thông báo mã hóa. Theo một ví dụ, một số bit chẵn lẻ hoặc bit sửa lỗi khác có thể được loại bỏ. Mẫu đánh thủng có thể được biểu diễn trong ma trận hoặc bảng đánh thủng để nhận dạng vị trí các bit bị đánh thủng trong mỗi thông báo. Sơ đồ đánh thủng có thể được chọn để giảm chi phí xử lý mà được sử dụng để giải mã thông báo 1226 trong khi vẫn tuân theo tốc độ dữ liệu trên kênh truyền thông và/hoặc với các giới hạn công suất truyền do mạng thiết lập. Dòng bit bị đánh thủng kết quả thường có các đặc tính sửa lỗi của mã sửa lỗi tỷ lệ cao nhưng có ít phần dư hơn. Do vậy, việc đánh thủng có thể được triển khai hiệu quả để giảm chi phí xử lý ở bộ giải mã 1208 ở bộ thu khi các điều kiện kênh tạo ra tỷ lệ tín hiệu trên tạp âm (signal to noise ratio - SNR) tương đối cao.

Bộ giải mã chập 1208 có thể được dùng để giải mã chuỗi thông tin m-bit từ dòng bit đã được mã hóa bằng cách sử dụng mã chập. Bộ giải mã 1208 có thể gồm bộ giải mã Viterbi, bộ giải mã đại số hoặc bộ giải mã thích hợp khác. Theo một ví dụ, bộ giải mã Viterbi sử dụng thuật toán Viterbi đã biết để tìm ra chuỗi trạng thái báo hiệu có khả năng nhất (đường Viterbi) tương ứng với dòng bit thu được 1224. Dòng bit 1224 có thể được

giải mã dựa trên phân tích thống kê các LLR được tính toán cho dòng bit 1224. Theo một ví dụ, bộ giải mã Viterbi có thể so sánh và chọn đường Viterbi chính xác để xác định chuỗi trạng thái báo hiệu bằng cách sử dụng thử nghiệm tỷ số hợp lệ để tạo ra các LLR từ dòng bit 1224. Tỷ lệ hợp lệ có thể được sử dụng để so sánh về mặt thống kê sự thích hợp của các đường Viterbi ứng viên bằng cách sử dụng thử nghiệm tỷ số hợp lệ mà so sánh lôgarit của tỷ số hợp lệ đối với mỗi đường Viterbi ứng viên (tức là, LLR) để xác định đường nào có nhiều khả năng tính đến chuỗi ký hiệu tạo ra dòng bit 1224.

Ở bộ thu, bộ giải mã giống như vậy được dùng để giải mã các dòng bit không bị đánh thủng thường được sử dụng để giải mã dòng bit bị đánh thủng, bất kể có bao nhiêu bit bị đánh thủng. Ở các bộ thu thông thường, thông tin LLR thường được khử đánh thủng trước trước khi cố gắng giải mã bằng cách nạp các LLR cho các trạng thái hoặc vị trí bị đánh thủng (các LLR bị khử đánh thủng) bằng các số không. Bộ giải mã có thể bỏ qua các LLR bị khử đánh thủng mà không mang thông tin.

Đặc tính đánh thủng tăng cường và đặc tính của cấu trúc mã LDPC ví dụ

Một trong những đặc tính mong muốn của các mã LDPC dự định để truyền thông không dây là hiệu suất cao đối với cả kênh nhiễu Gaussian lẫn kênh fading. Cũng mong muốn rằng bậc cao nhất của các nút biên (ví dụ bậc kết nối, hoặc số lượng kết nối của các nút biên trên đồ thị với các nút kiểm tra trên đồ thị) không quá lớn (ví dụ, so với mã LDPC chuẩn).

Một số hệ thống (ví dụ, 802.11n, 802.11ad, WiMAX, ATSC, v.v.) có thể sử dụng cấu trúc mã LDPC dạng đa biên. Các mã LDPC dạng đa biên có các ưu điểm so với mã LDPC không đều chuẩn. Ví dụ, cấu trúc mã LDPC dạng đa biên có thể tạo ra nhiều bậc tự do hơn so với mã LDPC không đều chuẩn, có thể được sử dụng để thiết kế các mã có hiệu suất hoàn hảo, độ phức tạp mã hóa/giải mã thấp và/hoặc các đặc tính mong muốn khác.

Các cấu trúc dạng đa biên có thể đưa các nút biên bị đánh thủng bậc cao vào thiết kế để khoảng trống dung lượng có thể giảm cùng với bậc nút giới hạn. Mặc dù các nút bị đánh thủng giúp đạt được mục tiêu thiết kế đã biết là điều kiện sơ khởi, nhưng các nút bị đánh thủng có thể làm cho bộ giải mã lặp bị chậm lại khi bắt đầu quy trình giải mã. Ví dụ, các nút bị đánh thủng gửi đi thông tin xóa dọc theo các biên ngoài khiến

cho các nút kiểm tra đã kết nối gửi đi ít hoặc không gửi đi thông tin trong một vài lần lặp ban đầu. Trong ngữ cảnh của các mã LDPC nâng, đối với một mã được cấu trúc bằng cách nâng (ví dụ, sao chép) mã cơ sở tương đối nhỏ, thường mong muốn là mã cơ sở không có hoặc có ít biên kép (ví dụ, nút biến kết nối với nút kiểm tra nhờ hai biên). Do các nút biến bậc cao kết nối với nhiều nút kiểm tra, các nút biến bậc cao có thể có xu hướng tạo ra các biên kép, ví dụ, ở tốc độ cao khi số lượng nút kiểm tra tương đối nhỏ.

Đặc tính mong muốn khác của các mã LDPC là hỗ trợ các quy trình mở rộng của yêu cầu lặp tự động lại (hybrid automatic repeat request - HARQ). Quy trình mở rộng HARQ có thể bao gồm việc thêm các bit chẵn lẻ bổ sung và tách các giá trị kiểm tra chẵn lẻ đã có có phần bổ sung nút biến bậc một. Nếu cả hai nửa tách được kết nối với nút biến bị đánh thủng, có thể mong muốn thu được hiệu suất mong muốn, thì nút kiểm tra tách trước có thể có ít nhất hai biên kết nối với các nút biến bị đánh thủng. Ví dụ, thiết kế mã LDPC có một nút biến bị đánh thủng bậc cao sẽ có các biên kép trong mã cơ sở. Do đó, mong muốn có nhiều nút biến bị đánh thủng có bậc nhỏ hơn chứ không phải là một nút biến bị đánh thủng có bậc cao; tuy nhiên, đối với các mã tốc độ cao có thể khó đạt được hiệu suất tốt. Nói cách khác, có thể có sự dung hòa giữa việc tránh các biên kép và đạt được tốc độ mã cao.

Do đó, các kỹ thuật đánh thủng mã LDPC có một vài biên kép nhưng vẫn mong muốn là có thể thu được hiệu suất cao cho các tốc độ mã có dải tần số rộng.

Kỹ thuật được mô tả trong bản mô tả này để đánh thủng tăng cường nhiều nút biến có bậc cao nhất trên đồ thị cơ sở, nhưng các nút biến bậc tương đối thấp so với các loại mã LDPC khác và cấu trúc mã LDPC có các bit chẵn lẻ bổ sung được thêm vào cấu trúc mã LDPC dạng đa biên có thể giúp đạt được tốc độ mã và hiệu suất mong muốn trên các kênh Gaussian và fading.

Fig.13 minh họa các thao tác 1300 làm ví dụ để truyền thông không dây theo một số khía cạnh của sáng chế. Các thao tác 1300 có thể được thực hiện, ví dụ, bởi thiết bị truyền (ví dụ, UE 120 hoặc BS 110). Các thao tác 1300 có thể bắt đầu, tại 1302, bằng cách mã hóa tập bit thông tin dựa trên mã LDPC (ví dụ, mã LDPC dạng đa biên) để tạo ra từ mã. Mã LDPC được xác định bởi ma trận cơ sở có số lượng nút biến thứ nhất (các

cột trong ma trận cơ sở) và số lượng nút kiểm tra thứ hai (các hàng trong ma trận cơ sở). Các nút biến có thể có kết nối bậc thấp với nút kiểm tra so với các nút biến trong mã LDPC tham chiếu (ví dụ, mã LDPC có một nút bị đánh thủng bậc cao) và ma trận cơ sở có ít nhất một bit chắn lẻ bổ sung (ví dụ, $M - 1$ nút biến bổ sung hoặc một nút biến bổ sung cho mỗi cặp nút biến bị đánh thủng) cho các nút biến bị đánh thủng. Tại 1304, thiết bị truyền đánh thủng từ mã theo mẫu đánh thủng được thiết kế để đánh thủng các bit tương ứng với ít nhất hai (ví dụ, M nút biến) trong số các nút biến (ví dụ, hai nút biến bậc cao nhất của ma trận cơ sở) để tạo ra từ mã bị đánh thủng. Tại 1306, thiết bị truyền thêm ít nhất một bit chắn lẻ bổ sung vào đồ thị cơ sở cho ít nhất một cặp trong số ít nhất hai nút biến bị đánh thủng.

Tại 1308, thiết bị truyền truyền từ mã bị đánh thủng. Theo một số khía cạnh, ít nhất một nút biến bổ sung được tạo ra bởi tính chắn lẻ của hai nút biến bị đánh thủng. Ít nhất một nút biến bổ sung có bậc kết nối với các nút kiểm tra bằng một.

Theo một số khía cạnh, mã LDPC có thể được thiết kế có nhiều nút bậc thấp hơn bị đánh thủng thay vì đánh thủng một nút bậc cao. Ví dụ, hai nút có bậc xác định có thể bị đánh thủng thay vì một nút bị đánh thủng có hai bậc. Các nút biến bị đánh thủng có thể là các nút biến bậc cao nhất trong cấu trúc mã LDPC, nhưng vẫn là các nút biến bậc tương đối thấp so với các mã LDPC khác (ví dụ, các mã thông thường) có một nút biến bị đánh thủng bậc cao. Sự có mặt của hai nút bị đánh thủng là các nút bậc thấp hơn có thể góp phần vào sự hội tụ giải mã chậm hơn cho các nút này, điều này có thể gây khó khăn hơn để thu được hiệu suất tốt đối với các mã tốc độ cao, cụ thể, khi số nút kiểm tra là tương đối nhỏ. Trong một số trường hợp, các nút bị đánh thủng có thể là các nút bậc cao nhất trên đồ thị cơ sở (tức là các nút biến có phần lớn các biên kết nối với các nút kiểm tra trên đồ thị cơ sở); tuy nhiên, các nút bị đánh thủng có thể có mức kết nối thấp so với mức kết nối cao nhất có thể hoặc mức của các nút bị đánh thủng trong mã LDPC tham chiếu.

