



(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)



1-0053824

(51)^{2020.01} H04L 27/26

(13) B

(21) 1-2022-00848

(22) 17/08/2020

(86) PCT/CN2020/109485 17/08/2020

(87) WO2021/032046 A1 25/02/2021

(30) PCT/CN2019/101242 18/08/2019 CN

(45) 25/11/2025 452

(43) 25/05/2022 410A

(73) QUALCOMM INCORPORATED (US)

Attn: International IP Administration 5775 Morehouse Drive San Diego, California
92121-1714 (US)

(72) XU, Changlong (CN); ZHENG, Ruiming (CN); LUO, Tao (US); XU, Hao (US).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP VÀ MÁY ĐỂ TRUYỀN THÔNG KHÔNG DÂY VÀ PHƯƠNG
TIỆN ĐỌC ĐƯỢC BẰNG MÁY TÍNH LƯU TRỮ MÃ THỰC THI ĐƯỢC BẰNG
MÁY TÍNH ĐỂ TRUYỀN THÔNG KHÔNG DÂY

(21) 1-2022-00848

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp và máy để truyền thông không dây và phương tiện đọc được bằng máy tính lưu trữ mã thực thi được bằng máy tính để truyền thông không dây. Máy truyền thông không dây, chẳng hạn như trạm gốc, có thể xác định các điều kiện kênh gắn với ít nhất hai sóng mang mà cuộc truyền thông với một máy khác được tạo cấu hình trên đó. Máy có thể mã hóa tập dữ liệu thành tập hợp các đơn vị dữ liệu giao thức (protocol data unit - PDU) bằng cách sử dụng lập mã fountain dựa vào các điều kiện kênh. Máy có thể gửi tập con thứ nhất của tập hợp PDU đến máy khác trên sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang. Máy có thể gửi tập con thứ hai của tập hợp PDU đến máy khác trên sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang. Một máy khác, chẳng hạn như thiết bị người dùng (user equipment - UE), có thể nhận tập hợp PDU từ máy qua ít nhất hai sóng mang, và có thể giải mã tập hợp PDU để thu được tập dữ liệu bằng cách sử dụng lập mã fountain.

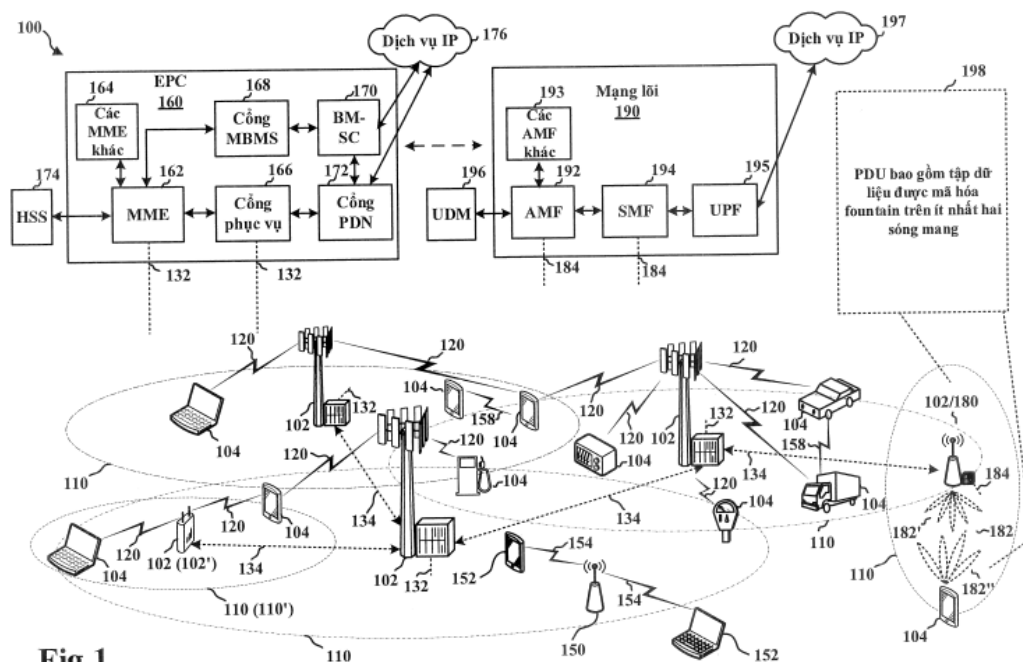


Fig. 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Nói chung sáng chế đề cập đến các hệ thống truyền thông, và cụ thể hơn là đề cập đến các máy truyền thông không dây được tạo cấu hình để mã hóa tập dữ liệu bằng cách sử dụng lập mã fountain.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các hệ thống truyền thông không dây được triển khai rộng rãi để cung cấp các dịch vụ viễn thông khác nhau chẳng hạn như điện thoại, video, dữ liệu, gửi tin nhắn và phát quảng bá. Các hệ thống truyền thông không dây điển hình 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 các tài nguyên hệ thống sẵn có. Ví dụ về các công nghệ đa truy cập đó bao gồm các hệ thống đa truy cập phân chia theo mã (code division multiple access - CDMA), các hệ thống đa truy cập phân chia theo thời gian (time division multiple access - TDMA), các hệ thống đa truy cập phân chia theo tần số (frequency division multiple access - FDMA), các hệ thống đa truy cập phân chia theo tần số trực giao (orthogonal frequency division multiple access - OFDMA), các hệ thống đa truy cập phân chia theo tần số một sóng mang (single-carrier frequency divisional multiple access - SC-FDMA), và các hệ thống đa truy cập phân chia theo mã đồng bộ với phân chia theo thời gian (time division synchronous code division multiple access - TD-SCDMA).

Các công nghệ đa truy cập này đã được ứng dụng vào 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 chuẩn viễn thông làm ví dụ là chuẩn Vô tuyến mới (New Radio - NR) 5G. NR 5G là một phần của quá trình phát triển băng rộng di động liên tục được công bố bởi Dự án đối tác thế hệ thứ 3 (Third Generation Partnership Project - 3GPP) để đáp ứng các yêu cầu mới liên quan đến độ trễ, độ tin cậy, tính bảo mật, khả năng mở rộng (ví dụ, với Internet vạn vật (Internet of Things - IoT)), và các yêu cầu khác. NR 5G bao gồm các dịch vụ liên quan đến băng rộng di động nâng cao (enhanced mobile broadband - eMBB), truyền thông kiểu máy quy mô lớn

(massive machine type communications - mMTC), và truyền thông độ trễ thấp siêu tin cậy (ultra-reliable low latency communications - URLLC). Một số khía cạnh của NR 5G có thể dựa vào chuẩn Tiến hóa dài hạn (Long Term Evolution - LTE) 4G. Cần có những cải thiện hơn nữa trong công nghệ NR 5G. Các cải thiện này cũng có thể được ứng dụng vào các công nghệ đa truy cập khác và các chuẩn viễn thông sử dụng các công nghệ này.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Phần sau đây trình bày phần bản chất kỹ thuật đã được đơn giản hóa về một hoặc nhiều khía cạnh để cung cấp hiểu biết cơ bản về các khía cạnh này. Phần bản chất này không phải là phần tổng quan sâu rộng về tất cả các khía cạnh được dự định và không dự định chỉ ra các thành phần chính hoặc quan trọng của tất cả các khía cạnh cũng không mô tả phạm vi của khía cạnh bất kỳ hay tất cả các khía cạnh. Mục đích duy nhất của phần này là trình bày một số khái niệm về một hoặc nhiều khía cạnh ở dạng giản lược để làm tiền đề cho phần mô tả chi tiết hơn được trình bày sau đó.

Các công nghệ khác nhau đã được đưa ra để cải thiện chung cho truyền thông không dây. Ví dụ, kỹ thuật cộng gộp sóng mang có thể tăng tốc độ dữ liệu trên mỗi thiết bị người dùng (user equipment - UE) bằng cách gán nhiều sóng mang thành phần cho cùng một UE. Tương tự, kỹ thuật kết nối kép có thể gán nhiều sóng mang thành phần cho cùng UE, nhưng từ hai ô hoặc nhóm ô. Trong khi cả kỹ thuật kết nối kép và cộng gộp sóng mang có thể cải thiện một số khía cạnh truyền thông giữa các máy truyền thông không dây, như bằng cách tăng tốc độ và/hoặc mức thông lượng, một số vấn đề có thể phát sinh khi kết nối kép hoặc cộng gộp sóng mang được tạo cấu hình trong thực tế. Trong một số kịch bản, kỹ thuật kết nối kép và cộng gộp sóng mang có thể tương đối kém hiệu quả và/hoặc lãng phí khi gửi các đơn vị dữ liệu giao thức (protocol data unit - PDU), như PDU của lớp giao thức hội tụ dữ liệu gói (packet data convergence protocol - PDCP). Ví dụ, việc gửi cùng tập hợp PDU trên mỗi sóng mang trong số ít nhất hai sóng mang có thể tăng phí tổn gắn với việc truyền tín hiệu qua không gian, cũng như việc xử lý và/hoặc truyền dẫn. Hơn nữa, máy nhận có thể loại bỏ các PDU trùng lặp (bất kể PDU được nhận trên sóng mang nào), do đó làm tăng sự lãng phí do trùng lặp PDU.

Sự dư thừa PDU này có thể lãng phí bởi vì mức tài nguyên ít nhất gần gấp đôi có thể bị tiêu thụ ở các lớp dưới, như (các) lớp vật lý (physical - PHY) và/hoặc (các) lớp điều khiển truy cập môi trường (media access control - MAC). Sự tiêu thụ (và sự lãng phí tiềm

ân) tài nguyên do trùng lặp PDU có thể tăng lên khi điều kiện kênh (ví dụ, điều kiện kênh vật lý) giữa máy truyền và máy nhận tương đối kém (ví dụ, đòi hỏi các cuộc truyền lại bổ sung).

Ngoài ra, việc phân phối PDU không theo thứ tự đến máy nhận từ máy truyền khi sao chép các PDU PDCP đối với kết nối kép và/hoặc cộng gộp sóng mang có thể làm tăng độ trễ. Việc tăng độ trễ như vậy có thể bất lợi cho truyền thông độ trễ thấp siêu tin cậy (ultra-reliable low-latency communications - URLLC) và/hoặc các dịch vụ hoặc trường hợp ứng dụng có độ trễ thấp khác. Do đó, cần có cải thiện về truyền thông các PDU sử dụng kỹ thuật kết nối kép và/hoặc cộng gộp sóng mang.

Sáng chế đề cập đến các kỹ thuật và giải pháp khác nhau để cải thiện việc truyền thông các PDU, chẳng hạn như các PDU được truyền thông bằng cách sử dụng kỹ thuật kết nối kép và/hoặc cộng gộp sóng mang. Ví dụ, sáng chế đề cập đến việc mã hóa tập dữ liệu từ ít nhất một đơn vị dữ liệu dịch vụ (service data unit - SDU) bằng cách sử dụng lập mã fountain để giảm nhẹ một hoặc nhiều vấn đề trong số các vấn đề nêu trên có khả năng phát sinh do kết nối kép và/hoặc cộng gộp sóng mang, chẳng hạn như bằng cách giảm sự lãng phí và/hoặc giảm độ trễ do phân phối PDU không theo thứ tự. Theo một số khía cạnh của sáng chế, việc mã hóa tập dữ liệu từ ít nhất một SDU bằng cách sử dụng lập mã fountain có thể loại bỏ nhu cầu phân phối PDU theo thứ tự bởi vì lập mã fountain có thể không phụ thuộc vào việc nhận các PDU theo thứ tự. Ngoài ra, phí tổn gắn với việc truyền tín hiệu qua không gian và/hoặc xử lý tính toán có thể được giảm đi bởi vì kích thước tổng của các PDU nhận được bởi máy nhận có thể chỉ lớn hơn một chút so với kích thước tổng của các PDU ban đầu được tạo ra bởi máy truyền. Hơn nữa, sự lãng phí có thể có thể được giảm đi bởi vì tất cả các PDU nhận được có thể được sử dụng để giải mã bởi máy nhận, bất kể PDU được nhận trên sóng mang nào.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề cập đến phương pháp, phương tiện đọc được bằng máy tính, và máy. Máy có thể là trạm gốc. Máy có thể xác định các điều kiện kênh gắn với ít nhất hai sóng mang mà cuộc truyền thông với một máy khác được tạo cấu hình trên đó. Máy có thể mã hóa tập dữ liệu thành tập hợp các đơn vị dữ liệu giao thức (PDU) bằng cách sử dụng lập mã fountain dựa vào các điều kiện kênh. Máy có thể gửi tập con thứ nhất của tập hợp PDU đến máy khác trên sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang. Máy có thể gửi tập con thứ hai của tập hợp PDU đến máy khác trên sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp, phương tiện đọc được bằng máy tính và máy. Máy có thể là UE. Máy có thể nhận tập hợp PDU từ một máy khác qua ít nhất hai sóng mang được tạo cấu hình để truyền thông với máy khác. Máy có thể giải mã tập hợp PDU để thu được tập dữ liệu bằng cách sử dụng lập mã fountain. Máy có thể cung cấp tập dữ liệu cho lớp trên của máy.

Để đạt được mục đích nêu trên và các mục đích liên quan, một hoặc nhiều khía cạnh bao gồm các đặc điểm được mô tả đầy đủ dưới đây và được nêu cụ thể trong các điểm yêu cầu bảo hộ. Phần mô tả dưới đây và các hình vẽ kèm theo trình bày chi tiết các đặc điểm minh họa nhất định của một hoặc nhiều khía cạnh. Tuy nhiên, các đặc điểm này chỉ thể hiện một vài cách trong số nhiều cách khác nhau mà nguyên lý của các khía cạnh khác nhau có thể được sử dụng, và bản mô tả này được dự định bao gồm tất cả các khía cạnh như vậy và cả các khía cạnh tương đương.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là sơ đồ minh họa ví dụ về hệ thống truyền thông không dây và mạng truy cập.

Fig.2A là sơ đồ minh họa ví dụ về khung thứ nhất, theo các khía cạnh khác nhau của sáng chế.

Fig.2B là sơ đồ minh họa ví dụ về các kênh DL trong khung con, theo các khía cạnh khác nhau của sáng chế.

Fig.2C là sơ đồ minh họa ví dụ về khung thứ hai, theo các khía cạnh khác nhau của sáng chế.

Fig.2D là sơ đồ minh họa ví dụ về các kênh UL trong khung con, theo các khía cạnh khác nhau của sáng chế.

Fig.3 là sơ đồ minh họa ví dụ về trạm gốc và thiết bị người dùng (UE) trong mạng truy cập.

Fig.4 là sơ đồ minh họa hệ thống để mã hóa tập dữ liệu bằng cách sử dụng lập mã fountain.

Fig.5 là sơ đồ minh họa các ngăn xếp giao thức vô tuyến được tạo cấu hình cho kỹ thuật kết nối kép và cộng gộp sóng mang.

Fig.6 là lưu đồ cuộc gọi minh họa hệ thống truyền thông không dây.

Fig.7 là sơ đồ minh họa hệ thống để mã hóa tập dữ liệu bằng cách sử dụng lập mã fountain.

Fig.8 là sơ đồ khối minh họa các PDU có thể được mã hóa fountain.

Fig.9 là lưu đồ về phương pháp truyền thông không dây.

Fig.10 là lưu đồ về phương pháp truyền thông không dây.

Fig.11 là sơ đồ minh họa ví dụ về phương án triển khai phần cứng cho máy làm ví dụ.

Fig.12 là sơ đồ minh họa ví dụ khác về phương án triển khai phần cứng cho máy làm ví dụ khác.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phần mô tả chi tiết trình bày dưới đây dựa vào các hình vẽ kèm theo được dự định làm phần mô tả về các cấu hình khác nhau và không dự định để chỉ biểu diễn các cấu hình mà trong đó có thể áp dụng các khái niệm được mô tả ở đây. Phần mô tả chi tiết này bao gồm các chi tiết cụ thể nhằm cung cấp sự hiểu biết thấu đáo về các khái niệm khác nhau. Tuy nhiên, hiển nhiên đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này là các khái niệm này có thể được thực hiện mà không cần đến những chi tiết cụ thể này. Trong một số trường hợp, các cấu trúc và thành phần được biết rộng rãi được thể hiện dưới dạng sơ đồ khối để tránh làm khó hiểu các khái niệm như vậy.

Một số khía cạnh của các hệ thống viễn thông sẽ được trình bày dựa vào các máy và phương pháp khác nhau. Các máy và phương pháp này sẽ được mô tả trong phần mô tả chi tiết dưới đây và được minh họa trên các hình vẽ kèm theo bởi các khối, thành phần, mạch, quy trình, thuật toán, v.v khác nhau (được gọi chung là “phần tử”). Các phần tử này có thể được triển khai bằng cách sử dụng phần cứng điện tử, phần mềm máy tính, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Việc các phần tử như vậy được triển khai dưới dạng phần cứng hay phần mềm phụ thuộc vào các ràng buộc cụ thể về ứng dụng và thiết kế được áp dụng cho toàn bộ hệ thống.

Ví dụ, phần tử hoặc một phần bất kỳ của phần tử, hoặc tổ hợp bất kỳ của các phần tử có thể được triển khai ở dạng “hệ thống xử lý” bao gồm một hoặc nhiều bộ xử lý. Ví dụ về bộ xử lý gồm bộ vi xử lý, bộ vi điều khiển, bộ xử lý đồ họa (graphics processing unit - GPU), bộ xử lý trung tâm (central processing unit - CPU), bộ xử lý ứng dụng, bộ xử lý tín hiệu số (digital signal processor - DSP), bộ xử lý tính toán tập lệnh đơn giản (reduced

instruction set computing - RISC), hệ thống trên chip (systems on a chip - SoC), bộ xử lý băng tần cơ sở, mảng cổng lập trình được theo trường (field programmable gate array - FPGA), thiết bị logic lập trình được (programmable logic device - PLD), máy trạng thái, logic cổng, mạch phân cứng rời rạc và phần cứng thích hợp khác được tạo cấu hình để thực hiện các chức năng khác nhau được mô tả trong bản mô tả này. Một hoặc nhiều bộ xử lý trong hệ thống xử lý có thể thực thi phần mềm. Phần mềm được hiểu theo nghĩa rộng là các lệnh, tập lệnh, mã, đoạn mã, mã chương trình, chương trình, chương trình con, thành phần phần mềm, ứng dụng, ứng dụng phần mềm, gói phần mềm, đoạn chương trình, đoạn chương trình con, đối tượng, tập tin thực thi, chuỗi thực thi, thủ tục, chức năng, v.v. cho dù được gọi là phần mềm, firmware, phần trung gian, vi mã, ngôn ngữ mô tả phần cứng, hoặc tên khác.

Do đó, trong một hoặc nhiều phương án ví dụ, các chức năng được mô tả có thể được triển khai trong phần cứng, phần mềm, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Nếu được triển khai trong phần mềm, các chức năng này có thể được lưu trữ trên hoặc được mã hóa dưới dạng một hoặc nhiều lệnh hoặc mã trên phương tiện đọc được bằng máy tính. Phương tiện đọc được bằng máy tính bao gồm các phương tiện lưu trữ trên máy tính. Phương tiện lưu trữ có thể là phương tiện có sẵn bất kỳ mà máy tính có thể truy cập được. Ví dụ, và không giới hạn, phương tiện đọc được bằng máy tính như vậy có thể bao gồm bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên (random-access memory - RAM), bộ nhớ chỉ đọc (read-only memory - ROM), ROM lập trình được xóa được bằng điện (electrically erasable programmable ROM - EEPROM), ổ đĩa quang, ổ đĩa từ, thiết bị lưu trữ từ khác, tổ hợp các loại phương tiện đọc được bằng máy tính nêu trên, hoặc phương tiện khác bất kỳ mà có thể được dùng để lưu trữ mã thực thi được bằng máy tính dưới dạng các lệnh hoặc cấu trúc dữ liệu mà máy tính có thể truy cập được.

Fig.1 là sơ đồ minh họa ví dụ về hệ thống truyền thông không dây và mạng truy cập 100. Hệ thống truyền thông không dây (còn gọi là mạng không dây diện rộng (wireless wide area network - WWAN)) bao gồm các trạm gốc 102, (các) thiết bị người dùng (UE) 104, và lõi gói cải tiến (Evolved Packet Core - EPC) 160, và mạng lõi khác 190 (ví dụ, lõi 5G (5G Core - 5GC)). Trạm gốc 102 có thể gồm các ô macro (trạm gốc dạng ô công suất cao) và/hoặc các ô nhỏ (trạm gốc dạng ô công suất thấp). Các ô macro bao gồm các trạm gốc. Các ô nhỏ gồm ô femto, ô pico và ô micro.

Trạm gốc 102 được tạo cấu hình cho hệ thống Tiến hóa dài hạn (LTE) 4G (được gọi chung là mạng truy cập vô tuyến mặt đất của hệ thống viễn thông di động toàn cầu (Universal Mobile Telecommunications System - UMTS) cải tiến (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network - E-UTRAN)) có thể giao tiếp với EPC 160 qua các liên kết backhaul thứ nhất 132 (ví dụ, giao diện S1). Các trạm gốc 102 được tạo cấu hình cho vô tuyến mới (NR) 5G (được gọi chung là RAN thế hệ tiếp theo (Next Generation RAN - NG-RAN)) có thể giao tiếp với mạng lõi 190 qua các liên kết backhaul thứ hai 184. Ngoài các chức năng khác, trạm gốc 102 có thể thực hiện một hoặc nhiều chức năng sau: chuyển dữ liệu người dùng, mã hóa và giải mã kênh vô tuyến, bảo vệ tính nguyên vẹn, nén phần đầu, chức năng điều khiển tính di động (ví dụ, chuyển giao, kết nối kép), phối hợp nhiều liên vùng, thiết lập kết nối và ngắt kết nối, cân bằng tải, phân bổ đối với các bản tin tầng không truy cập (non-access stratum - NAS), chọn nút NAS, đồng bộ hóa, dùng chung mạng truy cập vô tuyến (Radio access network - RAN), Dịch vụ quảng bá và phát đa hướng đa phương tiện (Multimedia broadcast multicast service - MBMS), dò theo thuê bao và thiết bị, quản lý thông tin RAN (RAN information management - RIM), tìm gọi, định vị, và gửi bản tin cảnh báo. Các trạm gốc 102 có thể truyền thông trực tiếp hoặc gián tiếp (ví dụ, thông qua EPC 160 hoặc mạng lõi 190) với nhau qua liên kết backhaul thứ ba 134 (ví dụ, giao diện X2). Liên kết backhaul thứ nhất 132, liên kết backhaul thứ hai 184, và liên kết backhaul thứ ba 134 có thể có dây hoặc không dây.

Trạm gốc 102 có thể truyền thông không dây với UE 104. Mỗi trạm gốc trong số các trạm gốc 102 có thể cung cấp vùng phủ sóng truyền thông cho khu vực phủ sóng địa lý 110 tương ứng. Có thể có các khu vực phủ sóng địa lý 110 chồng lấn nhau. Ví dụ, ô nhỏ 102' có thể có khu vực phủ sóng 110' chồng lấn với khu vực phủ sóng 110 của một hoặc nhiều trạm gốc marco 102. Mạng bao gồm cả ô nhỏ và ô macro có thể được gọi là mạng không đồng nhất. Mạng không đồng nhất cũng có thể gồm nút B cải tiến (evolved node B - eNB) trong nhà, nút này có thể cung cấp dịch vụ cho nhóm hạn chế được biết đến là nhóm thuê bao kín (Closed subscriber group - CSG). Các liên kết truyền thông 120 giữa trạm gốc 102 và các UE 104 có thể bao gồm các cuộc truyền đường lên (uplink - UL) (còn gọi là liên kết ngược) từ UE 104 đến trạm gốc 102, và/hoặc các cuộc truyền đường xuống (downlink - DL) (còn gọi là liên kết xuôi) từ trạm gốc 102 đến UE 104. Các liên kết truyền thông 120 có thể sử dụng công nghệ anten nhiều đầu vào và nhiều đầu ra (multiple-input and multiple-output - MIMO), bao gồm ghép kênh theo không gian, điều hướng chùm

sóng và/hoặc phân tập truyền. Liên kết truyền thông có thể là qua một hoặc nhiều sóng mang. Các trạm gốc 102/UE 104 có thể sử dụng băng thông phổ lên đến Y megahertz (MHz) (ví dụ, 5, 10, 15, 20, 100, 400, v.v. MHz) cho mỗi sóng mang được phân bổ trong tập hợp sóng mang lên tới tổng là Yx MHz (x sóng mang thành phần) sử dụng để truyền theo mỗi hướng. Các sóng mang có thể liên kết hoặc không liên kết với nhau. Việc phân bổ sóng mang có thể không đối xứng đối với DL và UL (ví dụ, nhiều sóng mang hơn hoặc ít sóng mang hơn được phân bổ cho DL so với cho UL). Sóng mang thành phần có thể gồm sóng mang thành phần sơ cấp và một hoặc nhiều sóng mang thành phần thứ cấp. Sóng mang thành phần sơ cấp có thể được gọi là ô sơ cấp (primary cell - PCell) và sóng mang thành phần thứ cấp có thể được gọi là ô thứ cấp (secondary cell - SCell).

Một số UE 104 có thể truyền thông với nhau bằng cách sử dụng liên kết truyền thông từ thiết bị đến thiết bị (device-to-device - D2D) 158. Liên kết truyền thông D2D 158 có thể sử dụng phổ WWAN DL/UL. Liên kết truyền thông D2D 158 có thể sử dụng một hoặc nhiều kênh liên kết phụ, như kênh phát quảng bá liên kết phụ vật lý (physical sidelink broadcast channel-PSBCH), kênh phát hiện liên kết phụ vật lý (physical sidelink discovery - PSDCH), kênh dùng chung liên kết phụ vật lý (physical sidelink shared channel - PSSCH), và kênh điều khiển liên kết phụ vật lý (physical sidelink control channel - PSCCH). Truyền thông D2D có thể thông qua các hệ thống truyền thông D2D không dây khác nhau, ví dụ như WiMedia, Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi dựa trên chuẩn của Viện kỹ sư điện và điện tử (Institute of Electrical and Electronics Engineers - IEEE) 802.11, LTE, hoặc NR.

Hệ thống truyền thông không dây có thể còn bao gồm điểm truy cập (access point - AP) Wi-Fi 150 truyền thông với các trạm (station - STA) Wi-Fi 152 qua liên kết truyền thông 154, ví dụ, trong phổ tần số được miễn cấp phép 5 gigahertz (GHz) hoặc tương tự. Khi truyền thông trong phổ tần số được miễn cấp phép, STA 152 / AP 150 có thể thực hiện đánh giá kênh rỗi (clear channel assessment - CCA) trước khi truyền thông để xác định xem kênh này có sẵn hay không.

Ô nhỏ 102' có thể hoạt động trong phổ tần số được cấp phép và/hoặc được miễn cấp phép. Khi hoạt động trong phổ tần số được miễn cấp phép, ô nhỏ 102' có thể sử dụng NR và sử dụng phổ tần được miễn cấp phép (ví dụ, 5 GHz, hoặc tương tự) giống như được sử dụng bởi AP Wi-Fi 150. Ô nhỏ 102', sử dụng NR trong phổ tần được miễn cấp phép, có thể tăng độ phủ sóng và/hoặc tăng dung lượng của mạng truy cập.

Phổ điện từ thường được chia nhỏ ra, dựa vào tần số/bước sóng, thành các bậc, băng, kênh, v.v. khác nhau. Trong công nghệ NR 5G, hai băng hoạt động ban đầu được xác định là các chỉ số dải tần FR1 (410 MHz – 7,125 GHz) và FR2 (24,25 GHz – 52,6 GHz). Các tần số nằm giữa FR1 và FR2 thường được gọi là các tần số băng tần trung. Mặc dù một phần của FR1 lớn hơn 6 GHz, nhưng FR1 thường được gọi là (dùng thay thế cho nhau) băng “dưới 6 GHz” trong nhiều tài liệu và bài viết. Vấn đề danh pháp tương tự đôi khi xảy ra với FR2, thường được gọi (dùng thay thế cho nhau) là băng “sóng milimet” (mmW) trong các tài liệu và bài viết, mặc dù khác với băng tần số cực kỳ cao (extremely high frequency - EHF) (30 GHz – 300 GHz) thường được liên minh viễn thông quốc tế (International Telecommunications Union - ITU) xác định là băng “sóng milimet”.

Với những khía cạnh nêu trên, trừ khi được trình bày cụ thể, cần hiểu rằng thuật ngữ “dưới 6 GHz” hoặc tương tự, nếu được sử dụng ở đây, có thể thể hiện chung cho các tần số có thể nhỏ hơn 6 GHz, có thể nằm trong FR1, hoặc có thể bao gồm các tần số băng tần trung. Hơn nữa, trừ khi được trình bày cụ thể, cần hiểu rằng thuật ngữ “sóng milimet” hoặc tương tự, nếu được sử dụng ở đây, có thể thể hiện chung cho các tần số mà có thể bao gồm các tần số băng tần trung, có thể nằm trong FR2, hoặc có thể nằm trong băng EHF.

Trạm gốc 102, dù là ô nhỏ 102' hay ô lớn (ví dụ, trạm gốc macro), có thể bao gồm và/hoặc được gọi là eNB, gNodeB (gNB) hoặc kiểu trạm gốc khác. Một số trạm gốc, như gNB 180 có thể hoạt động trong phổ dưới 6 GHz truyền thống, trong các tần số sóng milimet, và/hoặc các tần số gần sóng milimet khi truyền thông với UE 104. Khi gNB 180 hoạt động trong các tần số sóng milimet hoặc gần sóng milimet, gNB 180 có thể được gọi là trạm gốc sóng milimet. Trạm gốc sóng milimet 180 có thể sử dụng bước điều hướng chùm sóng 182 với UE 104 để bù cho suy hao đường truyền và phạm vi phủ sóng ngắn. Mỗi trạm gốc 180 và UE 104 có thể bao gồm nhiều anten, như các phần tử anten, mảng anten, và/hoặc các mảng anten để hỗ trợ việc điều hướng chùm sóng.

Trạm gốc 180 có thể truyền tín hiệu được điều hướng chùm sóng đến UE 104 theo một hoặc nhiều hướng truyền 182'. UE 104 có thể nhận tín hiệu được điều hướng chùm sóng từ trạm gốc 180 theo một hoặc nhiều hướng nhận 182". UE 104 cũng có thể truyền tín hiệu được điều hướng chùm sóng đến trạm gốc 180 theo một hoặc nhiều hướng truyền. Trạm gốc 180 có thể nhận tín hiệu được điều hướng chùm sóng từ UE 104 theo một hoặc nhiều hướng nhận. Trạm gốc 180 / UE 104 có thể thực hiện việc huấn luyện chùm sóng để

xác định các hướng nhận và truyền tốt nhất cho mỗi trong số trạm gốc 180 / UE 104. Các hướng nhận và truyền cho trạm gốc 180 có thể giống hoặc có thể không giống nhau. Các hướng nhận và truyền cho UE 104 có thể giống hoặc không giống nhau.

EPC 160 có thể gồm thực thể quản lý di động (Mobility Management Entity - MME) 162, các MME khác 164, cổng phục vụ 166, cổng dịch vụ phát quảng bá và phát đa hướng đa phương tiện (Multimedia Broadcast Multicast Service - MBMS) 168, trung tâm dịch vụ phát quảng bá và phát đa hướng (Broadcast Multicast Service Center - BM-SC) 170, và cổng mạng dữ liệu gói (Packet Data Network - PDN) 172. MME 162 có thể truyền thông với máy chủ thuê bao trong nhà (Home Subscriber Server - HSS) 174. MME 162 là nút điều khiển xử lý việc báo hiệu giữa UE 104 và EPC 160. Nói chung, MME 162 cung cấp sự quản lý kênh mang và kết nối. Tất cả các gói giao thức Internet (Internet protocol - IP) người dùng được chuyển qua cổng phục vụ 166, chính cổng này được kết nối với cổng PDN 172. Cổng PDN 172 hỗ trợ phân bổ địa chỉ IP UE cũng như các chức năng khác. Cổng PDN 172 và BM-SC 170 được kết nối với dịch vụ IP 176. Dịch vụ IP 176 có thể bao gồm Internet, Intranet, phân hệ đa phương tiện IP (IP Multimedia Subsystem - IMS), dịch vụ phát trực tuyến PS, và/hoặc các dịch vụ IP khác. BM-SC 170 có thể có các chức năng cung cấp và phân phối dịch vụ người dùng MBMS. BM-SC 170 có thể đóng vai trò như điểm nhập cho cuộc truyền MBMS của nhà cung cấp nội dung, có thể được sử dụng để cấp phép và khởi tạo các dịch vụ kênh mang MBMS trong mạng di động mặt đất công cộng (public land mobile network - PLMN), và có thể được sử dụng để lập lịch cho các cuộc truyền MBMS. Cổng MBMS 168 có thể được sử dụng để phân bổ lưu lượng MBMS cho các trạm gốc 102 thuộc khu vực mạng một tần số phát quảng bá đa hướng (Multicast Broadcast Single Frequency Network - MBSFN) để phát quảng bá một dịch vụ cụ thể và có thể chịu trách nhiệm quản lý phiên (bắt đầu/dừng) và thu thập thông tin tính cước liên quan đến eMBMS.

Mạng lõi 190 có thể bao gồm chức năng quản lý di động và truy cập (Access and Mobility Management Function - AMF) 192, các AMF khác 193, chức năng quản lý phiên (Session Management Function - SMF) 194, và chức năng mặt phẳng người dùng (User Plane Function - UPF) 195. AMF 192 có thể truyền thông với chức năng quản lý dữ liệu thống nhất (Unified Data Management - UDM) 196. AMF 192 là nút điều khiển xử lý việc báo hiệu giữa UE 104 và mạng lõi 190. Nói chung, AMF 192 cung cấp sự quản lý phiên và luồng chất lượng dịch vụ (Quality of Service - QoS). Tất cả các gói giao thức Internet

(IP) người dùng được truyền qua UPF 195. UPF 195 cung cấp sự phân bổ địa chỉ IP UE cũng như các chức năng khác. UPF 195 được kết nối đến các dịch vụ IP 197. Dịch vụ IP 197 có thể bao gồm Internet, Intranet, phân hệ đa phương tiện IP (IMS), dịch vụ phát trực tuyến chuyển mạch gói (packet switch - PS) (PS Streaming - PSS), và/hoặc các dịch vụ IP khác.

Trạm gốc có thể bao gồm và/hoặc được gọi là gNB, nút B, eNB, điểm truy cập, trạm thu phát cơ sở, trạm gốc vô tuyến, bộ thu phát vô tuyến, chức năng thu phát, bộ dịch vụ cơ bản (basic service set - BSS), bộ dịch vụ mở rộng (extended service set - ESS), điểm truyền nhận (transmit reception point - TRP) hoặc một số thuật ngữ thích hợp khác. Trạm gốc 102 cung cấp điểm truy cập cho EPC 160 hoặc mạng lõi 190 cho UE 104. Các ví dụ về UE 104 bao gồm điện thoại di động, điện thoại thông minh, điện thoại theo giao thức khởi tạo phiên (session initiation protocol - SIP), máy tính xách tay, trợ lý kỹ thuật số cá nhân (personal digital assistant - PDA), vô tuyến vệ tinh, hệ thống định vị toàn cầu, thiết bị đa phương tiện, thiết bị video, trình phát âm thanh số (ví dụ, trình phát MP3), máy ảnh, bàn giao tiếp trò chơi điện tử, máy tính bảng, thiết bị thông minh, thiết bị đeo được, xe cộ, điện kế, thiết bị bơm xăng, thiết bị nhà bếp lớn hoặc nhỏ, thiết bị chăm sóc sức khỏe, thiết bị cấy ghép, bộ cảm biến/bộ truyền động, màn hình hoặc thiết bị có chức năng tương tự khác bất kỳ. Một số UE 104 có thể được gọi là các thiết bị IoT (ví dụ, máy thu tiền đỗ xe, thiết bị bơm xăng, lò nướng bánh, xe cộ, thiết bị theo dõi tim, v.v.). UE 104 còn có thể được gọi là trạm, trạm di động, trạm thuê bao, khối di động, khối thuê bao, khối không dây, khối từ xa, thiết bị di động, thiết bị không dây, thiết bị truyền thông không dây, thiết bị từ xa, trạm thuê bao di động, thiết bị đầu cuối truy cập, thiết bị đầu cuối di động, thiết bị đầu cuối không dây, thiết bị đầu cuối từ xa, điện thoại cầm tay, đại lý người dùng, máy khách di động, máy khách, hoặc các thuật ngữ phù hợp khác.

Mặc dù sáng chế có thể tập trung vào NR 5G, các khái niệm và khía cạnh khác nhau được mô tả ở đây có thể áp dụng được cho các lĩnh vực tương tự khác, như LTE, LTE cải tiến, đa truy cập phân chia theo mã (CDMA), hệ thống truyền thông di động toàn cầu (Global System for Mobile Communications - GSM), hoặc các công nghệ truy cập không dây/vô tuyến khác.

Xem lại Fig.1, theo các khía cạnh nhất định, trạm gốc 102/180 có thể mã hóa tập dữ liệu bằng cách sử dụng lập mã fountain thành tập hợp gói được mã hóa. Trạm gốc 102/180 có thể bao gồm tập hợp gói được mã hóa trong tập hợp đơn vị dữ liệu giao thức

(PDU) 198. Trạm gốc 102/180 có thể gửi tập con thứ nhất của tập hợp PDU 198 đến UE 104 trên sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang được tạo cấu hình để truyền thông giữa trạm gốc 102/180 và UE 104. Trạm gốc 102/180 có thể gửi tập con thứ hai của tập hợp PDU 198 đến UE 104 trên sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang. UE 104 có thể nhận các tập con thứ nhất và thứ hai của tập hợp PDU 198 lần lượt trên sóng mang thứ nhất và thứ hai. UE 104 có thể giải mã các gói được mã hóa trong tập hợp PDU 198 dựa vào lập mã fountain để thu được tập dữ liệu ban đầu.

Fig.2A là sơ đồ 200 minh họa ví dụ về khung con thứ nhất trong cấu trúc khung NR 5G. Fig.2B là sơ đồ 230 minh họa ví dụ về các kênh DL trong khung con NR 5G. Fig.2C là sơ đồ 250 minh họa ví dụ về khung con thứ hai trong cấu trúc khung NR 5G. Fig.2D là sơ đồ 280 minh họa ví dụ về các kênh UL trong khung con NR 5G. Cấu trúc khung NR 5G có thể là song công phân chia theo tần số (frequency division duplex - FDD) trong đó đối với tập hợp sóng mang con cụ thể (băng thông hệ thống sóng mang), các khung con trong tập hợp sóng mang con được dành riêng cho DL hoặc UL, hoặc có thể là song công phân chia theo thời gian (time division duplex - TDD) trong đó đối với tập hợp sóng mang con cụ thể (băng thông hệ thống sóng mang), các khung con trong tập hợp sóng mang con được dành cho cả DL và UL. Trong các ví dụ đưa ra trên Fig.2A, Fig.2C, cấu trúc khung NR 5G được giả định là cấu trúc TDD, với khung con 4 được tạo cấu hình với định dạng khe 28 (chủ yếu là DL), trong đó D là DL, U là UL và F linh hoạt để sử dụng giữa DL/UL, và khung con 3 được tạo cấu hình với định dạng khe 34 (chủ yếu là UL). Mặc dù các khung con 3, 4 lần lượt được thể hiện với các định dạng khe 34, 28, khung con cụ thể bất kỳ có thể được tạo cấu hình với định dạng khe bất kỳ trong số các định dạng khe có sẵn khác nhau từ 0 đến 61. Các định dạng khe 0, 1 lần lượt đều là DL, UL. Các định dạng khe khác từ 2 đến 61 bao gồm sự kết hợp của DL, UL, và các ký hiệu linh hoạt. Các UE được tạo cấu hình với định dạng khe (theo cách động qua thông tin điều khiển DL (DL control information - DCI), hoặc bán tĩnh/tĩnh thông qua báo hiệu điều khiển tài nguyên vô tuyến (radio resource control - RRC)) qua chỉ báo định dạng khe (slot format indicator - SFI) nhận được. Lưu ý rằng phần mô tả sau đây cũng áp dụng cho cấu trúc khung NR 5G là TDD.

Công nghệ truyền thông không dây khác có thể có cấu trúc khung khác và/hoặc các kênh khác. Khung, ví dụ, bằng 10 mili giây (millisecond - ms) có thể được chia thành 10 khung con có kích thước bằng nhau (1ms). Mỗi khung con có thể bao gồm một hoặc nhiều

khe thời gian. Các khung con có thể còn bao gồm các khe nhỏ, mà có thể bao gồm 7, 4, hoặc 2 ký hiệu. Mỗi khe có thể bao gồm 7 hoặc 14 ký hiệu, tùy thuộc vào cấu hình khe. Đối với cấu hình khe 0, mỗi khe có thể bao gồm 14 ký hiệu, và đối với cấu hình khe 1, mỗi khe có thể bao gồm 7 ký hiệu. Các ký hiệu trên DL có thể là ký hiệu ghép kênh phân chia theo tần số trực giao (orthogonal frequency division multiplex - OFDM) tiền tố vòng (CP) (CP-OFDM). Các ký hiệu trên UL có thể là ký hiệu CP-OFDM (đối với kịch bản thông lượng cao) hoặc ký hiệu OFDM trải phổ biến đổi Fourier rời rạc (discrete Fourier transform - DFT) (DFT spread OFDM - DFT-s-OFDM) (còn được gọi là ký hiệu đa truy cập phân chia theo tần số một sóng mang (single carrier frequency-division multiple access - SC-FDMA)) (đối với kịch bản giới hạn công suất; giới hạn ở cuộc truyền một dòng). Số lượng khe trong khung con là dựa vào cấu hình khe và số học. Đối với cấu hình khe 0, các số học khác nhau μ 0 đến 4 lần lượt cho phép 1, 2, 4, 8, và 16 khe, cho mỗi khung con. Đối với cấu hình khe 1, các số học khác nhau μ 0 đến 2 lần lượt cho phép 2, 4 và 8 khe, cho mỗi khung con. Do đó, đối với cấu hình khe 0 và số học μ , có 14 ký hiệu/khe và 2^μ khe/khung con. Khoảng cách sóng mang con và độ dài/thời khoảng ký hiệu là hàm của số học. Khoảng cách sóng mang con có thể bằng $2^\mu * 15$ kilohertz (kHz), trong đó μ là số học 0 đến 4. Như vậy, số học $\mu=0$ có khoảng cách sóng mang con là 15 kHz và số học $\mu=4$ có khoảng cách sóng mang con là 240 kHz. Độ dài/thời khoảng ký hiệu tỉ lệ nghịch với khoảng cách sóng mang con. Các hình vẽ từ Fig.2A đến Fig.2D đưa ra ví dụ về cấu hình khe 0 với 14 ký hiệu cho mỗi khe và số học $\mu=2$ với 4 khe cho mỗi khung con. Thời khoảng khe là 0,25 ms, khoảng cách sóng mang con là 60 kHz, và thời khoảng ký hiệu xấp xỉ 16,67 μ s. Trong một tập hợp khung, có thể có một hoặc nhiều phần băng thông (bandwidth part - BWP) khác nhau (xem Fig.2B), các phần băng thông này được ghép kênh phân chia theo tần số. Mỗi BWP có thể có số học cụ thể.