Theo một số khía cạnh, (các) bit không bị đánh thủng bổ sung có thể được thêm vào cấu trúc mã LDPC. Các bit không bị đánh thủng bổ sung này có thể được tạo ra bằng cách áp dụng tính chắn lẻ của hai nút bị đánh thủng (ví dụ, các bit chắn lẻ có thể là nút biến bậc một). Việc thêm các bit không bị đánh thủng bổ sung vào cấu trúc mã LDPC có thể có tác dụng giảm tốc độ đánh thủng. Cấu trúc tổng thể của hai nút bị đánh

thùng và một bit chẵn lẻ được truyền bổ sung đánh thùng một cách hiệu quả duy nhất một bậc tự do không có mã. Các nút bị đánh thùng vẫn còn để cho các lợi ích của chúng vẫn có ở đó, nhưng bit chẵn lẻ có thể cho phép hội tụ nhanh hơn và do đó tạo điều kiện thuận lợi cho việc xác định các giá trị của bit bị đánh thùng trong quy trình giải mã. Cấu trúc này có thể giúp cải thiện hiệu suất của thiết kế tổng thể trên cả hai kênh Gaussian và fading trong khi vẫn hỗ trợ các đặc tính mong muốn khác nêu trên.

Theo một số khía cạnh, các cấu trúc mã LDPC có thể được sử dụng trong đó đồ thị cơ sở có một số lượng nhỏ các nút biên bị đánh thùng có bậc trung bình (ví dụ, tương đối thấp) (chẳng hạn bậc 3 đến bậc 7). Cấu trúc mã LDPC cũng có thể chứa các bit chẵn lẻ bổ sung mỗi bit được tạo ra từ hai nút bị đánh thùng như vậy.

Theo một phương án thực hiện làm ví dụ, cấu trúc mã LDPC có đồ thị cơ sở có độ dài 27 hoặc 28 có thể được sử dụng. Trên đồ thị cơ sở, hai nút biên bậc thấp có thể bị đánh thùng và một bit chẵn lẻ bổ sung có thể được thêm vào cấu trúc mã LDPC, được tạo ra bởi tính chẵn lẻ của hai nút bị đánh thùng này. Cấu trúc mã LDPC này có thể là hữu ích, ví dụ, đối với các tốc độ mã từ một phần tư đến tám phần chín.

Theo một số khía cạnh, các cấu trúc mã LDPC có đồ thị cơ sở lớn có thể gồm một lượng lớn các nút bị đánh thùng bậc thấp và số lượng lớn bit chẵn lẻ liên quan được thêm vào. Ví dụ, đối với m nút biên bị đánh thùng, $m - 1$ bit chẵn lẻ bậc một có thể được thêm vào. Mặc dù trong các trường hợp khác, số lượng bit chẵn lẻ khác có thể được thêm vào, ví dụ, trong một số trường hợp ít hơn $m - 1$ bit chẵn lẻ có thể được sử dụng. Theo một phương án thực hiện làm ví dụ khác được minh họa trên Fig.14, cấu trúc mã LDPC 1400 có đồ thị cơ sở có độ dài 36 có thể được sử dụng. Trong đồ thị cơ sở, ba nút biên bậc cao nhất 1304 trong cấu trúc mã LDPC 1400, có bậc tương đối thấp, bị đánh thùng và hai bit chẵn lẻ bổ sung 1306 được thêm vào cấu trúc mã LDPC 1400, mỗi bit được tạo ra bởi tính chẵn lẻ của hai trong số các nút bị đánh thùng và kết nối với một trong số các nút kiểm tra 1402.

Cần lưu ý rằng bậc của các nút bị đánh thùng bậc tương đối thấp không có các biên được dùng để tạo ra các bit chẵn lẻ bổ sung. Trong phần mở rộng HARQ, bậc của các nút bị đánh thùng có thể tăng đáng kể nhờ việc thêm các bit chẵn lẻ khác. Một trong những ưu điểm của thiết kế dạng đa biên là chúng cho phép đưa vào các nút biên bậc

một theo cách có kiểm soát. Bằng cách đánh thủng tất cả các nút biên bậc một và gỡ bỏ các nút biên này của đồ thị mã bằng cách loại bỏ nút kiểm tra kết hợp của chúng, có thể thu được đồ thị "lỗi". “Bậc” của các nút biên bị đánh thủng có thể là bậc của các nút trên đồ thị lỗi.

Kỹ thuật và thiết bị được mô tả ở đây để tạo ra cấu trúc mã LDPC có ít nhất hai nút biên bị đánh thủng có bậc tương đối thấp và việc thêm bit chẵn lẻ bổ sung cho cặp nút biên bị đánh thủng có thể tạo ra các thao tác tốt hơn cho bộ mã hóa/bộ giải mã và do vậy, hiệu suất của bộ xử lý và/hoặc hệ thống xử lý tăng. Ví dụ, sử dụng các nút bị đánh thủng bậc thấp giúp tránh được sự có mặt của biên kép trên đồ thị mà có thể làm chậm quy trình giải mã lặp. Bằng cách thêm các bit chẵn lẻ bổ sung vào đồ thị cơ sở cho các nút biên bị đánh thủng, có thể thu được hiệu suất tốt, ngay cả khi có các nút biên bị đánh thủng và tốc độ mã cao hơn có thể thu được trong khi vẫn tránh được việc tạo ra các biên kép trên đồ thị. Do vậy, quy trình mã hóa/giải mã sử dụng các cấu trúc mã LDPC được đề xuất dẫn đến thời gian xử lý được cải thiện.

Các phương pháp được bộc lộ ở đây bao gồm một hoặc nhiều bước hoặc thao tác để hoàn thành phương pháp đã được mô tả. Các bước và/hoặc thao tác của phương pháp có thể hoán đổi cho nhau mà không vượt quá phạm vi của yêu cầu bảo hộ. Nói cách khác, trừ khi thứ tự cụ thể của các bước hoặc thao tác được chỉ rõ, thứ tự và/hoặc cách sử dụng của các bước hoặc thao tác cụ thể có thể được thay đổi mà không vượt quá phạm vi của yêu cầu bảo hộ.

Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “xác định” bao hàm nhiều thao tác khác nhau. Ví dụ, bước “xác định” có thể bao gồm bước tính, tính toán, xử lý, suy ra, khảo sát, tra cứu (ví dụ, tra cứu trong bảng, cơ sở dữ liệu hoặc cấu trúc dữ liệu khác), xác minh và tương tự. Ngoài ra, bước “xác định” có thể bao gồm bước nhận (ví dụ, nhận thông tin), truy cập (ví dụ, truy cập dữ liệu trong bộ nhớ) và tương tự. Ngoài ra, bước “xác định” có thể bao gồm bước giải quyết, chọn lọc, chọn, thiết lập và tương tự.

Trong một số trường hợp, thay vì truyền khung thực sự, thiết bị có thể có giao diện để xuất ra khung để truyền. Ví dụ, bộ xử lý có thể xuất ra khung, qua giao diện bus, cho đầu trước tần số vô tuyến để truyền. Tương tự, thay vì nhận khung thực sự, thiết bị

có thể có giao diện để thu được khung nhận được từ thiết bị khác. Ví dụ, bộ xử lý có thể thu được (hoặc nhận) khung, qua giao diện bus, từ mặt trước tần số vô tuyến để truyền.

Một số thao tác của các phương pháp được mô tả trên đây có thể được thực hiện bởi phương tiện thích hợp bất kỳ có khả năng thực hiện các chức năng tương ứng. Các phương tiện này có thể bao gồm (các) thành phần phần cứng và/hoặc phần mềm khác nhau và/hoặc (các) môđun, bao gồm, nhưng không giới hạn ở mạch, mạch tích hợp chuyên dụng (application specific integrated circuit - ASIC), hoặc bộ xử lý. Nói chung, nếu có các hoạt động được minh họa trên các hình vẽ, thì các hoạt động này có thể có các thành phần phương tiện cộng chức năng tương đương với cách đánh số tương tự.

Các khối logic, môđun và mạch minh họa khác nhau được mô tả theo sáng chế có thể được triển khai hoặc thực hiện bằng bộ xử lý đa năng, bộ xử lý tín hiệu số (digital signal processor - DSP), mạch tích hợp chuyên dụng (application specific integrated circuit - ASIC), mảng cổng lập trình được dạng trường (field programmable gate array - FPGA) hoặc thiết bị logic lập trình được (programmable logic device - PLD), cổng rời rạc hoặc logic bán dẫn, các thành phần phần cứng rời rạc hoặc sự kết hợp bất kỳ giữa chúng được thiết kế để thực hiện các chức năng được mô tả ở đây. Bộ xử lý đa năng có thể là bộ vi xử lý, nhưng theo cách khác, bộ xử lý có thể là bất kỳ bộ xử lý, bộ điều khiển, bộ vi điều khiển, hoặc máy trạng thái nào có sẵn trên thị trường. Bộ xử lý cũng có thể được triển khai dưới dạng tổ hợp của các thiết bị máy tính, ví dụ, tổ hợp của DSP và bộ vi xử lý, nhiều bộ vi xử lý, một hoặc nhiều bộ vi xử lý kết hợp với lõi DSP, hoặc bất kỳ cấu hình nào khác tương tự.