Lưới tài nguyên có thể được sử dụng để biểu diễn cấu trúc khung. Mỗi khe thời gian bao gồm khối tài nguyên (resource block - RB) (còn được gọi là các khối tài nguyên vật lý (physical RB - PRB)) kéo dài 12 sóng mang con liên tiếp. Lưới tài nguyên này được chia thành nhiều phần tử tài nguyên (Resource element - RE). Số bit được mang bởi mỗi phần tử tài nguyên phụ thuộc vào sơ đồ điều chế.

Như được minh họa trên Fig.2A, một số RE mang tín hiệu (hoa tiêu) tham chiếu (reference signal - RS) cho UE. RS có thể bao gồm RS giải điều chế (demodulation RS - DM-RS) (được biểu thị là R_x cho một cấu hình cụ thể, trong đó 100x là số công, nhưng có

thể có các cấu hình DM-RS khác) và các tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh (channel state information reference signal - CSI-RS) để ước lượng kênh tại UE. RS có thể còn bao gồm RS đo chùm sóng (beam measurement RS - BRS), RS tinh chỉnh chùm sóng (beam refinement RS - BRRS), và RS theo dõi pha (phase tracking RS - PT-RS).

Fig.2B minh họa ví dụ về các kênh DL khác nhau trong khung con của khung. Kênh điều khiển đường xuống vật lý (physical downlink control channel - PDCCH) mang DCI trong một hoặc nhiều phần tử kênh điều khiển (Control channel element - CCE), mỗi CCE chứa chín nhóm RE (RE group - REG), mỗi REG gồm bốn RE liên tiếp trong một ký hiệu OFDM. PDCCH trong một BWP có thể được gọi là tập hợp tài nguyên điều khiển (control resource set - CORESET). Các BWP bổ sung có thể được đặt ở các tần số cao hơn và/hoặc thấp hơn trên khắp băng thông kênh. Tín hiệu đồng bộ hóa sơ cấp (primary synchronization channel - PSS) có thể nằm trong ký hiệu 2 của các khung con cụ thể của khung. PSS được sử dụng bởi UE 104 để xác định sự định thời khung/ký hiệu và định danh lớp vật lý. Tín hiệu đồng bộ hóa thứ cấp (secondary synchronization channel - SSS) có thể nằm trong ký hiệu 4 của các khung con cụ thể của khung. SSS được sử dụng bởi UE để xác định số nhóm định danh ô lớp vật lý và định thời khung vô tuyến. Dựa vào sự định danh lớp vật lý và số nhóm định danh ô lớp vật lý, UE có thể xác định mã định danh của ô vật lý (physical cell identifier - PCI). Dựa vào PCI, UE có thể xác định vị trí của DM-RS nêu trên. Kênh phát quảng bá vật lý (physical broadcast channel - PBCH), mang khối thông tin chính (master information block - MIB), có thể được nhóm theo logic với PSS và SSS để tạo thành khối tín hiệu đồng bộ hóa (synchronization signal - SS)/PBCH (còn được gọi là khối SS (SS block - SSB)). MIB cung cấp một số RB trong băng thông hệ thống và số khung hệ thống (system frame number - SFN). Kênh dùng chung đường xuống vật lý (physical downlink shared channel - PDSCH) mang dữ liệu người dùng, thông tin hệ thống phát quảng bá không được truyền qua PBCH như các khối thông tin hệ thống (System information block - SIB), và bản tin tìm gọi.

Như được minh họa trên Fig.2C, một số RE mang DM-RS (được chỉ báo dưới dạng R cho một cấu hình cụ thể, nhưng các cấu hình DM-RS khác là có thể có) để ước lượng kênh ở trạm gốc. UE có thể truyền DM-RS cho kênh điều khiển đường lên vật lý (physical uplink control channel - PUCCH) và DM-RS cho kênh dùng chung đường lên vật lý (physical uplink shared channel - PUSCH). DM-RS PUSCH có thể được truyền trong một hoặc hai ký hiệu đầu tiên của PUSCH. DM-RS PUCCH có thể được truyền ở các cấu hình

khác nhau tùy thuộc vào việc các PUCCH được truyền là ngắn hay dài và tùy thuộc vào định dạng PUCCH cụ thể được sử dụng. UE có thể truyền các tín hiệu tham chiếu thăm dò (sounding reference signal - SRS). SRS có thể được truyền trong ký hiệu cuối cùng của khung con. SRS có thể có cấu trúc hình lược và UE có thể truyền SRS trên một trong số các lược. SRS có thể được sử dụng bởi trạm gốc để ước lượng chất lượng kênh để cho phép lập lịch phụ thuộc vào tần số trên UL.

Fig.2D minh họa ví dụ về các kênh UL khác nhau trong khung con của khung. PUCCH có thể được đặt như được chỉ báo trong một cấu hình. PUCCH mang thông tin điều khiển đường lên (uplink control information - UCI), như các yêu cầu lập lịch, chỉ báo chất lượng kênh (channel quality indicator - CQI), chỉ báo ma trận tiền mã hóa (precoding matrix indicator - PMI), chỉ báo thứ hạng (rank indicator - RI), và phản hồi báo nhận (acknowledgement - ACK)/báo phủ nhận (not-acknowledgement - NACK) yêu cầu lặp tự động lại (hybrid automatic repeat request - HARQ). PUSCH mang dữ liệu và còn có thể được dùng để mang báo cáo tình trạng bộ đệm (buffer status report - BSR), báo cáo thông khoảng công suất (power headroom report - PHR), và/hoặc UCI.

Fig.3 là sơ đồ khối của trạm gốc 310 truyền thông với UE 350 trong mạng truy cập. Trên DL, các gói IP từ EPC 160 có thể được cung cấp cho bộ điều khiển/bộ xử lý 375. Bộ điều khiển/bộ xử lý 375 thực hiện chức năng của lớp 3 và lớp 2. Lớp 3 gồm lớp điều khiển tài nguyên vô tuyến (radio resource control - RRC), và lớp 2 gồm lớp giao thức thích ứng dữ liệu dịch vụ (service data adaptation protocol - SDAP), lớp giao thức hội tụ dữ liệu gói (packet data convergence protocol - PDCP), lớp điều khiển liên kết vô tuyến (radio link control - RLC) và lớp điều khiển truy cập môi trường (medium access control - MAC). Bộ điều khiển/bộ xử lý 375 cung cấp chức năng lớp RRC gắn với việc phát quảng bá thông tin hệ thống (ví dụ, MIB, SIB), điều khiển kết nối RRC (ví dụ, tìm gọi kết nối RRC, thiết lập kết nối RRC, thay đổi kết nối RRC và ngắt kết nối RRC), tính di động theo công nghệ truy cập liên vô tuyến (radio access technology - RAT), và cấu hình đo để báo cáo đo UE; chức năng của lớp PDCP gắn với việc nén/giải nén phần đầu, tính bảo mật (mã hóa, giải mã, bảo vệ tính nguyên vẹn, xác nhận tính nguyên vẹn) và các chức năng hỗ trợ chuyển giao; chức năng của lớp RLC gắn với việc chuyển các đơn vị dữ liệu gói (packet data unit - PDU) lớp trên, hiệu chỉnh lỗi qua ARQ, ghép nối, phân đoạn và ghép lại các đơn vị dữ liệu dịch vụ (service data unit - SDU) RLC, phân đoạn lại các PDU dữ liệu RLC và sắp xếp lại các PDU dữ liệu RLC; và chức năng lớp MAC gắn với việc ánh xạ giữa các kênh

logic và kênh truyền tải, ghép kênh các SDU MAC lên các khối truyền tải (transport block - TB), giải ghép kênh các SDU MAC từ các TB, báo cáo thông tin lập lịch, hiệu chỉnh lỗi qua HARQ, xử lý ưu tiên và ưu tiên hóa kênh logic.

Bộ xử lý truyền (TX) 316 và bộ xử lý nhận (RX) 370 thực hiện chức năng của lớp 1 gắn với các chức năng xử lý tín hiệu khác nhau. Lớp 1, gồm lớp vật lý (physical - PHY), có thể bao gồm việc phát hiện lỗi trên các kênh truyền tải, mã hóa/giải mã hiệu chỉnh lỗi trước (forward error correction - FEC) đối với các kênh truyền tải, đan xen, so khớp tốc độ, ánh xạ lên các kênh vật lý, điều chế/giải điều chế các kênh vật lý và xử lý anten MIMO. Bộ xử lý TX 316 thực hiện việc ánh xạ lên các chòm tín hiệu dựa vào các sơ đồ điều chế khác nhau (ví dụ, khóa dịch pha nhị phân (binary phase-shift keying - BPSK), khóa dịch pha cầu phương (quadrature phase-shift keying - QPSK), khóa dịch pha M (M-phase-shift keying - M-PSK), điều chế biên độ cầu phương M (M-quadrature amplitude modulation - M-QAM)). Sau đó các ký hiệu được lập mã và điều chế có thể được tách thành các dòng song song. Sau đó, mỗi dòng được ánh xạ đến sóng mang con OFDM, được ghép kênh với tín hiệu tham chiếu (chẳng hạn, tín hiệu hoa tiêu) trong miền thời gian và/hoặc tần số, và sau đó được kết hợp với nhau nhờ sử dụng phép biến đổi Fourier nhanh ngược (Inverse Fast Fourier Transform - IFFT) để tạo ra kênh vật lý mang dòng ký hiệu OFDM miền thời gian. Dòng OFDM được mã hóa trước về không gian để tạo ra nhiều dòng không gian. Ước lượng kênh từ bộ ước lượng kênh 374 có thể được sử dụng để xác định sơ đồ lập mã và điều chế, cũng như để xử lý không gian. Ước lượng kênh có thể được suy ra từ tín hiệu tham chiếu và/hoặc phản hồi điều kiện kênh được truyền bởi UE 350. Sau đó mỗi dòng không gian có thể được cung cấp đến các anten 320 khác nhau thông qua bộ phát 318TX riêng. Mỗi bộ phát 318TX có thể điều chế sóng mang RF với dòng không gian tương ứng để truyền.

Tại UE 350, mỗi bộ thu 354RX nhận được tín hiệu qua anten 352 tương ứng. Mỗi bộ thu 354RX khôi phục thông tin được điều chế trên sóng mang RF và cung cấp thông tin này đến bộ xử lý nhận (RX) 356. Bộ xử lý TX 368 và bộ xử lý RX 356 thực hiện chức năng của lớp 1 gắn với các chức năng xử lý tín hiệu khác nhau. Bộ xử lý RX 356 có thể thực hiện xử lý không gian trên thông tin này để khôi phục các dòng không gian bất kỳ được hướng đến UE 350. Nếu nhiều dòng không gian được dành cho UE 350, chúng có thể được kết hợp bởi bộ xử lý RX 356 thành một dòng ký hiệu OFDM. Sau đó bộ xử lý RX 356 biến đổi dòng ký hiệu OFDM từ miền thời gian sang miền tần số bằng cách sử

dụng phép Biến đổi Fourier Nhanh (Fast Fourier Transform - FFT). Tín hiệu miền tần số bao gồm dòng ký hiệu OFDM riêng cho mỗi sóng mang con của tín hiệu OFDM. Các ký hiệu trên mỗi sóng mang con và tín hiệu tham chiếu được khôi phục và giải điều chế bằng cách xác định các điểm chòm tín hiệu có khả năng xảy ra nhất được truyền bởi trạm gốc 310. Các quyết định mềm này có thể dựa vào các kết quả ước lượng kênh được tính toán bởi bộ ước lượng kênh 358. Sau đó các quyết định mềm này được giải mã và được giải đan xen để khôi phục tín hiệu dữ liệu và điều khiển mà ban đầu được truyền bởi trạm gốc 310 trên kênh vật lý. Sau đó, tín hiệu dữ liệu và điều khiển được đưa tới bộ điều khiển/bộ xử lý 359, bộ điều khiển/bộ xử lý này triển khai chức năng của lớp 3 và lớp 2.

Bộ điều khiển/bộ xử lý 359 có thể được kết hợp với bộ nhớ 360 lưu trữ các mã chương trình và dữ liệu. Bộ nhớ 360 có thể được gọi là phương tiện đọc được bằng máy tính. Trong UL, bộ điều khiển/bộ xử lý 359 hỗ trợ giải ghép kênh giữa các kênh truyền tải và kênh logic, ghép lại gói, giải mã, giải nén tiêu đề, và xử lý tín hiệu điều khiển để khôi phục các gói IP từ EPC 160. Bộ điều khiển/bộ xử lý 359 cũng chịu trách nhiệm phát hiện lỗi bằng cách sử dụng giao thức ACK và/hoặc NACK để hỗ trợ các hoạt động HARQ.

Tương tự với chức năng được mô tả liên quan đến cuộc truyền DL bởi trạm gốc 310, bộ điều khiển/bộ xử lý 359 cung cấp chức năng lớp RRC gắn với việc thu thông tin hệ thống (ví dụ, MIB, SIB), kết nối RRC và báo cáo đo; chức năng của lớp PDCP gắn với việc nén/giải nén phần đầu và tính bảo mật (mã hóa, giải mã, bảo vệ tính nguyên vẹn, xác nhận tính nguyên vẹn); chức năng của lớp RLC gắn với việc chuyển các PDU lớp trên, hiệu chỉnh lỗi qua ARQ, ghép nối, phân đoạn và tái tổ hợp các SDU RLC, tái phân đoạn các PDU dữ liệu RLC và sắp xếp lại các PDU dữ liệu RLC; và chức năng lớp MAC gắn với việc ánh xạ giữa các kênh logic và kênh truyền tải, ghép kênh các SDU MAC lên các TB, giải ghép kênh các SDU MAC từ các TB, báo cáo thông tin lập lịch, hiệu chỉnh lỗi qua HARQ, xử lý ưu tiên và ưu tiên hóa kênh logic.

Các ước lượng kênh được suy ra bởi bộ ước lượng kênh 358 từ tín hiệu tham chiếu hoặc phản hồi được truyền bởi trạm gốc 310 có thể được sử dụng bởi bộ xử lý TX 368 để chọn các sơ đồ mã hóa và điều chế phù hợp, và để tạo thuận lợi cho việc xử lý không gian. Các dòng không gian được tạo ra bởi bộ xử lý TX 368 có thể được cung cấp đến các anten 352 khác nhau thông qua các bộ phát 354TX riêng. Mỗi bộ phát 354TX có thể điều chế sóng mang RF với dòng không gian tương ứng để truyền.

Cuộc truyền UL được xử lý tại trạm gốc 310 theo cách tương tự như được mô tả liên quan đến chức năng bộ thu tại UE 350. Mỗi bộ thu 318RX nhận được tín hiệu thông qua anten 320 tương ứng của nó. Mỗi bộ thu 318RX khôi phục thông tin được điều chế trên sóng mang RF và cung cấp thông tin này đến bộ xử lý RX 370.

Bộ điều khiển/bộ xử lý 375 có thể được kết hợp với bộ nhớ 376 lưu trữ các mã chương trình và dữ liệu. Bộ nhớ 376 có thể được gọi là phương tiện đọc được bằng máy tính. Trong UL, bộ điều khiển/bộ xử lý 375 hỗ trợ giải ghép kênh giữa các kênh truyền tải và kênh logic, ghép lại gói, giải mã, giải nén tiêu đề, xử lý tín hiệu điều khiển để khôi phục các gói IP từ UE 350. Các gói IP từ bộ điều khiển/bộ xử lý 375 có thể được cung cấp đến EPC 160. Bộ điều khiển/bộ xử lý 375 cũng chịu trách nhiệm phát hiện lỗi bằng cách sử dụng giao thức ACK và/hoặc NACK để hỗ trợ các hoạt động HARQ.

Theo một số khía cạnh, ít nhất một trong các bộ xử lý TX 368, bộ xử lý RX 356, và bộ điều khiển/bộ xử lý 359 có thể được tạo cấu hình để thực hiện các khía cạnh liên quan đến 198 trên Fig.1.

Theo một số khía cạnh khác, ít nhất một trong các bộ xử lý TX 316, bộ xử lý RX 370, và bộ điều khiển/bộ xử lý 375 có thể được tạo cấu hình để thực hiện các khía cạnh liên quan đến 198 trên Fig.1.

Xem các hình vẽ từ Fig.4-Fig.12, các kỹ thuật và phương pháp để mã hóa tập dữ liệu bằng cách sử dụng mã fountain được mô tả. Một cách vắn tắt, mã fountain là mã xóa không đưa ra tốc độ cố định. Các mã fountain được thiết kế để cho phép máy nhận khôi phục tập dữ liệu nguồn ban đầu (ví dụ, tập hợp ký hiệu) bằng cách sử dụng tập dữ liệu mã hóa (ví dụ, tập hợp ký hiệu mã hóa) mà bằng hoặc chỉ lớn hơn rất ít (ví dụ, chưa đến hai lần) so với tập dữ liệu nguồn ban đầu. Ví dụ về các mã fountain bao gồm mã Raptor và mã biến đổi Luby (Luby transform - LT).

Như được thể hiện trên Fig.4, sơ đồ minh họa hệ thống 400 để mã hóa tập dữ liệu 408 bằng cách sử dụng lập mã fountain. Tập dữ liệu 408 có thể bao gồm tập hợp bit hoặc ký hiệu cần được truyền qua RAN đến máy nhận. Tập dữ liệu 408 có thể bao gồm dữ liệu và/hoặc thông tin điều khiển.

Tập dữ liệu 408 cần mã hóa có thể được thu trên một lớp của máy truyền dưới dạng tập hợp các SDU $s_1, s_2, \dots, s_{K-1}, s_K$. Để mã hóa tập dữ liệu 408, máy truyền có thể trước tiên xác định ma trận sinh ban đầu 410. Ma trận sinh ban đầu 410 có thể bao gồm K hàng, nhưng có thể bao gồm số lượng cột không giới hạn. Sau đó, để lập mã mạng, ma trận con

của ma trận sinh ban đầu 410 có thể được xác định. Ma trận con có thể được gọi là ma trận sinh G .

Máy truyền có thể xác định ma trận sinh G là ma trận con của ma trận sinh ban đầu 410 (còn được gọi là ma trận sinh mẹ). Là ma trận con của ma trận sinh ban đầu 410, ma trận sinh G có thể là K cột của ma trận sinh ban đầu 410 và N cột đầu tiên của ma trận sinh ban đầu 410. Ngoài ra, ma trận sinh G có thể nghịch đảo với giá trị tối thiểu N .

Để mã hóa tập dữ liệu 408 dựa vào ma trận sinh, máy truyền có thể nhân một mục nhập (ví dụ, bit hoặc ký hiệu) của tập dữ liệu với mỗi mục nhập của một cột của ma trận sinh G tương ứng với chỉ số của gói cần được truyền, và cộng các tích này lại.

Do đó, để thu được gói p_j trong số các gói được truyền 412, máy truyền có thể nhân một mục nhập s_k (ví dụ, bit hoặc ký hiệu) của tập dữ liệu 408 với mỗi mục nhập hàng của một cột của ma trận sinh G tương ứng với chỉ số j của gói p_j cần được truyền, và cộng các tích này lại, như được thể hiện trong Phương trình 1.

$$p_j = \sum_{k=1}^K s_k G_{kj}$$

(Phương trình 1)

Do đó, ma trận sinh G có thể nghịch đảo và/hoặc hạng của ma trận sinh G là K , điều này có thể cho phép máy nhận khôi phục mỗi mục nhập ban đầu (ví dụ, bit hoặc ký hiệu ban đầu) của tập dữ liệu từ mỗi mục nhập được mã hóa (ví dụ, bit hoặc ký hiệu được mã hóa) nhận được trong gói p . Do đó, máy nhận có thể khôi phục mục nhập d_k (ví dụ, bit hoặc ký hiệu ban đầu) từ gói p_n trong số các gói nhận được 414 bằng cách nhân mục nhập được mã hóa trong gói p_n với mỗi mục nhập hàng của một cột của ma trận nghịch đảo của ma trận sinh G^{-1} mà tương ứng với chỉ số k của mục nhập d_k cần được khôi phục, và cộng các tích này lại, như được thể hiện trong Phương trình 2.

$$d_k = \sum_{n=1}^N p_n G_{nk}^{-1}$$

(Phương trình 2)

Ma trận sinh ban đầu 410 có thể được xác định bởi cả máy truyền và máy nhận. Ví dụ, máy truyền có thể tạo ra ma trận sinh ban đầu 410 và sau đó gửi ma trận sinh ban đầu 410 đến máy nhận. Theo cách khác, ma trận sinh ban đầu 410 có thể được tạo cấu hình trước trong ít nhất một trong số các máy truyền và/hoặc máy nhận. Ví dụ, ma trận sinh ban đầu 410 có thể được xác định bởi ít nhất một chuẩn hoặc chỉ dẫn kỹ thuật do 3GPP ban

hành. Theo một số khía cạnh, chẳng hạn như đối với ARQ thông thường, ma trận sinh ban đầu 410 có thể bắt đầu với ma trận đơn vị.

Xem trên Fig.5, hai ngăn xếp giao thức vô tuyến 500, 550 của máy truyền được minh họa. Mỗi ngăn xếp giao thức vô tuyến 500, 550 có thể bao gồm lớp PDCP tương ứng 502, 552. Mỗi lớp PDCP 502, 552 có thể được tạo cấu hình để thu được SDU 520, 570 từ lớp cao hơn tương đối (ví dụ, lớp ứng dụng hoặc lớp cao hơn tương đối của ngăn xếp giao thức vô tuyến) và, hơn nữa, có thể được tạo cấu hình để xử lý SDU 520, 570 bằng cách sao chép dữ liệu hoặc thông tin điều khiển từ SDU 520, 570 thành ít nhất hai PDU 522a, 522b, 572a, 572b lần lượt cần được gửi trên một trong số ít nhất hai sóng mang.