Nếu được triển khai trong phần cứng, cấu hình phần cứng làm ví dụ có thể bao gồm hệ thống xử lý trong nút không dây. Hệ thống xử lý có thể triển khai với kiến trúc bus. Bus có thể bao gồm số lượng bus và cầu liên kết bất kỳ tùy thuộc vào ứng dụng cụ thể của hệ thống xử lý và các ràng buộc thiết kế tổng thể. Bus có thể liên kết các mạch với nhau gồm bộ xử lý, phương tiện đọc được bằng máy và giao diện bus. Giao diện bus có thể được dùng để nối bộ thích ứng mạng, trong số những cái khác, với hệ thống xử lý qua bus. Bộ thích ứng mạng có thể được sử dụng để thực hiện các chức năng xử lý tín hiệu của lớp PHY. Trong trường hợp nút không dây (xem Fig.1), giao diện người dùng (ví dụ, bàn phím, màn hình hiển thị, chuột, cần điều khiển, v.v.) cũng có thể được kết nối với bus. Bus này cũng có thể liên kết với các mạch khác nhau như các nguồn

định thời, thiết bị ngoại vi, bộ điều chỉnh điện áp, mạch quản lý công suất và tương tự, đã biết trong lĩnh vực này và do vậy, không được mô tả thêm. Bộ xử lý có thể được triển khai với một hoặc nhiều bộ xử lý đa năng và/hoặc bộ xử lý chuyên dụng. Các ví dụ bao gồm bộ vi xử lý, bộ vi điều khiển, bộ xử lý DSP và mạch khác có thể thực thi phần mềm. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này sẽ nhận biết được cách thức tốt nhất để thực hiện chức năng đối với hệ thống xử lý tùy thuộc vào ứng dụng cụ thể và các ràng buộc thiết kế tổng thể áp dụng trên toàn hệ thống.

Nếu được triển khai trong phần mềm, các chức năng này có thể được lưu trữ trên hoặc truyền dưới dạng một hoặc nhiều lệnh hoặc mã trên phương tiện đọc được bằng máy tính. Phần mềm sẽ được hiểu với nghĩa rộng là các lệnh, dữ liệu hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng, dù được gọi là ngôn ngữ mô tả phần mềm, phần sụn, phần giữa, vi mã, phần cứng, hoặc các loại khác. Phương tiện đọc được bằng máy tính bao gồm cả phương tiện lưu trữ máy tính và phương tiện truyền thông bao gồm phương tiện bất kỳ mà hỗ trợ truyền chương trình máy tính từ vị trí này đến vị trí khác. Bộ xử lý có nhiệm vụ quản lý bus và xử lý chung, bao gồm thực thi môđun phần mềm được lưu trữ trên phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy. Phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính được ghép nối với bộ xử lý sao cho bộ xử lý có thể đọc thông tin từ, và ghi thông tin lên phương tiện lưu trữ. Theo cách khác, phương tiện lưu trữ có thể được tích hợp vào bộ xử lý. Ví dụ, phương tiện đọc được bằng máy có thể gồm đường truyền, sóng mang được điều biến bởi dữ liệu và/hoặc phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính có các lệnh lưu trữ trên đó tách biệt với nút không dây, tất cả có thể được truy cập bởi bộ xử lý qua giao diện bus. Theo cách khác hoặc ngoài ra, phương tiện đọc được bằng máy hoặc phần bất kỳ của nó có thể được tích hợp vào bộ xử lý như trường hợp có bộ nhớ cache và/hoặc tập tin ghi chung. Ví dụ về phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy có thể gồm, ví dụ, RAM (bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên), bộ nhớ nhanh, ROM (bộ nhớ chỉ đọc), bộ nhớ chỉ đọc lập trình được (PROM - Programmable Read-Only Memory), bộ nhớ chỉ đọc lập trình được xóa được (EPROM - Erasable Programmable Read-Only Memory), bộ nhớ chỉ đọc lập trình được xóa được bằng điện (EEPROM - Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory), thanh ghi, đĩa từ, đĩa quang, ổ cứng hoặc phương tiện lưu trữ thích hợp khác hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Phương tiện đọc được bằng máy có thể được bao gồm trong sản phẩm chương trình máy tính.

Modun phần mềm có thể bao gồm một lệnh hoặc nhiều lệnh và có thể được phân bố trên một số đoạn mã khác nhau, trong số các chương trình khác nhau và trên nhiều phương tiện lưu trữ. Phương tiện đọc được bằng máy có thể gồm một số modun phần mềm. Modun phần mềm bao gồm các lệnh mà, khi được thực thi bởi thiết bị như bộ xử lý, khiến cho hệ thống xử lý thực hiện các chức năng khác nhau. Modun phần mềm có thể gồm modun truyền và modun thu. Mỗi modun phần mềm có thể thường trú trong một thiết bị lưu trữ hoặc được phân bố trong nhiều thiết bị lưu trữ. Ví dụ, modun phần mềm có thể được nạp vào RAM từ ổ cứng khi sự kiện kích hoạt xảy ra. Khi thực thi modun phần mềm, bộ xử lý có thể nạp một số lệnh vào bộ nhớ cache để tăng tốc độ truy cập. Sau đó, một hoặc nhiều đường cache có thể được nạp vào tập tin thanh ghi chung để thực hiện bằng bộ xử lý. Khi đề cập đến chức năng của modun phần mềm dưới đây, cần hiểu rằng chức năng này được thực hiện bởi bộ xử lý khi thực thi các lệnh từ modun phần mềm đó.

Ngoài ra, mọi dạng kết nối được gọi theo cách thích hợp là phương tiện đọc được bằng máy tính. Ví dụ, nếu phần mềm được truyền từ trang web, máy chủ hoặc nguồn từ xa khác nhờ sử dụng cáp đồng trục, cáp sợi quang, cáp dây xoắn, đường dây thuê bao số (digital subscriber line - DSL), hoặc các công nghệ không dây như hồng ngoại, sóng vô tuyến, vi sóng, thì cáp đồng trục, cáp sợi quang, cáp dây xoắn, DSL, hoặc các công nghệ không dây như hồng ngoại, sóng vô tuyến, vi sóng này được bao hàm trong định nghĩa về phương tiện. Đĩa từ và đĩa quang, như được sử dụng ở đây, bao gồm đĩa nén (CD - compact disc), đĩa laze, đĩa quang, đĩa đa năng kỹ thuật số (DVD - digital versatile disc), đĩa mềm và đĩa Blu-ray® trong đó đĩa từ thường sao chép dữ liệu từ tính, còn đĩa quang sao chép dữ liệu quang bằng laze. Do đó, theo một số khía cạnh phương tiện đọc được bằng máy tính có thể bao gồm phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính (ví dụ, phương tiện hữu hình). Ngoài ra, theo một số khía cạnh khác phương tiện đọc được bằng máy tính có thể bao gồm phương tiện khả biến đọc được bằng máy tính (ví dụ, tín hiệu). Dạng kết hợp của các loại phương tiện nêu trên cũng được bao gồm trong phạm vi phương tiện đọc được bằng máy tính.

Do vậy, các khía cạnh cụ thể có thể bao gồm sản phẩm chương trình máy tính để thực hiện các hoạt động được trình bày trong sáng chế này. Ví dụ, sản phẩm chương trình máy tính như vậy có thể bao gồm phương tiện đọc được bằng máy tính lưu trữ

(và/hoặc được mã hóa) trên đó, các lệnh này được thực hiện bởi một hoặc nhiều bộ xử lý để thực hiện các phép toán được mô tả trong sáng chế này.

Ngoài ra, cần phải hiểu rõ rằng các modul và/hoặc các phương tiện phù hợp khác để thực hiện các phương pháp và kỹ thuật được mô tả ở đây có thể được tải xuống và/hoặc được thu theo cách khác bằng nút không dây và/hoặc trạm cơ sở nếu có thể áp dụng được. Ví dụ, thiết bị như vậy có thể được ghép nối với máy chủ để hỗ trợ việc truyền của phương tiện thực hiện các phương pháp được mô tả ở đây. Theo cách khác, các phương pháp khác nhau được mô tả ở đây có thể được cung cấp thông qua phương tiện lưu trữ (ví dụ, RAM, ROM, phương tiện lưu trữ vật lý như đĩa nén (CD) hoặc đĩa mềm, v.v.), sao cho nút không dây và/hoặc trạm cơ sở có thể thu được các phương pháp khác nhau khi ghép nối hoặc cung cấp phương tiện lưu trữ cho thiết bị. Ngoài ra, mọi kỹ thuật thích hợp khác để cung cấp các phương pháp và các kỹ thuật được mô tả ở đây cho thiết bị có thể được sử dụng.

Cần phải hiểu rằng yêu cầu bảo hộ không bị giới hạn ở cấu hình và thành phần chính xác như được minh họa trên đây. Các cải biến, thay đổi và biến đổi khác nhau có thể được thực hiện theo sự sắp xếp, hoạt động và chi tiết của các phương pháp và thiết bị được mô tả ở trên mà không vượt quá phạm vi yêu cầu bảo hộ.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp truyền thông không dây, thực hiện bởi thiết bị truyền thông không dây, trên kênh vô tuyến không dây ở các tốc độ truyền thông khác nhau trong mạng truyền thông không dây bao gồm nhiều thiết bị truyền thông không dây, phương pháp này bao gồm các bước:

mã hóa, qua bộ mã hóa của thiết bị truyền thông không dây, tập bit thông tin dựa trên mã kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (low-density parity-check - LDPC) để tạo ra từ mã, mã LDPC được xác định bởi đồ thị cơ sở có số lượng nút biến thứ nhất và số lượng nút kiểm tra thứ hai;

đánh thùng, qua modul đánh thùng của thiết bị truyền thông không dây theo mẫu đánh thùng, các bit trong từ mã tương ứng với ít nhất hai trong số số lượng nút biến thứ nhất trong đồ thị cơ sở để tạo ra từ mã bị đánh thùng,

trong đó đồ thị cơ sở bao gồm ít nhất một nút biến bổ sung cho ít nhất hai nút biến bị đánh thùng, và trong đó mỗi nút biến bổ sung được kết nối với một nút kiểm tra, nút kiểm tra này được ghép nối với cặp nút biến bị đánh thùng; và

truyền tín hiệu tần số vô tuyến bao gồm các ký hiệu truyền kết hợp với từ mã bị đánh thùng qua anten của thiết bị truyền thông không dây trên kênh vô tuyến không dây.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ít nhất hai nút biến bị đánh thùng có mức kết nối với các nút kiểm tra cao hơn các nút biến khác trong đồ thị cơ sở.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ít nhất hai nút biến bị đánh thùng bao gồm M nút biến, và trong đó ít nhất một nút biến bổ sung bao gồm $M - 1$ nút biến.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó số lượng nút biến thứ nhất là 27 hoặc 28 nút biến.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ít nhất hai nút biến bị đánh thùng có mức kết nối thứ nhất với các nút kiểm tra thấp hơn mức kết nối thứ hai với nút biến trong mã LDPC tham chiếu.