Ngăn xếp giao thức vô tuyến thứ nhất 500 có thể cho phép kết nối kép để truyền thông với máy nhận. Kết nối kép có thể bao gồm hai sóng mang: một trong hai sóng mang có thể được tạo cấu hình trên RAN thứ nhất và sóng mang còn lại có thể được tạo cấu hình trên RAN thứ hai. Do đó, như được minh họa trên Fig.5, ngăn xếp giao thức vô tuyến thứ nhất 500 có thể bao gồm lớp RLC thứ nhất 504a, lớp MAC thứ nhất 506a, và lớp PHY thứ nhất 508a, mỗi lớp trong số đó có thể được tạo cấu hình cho RAN thứ nhất. Tương tự, ngăn xếp giao thức vô tuyến thứ nhất 500 có thể bao gồm lớp RLC thứ hai 504b, lớp MAC thứ hai 506b, và lớp PHY thứ hai 508b, mỗi lớp trong số đó có thể được tạo cấu hình cho RAN thứ hai. Ví dụ, một sóng mang có thể được tạo cấu hình trên RAN LTE, và sóng mang khác có thể được tạo cấu hình trên RAN NR 5G.

Khi máy truyền cần gửi dữ liệu hoặc thông tin điều khiển đến máy nhận, SDU 520 có thể được nhận tại lớp PDCP 502. SDU 520 có thể được đóng gói dưới dạng PDU 522a, 522b mà có thể được tách trên hai kênh mang (ví dụ, kênh mang LTE và kênh mang NR 5G). Một PDU 522a có thể cung cấp cho các lớp dưới 504a, 506a, 508a của ngăn xếp giao thức vô tuyến thứ nhất 500 được tạo cấu hình trên RAN thứ nhất, trong khi PDU còn lại 522b có thể được cung cấp cho các lớp dưới 504b, 506b, 508b của ngăn xếp giao thức vô tuyến thứ nhất 500 được tạo cấu hình trên RAN thứ hai. Các PDU 522a, 522b sau đó có thể được truyền đến máy nhận qua cả RAN thứ nhất và thứ hai trên ít nhất một kênh 510 được tạo cấu hình để truyền thông với máy nhận.

Ngăn xếp giao thức vô tuyến thứ hai 550 có thể cho phép cộng gộp sóng mang để truyền thông với máy nhận. Cộng gộp sóng mang có thể bao gồm ít nhất hai sóng mang của cùng RAN mà trên đó máy truyền có thể truyền thông với máy nhận. Ví dụ, cộng gộp

sóng mang có thể bao gồm hai sóng mang của RAN NR 5G hoặc RAN LTE. Ít nhất hai sóng mang này có thể liên kế hoặc không liên kế.

Khi máy truyền cần gửi dữ liệu hoặc thông tin điều khiển đến máy nhận, SDU 570 có thể được nhận tại lớp PDCP 552. SDU 570 có thể có thể được đóng gói trong PDU 572a, 572b mà có thể được tách trên ít nhất hai kênh mang, mỗi kênh trong số đó có thể được tạo cấu hình để truyền thông với máy nhận trên ít nhất một kênh 560 của RAN.

Một PDU 572a có thể được cung cấp cho lớp RLC_1 554a (ví dụ, lớp RLC được tạo cấu hình cho sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang), và PDU khác 572b có thể được cung cấp cho lớp RLC_2 554b (ví dụ, lớp RLC được tạo cấu hình cho sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang). Mỗi lớp RLC_1 554a và lớp RLC_2 554b có thể cung cấp PDU 572a, 572b tương ứng cho lớp MAC 556. Lớp MAC 556 có thể cung cấp một PDU 572a cho lớp PHY 558b được tạo cấu hình cho sóng mang thứ nhất và, hơn nữa, có thể cung cấp PDU còn lại 572b cho lớp PHY 558b được tạo cấu hình cho sóng mang thứ hai. Các PDU 572a, 572b sau đó có thể được truyền đến máy nhận qua ít nhất hai sóng mang trên ít nhất một kênh 560 được tạo cấu hình để truyền thông với máy nhận.

Trong khi cả kỹ thuật kết nối kép và cộng gộp sóng mang có thể cải thiện một số khía cạnh truyền thông giữa các máy, như bằng cách tăng tốc độ và/hoặc mức thông lượng, một số vấn đề có thể phát sinh khi kết nối kép hoặc cộng gộp sóng mang được tạo cấu hình trong thực tế. Trong một số kịch bản, kỹ thuật kết nối kép và cộng gộp sóng mang có thể tương đối không hiệu quả và/hoặc lãng phí khi gửi các PDU. Ví dụ, việc gửi cùng tập hợp PDU trên mỗi sóng mang trong số ít nhất hai sóng mang có thể tăng phí tổn gắn với việc truyền tín hiệu qua không gian, cũng như việc xử lý và/hoặc truyền dẫn. Hơn nữa, máy nhận có thể loại bỏ các PDU trùng lặp (bất kể PDU được nhận trên sóng mang nào), do đó làm tăng sự lãng phí do trùng lặp PDU.

Sự dư thừa các PDU này bởi các lớp PDCP 502, 552 trên mỗi sóng mang trong số ít nhất hai sóng mang có thể là lãng phí bởi vì mức tài nguyên ít nhất gần gấp đôi có thể bị tiêu thụ ở (các) lớp PHY 508a-b, 558a-b và (các) lớp MAC 506a-b, 556. Sự tiêu thụ (và sự lãng phí tiềm ẩn) tài nguyên trên (các) lớp PHY 508a-b, 558a-b và/hoặc (các) lớp MAC 506a-b, 556 do sự trùng lặp PDU tại các lớp PDCP 502, 552 có thể tăng lên khi điều kiện kênh (ví dụ, điều kiện kênh vật lý) giữa máy truyền và máy nhận tương đối kém (ví dụ, đòi hỏi các cuộc truyền lại bổ sung).

Ngoài ra, việc phân phối PDU không theo thứ tự đến máy nhận từ máy truyền khi sao chép các PDU PDCP đối với kết nối kép và/hoặc cộng gộp sóng mang có thể làm tăng độ trễ. Việc tăng độ trễ như vậy có thể bất lợi cho URLLC và/hoặc các dịch vụ hoặc trường hợp ứng dụng có độ trễ thấp khác.

Theo các khía cạnh khác nhau, việc mã hóa tập dữ liệu từ ít nhất một SDU 520, 570 bằng cách sử dụng lập mã fountain có thể giảm nhẹ một hoặc nhiều vấn đề trong số các vấn đề nêu trên có khả năng phát sinh do kết nối kép và/hoặc cộng gộp sóng mang, chẳng hạn như bằng cách giảm sự lãng phí và/hoặc giảm độ trễ do phân phối PDU không theo thứ tự. Ví dụ, việc mã hóa tập dữ liệu từ ít nhất một SDU 520, 570 bằng cách sử dụng lập mã fountain có thể loại bỏ nhu cầu phân phối PDU theo thứ tự bởi vì lập mã fountain có thể không phụ thuộc vào việc nhận các PDU theo thứ tự. Ngoài ra, phí tổn gắn với việc truyền tín hiệu qua không gian và/hoặc xử lý tính toán có thể được giảm đi bởi vì kích thước tổng của các PDU nhận được bởi máy nhận có thể chỉ lớn hơn một chút so với kích thước tổng của các PDU ban đầu được tạo ra bởi máy truyền. Hơn nữa, sự lãng phí có thể có thể được giảm đi bởi vì tất cả các PDU nhận được có thể được sử dụng để giải mã bởi máy nhận, bất kể PDU được nhận trên sóng mang nào.

Fig.6 là lưu đồ cuộc gọi minh họa hệ thống truyền thông không dây 600. Hệ thống truyền thông không dây 600 có thể bao gồm, bên cạnh các thực thể khác khác, trạm gốc 602 và UE 604. Trạm gốc 602 và UE 604 có thể được tạo cấu hình để truyền thông trên ít nhất hai sóng mang. Theo một khía cạnh, ít nhất hai sóng mang có thể được tạo cấu hình với cùng RAN (ví dụ, RAN NR 5G, RAN LTE, v.v.) để cộng gộp sóng mang. Theo khía cạnh khác, sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang có thể được tạo cấu hình với RAN thứ nhất (ví dụ, RAN NR 5G), trong khi đó sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang có thể được tạo cấu hình với RAN thứ hai khác với RAN thứ nhất (ví dụ, RAN LTE) để kết nối kép.

Trạm gốc 602 có thể xác định 622 các điều kiện kênh gắn với mỗi sóng mang trong số ít nhất hai sóng mang. Ví dụ, trạm gốc 602 có thể xác định (ví dụ, đo, nhận, v.v.) ít nhất một giá trị biểu thị các điều kiện kênh trên sóng mang thứ nhất được tạo cấu hình với UE 604 và, tương tự, trạm gốc 602 có thể xác định (ví dụ, đo, nhận, v.v.) ít nhất một giá trị biểu thị các điều kiện kênh trên sóng mang thứ hai được tạo cấu hình với UE 604. Ít nhất một giá trị biểu thị các điều kiện kênh có thể bao gồm ít nhất một trong số công suất nhận tín hiệu tham chiếu (reference signal receive power - RSRP), chất lượng nhận tín hiệu tham

chiếu (reference signal receive quality - RSRQ), tỷ số tín hiệu trên tạp âm (signal-to-noise ratio - SNR), và/hoặc giá trị khác.

Theo một số khía cạnh, trạm gốc 602 có thể xác định 622 các điều kiện kênh gắn với mỗi sóng mang trong số ít nhất hai sóng mang dựa vào thông tin được cung cấp bởi UE 604. Ví dụ, UE 604 có thể nhận tập hợp tín hiệu thứ nhất (ví dụ, tín hiệu tham chiếu) từ trạm gốc 602 trên sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang và, tương tự, có thể nhận tập hợp tín hiệu thứ hai (ví dụ, tín hiệu tham chiếu) từ trạm gốc 602 trên sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang.

UE 604 có thể xác định (ví dụ, đo, ước lượng, v.v.) ít nhất một giá trị biểu thị các điều kiện kênh trên sóng mang thứ nhất được tạo cấu hình với trạm gốc 602 dựa vào việc nhận tập hợp tín hiệu thứ nhất từ trạm gốc 602 trên sóng mang thứ nhất. Ngoài ra, UE 604 có thể xác định (ví dụ, đo, ước lượng, v.v.) ít nhất một giá trị biểu thị các điều kiện kênh trên sóng mang thứ hai được tạo cấu hình với trạm gốc 602 dựa vào việc nhận tập hợp tín hiệu thứ hai từ trạm gốc 602 trên sóng mang thứ hai. Ví dụ về mỗi giá trị trong số ít nhất một giá trị biểu thị các điều kiện kênh trên sóng mang thứ nhất và sóng mang thứ hai có thể bao gồm ít nhất một trong số RSRP, RSRQ, SNR, và/hoặc giá trị khác biểu thị các điều kiện kênh trên sóng mang.

UE 604 có thể gửi mỗi giá trị trong số ít nhất một giá trị biểu thị các điều kiện kênh trên sóng mang thứ nhất và sóng mang thứ hai đến trạm gốc 602. Dựa vào các giá trị nhận được biểu thị các điều kiện kênh trên các sóng mang thứ nhất và thứ hai, trạm gốc 602 có thể xác định 622 các điều kiện kênh gắn với mỗi sóng mang trong số sóng mang thứ nhất và sóng mang thứ hai.

Khi xác định các điều kiện kênh gắn với các sóng mang thứ nhất và thứ hai, trạm gốc 602 có thể xác định (ví dụ, chọn, nhận dạng, v.v.) sóng mang nào trong số ít nhất hai sóng mang được kết hợp với các điều kiện kênh “tốt nhất”. Ví dụ, trạm gốc 602 có thể so sánh giá trị thứ nhất biểu thị các điều kiện kênh trên sóng mang thứ nhất với giá trị thứ hai biểu thị các điều kiện kênh trên sóng mang thứ hai. Trạm gốc 602 có thể xác định giá trị nào trong số các giá trị thứ nhất và thứ hai biểu thị các điều kiện kênh tốt nhất dựa vào việc so sánh.

Ví dụ, trạm gốc 602 có thể xác định giá trị nào trong số các giá trị thứ nhất và thứ hai là cao nhất, và trạm gốc 602 có thể xác định rằng sóng mang gắn với giá trị cao nhất trong số các giá trị thứ nhất và thứ hai được kết hợp với các điều kiện kênh tốt nhất. Giá

trị cao hơn tương đối có thể biểu thị các điều kiện kênh tốt hơn tương đối, ví dụ, khi các SNR, RSRP, và/hoặc RSRQ được sử dụng làm các giá trị biểu thị chất lượng kênh. Tuy nhiên, các giá trị đo khác có thể được sử dụng để xác định sóng mang nào trong số ít nhất hai sóng mang được kết hợp với các điều kiện kênh tốt nhất.

Theo một số khía cạnh, trạm gốc 602 và UE 604 có thể được tạo cấu hình cho một hoặc nhiều dịch vụ hoặc trường hợp ứng dụng khác. Ví dụ, trạm gốc 602 và UE 604 có thể được tạo cấu hình cho URLLC và/hoặc loại dịch vụ hoặc trường hợp ứng dụng khác có độ trễ tương đối thấp và/hoặc có độ tin cậy tương đối cao. Ví dụ, lập mã mạng bằng cách sử dụng lập mã fountain, có thể rất thích hợp cho URLLC và/hoặc các loại dịch vụ hoặc trường hợp ứng dụng khác có độ trễ tương đối thấp và/hoặc có độ tin cậy tương đối cao. Do đó, trạm gốc 602 có thể xác định xem có mã hóa tập dữ liệu từ ít nhất một SDU bằng cách sử dụng lập mã fountain hay không.

Trạm gốc 602 có thể xác định xem có mã hóa tập dữ liệu từ ít nhất một SDU hay không dựa vào một hoặc nhiều điều kiện gắn với cuộc truyền thông với UE 604. Theo một khía cạnh, trạm gốc 602 có thể xác định xem có mã hóa tập dữ liệu từ ít nhất một SDU hay không dựa vào dịch vụ hoặc trường hợp ứng dụng được tạo cấu hình với UE 604. Ví dụ, khi UE 604 được tạo cấu hình cho các dịch vụ URLLC với trạm gốc 602, trạm gốc 602 có thể xác định rằng lập mã mạng có thể được áp dụng cho tập dữ liệu cần được gửi đến UE 604 theo URLLC.

Ngoài ra hoặc theo cách khác, trạm gốc 602 có thể xác định xem có mã hóa tập dữ liệu từ ít nhất một SDU hay không dựa vào việc kết nối kép và/hoặc cộng gộp sóng mang có được tạo cấu hình để truyền thông với UE 604 hay không. Ví dụ, khi UE 604 được tạo cấu hình cho kỹ thuật kết nối kép và/hoặc cộng gộp sóng mang, trạm gốc 602 có thể xác định rằng lập mã mạng có thể được áp dụng cho tập dữ liệu cần được gửi đến UE 604 trên mỗi sóng mang trong số ít nhất hai sóng mang mà trên đó UE 604 được tạo cấu hình cho kỹ thuật kết nối kép và/hoặc cộng gộp sóng mang.

Theo một số khía cạnh khác, trạm gốc 602 có thể xác định xem có mã hóa tập dữ liệu từ ít nhất một SDU hay không dựa vào các điều kiện kênh hoặc chất lượng kênh mà trên đó trạm gốc 602 và UE 604 truyền thông với nhau. Ví dụ, khi trạm gốc 602 xác định rằng các điều kiện kênh tương đối kém, thì trạm gốc 602 có thể xác định rằng lập mã mạng có thể được áp dụng cho tập dữ liệu cần được gửi đến UE 604.

Trạm gốc 602 có thể xác định xem các điều kiện kênh có tương đối kém hay không bằng cách so sánh ít nhất một giá trị biểu thị các điều kiện kênh (ví dụ, số đo RSRP, số đo RSRQ, số đo SNR, v.v.) với một ngưỡng. Nếu ít nhất một giá trị biểu thị các điều kiện kênh không thỏa mãn ngưỡng (ví dụ, ít nhất một giá trị không đáp ứng hoặc không vượt quá ngưỡng), thì trạm gốc 602 có thể xác định rằng các điều kiện kênh tương đối kém.

Khi trạm gốc 602 xác định rằng tập dữ liệu từ ít nhất một SDU cần được mã hóa bằng cách sử dụng lập mã fountain, thì trạm gốc 602 có thể mã hóa 624 tập dữ liệu bằng cách sử dụng lập mã fountain. Trạm gốc 602 có thể mã hóa 624 tập dữ liệu bằng cách sử dụng lập mã fountain dựa vào các điều kiện kênh được xác định cho mỗi sóng mang trong số ít nhất hai sóng mang mà truyền thông với UE 604 được tạo cấu hình trên đó.

Fig.7 minh họa hệ thống truyền thông 700 để mã hóa tập dữ liệu bằng cách sử dụng lập mã fountain. Ban đầu, trạm gốc 602 có thể thu được SDU 720 tại lớp PDCP 714 của trạm gốc 602. Ví dụ, trong ngữ cảnh trên Fig.5, lớp PDCP 502 được tạo cấu hình cho kỹ thuật kết nối kép hoặc lớp PDCP 552 được tạo cấu hình cho kỹ thuật cộng gộp sóng mang có thể thu được SDU 720.

Để mã hóa tập dữ liệu có trong SDU 720, trạm gốc 602 có thể xác định ma trận sinh mẹ G 710. Theo một khía cạnh, trạm gốc 602 có thể tạo ra ma trận sinh mẹ G 710 dựa vào một hoặc nhiều chuẩn và/hoặc chỉ dẫn kỹ thuật (technical specification - TS) ban hành bởi Dự án đối tác thế hệ thứ ba (3GPP). Một hoặc nhiều chuẩn và/hoặc TS do 3GPP ban hành có thể cho biết một hoặc nhiều thông số và/hoặc một hoặc nhiều quy tắc liên quan đến việc tạo ra ma trận sinh mẹ G 710, chẳng hạn như số lượng hàng K hoặc một hoặc nhiều quy tắc để xác định số lượng hàng K .

Theo các khía cạnh khác nhau, trạm gốc 602 có thể xác định ma trận sinh mẹ G 710 bằng cách gieo mầm hoặc đưa vào ma trận sinh mẹ G 710. Ví dụ, trạm gốc 602 có thể bắt đầu với ma trận đơn vị khi tạo ra ma trận sinh mẹ G 710, chẳng hạn như khi phản hồi ARQ được tạo cấu hình theo cách thông thường giữa trạm gốc 602 và UE 604.

Do việc lập mã nền tảng cho phép một chuỗi không giới hạn gồm các bit hoặc ký hiệu mã hóa có thể được tạo ra từ các bit hoặc ký hiệu ban đầu của tập dữ liệu ban đầu của SDU 720, ma trận sinh mẹ 710 có thể bao gồm số lượng cột tương đối lớn và có thể vô hạn. Tuy nhiên, để có được hiệu quả của lập mã mạng, ma trận dùng để mã hóa tập dữ liệu có thể là ma trận con của ma trận sinh mẹ 710. Do đó, trạm gốc 602 có thể xác định ma trận sinh G 712 là ma trận con của ma trận sinh mẹ 710. Là ma trận con của ma trận sinh

mẹ 710, ma trận sinh G 712 có thể là N hàng đầu tiên và mỗi cột trong số K cột của ma trận sinh mẹ 710.

Theo một số khía cạnh, trạm gốc 602 có thể xác định số lượng cột N cho ma trận sinh G 712 dựa vào các điều kiện kênh được xác định cho mỗi sóng mang trong số ít nhất hai sóng mang. Ví dụ, trạm gốc 602 có thể xác định số lượng cột N lớn hơn tương đối khi các điều kiện kênh cho ít nhất một trong số ít nhất hai sóng mang là tương đối kém và, tương ứng, trạm gốc 602 có thể xác định số lượng cột N ít hơn tương đối khi các điều kiện kênh cho ít nhất một trong số ít nhất hai sóng mang là tương đối tốt.

Ngoài ra, trạm gốc 602 có thể xác định số lượng hàng K cho ma trận sinh G 712 dựa vào kích thước của SDU 720 (ví dụ, kích thước của tập dữ liệu có trong SDU 720 cần được mã hóa). Ví dụ, trạm gốc 602 có thể tối ưu hóa số lượng hàng K dựa vào kích thước của SDU 720 và dựa vào ma trận sinh G 712.

Để mã hóa tập dữ liệu của SDU 720, trạm gốc 602 có thể chia tập dữ liệu có trong SDU 720 thành K khối dữ liệu 722 (ví dụ, mỗi khối trong các khối dữ liệu 722 có thể là mục nhập của tập dữ liệu có trong SDU 720). Mỗi khối trong K khối dữ liệu 722 có thể có kích thước bằng nhau, và K có thể được tối ưu hóa bằng cách sử dụng kích thước của SDU 720 và ma trận sinh mẹ 710.

Sau đó, trạm gốc 602 có thể mã hóa K khối dữ liệu 722 thành N gói 724 bằng cách sử dụng ma trận sinh G 712. Ví dụ, trạm gốc 602 có thể thu được mỗi gói được mã hóa p_j trong số N gói 724 bằng cách nhân mỗi mục nhập khối dữ liệu s_k của K khối dữ liệu 722 với mỗi mục nhập của một cột của ma trận sinh 712 mà tương ứng với chỉ số j của gói p_j . Mỗi gói được mã hóa p_j có thể bằng $\sum_{k=1}^K s_k G_{kj}$, như được mô tả liên quan đến Phương trình 1 trên đây.