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

tạo ra ít nhất một mã LDPC nâng bằng cách lấy Z bản sao của mã LDPC được xác định bởi đồ thị cơ sở có ít nhất hai nút biên bị đánh thủng và ít nhất một nút biên bổ sung.

7. Thiết bị truyền thông không dây trên kênh vô tuyến không dây ở các tốc độ truyền thông khác nhau trong mạng truyền thông không dây bao gồm nhiều thiết bị truyền thông không dây, thiết bị này bao gồm:

phương tiện mã hóa tập bit thông tin dựa trên mã kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (LDPC) để tạo ra từ mã, mã LDPC được xác định bởi đồ thị cơ sở có số lượng nút biên thứ nhất và số lượng nút kiểm tra thứ hai;

phương tiện đánh thủng các bit trong từ mã tương ứng với ít nhất hai trong số số lượng nút biên thứ nhất trong đồ thị cơ sở để tạo ra từ mã bị đánh thủng,

trong đó đồ thị cơ sở bao gồm ít nhất một nút biên bổ sung cho ít nhất hai nút biên bị đánh thủng, và trong đó mỗi nút biên bổ sung được kết nối với một nút kiểm tra, nút kiểm tra này được ghép nối với cặp nút biên bị đánh thủng; và

phương tiện truyền tín hiệu tần số vô tuyến bao gồm các ký hiệu truyền kết hợp với từ mã bị đánh thủng.

8. Thiết bị theo điểm 7, trong đó ít nhất hai nút biên bị đánh thủng có mức kết nối với các nút kiểm tra cao hơn các nút biên khác trong đồ thị cơ sở.

9. Thiết bị theo điểm 7, trong đó ít nhất hai nút biên bị đánh thủng bao gồm M nút biên, và trong đó ít nhất một nút biên bổ sung bao gồm $M - 1$ nút biên.

10. Thiết bị theo điểm 7, trong đó số lượng nút biên thứ nhất là 27 hoặc 28 nút biên.

11. Thiết bị theo điểm 7, trong đó ít nhất hai nút biên bị đánh thủng có mức kết nối thứ nhất với các nút kiểm tra thấp hơn mức kết nối thứ hai với nút biên trong mã LDPC tham chiếu.

12. Thiết bị theo điểm 7, trong đó thiết bị này còn bao gồm:

phương tiện tạo ra ít nhất một mã LDPC nâng bằng cách lấy Z bản sao của mã LDPC được xác định bởi đồ thị cơ sở có ít nhất hai nút biến bị đánh thủng và ít nhất một nút biến bổ sung.

13. Thiết bị truyền thông không dây trên kênh vô tuyến không dây ở các tốc độ truyền thông khác nhau trong mạng truyền thông không dây bao gồm nhiều thiết bị truyền thông không dây, thiết bị này bao gồm:

ít nhất một bộ xử lý được ghép nối với bộ nhớ và được tạo cấu hình để:

mã hóa tập bit thông tin dựa trên mã kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (LDPC) để tạo ra từ mã, mã LDPC được xác định bởi đồ thị cơ sở có số lượng nút biến thứ nhất và số lượng nút kiểm tra thứ hai; và

đánh thủng các bit trong từ mã tương ứng với ít nhất hai trong số số lượng nút biến thứ nhất trong đồ thị cơ sở để tạo ra từ mã bị đánh thủng,

trong đó đồ thị cơ sở bao gồm ít nhất một nút biến bổ sung cho ít nhất hai nút biến bị đánh thủng, và trong đó mỗi nút biến bổ sung được kết nối với một nút kiểm tra, nút kiểm tra này được ghép nối với cặp nút biến bị đánh thủng; và bộ phát được tạo cấu hình để truyền tín hiệu tần số vô tuyến bao gồm các ký hiệu truyền kết hợp với từ mã bị đánh thủng qua anten của thiết bị trên kênh vô tuyến không dây.

14. Thiết bị theo điểm 13, trong đó ít nhất hai nút biến bị đánh thủng có mức kết nối với các nút kiểm tra cao hơn các nút biến khác trong đồ thị cơ sở.

15. Thiết bị theo điểm 13, trong đó ít nhất hai nút biến bị đánh thủng bao gồm M nút biến, và trong đó ít nhất một nút biến bổ sung bao gồm $M - 1$ nút biến

16. Thiết bị theo điểm 13, trong đó số lượng nút biến thứ nhất là 27 hoặc 28 nút biến.

17. Thiết bị theo điểm 13, trong đó ít nhất hai nút biến bị đánh thủng có mức kết nối thứ nhất với các nút kiểm tra thấp hơn mức kết nối thứ hai với nút biến trong mã LDPC tham chiếu.

18. Thiết bị theo điểm 13, trong đó ít nhất một bộ xử lý còn được tạo cấu hình để:

tạo ra ít nhất một mã LDPC nâng bằng cách lấy Z bản sao của mã LDPC được xác định bởi đồ thị cơ sở có ít nhất hai nút biên bị đánh thủng và ít nhất một nút biên bổ sung.

19. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính có mã thực thi được bằng máy tính được lưu trữ trên đó để truyền thông không dây trên kênh vô tuyến không dây ở các tốc độ truyền thông khác nhau trong mạng truyền thông không dây bao gồm nhiều thiết bị truyền thông không dây, mã này bao gồm:

mã để mã hóa, qua bộ mã hóa của thiết bị truyền thông không dây, tập bit thông tin dựa trên mã kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (LDPC) để tạo ra từ mã, mã LDPC được xác định bởi đồ thị cơ sở có số lượng nút biên thứ nhất và số lượng nút kiểm tra thứ hai;

mã để đánh thủng, qua môđun đánh thủng của thiết bị truyền thông không dây theo mẫu đánh thủng, các bit trong từ mã tương ứng với ít nhất hai trong số số lượng nút biên thứ nhất trong đồ thị cơ sở để tạo ra từ mã bị đánh thủng,

trong đó đồ thị cơ sở bao gồm ít nhất một nút biên bổ sung cho ít nhất hai nút biên bị đánh thủng, trong đó mỗi nút biên bổ sung được kết nối với một mã kiểm tra, mã kiểm tra này được ghép nối với cặp nút biên bị đánh thủng; và

mã để truyền tín hiệu tần số vô tuyến bao gồm các ký hiệu truyền kết hợp với từ mã bị đánh thủng qua anten của thiết bị truyền thông không dây trên kênh vô tuyến không dây.

20. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 19, trong đó ít nhất hai nút biên bị đánh thủng có mức kết nối với các nút kiểm tra cao hơn các nút biên khác trong đồ thị cơ sở.

21. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 19, trong đó ít nhất hai nút biên bị đánh thủng bao gồm M nút biên, và trong đó ít nhất một nút biên bổ sung bao gồm $M - 1$ nút biên.

22. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 19, trong đó số lượng nút biên thứ nhất là 27 hoặc 28 nút biên.

23. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 19, trong đó ít nhất hai nút biến bị đánh thủng có mức kết nối thứ nhất với các nút kiểm tra thấp hơn mức kết nối thứ hai với nút biến trong mã LDPC tham chiếu.

24. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính điểm 19, trong đó thiết bị này còn bao gồm:

mã để tạo ra ít nhất một mã LDPC nâng bằng cách lấy Z bản sao của mã LDPC được xác định bởi đồ thị cơ sở có ít nhất hai nút biến bị đánh thủng và ít nhất một nút biến bổ sung.