Trạm gốc 602 có thể mã hóa K khối dữ liệu 722 thành N gói 724 tại lớp PDCP của trạm gốc 602. Ví dụ, lớp PDCP 714 có thể mã hóa K khối dữ liệu 722 thành N gói 724 để kết nối kép hoặc cộng gộp sóng mang.

Lớp PDCP 714 của trạm gốc 602 sau đó có thể bao gồm mỗi gói trong số N gói 724 trong một trong số N PDU. Trong khi Fig.7 minh họa số lượng bằng nhau của N gói 724 và N PDU 726, số lượng PDU 726 có thể nhỏ hơn N theo một số khía cạnh, chẳng hạn như khi lớp PDCP 714 phân bổ nhiều hơn một trong số N gói 724 cho cùng một PDU trong số các PDU 726.

Do trạm gốc 602 và UE 604 có thể được tạo cấu hình để truyền thông trên ít nhất hai sóng mang (ví dụ, dành cho kết nối kép hoặc cộng gộp sóng mang), trạm gốc 602 có thể phân bổ một tập con của N gói 724 cho sóng mang thứ nhất, và có thể phân bổ tập con khác của N gói 724 cho sóng mang thứ hai. Để phân bổ các tập con của N gói 724 cho một trong số ít nhất hai sóng mang, trạm gốc 602 có thể xác định số lượng M của tập con thứ nhất của N gói 724 cần được phân bổ cho sóng mang thứ nhất.

Trạm gốc 602 có thể xác định M dựa vào các điều kiện kênh gắn với mỗi sóng mang trong số ít nhất hai sóng mang. Ví dụ, trạm gốc 602 có thể xác định sóng mang nào trong số ít nhất hai sóng mang có các điều kiện kênh “tốt hơn” (ví dụ, SNR cao nhất, RSRP cao nhất, RSRQ cao nhất, v.v.). Trạm gốc 602 sau đó có thể phân bổ số lượng lớn hơn trong số N gói 724 cho một trong số ít nhất hai sóng mang có các điều kiện kênh “tốt hơn”.

Ví dụ, khi sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang có các điều kiện kênh “tốt hơn” sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang, trạm gốc 602 có thể xác định là M lớn hơn $N/2$. Tương tự, khi sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang có các điều kiện kênh “tốt hơn” sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang, trạm gốc 602 có thể xác định là M nhỏ hơn $N/2$. Nếu các điều kiện kênh của mỗi sóng mang trong số ít nhất hai sóng mang là bằng nhau tương đối (ví dụ, trong một dung sai ngưỡng), thì trạm gốc 602 có thể xác định M bằng $N/2$ (ví dụ, nếu N là số lẻ, thì M có thể bằng $\lfloor N/2 \rfloor$ hoặc $\lceil N/2 \rceil$).

Quay trở lại Fig.6, trạm gốc 602 có thể gửi tập hợp các thông số lập mã mạng 626 đến UE 604 sao cho UE 604 có thể giải mã N gói 724 cần được nhận trong các tập con PDU thứ nhất và thứ hai 628, 630. Trạm gốc 602 có thể gửi tập hợp các thông số lập mã mạng 626 đến UE 604 qua báo hiệu RRC.

Tập hợp các thông số lập mã mạng 626 có thể bao gồm, ví dụ, số lượng hàng K của ma trận sinh G 712, số lượng cột N của ma trận sinh G 712, và/hoặc giá trị của M để chỉ báo số lượng tương ứng của N gói 724 cần được gửi trên các sóng mang thứ nhất và thứ hai. Theo một số khía cạnh khác, tập hợp các thông số lập mã mạng 626 có thể bao gồm ma trận sinh mẹ 710 và/hoặc thông tin để xác định (ví dụ, tạo ra) ma trận sinh mẹ 710.

Trạm gốc 602 có thể đan xen việc phân bổ N gói 724 trên mỗi sóng mang trong số ít nhất hai sóng mang. Ví dụ, trạm gốc 602 có thể lần lượt phân bổ mỗi gói trong số N gói 724 cho các sóng mang thứ nhất và thứ hai – ví dụ, mỗi gói trong số N gói 724 mà

được kết hợp với một chỉ số lẻ (ví dụ, p_1, p_3 , v.v.) có thể được phân bổ cho sóng mang thứ nhất, trong khi mỗi gói trong số N gói 724 mà được kết hợp với một chỉ số chẵn (ví dụ, p_2, p_4 , v.v.) có thể được phân bổ cho sóng mang thứ hai.

Lớp PDCP 714 của trạm gốc 602 có thể bao gồm mỗi gói trong số N gói 724 trong một trong số N PDU 726. Ví dụ, lớp PDCP 714 của trạm gốc 602 có thể phân bổ gói thứ nhất p_1 cho PDU thứ nhất₁, và sau đó có thể phân bổ gói thứ hai p_2 cho PDU_{M+1} thứ $M+1$. Tiếp theo, lớp PDCP 714 của trạm gốc 602 có thể phân bổ gói thứ ba p_3 cho PDU₂ thứ hai, và sau đó có thể phân bổ gói thứ tư p_4 cho PDU_{M+2} thứ $M+2$, và tiếp tục như vậy cho tới khi mỗi gói trong số N gói 724 đã được phân bổ cho tập con PDU thứ nhất được gán chỉ số từ 1 đến M hoặc tập con PDU thứ hai được gán chỉ số từ $M+1$ đến N .

N PDU 726 sau đó có thể được cung cấp cho các lớp RLC/MAC/PHY 716a-b để truyền trên một trong số ít nhất hai sóng mang. Ví dụ, lớp PDCP 714 của trạm gốc 602 có thể phân bổ tập con thứ nhất của N PDU 726 cho sóng mang thứ nhất. Do đó, lớp PDCP 714 có thể cung cấp tập con PDU thứ nhất được gán chỉ số từ 1 đến M cho các lớp RLC/MAC/PHY 716a trên sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang. Tương tự, lớp PDCP 714 có thể cung cấp tập con PDU thứ hai được gán chỉ số từ $M+1$ đến N cho các lớp RLC/MAC/PHY 716b trên sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang.

Do đó, trạm gốc 602 có thể gửi N PDU 726 đến UE 604 trên ít nhất hai sóng mang. Ví dụ, quay trở lại Fig.6, trạm gốc 602 có thể gửi tập con PDU thứ nhất 628, được gán chỉ số từ 1 đến M , đến UE 604 trên sóng mang thứ nhất, và có thể gửi tập con PDU thứ hai 630, được gán chỉ số từ $M+1$ đến N , đến UE 604 trên sóng mang thứ hai.

Để chỉ báo cho UE 604 rằng kỹ thuật lập mã mạng đã được áp dụng cho N gói 724 có trong N PDU 726, trạm gốc 602 có thể bao gồm thông tin trong phần đầu của mỗi PDU trong số N PDU 726. Theo một số khía cạnh, phần đầu PDU có thể bao gồm số hiệu dãy 12 bit hoặc số hiệu dãy 18 bit. Để chỉ báo rằng lập mã mạng được áp dụng cho PDU, trạm gốc 602 có thể bao gồm bit hoặc byte bổ sung trong phần đầu của mỗi PDU, chẳng hạn như sau số hiệu dãy 12-bit hoặc 18-bit. Ví dụ, trạm gốc 602 có thể bao gồm 1 bit (ví dụ, bit “kích hoạt”) trong phần đầu của PDU mà được thiết lập bằng “1” khi PDU bao gồm gói được mã hóa mạng nhưng được thiết lập bằng “0” khi PDU không bao gồm gói được mã hóa mạng (ví dụ, PDU bao gồm khối dữ liệu ban đầu từ SDU).

Theo các khía cạnh khác, trạm gốc 602 có thể bao gồm số hiệu dãy phụ trong phần đầu của PDU biểu thị chỉ số tương ứng với (các) gói được mã hóa có trong PDU đó.

Chỉ số (hoặc số hiệu dây phụ) như vậy có thể cho phép UE 604 khôi phục trình tự của các khối dữ liệu ban đầu khi (các) gói được mã hóa trong PDU được giải mã. Chỉ số (hoặc số hiệu dây phụ) có thể là 7 bit, điều này cho phép 128 chỉ số duy nhất (ví dụ, giá trị tối đa của N có thể là 128).

Theo khía cạnh khác, số hiệu dây phụ có thể được mở rộng bằng cách sử dụng 3 bit dự trữ trong phần đầu của PDU. Cùng với số hiệu dây phụ 7 bit, 3 bit dự trữ có thể cho phép 1024 chỉ số duy nhất. Ví dụ, giá trị tối đa của N có thể là 1024 khi cả số hiệu dây phụ 7 bit và 3 bit dự trữ đều được sử dụng để biểu thị chỉ số được kết hợp với (các) gói được mã hóa trong PDU.

Do trạm gốc 602 có thể tiếp tục tạo ra các PDU cần được gửi đến UE 604, trạm gốc 602 có thể điều chỉnh động việc phân bổ các gói được mã hóa (ví dụ, N gói 724) giữa mỗi sóng mang trong số ít nhất hai sóng mang. Ví dụ, khi các điều kiện kênh trên một hoặc nhiều sóng mang trong số ít nhất hai sóng mang thay đổi, trạm gốc 602 có thể điều chỉnh động giá trị của M sao cho số lượng gói được mã hóa lớn hơn được phân bổ cho sóng mang có các điều kiện kênh "tốt hơn". Theo các khía cạnh khác, trạm gốc 602 có thể điều chỉnh định kỳ giá trị của M , trạm gốc 602 có thể điều chỉnh giá trị của M cho mỗi SDU thu được tại lớp PDCCP 714 của trạm gốc 602, trạm gốc 602 có thể điều chỉnh giá trị của M khi các điều kiện kênh trên ít nhất một trong số ít nhất hai sóng mang thay đổi một lượng ngưỡng, v.v.

UE 604 có thể nhận tập con PDU thứ nhất 628, được gán chỉ số từ 1 đến M , từ trạm gốc 602 trên sóng mang thứ nhất, và có thể nhận tập con PDU thứ hai 630, được gán chỉ số từ $M+1$ đến N , từ trạm gốc 602 trên sóng mang thứ hai. UE 604 sau đó có thể giải mã 632 các tập con PDU thứ nhất và thứ hai 628, 630 để thu được tập dữ liệu ban đầu từ SDU 720 được mã hóa bởi trạm gốc 602.

Theo các khía cạnh khác nhau, UE 604 có thể giải mã mỗi tập con trong số các tập con PDU thứ nhất và thứ hai 628, 630 bằng cách trích, từ mỗi PDU trong số các tập con PDU thứ nhất và thứ hai 628, 630, một gói được mã hóa tương ứng. Mỗi gói trong số các gói được mã hóa được trích từ các tập con PDU thứ nhất và thứ hai 628, 630 có thể tương ứng với N gói 724 được mã hóa bởi lớp PDCCP 714 của trạm gốc 602. UE 604 có thể giải mã mỗi gói trong số N gói có trong các tập con PDU thứ nhất và thứ hai 628, 630 để thu được tập dữ liệu ban đầu từ K khối dữ liệu 722.

Để giải mã các gói có trong các tập con PDU thứ nhất và thứ hai 628, 630, UE 604 có thể xác định ma trận sinh G 712. Ví dụ, tập hợp các thông số lập mã mạng 626 có thể chỉ báo ma trận sinh mẹ 710, số lượng hàng K , số lượng cột N , và/hoặc ma trận sinh G 712. Theo một số khía cạnh, ma trận sinh mẹ 710 có thể được xác định bởi ít nhất một chuẩn hoặc TS do 3GPP ban hành và, do đó ma trận sinh mẹ 710 (và/hoặc tập hợp các quy tắc để tạo ra ma trận sinh mẹ 710) có thể được tạo cấu hình trước trong UE 604.

UE 604 có thể sử dụng ma trận G^{-1} nghịch đảo của ma trận sinh G 712 để giải mã mỗi gói trong số các gói có trong mỗi tập hợp con trong số các tập con PDU thứ nhất và thứ hai 628, 630. Ví dụ, UE 604 có thể thu được mỗi khối dữ liệu được giải mã d_k bằng cách nhân mỗi gói được mã hóa p_n có trong các tập con PDU thứ nhất và thứ hai 628, 630 với mỗi mục nhập của một cột của ma trận G^{-1} nghịch đảo của ma trận sinh G 712 mà tương ứng với chỉ số k của khối dữ liệu d_k cần được khôi phục. Mỗi khối dữ liệu được giải mã d_k có thể bằng $\sum_{n=1}^N p_n G_{nk}^{-1}$, như được mô tả liên quan đến Phương trình 2 trên đây. UE 604 (ví dụ, lớp PDCP của UE 604) sau đó có thể cung cấp mỗi khối trong số các khối dữ liệu được giải mã (tương ứng với K khối dữ liệu 722) cho lớp cao hơn của UE 604 (ví dụ, lớp ứng dụng hoặc lớp cao hơn của ngăn xếp giao thức vô tuyến).

UE 604 có thể xác định rằng các tập con PDU thứ nhất và thứ hai 628, 630 được mã hóa (và do đó cần được giải mã bởi UE 604) dựa vào bit “kích hoạt” được thiết lập bằng “1” trong mỗi phần đầu của mỗi tập con trong số các tập con PDU thứ nhất và thứ hai 628, 630. Hơn nữa, UE 604 có thể khôi phục trình tự của các khối dữ liệu được giải mã dựa vào số hiệu dãy phụ có trong mỗi phần đầu của mỗi tập con trong số các tập con PDU thứ nhất và thứ hai 628, 630.

Theo phương pháp lập mã mạng này, hiệu quả của truyền thông PDU giữa trạm gốc 602 và UE 604 có thể được cải thiện vì tổng kích thước của các PDU nhận được bởi UE 604 có thể chỉ lớn hơn một chút so với kích thước của các PDU ban đầu chưa mã hóa và, hơn nữa, số lượng của các PDU được truyền có thể chỉ lớn hơn một chút so với số lượng các PDU cần để giải mã. Ngoài ra, độ trễ của truyền thông PDU giữa trạm gốc 602 và UE 604 có thể được giảm bớt bởi vì có thể không có yêu cầu về việc sắp xếp theo thứ tự các PDU nhận được và tất cả các PDU nhận được có thể được sử dụng để giải mã.

Fig.8 là sơ đồ khối minh họa các PDU 800, 850, có thể được mã hóa fountain, như được mô tả ở đây. Các PDU 800, 850 có thể là các PDU PDCP được tạo ra bởi lớp PDCP của máy truyền (ví dụ, trạm gốc 102/180, 310, 602). Các PDU 800, 850 có thể được

tạo cấu hình để chỉ báo xem lập mã fountain đã được áp dụng cho nội dung của các PDU 800, 850 hay chưa.

Mỗi PDU trong số các PDU 800, 850 có thể bao gồm phần đầu tương ứng 802, 852. Phần đầu 802, 852 của các PDU 800, 850 có thể bao gồm một số trường chung. Cụ thể, mỗi PDU 800, 850 có thể bao gồm trường dữ liệu/điều khiển (data/control - D/C) tương ứng 804, 854, tập hợp bit dự trữ tương ứng 804, 854, và trường SN PDCP 806a-b, 856a-c. PDU thứ nhất 800 có thể bao gồm trường SN PDCP 806a-b được tạo cấu hình để chỉ báo số hiệu dãy 12 bit, trong khi đó PDU thứ hai 850 có thể bao gồm trường SN PDCP 856a-c lớn hơn trường SN PDCP 806a-b của PDU thứ nhất 800 – ví dụ, PDU thứ hai 850 có thể bao gồm trường SN PDCP 856a-c được tạo cấu hình để chỉ báo số hiệu dãy 18 bit.

Ngoài các phần đầu tương ứng 802, 852, mỗi PDU trong số các PDU 800, 850 có thể bao gồm tải tin tương ứng 810, 860. Mỗi trong số các tải tin 810, 860 có thể mang dữ liệu hoặc thông tin điều khiển, có thể tương ứng với giá trị của các trường D/C tương ứng 814, 864.

Để chỉ báo cho máy nhận rằng lập mã fountain đã được áp dụng cho các PDU 800, 850, mỗi PDU trong số các PDU 800, 850 có thể bao gồm trường “kích hoạt” tương ứng 812, 864. Mỗi trường kích hoạt 812, 862 có thể bao gồm giá trị chỉ báo việc tải tin gắn kèm 810, 860 có được mã hóa bằng cách sử dụng lập mã fountain hay không. Ví dụ, mỗi trường trong số các trường kích hoạt 812, 862 có thể là một bit. Các trường kích hoạt 812, 862 có thể được thiết lập bằng “1” để chỉ báo rằng tải tin gắn kèm 810, 860 được mã hóa bằng cách sử dụng lập mã fountain hoặc, theo cách khác, các trường kích hoạt 812, 862 có thể được thiết lập bằng “0” hoặc rỗng để chỉ báo rằng tải tin gắn kèm 810, 860 không được mã hóa.

Khi các tải tin 810, 860 của các PDU 800, 850 được mã hóa bằng cách sử dụng lập mã fountain, các PDU 800, 850 có thể được sắp xếp bởi máy nhận (ví dụ, khi các PDU 800, 850 được nhận cùng với các PDU khác của một dãy mà có thể không được sắp xếp tuần tự khi được nhận). Do đó, mỗi PDU trong số các PDU 800, 850 có thể bao gồm trường SN phụ tương ứng 808, 858.

Các trường SN phụ 808, 858 có thể chỉ báo việc sắp xếp tuần tự một hoặc nhiều gói được mã hóa bằng cách sử dụng lập mã fountain và có trong một tải tin tương ứng trong số các tải tin 810, 860. Ví dụ, lớp PDCP của máy truyền có thể chèn một giá trị vào một trong số các trường SN phụ 808, 858 mà chỉ báo việc sắp xếp tuần tự một hoặc nhiều

gói được mã hóa có trong một trong số các tải tin 810, 860 liên quan đến các gói được mã hóa khác có trong các PDU khác.

Theo một khía cạnh, mỗi trường trong số các trường SN phụ 808, 858 có thể được tạo cấu hình để mang giá trị SN phụ là 7 bit. Với giá trị 7 bit trong một trong các trường SN phụ 808, 858, tối đa 128 gói có thể được chứa cho giá trị tối đa N . Tuy nhiên các trường SN phụ 808, 858 còn có thể được mở rộng để chứa số lượng giá trị SN phụ lớn hơn. Ví dụ, PDU thứ nhất 800 có thể bao gồm ba bit dự trữ 804. Ba bit dự trữ 804 có thể được sử dụng với mục đích khác để mở rộng trường SN phụ 808 sao cho số lượng lớn hơn cho giá trị tối đa N có thể được chứa trong đó. Kết hợp với trường SN phụ 7 bit 808, ba bit dự trữ 804 có thể được tạo cấu hình để chỉ báo 1024 giá trị SN phụ cho giá trị tối đa N .

Tương tự, các bit dự trữ 854 của PDU thứ hai 850 có thể được sử dụng với mục đích khác để mở rộng trường SN phụ 858 sao cho số lượng lớn hơn cho giá trị tối đa N có thể được chứa trong đó. Tuy nhiên, PDU thứ hai 850 có thể bao gồm năm bit dự trữ 858. Do đó, kết hợp với trường SN phụ 7 bit 858, năm bit dự trữ 854 có thể được tạo cấu hình để chỉ báo 4096 giá trị SN phụ cho giá trị tối đa N .

Fig.9 là lưu đồ về phương pháp truyền thông không dây 900. Phương pháp 900 có thể được thực hiện bởi trạm gốc (ví dụ, trạm gốc 102/180, 310, 602) và/hoặc máy (ví dụ, máy 1202 và/hoặc máy bao gồm bộ nhớ 376 và có thể là toàn bộ trạm gốc 310 hoặc thành phần của trạm gốc 310, như bộ xử lý TX 316, bộ xử lý RX 370, và/hoặc bộ điều khiển/bộ xử lý 375). Theo các khía cạnh khác, một hoặc nhiều hoạt động được minh họa có thể được bỏ qua, đổi vị trí và/hoặc được thực hiện đồng thời.

Tại khối 902, trạm gốc có thể xác định các điều kiện kênh gắn với ít nhất hai sóng mang mà cuộc truyền thông với một máy khác được tạo cấu hình trên đó. Ví dụ, trạm gốc có thể nhận tập hợp tín hiệu tham chiếu từ máy khác, và trạm gốc có thể đo lường ít nhất một giá trị biểu thị các điều kiện kênh (ví dụ, RSRP, SNR, v.v.) dựa vào việc nhận tập hợp tín hiệu tham chiếu. Theo ví dụ khác, trạm gốc có thể truyền tập hợp tín hiệu tham chiếu đến máy khác, và trạm gốc có thể nhận thông tin biểu thị các điều kiện kênh dựa vào việc truyền tập hợp tín hiệu tham chiếu. Theo một khía cạnh, sóng mang thứ nhất có thể là sóng mang LTE và sóng mang thứ hai có thể là sóng mang NR 5G (ví dụ, để kết nối kép với máy khác). Theo khía cạnh khác, sóng mang thứ nhất và sóng mang thứ hai được tạo cấu hình cho việc cộng gộp sóng mang trên cùng một RAN (ví dụ, RAN NR 5G). Ví dụ, trên

Fig.6, trạm gốc 602 có thể xác định 622 các điều kiện kênh gắn với ít nhất hai sóng mang mà cuộc truyền thông với UE 604 được tạo cấu hình trên đó.

Tại khối 904, trạm gốc có thể mã hóa tập dữ liệu thành tập hợp PDU bằng cách sử dụng lập mã fountain dựa vào các điều kiện kênh. Ví dụ, trạm gốc có thể xác định ma trận sinh G gắn với lập mã fountain. Số lượng cột N của ma trận sinh G có thể được xác định dựa vào các điều kiện kênh và số lượng hàng K của ma trận sinh G có thể được xác định dựa vào kích thước của tập dữ liệu. Hơn nữa, trạm gốc có thể xác định tập hợp gói được mã hóa dựa vào mỗi mục nhập s_k của tập dữ liệu và dựa vào ma trận sinh G , trong đó mỗi gói được mã hóa p_j trong tập hợp gói được mã hóa là bằng $\sum_{k=1}^K s_k G_{kj}$. Trạm gốc có thể bao gồm tập hợp gói được mã hóa trong tập hợp PDU. Ví dụ, trên các hình vẽ của Fig.6 và Fig.7, trạm gốc 602 có thể mã hóa 624 tập dữ liệu từ SDU 720 thành tập hợp gồm N PDU 726.

Theo một số khía cạnh, trạm gốc có thể gửi, đến máy khác, tập hợp các thông số lập mã mạng. Tập hợp các thông số lập mã mạng có thể cho phép máy khác giải mã các gói được mã hóa trong tập hợp PDU. Ví dụ, tập hợp các thông số lập mã mạng có thể bao gồm thông tin biểu thị ít nhất một trong số: ma trận sinh m , số lượng cột N của ma trận sinh G , số lượng hàng K của ma trận sinh G , và/hoặc số lượng PDU M cần được phân bổ cho ít nhất một trong số ít nhất hai sóng mang. Trạm gốc có thể gửi tập hợp các thông số lập mã mạng đến máy khác qua báo hiệu RRC.

Tại khối 906, trạm gốc có thể gửi tập con thứ nhất của tập hợp PDU đến máy khác trên sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang. Theo một số khía cạnh, trạm gốc có thể bao gồm, trong phần đầu của mỗi PDU trong tập hợp PDU, thông tin biểu thị tập hợp PDU được mã hóa bằng cách sử dụng lập mã fountain. Theo một số khía cạnh khác, trạm gốc có thể bao gồm, trong phần đầu của mỗi PDU trong tập hợp PDU, thông tin biểu thị chỉ số tương ứng với tập con của tập dữ liệu có trong mỗi PDU. Ví dụ, trên Fig.6, trạm gốc 602 có thể gửi tập con PDU thứ nhất 628 đến UE 604 trên sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang.

Tại khối 908, trạm gốc có thể gửi tập con thứ hai của tập hợp PDU đến máy khác trên sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang. Ví dụ, trên Fig.6, trạm gốc 602 có thể gửi tập con PDU thứ hai 630 đến UE 604 trên sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang.

Fig.10 là lưu đồ về phương pháp truyền thông không dây 1000. Phương pháp 1000 có thể được thực hiện bởi UE (ví dụ, UE 104, 350, 604) và/hoặc máy (ví dụ, máy 1102 và/hoặc máy bao gồm bộ nhớ 360 và có thể là toàn bộ UE 350 hoặc thành phần của UE 350, như bộ xử lý TX 368, bộ xử lý RX 356, và/hoặc bộ điều khiển/bộ xử lý 359). Theo các khía cạnh khác, một hoặc nhiều hoạt động được minh họa có thể được bỏ qua, đổi vị trí và/hoặc được thực hiện đồng thời.

Tại khối 1002, UE có thể nhận tập hợp PDU từ một máy khác qua ít nhất hai sóng mang được tạo cấu hình để truyền thông với máy khác này. Theo một số khía cạnh, phần đầu của mỗi PDU trong tập hợp PDU có thể bao gồm thông tin biểu thị tập hợp PDU được mã hóa bằng cách sử dụng lập mã fountain. Theo một số khía cạnh khác, phần đầu của mỗi PDU trong tập hợp PDU có thể bao gồm thông tin biểu thị chỉ số tương ứng với tập con (ví dụ, khối dữ liệu) của tập dữ liệu có trong mỗi PDU. Ví dụ, trên Fig.6, UE 604 có thể nhận tập con PDU thứ nhất 628 từ trạm gốc 602 trên sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang và, tương tự, có thể nhận tập con PDU thứ hai 630 từ trạm gốc 602 trên sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang.

Tại khối 1004, UE có thể giải mã tập hợp PDU để thu được tập dữ liệu bằng cách sử dụng lập mã fountain. Ví dụ, UE có thể nhận tập hợp các thông số lập mã mạng, mà có thể bao gồm thông tin biểu thị ma trận sinh mẹ, số lượng cột N của ma trận sinh G , số lượng hàng K của ma trận sinh G , và/hoặc số lượng PDU M cần được phân bổ cho ít nhất một trong số ít nhất hai sóng mang. UE có thể nhận tập hợp các thông số lập mã mạng từ máy khác qua báo hiệu RRC. UE có thể sử dụng tập hợp các thông số lập mã mạng để giải mã tập hợp PDU thành tập dữ liệu.

Theo một số khía cạnh, UE có thể xác định tập hợp PDU bằng cách trước tiên xác định ma trận sinh G sử dụng tập hợp các thông số lập mã mạng. Tiếp theo, UE có thể xác định tập hợp gói giải mã dựa vào mỗi gói được mã hóa p_n có trong tập hợp PDU và dựa vào ma trận nghịch đảo của ma trận sinh G^{-1} , trong đó mỗi khối dữ liệu được giải mã d_k của tập hợp gói giải mã là bằng $\sum_{n=1}^N p_n G_{nk}^{-1}$. UE có thể thu được tập dữ liệu dưới dạng mỗi khối trong số các khối dữ liệu được giải mã.

Tại khối 1006, UE có thể cung cấp tập dữ liệu giải mã cho lớp trên của UE. Ví dụ, trước tiên, lớp PDCCP của UE có thể chọn tập dữ liệu giải mã gắn với một lớp của UE cao hơn tương đối so với lớp PDCCP (ví dụ, lớp ứng dụng) và, thứ hai, lớp PDCCP có thể gửi tập dữ liệu giải mã cho lớp cao hơn của UE (ví dụ, lớp ứng dụng hoặc lớp cao hơn khác).

của UE) dựa vào việc chọn tập dữ liệu giải mã. Ví dụ, trên Fig.6, UE 604 có thể cung cấp tập dữ liệu, được giải mã từ các tập con PDU thứ nhất và thứ hai 628, 630, cho lớp trên của UE 604.

Fig.11 là sơ đồ 1100 minh họa ví dụ về phương án triển khai phần cứng cho máy 1102. Máy 1102 là UE và bao gồm bộ xử lý băng tần cơ sở di động 1104 (còn được gọi là modem) nối với bộ thu phát RF di động 1122 và một hoặc nhiều thẻ module định danh thuê bao (subscriber identity module - SIM) 1120, bộ xử lý ứng dụng 1106 nối với thẻ kỹ thuật số an toàn (secure digital - SD) 1108 và màn hình 1110, module Bluetooth 1112, module mạng cục bộ không dây (wireless local area network - WLAN) 1114, module hệ thống định vị toàn cầu (Global Positioning System - GPS) 1116, và nguồn điện 1118. Bộ xử lý băng tần cơ sở di động 1104 truyền thông qua bộ thu phát RF di động 1122 với UE 104 và/hoặc BS 102/180. Bộ xử lý băng tần cơ sở di động 1104 có thể bao gồm bộ nhớ/phương tiện đọc được bằng máy tính. Bộ nhớ/phương tiện đọc được bằng máy tính có thể là bất biến. Bộ xử lý băng tần cơ sở di động 1104 có nhiệm vụ xử lý chung, bao gồm thực thi phần mềm được lưu trữ trên bộ nhớ/phương tiện đọc được bằng máy tính. Phần mềm, khi được thực thi bởi bộ xử lý băng tần cơ sở di động 1104, khiến cho bộ xử lý băng tần cơ sở di động 1104 thực hiện các chức năng khác nhau được mô tả trên đây. Bộ nhớ/phương tiện đọc được bằng máy tính cũng có thể được sử dụng để lưu trữ dữ liệu mà được thao tác bởi bộ xử lý băng tần cơ sở di động 1104 khi thực thi phần mềm. Bộ xử lý băng tần cơ sở di động 1104 còn bao gồm thành phần nhận 1130, bộ quản lý truyền thông 1132, và thành phần truyền 1134. Bộ quản lý truyền thông 1132 bao gồm một hoặc nhiều thành phần được minh họa. Các thành phần trong bộ quản lý truyền thông 1132 có thể được lưu trữ vào trong bộ nhớ/phương tiện đọc được bằng máy tính và/hoặc được tạo cấu hình như phần cứng trong bộ xử lý băng tần cơ sở di động 1104. Bộ xử lý băng tần cơ sở di động 1104 có thể là thành phần của UE 350 và có thể bao gồm bộ nhớ 360 và/hoặc ít nhất một trong bộ xử lý TX 368, bộ xử lý RX 356, và bộ điều khiển/bộ xử lý 359. Trong một cấu hình, máy 1102 có thể là chip modem và chỉ bao gồm bộ xử lý băng tần cơ sở 1104, và trong một cấu hình khác, máy 1102 có thể là toàn bộ UE (ví dụ, xem 350 trên Fig.3) và bao gồm các module bổ sung của máy 1102, được mô tả trên đây.

Bộ quản lý truyền thông 1132 bao gồm thành phần kết hợp 1140 được tạo cấu hình để nhận tập hợp PDU từ trạm gốc 102/180 qua ít nhất hai sóng mang được tạo cấu hình để truyền thông với trạm gốc 102/180, ví dụ, như được mô tả liên quan đến khối 1002

trên Fig.10. Ví dụ, thành phần nhận 1130 có thể nhận nhiều PDU, và thành phần kết hợp 1132 có thể gộp hoặc kết hợp một số hoặc tất cả các PDU nhận được vào một tập hợp PDU, tập hợp này có thể là tập hợp PDU liên quan. Ví dụ, thành phần kết hợp 1140 có thể gộp hoặc kết hợp các PDU vào một tập hợp dựa vào thông tin có trong phần đầu tương ứng của of mỗi PDU trong số các PDU của tập hợp, chẳng hạn như thông tin biểu thị mỗi PDU trong số các PDU được kết hợp với tập dữ liệu mà được mã hóa bằng cách sử dụng mã fountain.

Bộ quản lý truyền thông 1132 còn bao gồm thành phần giải mã 1142 để nhận (các) đầu vào dựa vào tập hợp PDU từ thành phần kết hợp 1140. Thành phần giải mã 1142 được tạo cấu hình để giải mã tập hợp PDU để thu được tập dữ liệu bằng cách sử dụng lập mã fountain, ví dụ, như được mô tả liên quan đến khối 1004 trên Fig.10.

Ví dụ, thành phần giải mã 1142 có thể được tạo cấu hình để xác định ma trận sinh G . Tiếp theo, thành phần giải mã 1142 có thể xác định tập hợp gói giải mã dựa vào mỗi gói được mã hóa p_n có trong tập hợp PDU và dựa vào ma trận nghịch đảo của ma trận sinh G^{-1} , trong đó mỗi khối dữ liệu được giải mã d_k của tập hợp gói giải mã là bằng $\sum_{n=1}^N p_n G_{nk}^{-1}$. Thành phần giải mã 1142 có thể thu được tập dữ liệu dưới dạng mỗi khối trong số các khối dữ liệu được giải mã.

Theo một số khía cạnh, thành phần nhận 1130 có thể nhận tập hợp các thông số lập mã mạng từ trạm gốc 102/180 (ví dụ, qua báo hiệu RRC), và thành phần nhận 1130 có thể cung cấp (các) đầu vào cho thành phần giải mã 1142 dựa vào tập hợp các thông số lập mã mạng. Thành phần giải mã 1142 có thể được tạo cấu hình để giải mã tập hợp PDU để thu được tập dữ liệu bằng cách sử dụng lập mã fountain dựa vào tập hợp các thông số lập mã mạng. Ví dụ, tập hợp các thông số lập mã mạng có thể bao gồm ma trận sinh G nêu trên và/hoặc có thể bao gồm thông tin gắn kèm với ma trận, như số lượng hàng và/hoặc số lượng cột của ma trận sinh G .

Bộ quản lý truyền thông 1132 còn bao gồm thành phần chuyển 1144 để nhận (các) đầu vào dựa vào tập dữ liệu thu được từ tập hợp PDU được giải mã bằng cách sử dụng lập mã fountain từ thành phần giải mã 1142. Thành phần chuyển 1144 được tạo cấu hình để cung cấp tập dữ liệu cho lớp trên của máy 1102, ví dụ, như được mô tả liên quan đến khối 1006 trên Fig.10. Ví dụ, thành phần chuyển 1144 có thể chuyển tập dữ liệu từ lớp PDCP của máy 1102 đến lớp cao hơn tương đối, như lớp ứng dụng hoặc lớp khác.

Máy có thể bao gồm các thành phần bổ sung thực hiện mỗi khối trong số các khối của thuật toán trong lưu đồ đã nêu trên Fig.10. Như vậy, mỗi khối trong lưu đồ nêu trên Fig.10 có thể được thực hiện bởi một thành phần và máy có thể bao gồm một hoặc nhiều trong số các thành phần này. Các thành phần này có thể là một hoặc nhiều thành phần phần cứng được tạo cấu hình cụ thể để tiến hành các quy trình/thuật toán nói trên, được triển khai bởi bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện các quy trình/thuật toán nói trên, được lưu trữ trong phương tiện đọc được bằng máy tính để triển khai bởi bộ xử lý, hoặc một số tổ hợp của chúng.

Trong một cấu hình, máy 1102, và cụ thể là bộ xử lý băng tần cơ sở di động 1104, bao gồm phương tiện để nhận tập hợp PDU từ một máy khác qua ít nhất hai sóng mang được tạo cấu hình để truyền thông với máy khác này; phương tiện để giải mã tập hợp PDU để thu được tập dữ liệu bằng cách sử dụng lập mã fountain; và phương tiện để cung cấp tập dữ liệu cho lớp trên của máy 1102.

Theo một khía cạnh, sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang bao gồm sóng mang LTE và sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang bao gồm sóng mang NR 5G. Theo một khía cạnh, ít nhất hai sóng mang được tạo cấu hình để cộng gộp sóng mang trên RAN.

Theo một khía cạnh, phương tiện để giải mã tập hợp PDU để thu được tập dữ liệu bằng cách sử dụng lập mã fountain được tạo cấu hình để xác định ma trận sinh G gắn với lập mã fountain; và xác định tập hợp khối dữ liệu được giải mã dựa vào mỗi gói được mã hóa p_n có trong tập hợp PDU và dựa vào ma trận nghịch đảo của ma trận sinh G^{-1} , sao cho mỗi khối dữ liệu được giải mã d_k của tập hợp khối dữ liệu được giải mã là bằng $\sum_{n=1}^N p_n G_{nk}^{-1}$, và tập dữ liệu bao gồm tập hợp khối dữ liệu được giải mã.

Theo một khía cạnh, máy 1102, và cụ thể là bộ xử lý băng tần cơ sở di động 1104, còn bao gồm phương tiện để nhận, từ máy khác, thông tin biểu thị ma trận sinh.

Theo một khía cạnh, máy 1102, và cụ thể là bộ xử lý băng tần cơ sở di động 1104, còn bao gồm phương tiện để nhận, từ máy khác, thông tin biểu thị ít nhất một trong số: số lượng hàng của ma trận sinh, số lượng cột của ma trận sinh, số lượng tập con PDU thứ nhất cần được nhận qua sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang, hoặc số lượng tập hợp PDU thứ hai cần được nhận qua sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang.

Theo một khía cạnh, phần đầu của mỗi PDU trong tập hợp PDU bao gồm thông tin biểu thị tập hợp PDU được mã hóa bằng cách sử dụng mã fountain. Theo một khía

cạnh, phần đầu của mỗi PDU trong tập hợp PDU bao gồm thông tin biểu thị chỉ số tương ứng với tập con của tập dữ liệu có trong mỗi PDU.

Phương tiện nói trên có thể là một hoặc nhiều trong các thành phần nói trên của máy 1102 được tạo cấu hình để thực hiện các chức năng của phương tiện nói trên. Như được mô tả trên đây, máy 1102 có thể bao gồm bộ xử lý TX 368, bộ xử lý RX 356, và bộ điều khiển/bộ xử lý 359. Như vậy, trong một cấu hình, phương tiện nói trên có thể là bộ xử lý TX 368, bộ xử lý RX 356, và bộ điều khiển/bộ xử lý 359 được tạo cấu hình để thực hiện các chức năng của phương tiện nói trên.

Fig.12 là sơ đồ 1200 minh họa ví dụ về phương án triển khai phần cứng cho máy 1202. Máy 1202 là BS và bao gồm khối băng tần cơ sở 1204. Khối băng tần cơ sở 1204 có thể truyền thông qua bộ thu phát RF di động với UE 104. Khối băng tần cơ sở 1204 có thể bao gồm bộ nhớ/phương tiện đọc được bằng máy tính. Khối băng tần cơ sở 1204 có nhiệm vụ xử lý chung, bao gồm thực thi phần mềm được lưu trữ trên bộ nhớ/phương tiện đọc được bằng máy tính. Phần mềm, khi được thực thi bởi khối băng tần cơ sở 1204, khiến cho khối băng tần cơ sở 1204 thực hiện các chức năng khác nhau được mô tả trên đây. Bộ nhớ/phương tiện đọc được bằng máy tính cũng có thể được sử dụng để lưu trữ dữ liệu được thao tác bởi khối băng tần cơ sở 1204 khi thực thi phần mềm. Khối băng tần cơ sở 1204 còn bao gồm thành phần nhận 1230, bộ quản lý truyền thông 1232, và thành phần truyền 1234. Bộ quản lý truyền thông 1232 bao gồm một hoặc nhiều thành phần được minh họa. Các thành phần trong bộ quản lý truyền thông 1232 có thể được lưu trữ vào trong bộ nhớ/phương tiện đọc được bằng máy tính và/hoặc được tạo cấu hình như phần cứng trong khối băng tần cơ sở 1204. Khối băng tần cơ sở 1204 có thể là thành phần của BS 310 và có thể bao gồm bộ nhớ 376 và/hoặc ít nhất một trong bộ xử lý TX 316, bộ xử lý RX 370, và bộ điều khiển/bộ xử lý 375.

Bộ quản lý truyền thông 1232 bao gồm thành phần điều kiện kênh 1240 được tạo cấu hình để xác định các điều kiện kênh gắn với ít nhất hai sóng mang mà cuộc truyền thông với UE 104 được tạo cấu hình trên đó, ví dụ, như được mô tả liên quan đến khối 902 trên Fig.9.

Bộ quản lý truyền thông 1232 còn bao gồm thành phần mã hóa 1242 để nhận (các) đầu vào dựa vào các điều kiện kênh từ thành phần điều kiện kênh 1240. Thành phần mã hóa 1242 được tạo cấu hình để mã hóa tập dữ liệu thành tập hợp PDU bằng cách sử

dụng lập mã fountain dựa vào các điều kiện kênh, ví dụ, như được mô tả liên quan đến khối 904 trên Fig.9.

Ví dụ, theo một số khía cạnh, thành phần mã hóa 1242 có thể xác định ma trận sinh G gắn với lập mã fountain. Số lượng cột N của ma trận sinh G có thể được xác định dựa vào các điều kiện kênh và số lượng hàng K của ma trận sinh G có thể được xác định dựa vào kích thước của tập dữ liệu. Hơn nữa, thành phần mã hóa 1242 có thể xác định tập hợp gói được mã hóa dựa vào mỗi mục nhập s_k của tập dữ liệu và dựa vào ma trận sinh G , trong đó mỗi gói được mã hóa p_j trong tập hợp gói được mã hóa là bằng $\sum_{k=1}^K s_k G_{kj}$. Thành phần mã hóa 1242 có thể bao gồm tập hợp gói được mã hóa trong tập hợp PDU.

Bộ quản lý truyền thông 1232 còn bao gồm thành phần sóng mang thứ nhất 1244 và thành phần sóng mang thứ hai 1246. Thành phần sóng mang thứ nhất 1244 có thể được kết hợp với sóng mang LTE, trong khi đó thành phần sóng mang thứ hai 1246 có thể được kết hợp với sóng mang NR 5G. Thành phần sóng mang thứ nhất 1244 và thành phần sóng mang thứ hai 1246 có thể được tạo cấu hình để cộng gộp sóng mang trên RAN.

Thành phần sóng mang thứ nhất 1244 có thể nhận (các) đầu vào dựa vào tập con thứ nhất của tập hợp PDU từ thành phần mã hóa 1242. Thành phần sóng mang thứ nhất 1244 được tạo cấu hình để gửi tập con thứ nhất của tập hợp PDU đến UE 104 trên sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang, ví dụ, như được mô tả liên quan đến khối 906 trên Fig.9.

Thành phần sóng mang thứ hai 1246 có thể nhận (các) đầu vào dựa vào tập con thứ hai của tập hợp PDU từ thành phần mã hóa 1242. Thành phần sóng mang thứ hai 1246 được tạo cấu hình để gửi tập con thứ hai của tập hợp PDU đến UE 104 trên sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang, ví dụ, như được mô tả liên quan đến khối 908 trên Fig.9.

Để đạt được mục đích này, thành phần truyền 1234 có thể truyền các tập con thứ nhất và thứ hai của tập hợp PDU đến UE 104 lần lượt qua các sóng mang thứ nhất và thứ hai. Theo một số khía cạnh, thành phần truyền 1234 có thể truyền, đến UE 104, tập hợp các thông số lập mã mạng. Tập hợp các thông số lập mã mạng có thể cho phép UE 104 giải mã các gói được mã hóa trong tập hợp PDU. Ví dụ, tập hợp các thông số lập mã mạng có thể bao gồm thông tin biểu thị ít nhất một trong số: ma trận sinh m , số lượng cột N của ma trận sinh G , số lượng hàng K của ma trận sinh G , và/hoặc số lượng PDU M cần được phân bổ cho ít nhất một trong số ít nhất hai sóng mang. Thành phần truyền 1234 có thể truyền tập hợp các thông số lập mã mạng đến UE 104 qua báo hiệu RRC.