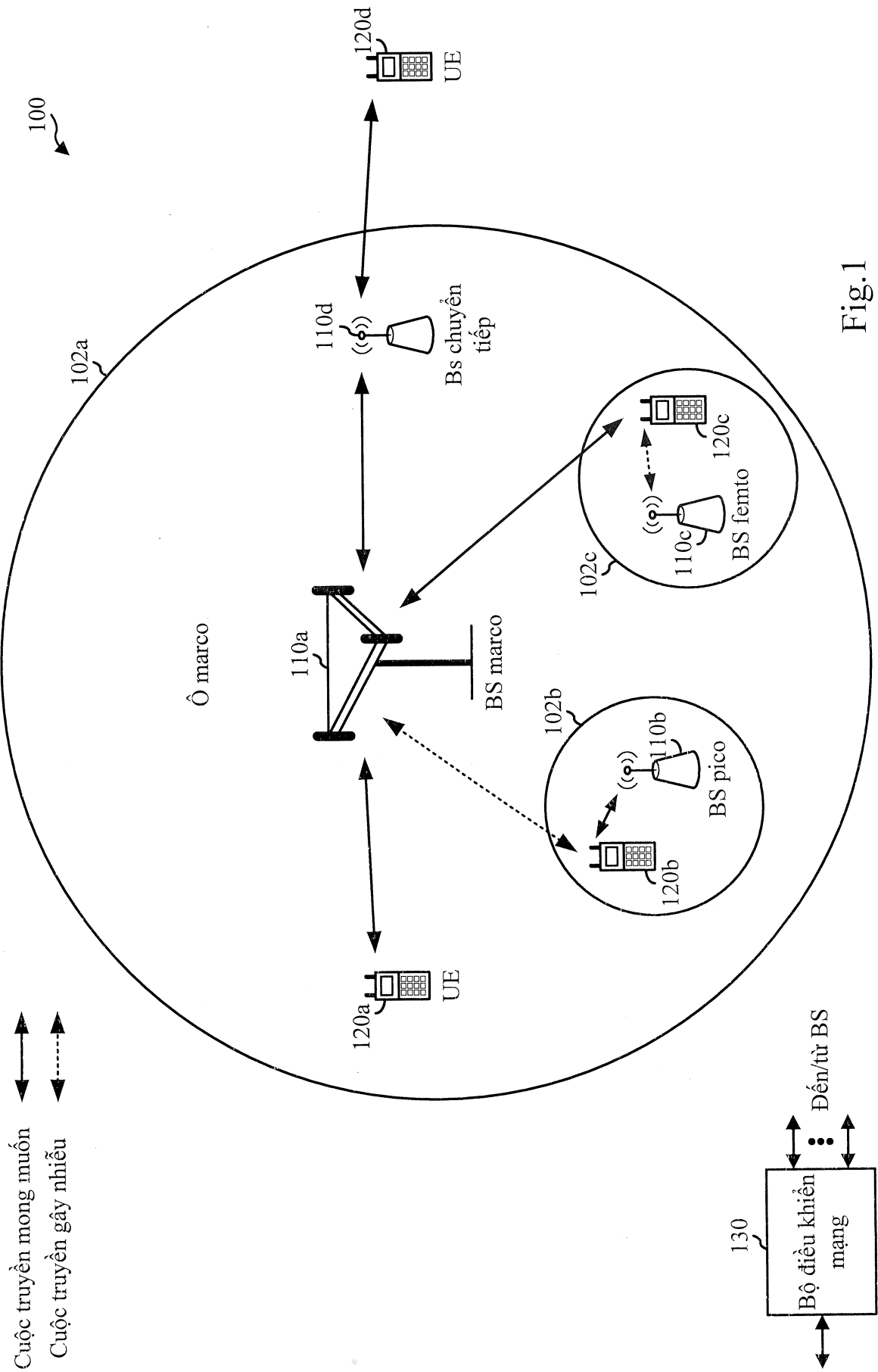


Fig.1

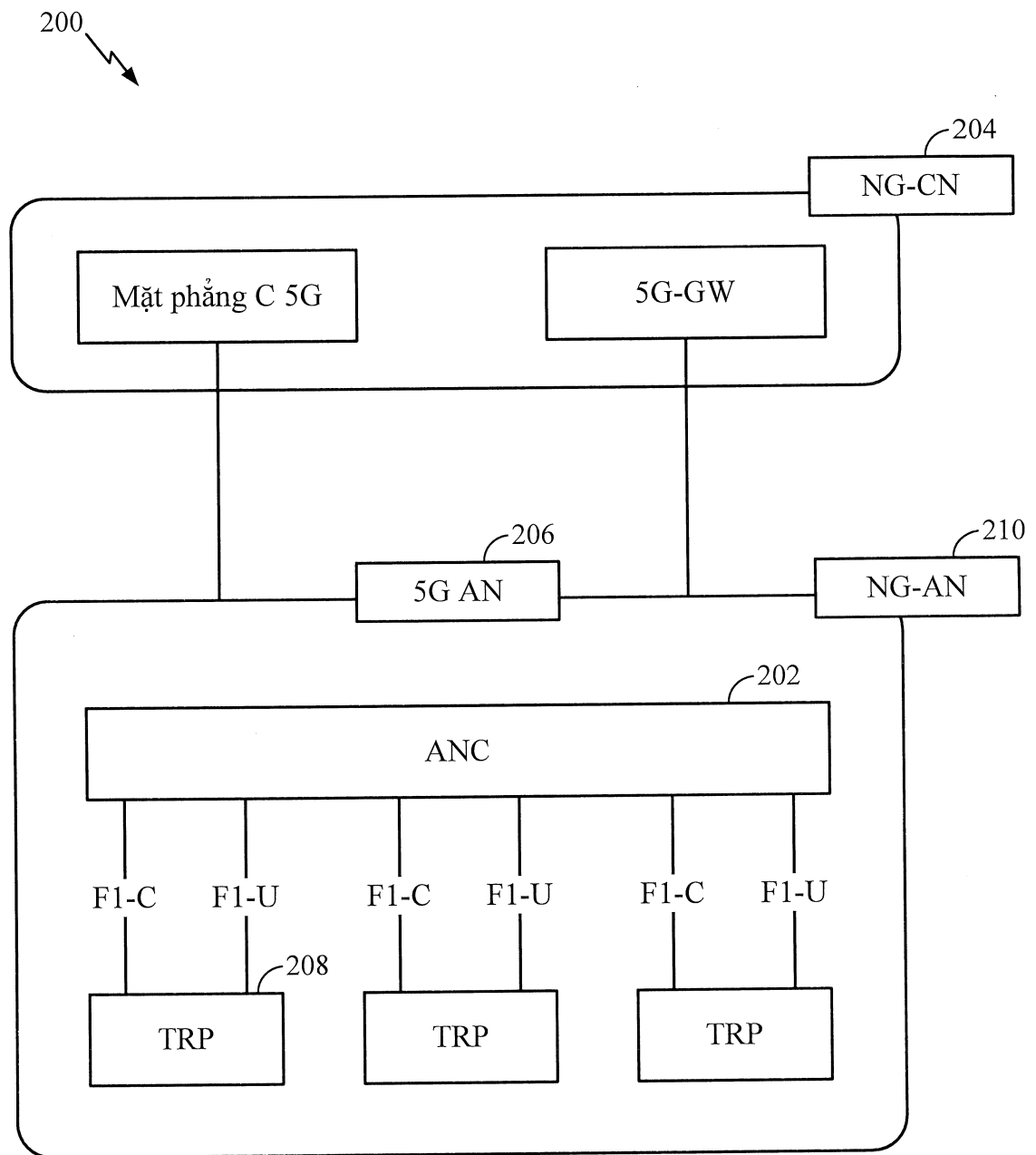


Fig.2

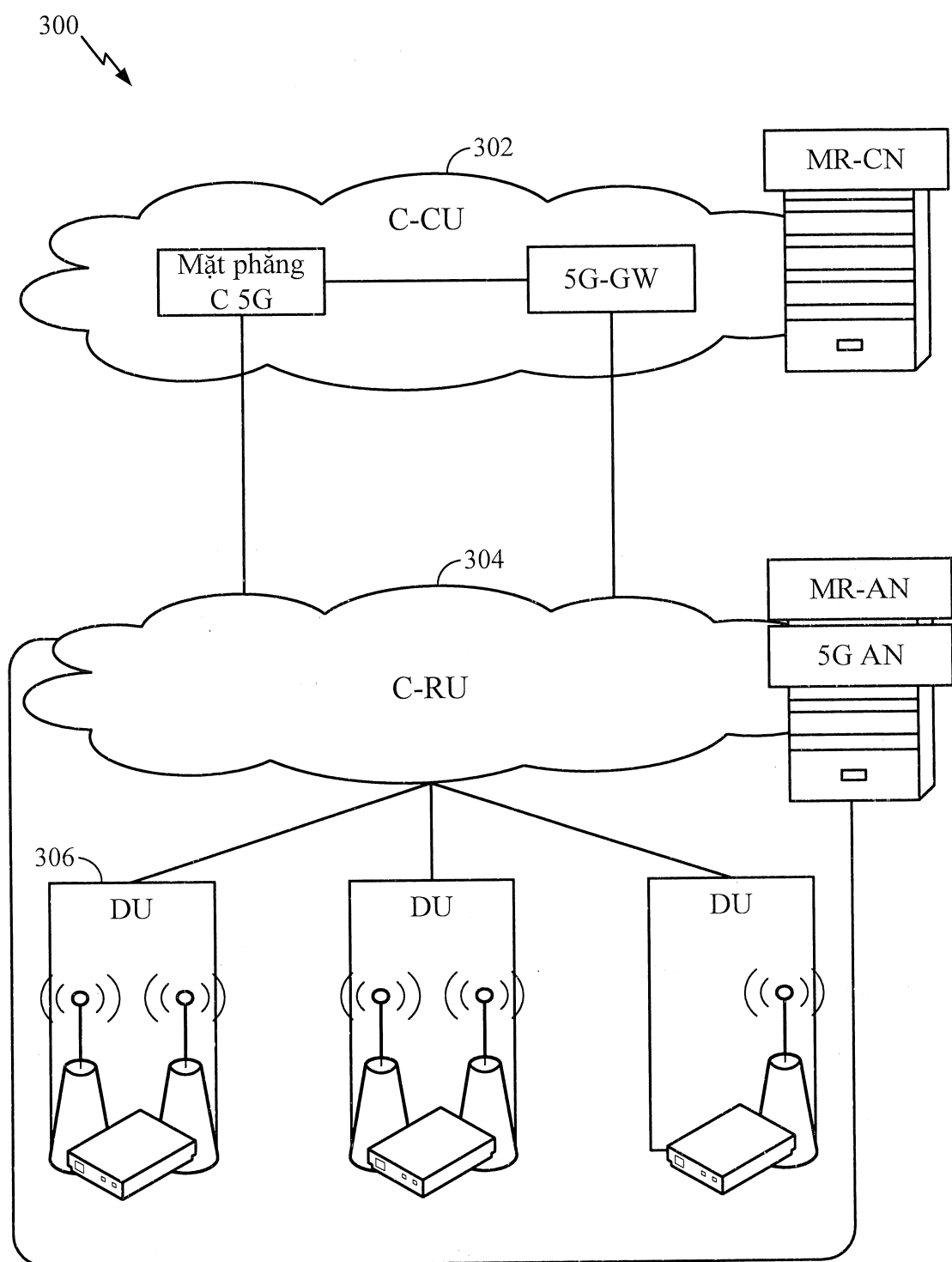


Fig.3

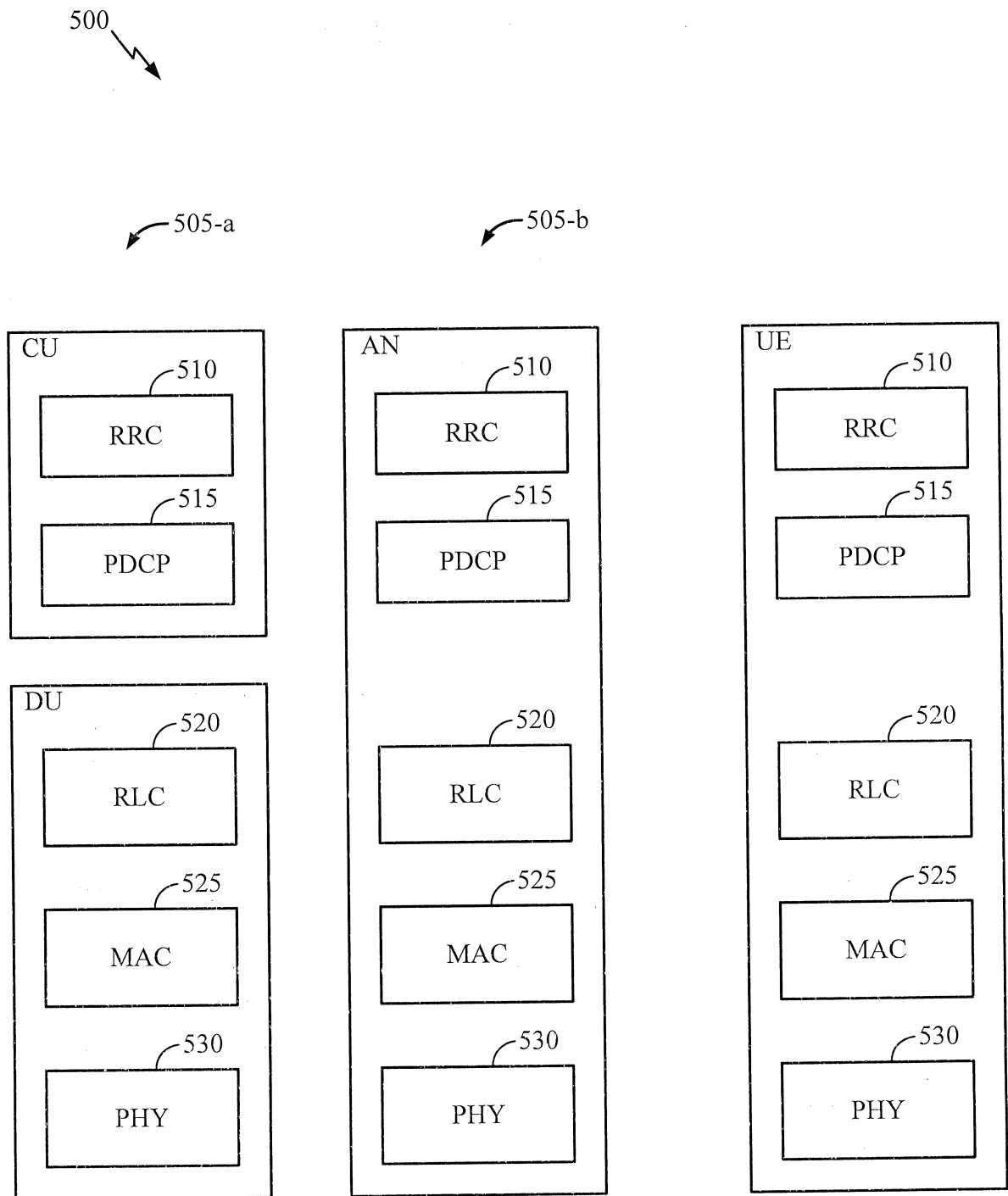


Fig.5

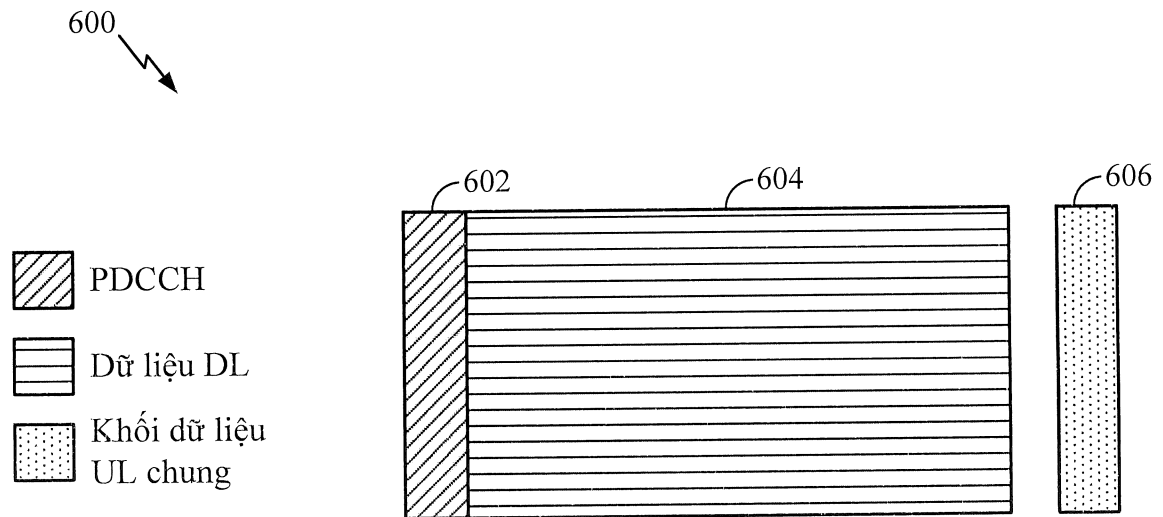


Fig.6

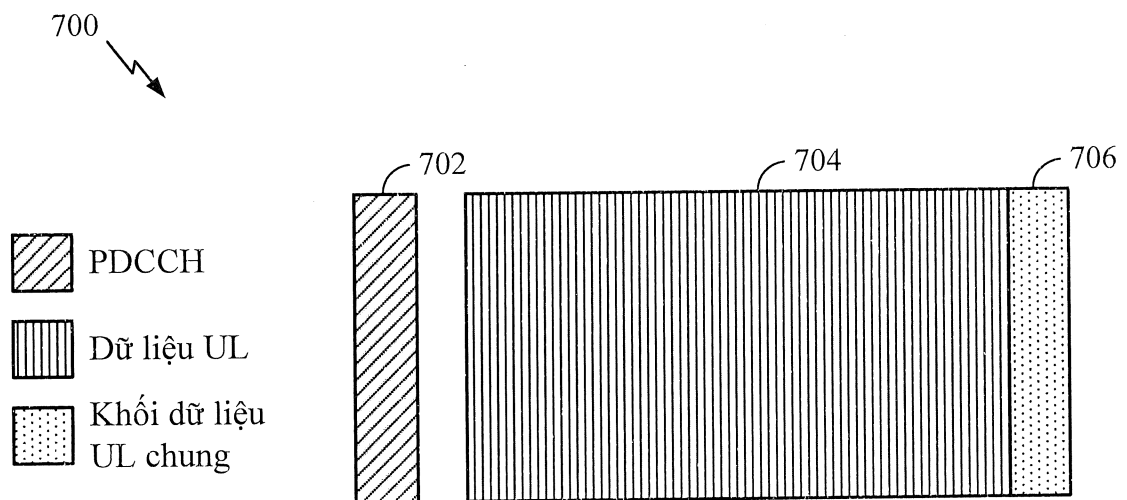


Fig.7

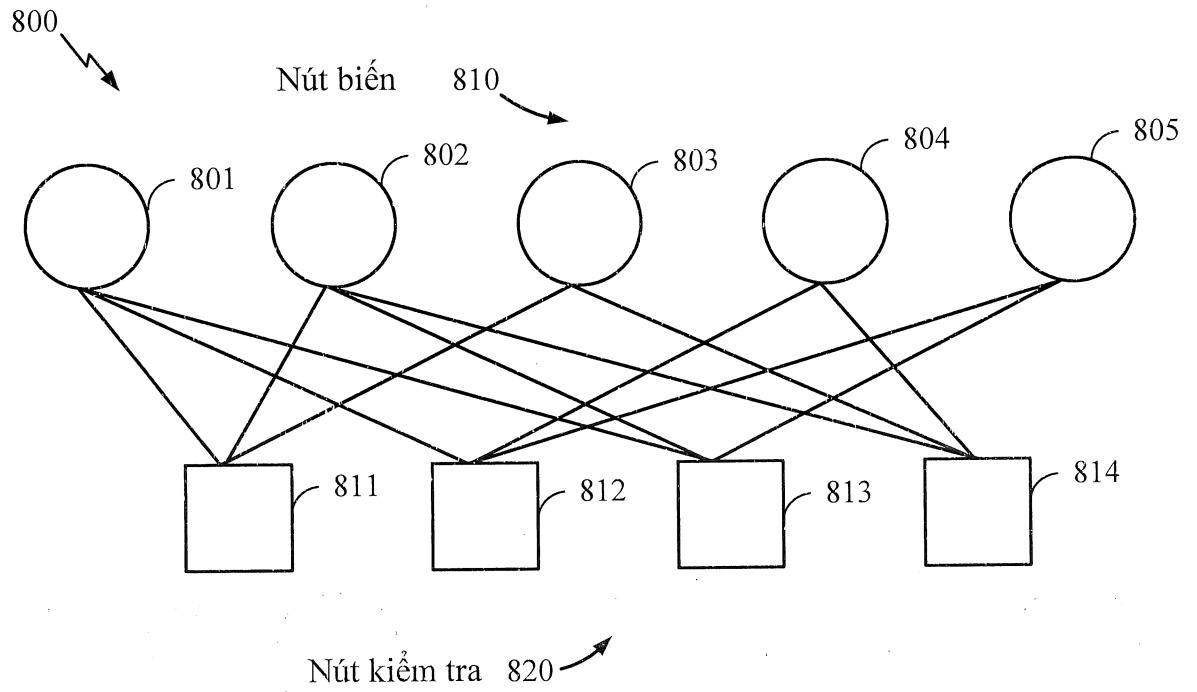


Fig.8

800A