Máy có thể bao gồm các thành phần bổ sung thực hiện mỗi khối trong số các khối của thuật toán trong lưu đồ đã nêu trên Fig.9. Như vậy, mỗi khối trong lưu đồ nêu trên Fig.9 có thể được thực hiện bởi một thành phần và máy có thể bao gồm một hoặc nhiều trong số các thành phần này. Các thành phần này có thể là một hoặc nhiều thành phần phần cứng được tạo cấu hình cụ thể để tiến hành các quy trình/thuật toán nói trên, được triển khai bởi bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện các quy trình/thuật toán nói trên, được lưu trữ trong phương tiện đọc được bằng máy tính để triển khai bởi bộ xử lý, hoặc một số tổ hợp của chúng.

Trong một cấu hình, máy 1202, và cụ thể là khối băng tần cơ sở 1204, bao gồm phương tiện để xác định các điều kiện kênh gắn với ít nhất hai sóng mang mà cuộc truyền thông với một máy khác được tạo cấu hình trên đó; phương tiện để mã hóa tập dữ liệu thành tập hợp PDU bằng cách sử dụng lập mã fountain dựa vào các điều kiện kênh; phương tiện để gửi tập con thứ nhất của tập hợp PDU đến máy khác trên sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang; và phương tiện để gửi tập con thứ hai của tập hợp PDU đến máy khác trên sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang.

Theo một khía cạnh, sóng mang thứ nhất bao gồm sóng mang LTE và sóng mang thứ hai bao gồm sóng mang NR 5G. Theo một khía cạnh, ít nhất hai sóng mang được tạo cấu hình để cộng gộp sóng mang trên RAN.

Theo một khía cạnh, phương tiện để mã hóa tập dữ liệu thành tập hợp PDU bằng cách sử dụng lập mã fountain dựa vào các điều kiện kênh được tạo cấu hình để xác định ma trận sinh G gắn với lập mã fountain, trong đó số lượng cột N của ma trận sinh G được xác định dựa vào các điều kiện kênh và số lượng hàng K của ma trận sinh G được xác định dựa vào kích thước của tập dữ liệu. Phương tiện để mã hóa tập dữ liệu thành tập hợp PDU bằng cách sử dụng lập mã fountain dựa vào các điều kiện kênh còn được tạo cấu hình để xác định tập hợp gói được mã hóa dựa vào mỗi mục nhập s_k của tập dữ liệu và dựa vào ma trận sinh G , sao cho mỗi gói được mã hóa p_j trong tập hợp gói được mã hóa là bằng $\sum_{k=1}^K s_k G_{kj}$, và tập hợp gói được mã hóa được bao gồm trong tập hợp PDU.

Theo một khía cạnh, máy 1202, và cụ thể là khối băng tần cơ sở 1204, còn bao gồm phương tiện để gửi, đến máy khác, thông tin biểu thị ma trận sinh. Theo một khía cạnh, máy 1202, và cụ thể là khối băng tần cơ sở 1204, còn bao gồm phương tiện để gửi, đến máy khác, thông tin biểu thị ít nhất một trong số: số lượng hàng của ma trận sinh, số

lượng cột của ma trận sinh, số lượng tập con PDU thứ nhất, hoặc số lượng tập hợp PDU thứ hai.

Theo một khía cạnh, số lượng tập con PDU thứ nhất và số lượng tập con PDU thứ hai dựa vào các điều kiện kênh. Theo một khía cạnh, máy 1202, và cụ thể là khối băng tần cơ sở 1204, còn bao gồm phương tiện để điều chỉnh số lượng tập con PDU thứ nhất và số lượng tập con PDU thứ hai dựa vào sự thay đổi đối với các điều kiện kênh.

Theo một khía cạnh, phần đầu của mỗi PDU trong tập hợp PDU bao gồm thông tin biểu thị tập hợp PDU được mã hóa bằng cách sử dụng mã fountain. Theo một khía cạnh, phần đầu của mỗi PDU trong tập hợp PDU bao gồm thông tin biểu thị chỉ số tương ứng với tập con của tập dữ liệu có trong mỗi PDU.

Phương tiện nói trên có thể là một hoặc nhiều trong các thành phần nói trên của máy 1202 được tạo cấu hình để thực hiện các chức năng của phương tiện nói trên. Như được mô tả trên đây, hệ thống xử lý 1202 có thể bao gồm bộ xử lý TX 316, bộ xử lý RX 370, và bộ điều khiển/bộ xử lý 375. Như vậy, trong một cấu hình, phương tiện nói trên có thể là bộ xử lý TX 316, bộ xử lý RX 370, và bộ điều khiển/bộ xử lý 375 được tạo cấu hình để thực hiện các chức năng của phương tiện nói trên.

Cần hiểu rằng thứ tự hoặc thứ bậc cụ thể của các khối trong các quy trình / lưu đồ được bộc lộ là minh họa về các phương án ví dụ. Dựa vào các tùy chọn thiết kế, cần hiểu rằng thứ tự hoặc thứ bậc cụ thể của các khối trong các quy trình / lưu đồ này có thể được sắp xếp lại. Hơn nữa, một số khối có thể được kết hợp hoặc bị lược bỏ. Các điểm yêu cầu bảo hộ về phương pháp kèm theo ở đây trình bày các yếu tố của các bước khác nhau theo một thứ tự mẫu, và không có nghĩa rằng chỉ giới hạn ở thứ tự hoặc thứ bậc cụ thể được trình bày đó.

Phần mô tả trên đây được cung cấp để giúp cho người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này có thể thực hiện các khía cạnh khác nhau được mô tả trong sáng chế. Những cải biến đối với các khía cạnh này sẽ hiển nhiên với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này, và các nguyên lý chung nêu trong sáng chế có thể được áp dụng cho các khía cạnh khác. Do đó, yêu cầu bảo hộ của sáng chế không dự định chỉ giới hạn ở các phương án được mô tả ở đây mà sáng chế phải được hiểu theo phạm vi rộng nhất phù hợp với các ngôn ngữ yêu cầu bảo hộ, trong đó sự viện dẫn đến một phần tử ở dạng số ít không dự định có nghĩa là "một và chỉ một" trừ khi được đề cập cụ thể như vậy, mà có nghĩa là "một hoặc nhiều". Các thuật ngữ như "nếu", "khi", và "trong khi" cần

được hiểu có nghĩa là “trong điều kiện mà” chứ không phải là có hàm ý một mối liên hệ hoặc sự phản ứng theo thời gian trực tiếp. Tức là, các cụm từ này, ví dụ “khi,” không có hàm ý là hành động trực tiếp đáp lại hoặc trong khi xảy ra hành động, mà hiểu đơn giản là nếu điều kiện được đáp ứng thì hành động mới xảy ra, mà không yêu cầu ràng buộc thời gian cụ thể hoặc trực tiếp để cho hành động xảy ra. Thuật ngữ “làm ví dụ” được sử dụng ở đây có nghĩa là “có vai trò làm ví dụ, dẫn chứng hoặc minh họa”. Khía cạnh bất kỳ được mô tả ở đây là “mang tính ví dụ” không nhất thiết được hiểu là được ưu tiên hoặc có lợi so với các khía cạnh khác. Trừ khi có quy định cụ thể khác, thuật ngữ “một số” đề cập đến một hoặc nhiều. Các tổ hợp chẳng hạn như “ít nhất một trong A, B, hoặc C,” “một hoặc nhiều trong số A, B hoặc C”, “ít nhất một trong A, B, và C,” “một hoặc nhiều trong số A, B và C” và “A, B, C, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng” bao gồm tổ hợp bất kỳ của A, B, và/hoặc C, và có thể bao gồm các bội số của A, bội số của B, hoặc bội số của C. Cụ thể, các tổ hợp chẳng hạn như “ít nhất một trong A, B, hoặc C”, “một hoặc nhiều trong số A, B hoặc C”, “ít nhất một trong A, B và C”, “một hoặc nhiều trong số A, B và C”, và “A, B, C, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng” có thể là chỉ có A, chỉ có B, chỉ có C, A và B, A và C, B và C, hoặc A và B và C, trong đó các tổ hợp bất kỳ như vậy có thể chứa một hoặc nhiều thành phần A, B hoặc C. Tất cả các thành phần tương đương về mặt cấu trúc và chức năng với các thành phần trong các khía cạnh khác nhau được mô tả trong sáng chế mà được biết đến hoặc sẽ được biết đến sau này bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này đều được đưa vào đây một cách rõ ràng bằng cách viện dẫn và dự định được bao gồm bởi các yêu cầu bảo hộ. Hơn nữa, không thông tin nào bộc lộ ở đây được dự định dành cho công chúng bất kể phần bộc lộ đó có được thể hiện rõ ràng trong các điểm yêu cầu bảo hộ hay không. Các từ “modun”, “cơ chế”, “phần tử”, “thiết bị”, và các từ tương tự không thể là từ thay thế cho từ “phương tiện”. Do đó, không phần nào trong yêu cầu bảo hộ được hiểu là phương tiện kèm theo chức năng trừ khi phần đó được trình bày rõ ràng bằng cách sử dụng cụm từ “phương tiện để”.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp truyền thông không dây bằng máy, phương pháp này bao gồm các bước:
xác định các điều kiện kênh gắn với ít nhất hai sóng mang mà cuộc truyền thông với một máy khác được tạo cấu hình trên đó;

mã hóa tập dữ liệu thành tập hợp các đơn vị dữ liệu giao thức (protocol data unit - PDU) bằng cách sử dụng lập mã fountain dựa vào các điều kiện kênh, trong đó việc mã hóa tập dữ liệu thành tập hợp PDU bằng cách sử dụng lập mã fountain dựa vào các điều kiện kênh bao gồm:

xác định ma trận sinh G gắn với lập mã fountain, trong đó số lượng cột N của ma trận sinh G được xác định dựa vào các điều kiện kênh và số lượng hàng K của ma trận sinh G được xác định dựa vào kích thước của tập dữ liệu; và

xác định tập hợp gói được mã hóa dựa vào mỗi mục nhập s_k của tập dữ liệu và dựa vào ma trận sinh G , trong đó mỗi gói được mã hóa p_j trong tập hợp gói được mã hóa bằng $\sum_{k=1}^K s_k G_{kj}$, trong đó k là số hàng của ma trận sinh G , j là chỉ số của gói được mã hóa và cũng là số cột của ma trận sinh G , và G_{kj} là phần tử của ma trận sinh G , và

trong đó tập hợp gói được mã hóa được bao gồm trong tập hợp PDU;

gửi tập con thứ nhất của tập hợp PDU đến máy khác trên sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang; và

gửi tập con thứ hai của tập hợp PDU đến máy khác trên sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó sóng mang thứ nhất bao gồm sóng mang tiên hóa dài hạn (Long Term Evolution - LTE) và sóng mang thứ hai bao gồm sóng mang Vô tuyến mới 5G (New Radio - NR).

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ít nhất hai sóng mang được tạo cấu hình để cộng gộp sóng mang trên mạng truy cập vô tuyến (radio access network - RAN).

4. Phương pháp theo điểm 1, $p_j \sum_{k=1}^K s_k G_{kj}$ trong đó số lượng tập con PDU thứ nhất và số lượng tập con PDU thứ hai được dựa vào các điều kiện kênh, và trong đó số lượng tập con

PDU thứ nhất lớn hơn số lượng tập con PDU thứ hai nếu sóng mang thứ nhất có các điều kiện kênh tốt hơn.

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

gửi, đến máy khác, thông tin biểu thị ma trận sinh.

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

gửi, đến máy khác, thông tin biểu thị ít nhất một trong số: số lượng hàng của ma trận sinh, số lượng cột của ma trận sinh, số lượng tập con PDU thứ nhất, hoặc số lượng tập hợp PDU thứ hai.

7. Phương pháp theo điểm 4, phương pháp này còn bao gồm bước:

điều chỉnh số lượng tập con PDU thứ nhất và số lượng tập con PDU thứ hai dựa vào sự thay đổi đối với các điều kiện kênh.

8. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phần đầu của mỗi PDU trong tập hợp PDU bao gồm thông tin biểu thị tập hợp PDU được mã hóa bằng cách sử dụng mã fountain.

9. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phần đầu của mỗi PDU trong tập hợp PDU bao gồm thông tin biểu thị chỉ số tương ứng với tập con của tập dữ liệu có trong mỗi PDU.

10. Phương pháp truyền thông không dây bằng máy, phương pháp này bao gồm các bước:

nhận tập con thứ nhất của tập hợp các đơn vị dữ liệu giao thức, các PDU từ một máy khác trên sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang và tập con thứ hai của tập hợp PDU từ một máy khác trên sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang;

giải mã tập hợp PDU để thu được tập dữ liệu bằng cách sử dụng lập mã fountain, trong đó việc giải mã tập hợp PDU để thu được tập dữ liệu bằng cách sử dụng lập mã fountain bao gồm:

xác định ma trận sinh G gắn với lập mã fountain, trong đó số lượng cột N của ma trận sinh G được xác định dựa vào các điều kiện kênh và số lượng hàng K của ma trận sinh G được xác định dựa vào kích thước của tập dữ liệu; và

xác định tập hợp khối dữ liệu được giải mã dựa vào mỗi gói được mã hóa p_n có trong tập hợp PDU và dựa vào nghịch đảo của ma trận sinh G^{-l} , trong đó mỗi khối dữ liệu được giải mã d_k trong tập hợp khối dữ liệu được giải mã bằng $\sum_{n=1}^N p_n G_{nk}^{-1}$, trong đó n là số hàng của nghịch đảo của ma trận sinh G^{-l} , k là chỉ số của khối dữ liệu được giải mã và cũng là số cột của nghịch đảo của ma trận sinh G^{-l} , và G_{nk}^{-1} là phần tử của nghịch đảo của ma trận sinh G^{-l} , và

trong đó tập dữ liệu bao gồm tập hợp khối dữ liệu được giải mã; và cung cấp tập dữ liệu cho lớp trên của máy.

11. Phương pháp theo điểm 10, trong đó sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang bao gồm sóng mang tiến hóa dài hạn (LTE) và sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang bao gồm sóng mang Vô tuyến mới 5G (NR).

12. Phương pháp theo điểm 10, trong đó ít nhất hai sóng mang được tạo cấu hình để cộng gộp sóng mang trên mạng truy cập vô tuyến (RAN).

13. Phương pháp theo điểm 10, phương pháp này còn bao gồm bước:
nhận, từ máy khác, thông tin biểu thị ma trận sinh.

14. Phương pháp theo điểm 10, phương pháp này còn bao gồm bước:
nhận, từ máy khác, thông tin biểu thị ít nhất một trong số: số lượng hàng của ma trận sinh, số lượng cột của ma trận sinh, số lượng tập con PDU thứ nhất cần được nhận qua sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang, hoặc số lượng tập hợp PDU thứ hai cần được nhận qua sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang.

15. Phương pháp theo điểm 10, trong đó phần đầu của mỗi PDU trong tập hợp PDU bao gồm thông tin biểu thị tập hợp PDU được mã hóa bằng cách sử dụng mã fountain.

16. Phương pháp theo điểm 10, trong đó phần đầu của mỗi PDU trong tập hợp PDU bao gồm thông tin biểu thị chỉ số tương ứng với tập con của tập dữ liệu có trong mỗi PDU.

17. Máy để truyền thông không dây bao gồm:

bộ nhớ; và

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

xác định các điều kiện kênh gắn với ít nhất hai sóng mang mà cuộc truyền thông với một máy khác được tạo cấu hình trên đó;

mã hóa tập dữ liệu thành tập hợp các đơn vị dữ liệu giao thức (PDU) bằng cách sử dụng lập mã fountain dựa vào các điều kiện kênh, trong đó việc mã hóa tập dữ liệu thành tập hợp PDU bằng cách sử dụng lập mã fountain dựa vào các điều kiện kênh bao gồm:

xác định ma trận sinh G gắn với lập mã fountain, trong đó số lượng cột N của ma trận sinh G được xác định dựa vào các điều kiện kênh và số lượng hàng K của ma trận sinh G được xác định dựa vào kích thước của tập dữ liệu; và

xác định tập hợp gói được mã hóa dựa vào mỗi mục nhập sk của tập dữ liệu và dựa vào ma trận sinh G , trong đó mỗi gói được mã hóa p_j trong tập hợp gói được mã hóa bằng $\sum_{k=1}^K s_k G_{kj}$, trong đó k là số hàng của ma trận sinh G , j là chỉ số của gói được mã hóa và cũng là số cột của ma trận sinh G , và G_{kj} là phần tử của ma trận sinh G , và

trong đó tập hợp gói được mã hóa được bao gồm trong tập hợp PDU; gửi tập con thứ nhất của tập hợp PDU đến máy khác trên sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang; và

gửi tập con thứ hai của tập hợp PDU đến máy khác trên sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang.

18. Máy theo điểm 17, trong đó sóng mang thứ nhất bao gồm sóng mang tiến hóa dài hạn (LTE) và sóng mang thứ hai bao gồm sóng mang Vô tuyến mới 5G (NR).

19. Máy theo điểm 17, trong đó ít nhất hai sóng mang được tạo cấu hình để cộng gộp sóng mang trên mạng truy cập vô tuyến (RAN).

20. Máy theo điểm 17, trong đó số lượng tập con PDU thứ nhất và số lượng tập con PDU thứ hai được dựa vào các điều kiện kênh, và trong đó số lượng tập con PDU thứ nhất lớn hơn số lượng tập con PDU thứ hai nếu sóng mang thứ nhất có các điều kiện kênh tốt hơn.

21. Máy theo điểm 17, trong đó ít nhất một bộ xử lý còn được tạo cấu hình để:
gửi, đến máy khác, thông tin biểu thị ma trận sinh.

22. Máy theo điểm 17, trong đó ít nhất một bộ xử lý còn được tạo cấu hình để:
gửi, đến máy khác, thông tin biểu thị ít nhất một trong số: số lượng hàng của ma
trận sinh, số lượng cột của ma trận sinh, số lượng tập con PDU thứ nhất, hoặc số lượng tập
hợp PDU thứ hai.

23. Máy theo điểm 20, trong đó ít nhất một bộ xử lý còn được tạo cấu hình để:
điều chỉnh số lượng tập con PDU thứ nhất và số lượng tập con PDU thứ hai dựa
vào sự thay đổi đối với các điều kiện kênh.

24. Máy theo điểm 17, trong đó phần đầu của mỗi PDU trong tập hợp PDU bao gồm thông
tin biểu thị tập hợp PDU được mã hóa bằng cách sử dụng mã fountain.

25. Máy theo điểm 17, trong đó phần đầu của mỗi PDU trong tập hợp PDU bao gồm thông
tin biểu thị chỉ số tương ứng với tập con của tập dữ liệu có trong mỗi PDU.

26. Máy để truyền thông không dây bao gồm:

bộ nhớ; và

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

nhận tập con thứ nhất của tập hợp các đơn vị dữ liệu giao thức, các PDU từ
một máy khác trên sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang và tập con
thứ hai của tập hợp PDU từ một máy khác trên sóng mang thứ hai trong số ít nhất
hai sóng mang;

giải mã tập hợp PDU để thu được tập dữ liệu bằng cách sử dụng lập mã
fountain trong đó việc giải mã tập hợp PDU để thu được tập dữ liệu bằng cách sử
dụng lập mã fountain bao gồm:

xác định ma trận sinh G gắn với lập mã fountain, trong đó số lượng
cột N của ma trận sinh G được xác định dựa vào các điều kiện kênh và số

lượng hàng K của ma trận sinh G được xác định dựa vào kích thước của tập dữ liệu; và

xác định tập hợp khối dữ liệu được giải mã dựa vào mỗi gói được mã hóa p_n có trong tập hợp PDU và dựa vào nghịch đảo của ma trận sinh G^{-1} , trong đó mỗi khối dữ liệu được giải mã d_k trong tập hợp khối dữ liệu được giải mã bằng $\sum_{n=1}^N p_n G_{nk}^{-1}$, trong đó n là số hàng của nghịch đảo của ma trận sinh G^{-1} , k là chỉ số của khối dữ liệu được giải mã và cũng là số cột của nghịch đảo của ma trận sinh G^{-1} , và G_{nk}^{-1} là phần tử của nghịch đảo của ma trận sinh G^{-1} , và

trong đó tập dữ liệu bao gồm tập hợp khối dữ liệu được giải mã; và cung cấp tập dữ liệu cho lớp trên của máy.

27. Máy theo điểm 26, trong đó sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang bao gồm sóng mang tiến hóa dài hạn (LTE) và sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang bao gồm sóng mang Vô tuyến mới 5G (NR).

28. Máy theo điểm 26, trong đó ít nhất hai sóng mang được tạo cấu hình để cộng gộp sóng mang trên mạng truy cập vô tuyến (RAN).

29. Máy theo điểm 26, trong đó ít nhất một bộ xử lý còn được tạo cấu hình để:
nhận, từ máy khác, thông tin biểu thị ma trận sinh.

30. Máy theo điểm 26, trong đó ít nhất một bộ xử lý còn được tạo cấu hình để:

nhận, từ máy khác, thông tin biểu thị ít nhất một trong số: số lượng hàng của ma trận sinh, số lượng cột của ma trận sinh, số lượng tập con PDU thứ nhất cần được nhận qua sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang, hoặc số lượng tập hợp PDU thứ hai cần được nhận qua sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang.