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix}$$

Fig.8A

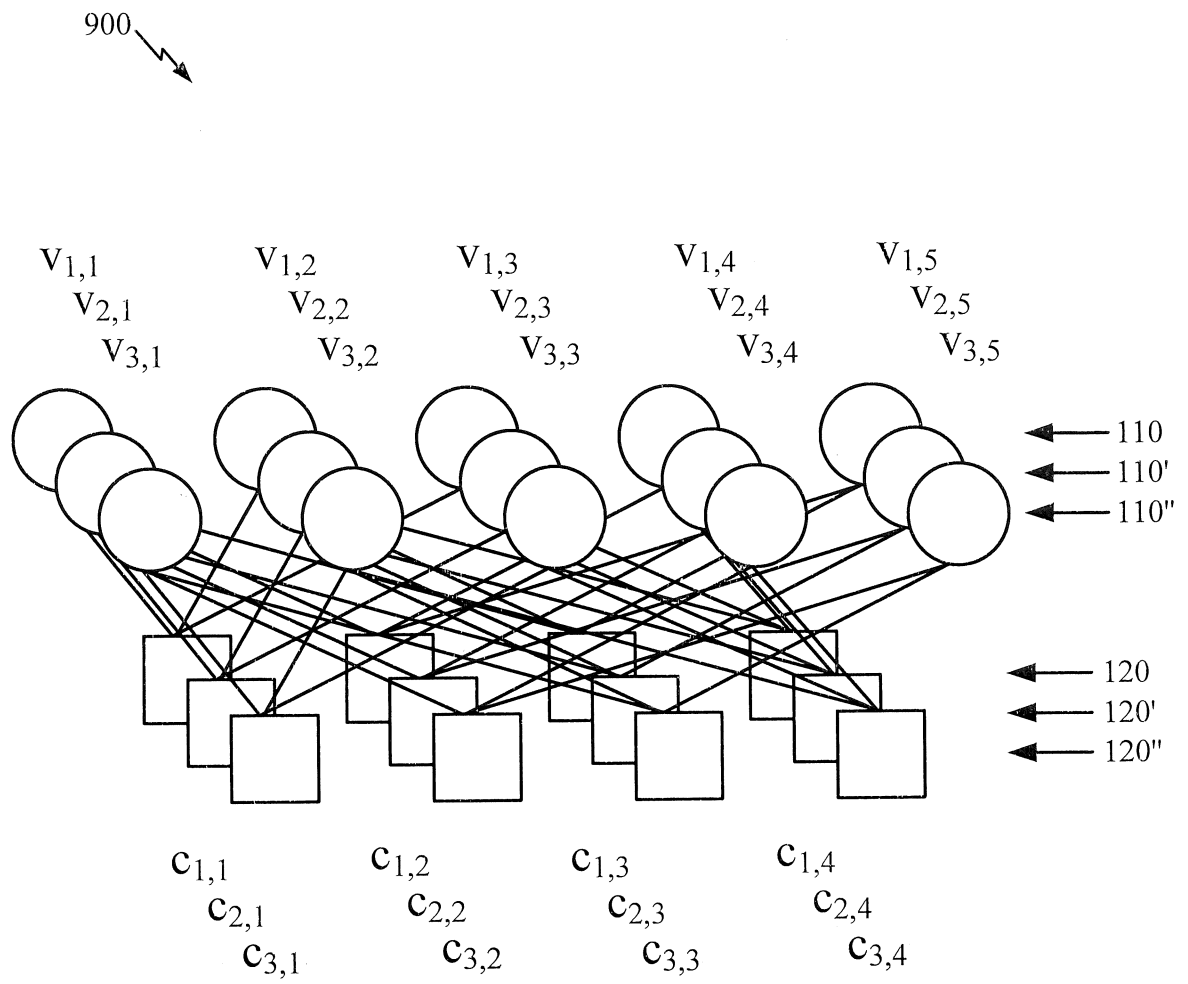


Fig.9

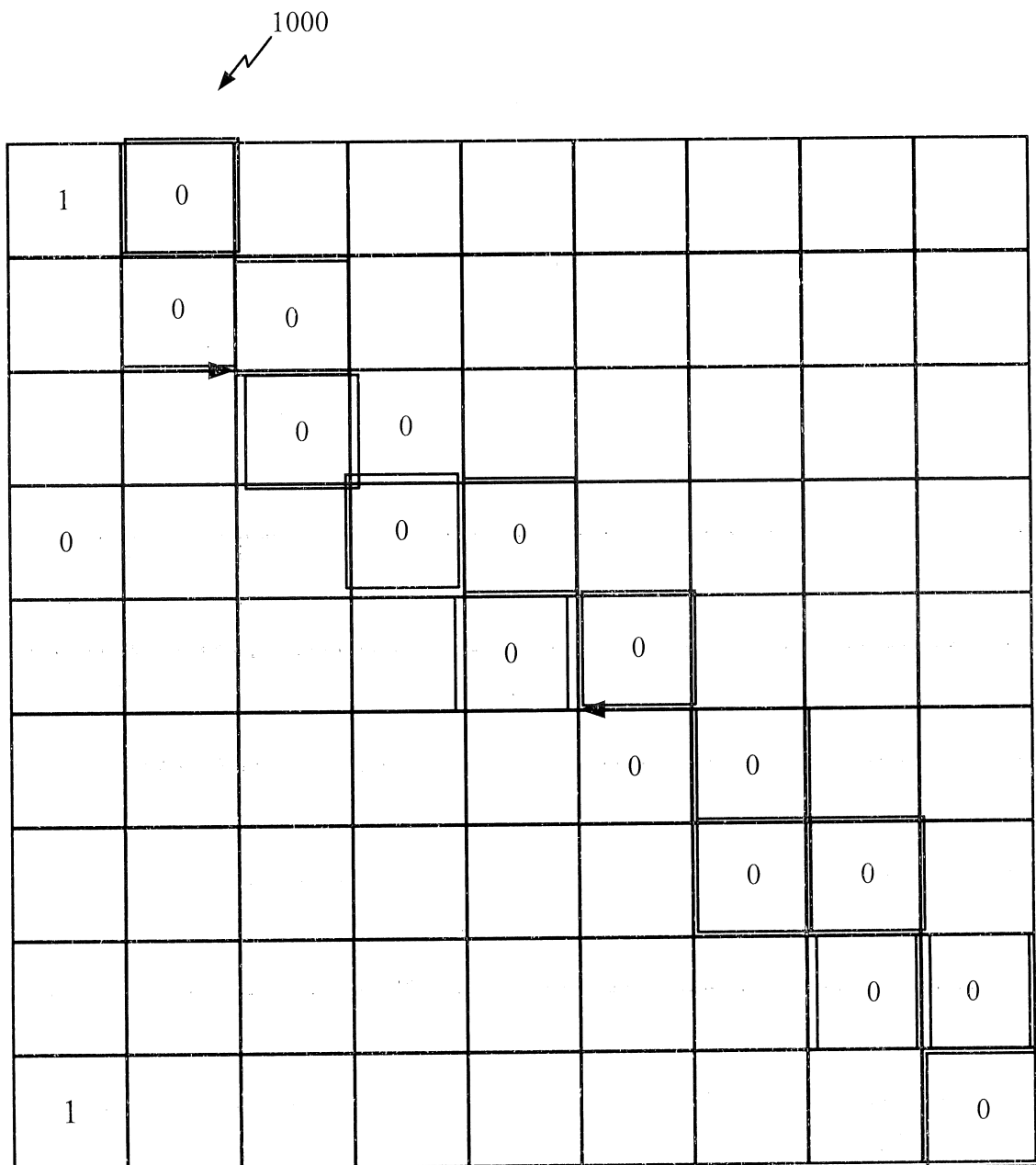


Fig.10

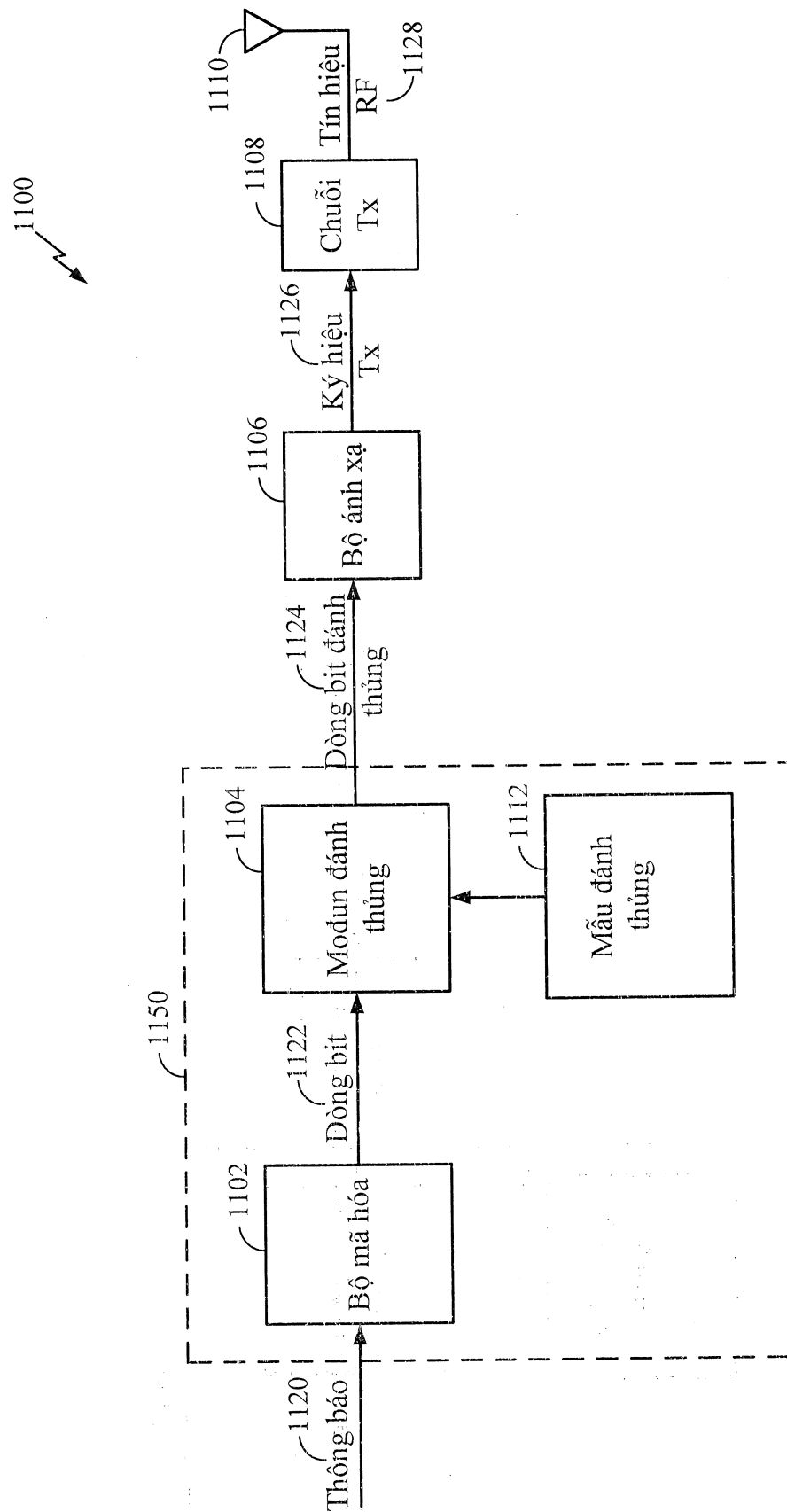


Fig.11

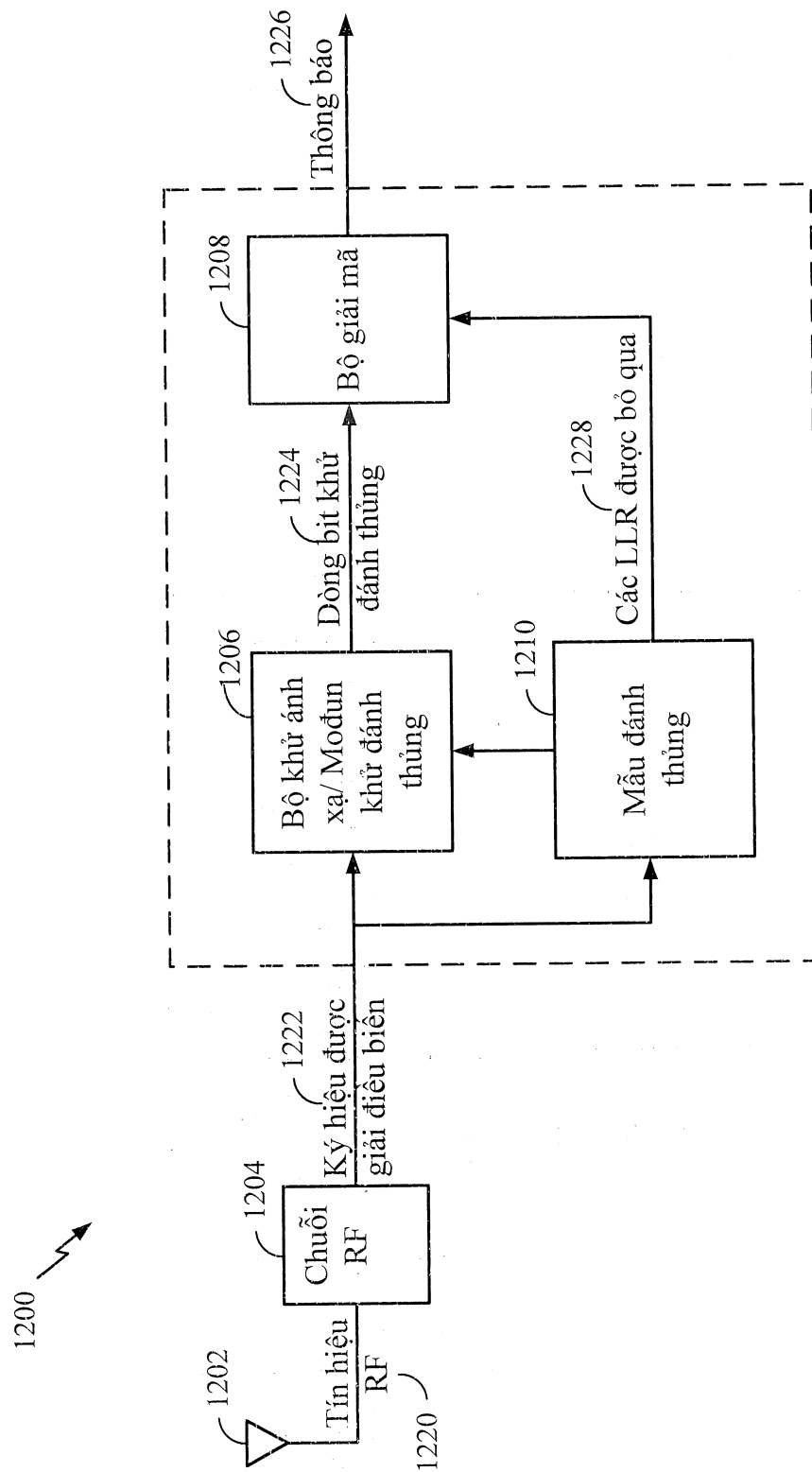


Fig.12

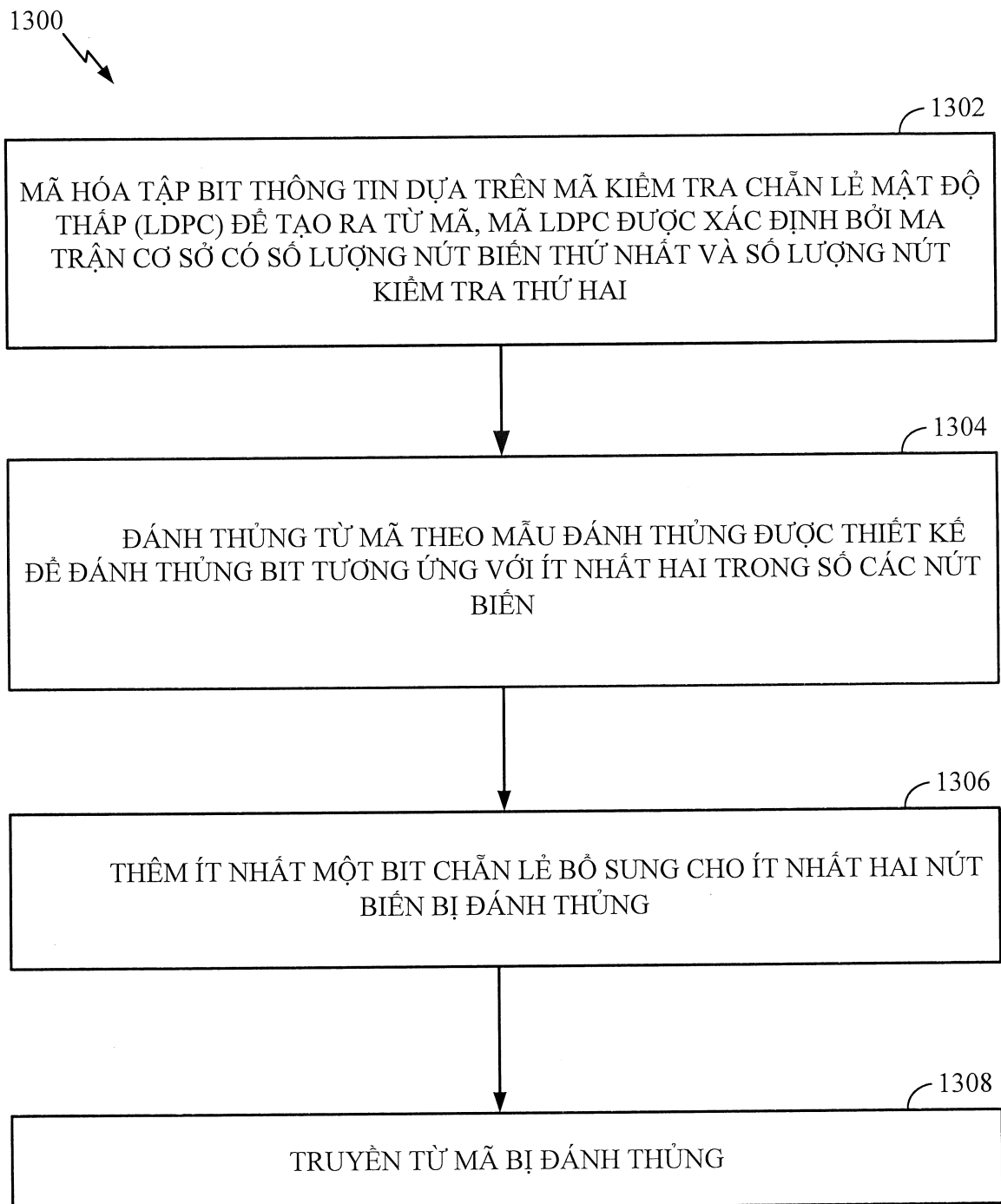


Fig.13

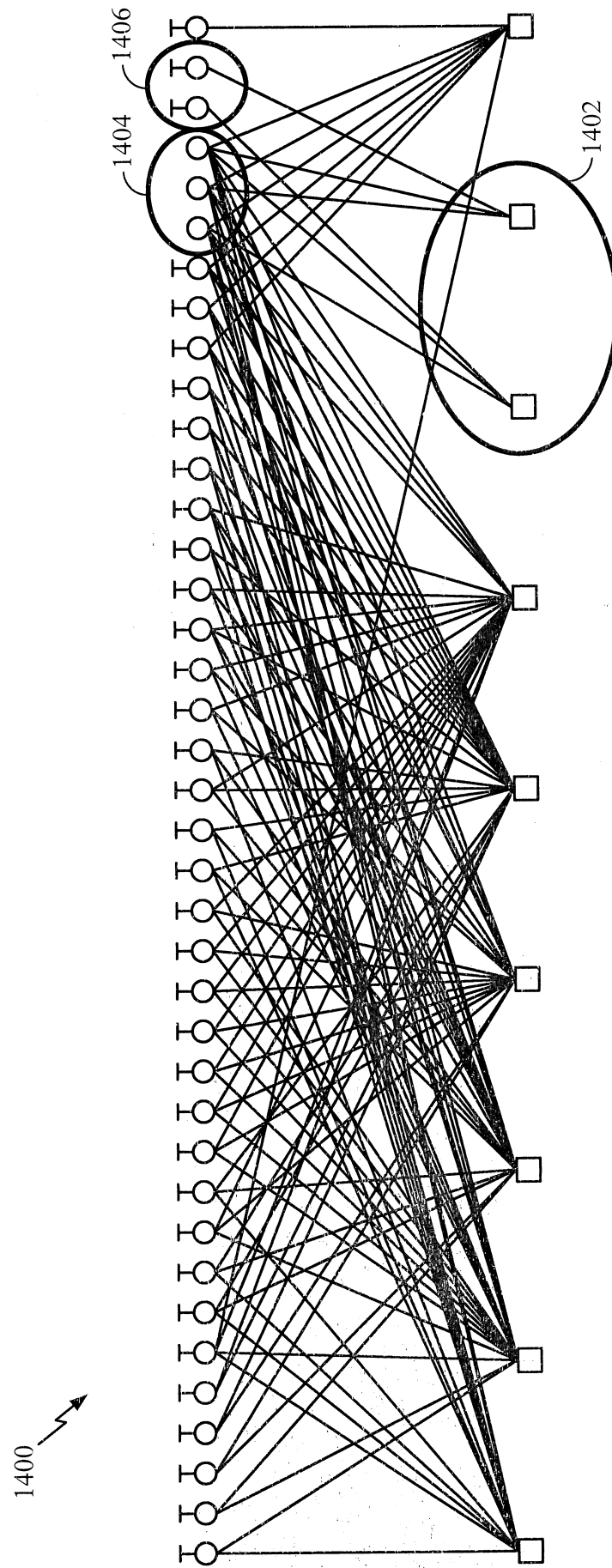


Fig.14