31. Máy theo điểm 26, trong đó phần đầu của mỗi PDU trong tập hợp PDU bao gồm thông tin biểu thị tập hợp PDU được mã hóa bằng cách sử dụng mã fountain.

32. Máy theo điểm 26, trong đó phần đầu của mỗi PDU trong tập hợp PDU bao gồm thông tin biểu thị chỉ số tương ứng với tập con của tập dữ liệu có trong mỗi PDU.

33. Máy để truyền thông không dây bao gồm:

phương tiện để xác định các điều kiện kênh gắn với ít nhất hai sóng mang mà cuộc truyền thông với một máy khác được tạo cấu hình trên đó;

phương tiện để mã hóa tập dữ liệu thành tập hợp các đơn vị dữ liệu giao thức (PDU) bằng cách sử dụng kỹ thuật mã hóa fountain dựa vào các điều kiện kênh;

trong đó phương tiện để mã hóa tập dữ liệu thành tập hợp PDU bằng cách sử dụng lập mã fountain dựa vào các điều kiện kênh được tạo cấu hình để:

xác định ma trận sinh G gắn với lập mã fountain, trong đó số lượng cột N của ma trận sinh G được xác định dựa vào các điều kiện kênh và số lượng hàng K của ma trận sinh G được xác định dựa vào kích thước của tập dữ liệu; và

xác định tập hợp gói được mã hóa dựa vào mỗi mục nhập s_k của tập dữ liệu và dựa vào ma trận sinh G , trong đó mỗi gói được mã hóa p_j trong tập hợp gói được mã hóa bằng $\sum_{k=1}^K s_k G_{kj}$, trong đó k là số hàng của ma trận sinh G , j là chỉ số của gói được mã hóa và cũng là số cột của ma trận sinh G , và G_{kj} là phần tử của ma trận sinh G , và

trong đó tập hợp gói được mã hóa được bao gồm trong tập hợp PDU;

phương tiện để gửi tập con thứ nhất của tập hợp PDU đến máy khác trên sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang; và

phương tiện để gửi tập con thứ hai của tập hợp PDU đến máy khác trên sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang.

34. Máy theo điểm 33, trong đó sóng mang thứ nhất bao gồm sóng mang tiến hóa dài hạn (LTE) và sóng mang thứ hai bao gồm sóng mang Vô tuyến mới 5G (NR).

35. Máy theo điểm 33, trong đó ít nhất hai sóng mang được tạo cấu hình để cộng gộp sóng mang trên mạng truy cập vô tuyến (RAN).

36. Máy theo điểm 33, trong đó số lượng tập con PDU thứ nhất và số lượng tập con PDU thứ hai được dựa vào các điều kiện kênh, và trong đó số lượng tập con PDU thứ nhất lớn hơn số lượng tập con PDU thứ hai nếu sóng mang thứ nhất có các điều kiện kênh tốt hơn.

37. Máy theo điểm 33 còn bao gồm:

phương tiện để gửi, đến máy khác, thông tin biểu thị ma trận sinh.

38. Máy theo điểm 33 còn bao gồm:

phương tiện để gửi, đến máy khác, thông tin biểu thị ít nhất một trong số: số lượng hàng của ma trận sinh, số lượng cột của ma trận sinh, số lượng tập con PDU thứ nhất, hoặc số lượng tập hợp PDU thứ hai.

39. Máy theo điểm 36 còn bao gồm:

phương tiện để điều chỉnh số lượng tập con PDU thứ nhất và số lượng tập con PDU thứ hai dựa vào sự thay đổi đối với các điều kiện kênh.

40. Máy theo điểm 33, trong đó phần đầu của mỗi PDU trong tập hợp PDU bao gồm thông tin biểu thị tập hợp PDU được mã hóa bằng cách sử dụng mã fountain.

41. Máy theo điểm 33, trong đó phần đầu của mỗi PDU trong tập hợp PDU bao gồm thông tin biểu thị chỉ số tương ứng với tập con của tập dữ liệu có trong mỗi PDU.

42. Máy để truyền thông không dây bao gồm:

phương tiện để nhận tập con thứ nhất của tập hợp các đơn vị dữ liệu giao thức, các PDU từ một máy khác trên sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang và tập con thứ hai của tập hợp PDU từ một máy khác trên sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang;

phương tiện để giải mã tập hợp PDU để thu được tập dữ liệu bằng cách sử dụng lập mã fountain, trong đó phương tiện để giải mã tập hợp PDU để thu được tập dữ liệu bằng cách sử dụng lập mã fountain được tạo cấu hình để:

xác định ma trận sinh G gắn với lập mã fountain, trong đó số lượng cột N của ma trận sinh G được xác định dựa vào các điều kiện kênh và số lượng hàng K của ma trận sinh G được xác định dựa vào kích thước của tập dữ liệu; và

xác định tập hợp khối dữ liệu được giải mã dựa vào mỗi gói được mã hóa p_n có trong tập hợp PDU và dựa vào nghịch đảo của ma trận sinh G^{-1} , trong đó mỗi khối dữ liệu được giải mã d_k trong tập hợp khối dữ liệu được giải mã bằng $\sum_{n=1}^N p_n G_{nk}^{-1}$, trong đó n là số hàng của nghịch đảo của ma trận sinh G^{-1} , k là chỉ số của khối dữ liệu được giải mã và cũng là số cột của nghịch đảo của ma trận sinh G^{-1} , và G_{nk}^{-1} là phần tử của nghịch đảo của ma trận sinh G^{-1} , và

trong đó tập dữ liệu bao gồm tập hợp khối dữ liệu được giải mã; và phương tiện để cung cấp tập dữ liệu cho lớp trên của máy.

43. Máy theo điểm 42, trong đó sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang bao gồm sóng mang tiến hóa dài hạn (LTE) và sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang bao gồm sóng mang Vô tuyến mới 5G (NR).

44. Máy theo điểm 42, trong đó ít nhất hai sóng mang được tạo cấu hình để cộng gộp sóng mang trên mạng truy cập vô tuyến (RAN).

45. Máy theo điểm 42 còn bao gồm:

phương tiện để nhận, từ máy khác, thông tin biểu thị ma trận sinh.

46. Máy theo điểm 42 còn bao gồm:

phương tiện để nhận, từ máy khác, thông tin biểu thị ít nhất một trong số: số lượng hàng của ma trận sinh, số lượng cột của ma trận sinh, số lượng tập con PDU thứ nhất cần được nhận qua sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang, hoặc số lượng tập hợp PDU thứ hai cần được nhận qua sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang.

47. Máy theo điểm 42, trong đó phần đầu của mỗi PDU trong tập hợp PDU bao gồm thông tin biểu thị tập hợp PDU được mã hóa bằng cách sử dụng mã fountain.

48. Máy theo điểm 42, trong đó phần đầu của mỗi PDU trong tập hợp PDU bao gồm thông tin biểu thị chỉ số tương ứng với tập con của tập dữ liệu có trong mỗi PDU.

49. Phương tiện đọc được bằng máy tính lưu trữ mã thực thi được bằng máy tính để truyền thông không dây bằng máy, mã này khi được thực thi bởi bộ xử lý sẽ khiến cho bộ xử lý:

xác định các điều kiện kênh gắn với ít nhất hai sóng mang mà cuộc truyền thông với một máy khác được tạo cấu hình trên đó;

mã hóa tập dữ liệu thành tập hợp các đơn vị dữ liệu giao thức (PDU) bằng cách sử dụng lập mã fountain dựa vào các điều kiện kênh, trong đó việc mã hóa tập dữ liệu thành tập hợp PDU bằng cách sử dụng lập mã fountain dựa vào các điều kiện kênh bao gồm:

xác định ma trận sinh G gắn với lập mã fountain, trong đó số lượng cột N của ma trận sinh G được xác định dựa vào các điều kiện kênh và số lượng hàng K của ma trận sinh G được xác định dựa vào kích thước của tập dữ liệu; và

xác định tập hợp gói được mã hóa dựa vào mỗi mục nhập s_k của tập dữ liệu và dựa vào ma trận sinh G , trong đó mỗi gói được mã hóa p_j trong tập hợp gói được mã hóa bằng $\sum_{k=1}^K s_k G_{kj}$,

trong đó k là số hàng của ma trận sinh G , j là chỉ số của gói được mã hóa và cũng là số cột của ma trận sinh G , và G_{kj} là phần tử của ma trận sinh G , và

trong đó tập hợp gói được mã hóa được bao gồm trong tập hợp PDU;

gửi tập con thứ nhất của tập hợp PDU đến máy khác trên sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang; và

gửi tập con thứ hai của tập hợp PDU đến máy khác trên sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang.

50. Phương tiện đọc được bằng máy tính lưu trữ mã thực thi được bằng máy tính để truyền thông không dây bằng máy, mã này khi được thực thi bởi bộ xử lý sẽ khiến cho bộ xử lý:

nhận tập con thứ nhất của tập hợp các đơn vị dữ liệu giao thức, các PDU từ một máy khác trên sóng mang thứ nhất trong số ít nhất hai sóng mang và tập con thứ hai của tập hợp PDU từ một máy khác trên sóng mang thứ hai trong số ít nhất hai sóng mang;

giải mã tập hợp PDU để thu được tập dữ liệu bằng cách sử dụng lập mã fountain trong đó việc giải mã tập hợp PDU để thu được tập dữ liệu bằng cách sử dụng lập mã fountain bao gồm:

xác định ma trận sinh G gắn với lập mã fountain, trong đó số lượng cột N của ma trận sinh G được xác định dựa vào các điều kiện kênh và số lượng hàng K của ma trận sinh G được xác định dựa vào kích thước của tập dữ liệu; và

xác định tập hợp khối dữ liệu được giải mã dựa vào mỗi gói được mã hóa p_n có trong tập hợp PDU và dựa vào nghịch đảo của ma trận sinh G^{-l} , trong đó mỗi khối dữ liệu được giải mã d_k trong tập hợp khối dữ liệu được giải mã bằng $\sum_{n=1}^N p_n G_{nk}^{-1}$, trong đó n là số hàng của nghịch đảo của ma trận sinh G^{-l} , k là chỉ số của khối dữ liệu được giải mã và cũng là số cột của nghịch đảo của ma trận sinh G^{-l} , và G_{nk}^{-1} là phần tử của nghịch đảo của ma trận sinh G^{-l} , và

trong đó tập dữ liệu bao gồm tập hợp khối dữ liệu được giải mã; và cung cấp tập dữ liệu cho lớp trên của máy.

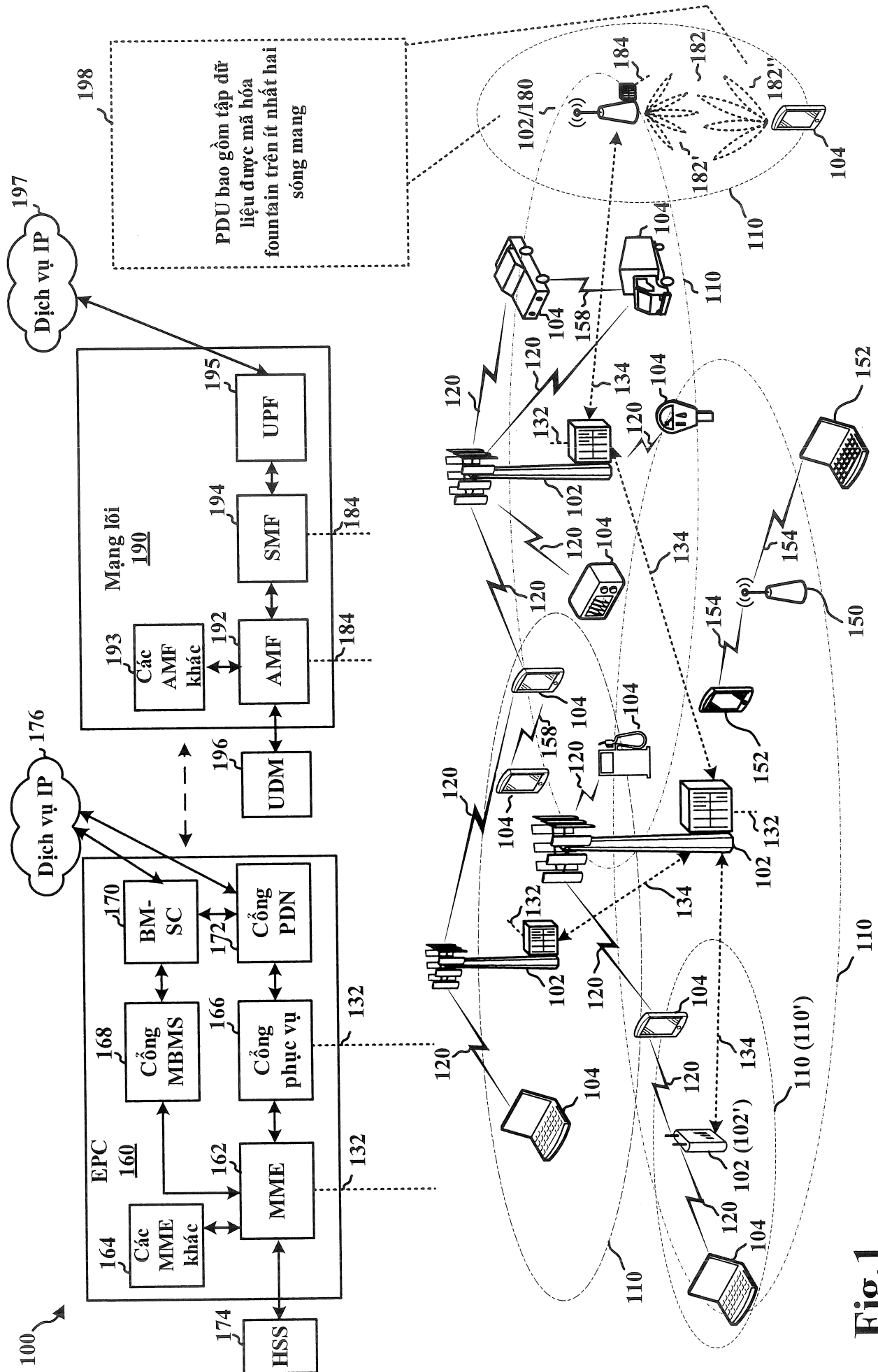




Fig. 2C

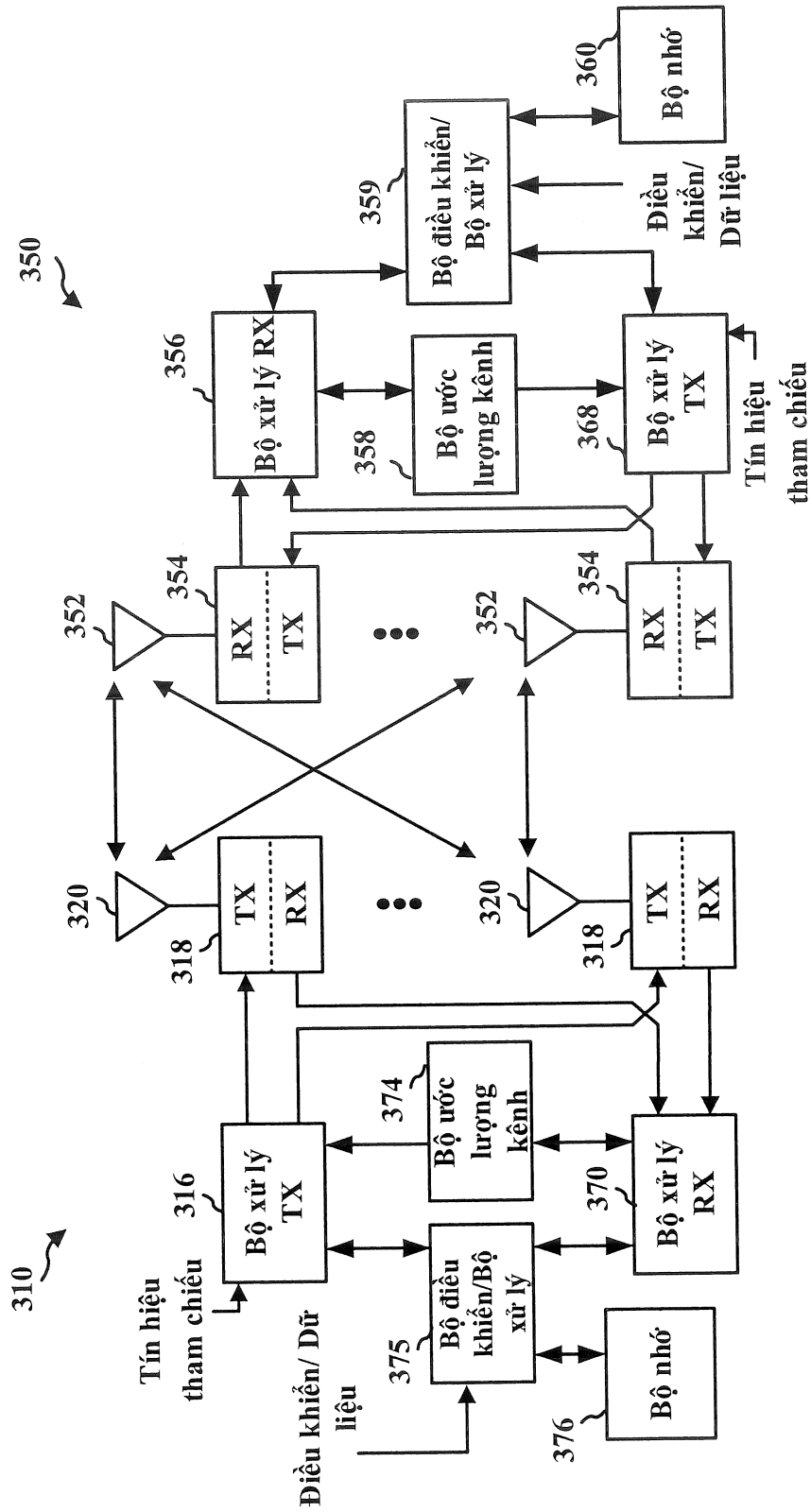


Fig.3

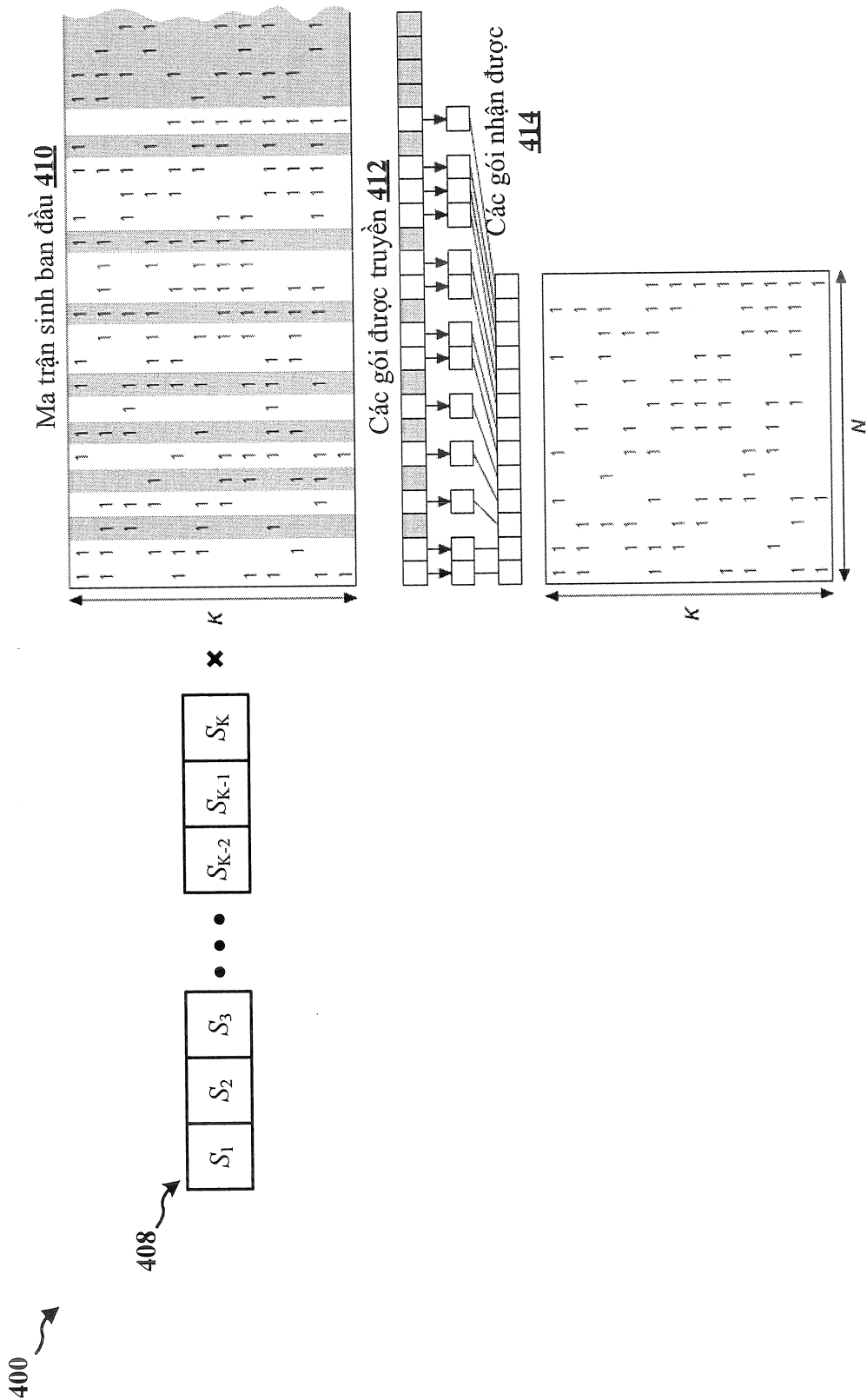


Fig.4

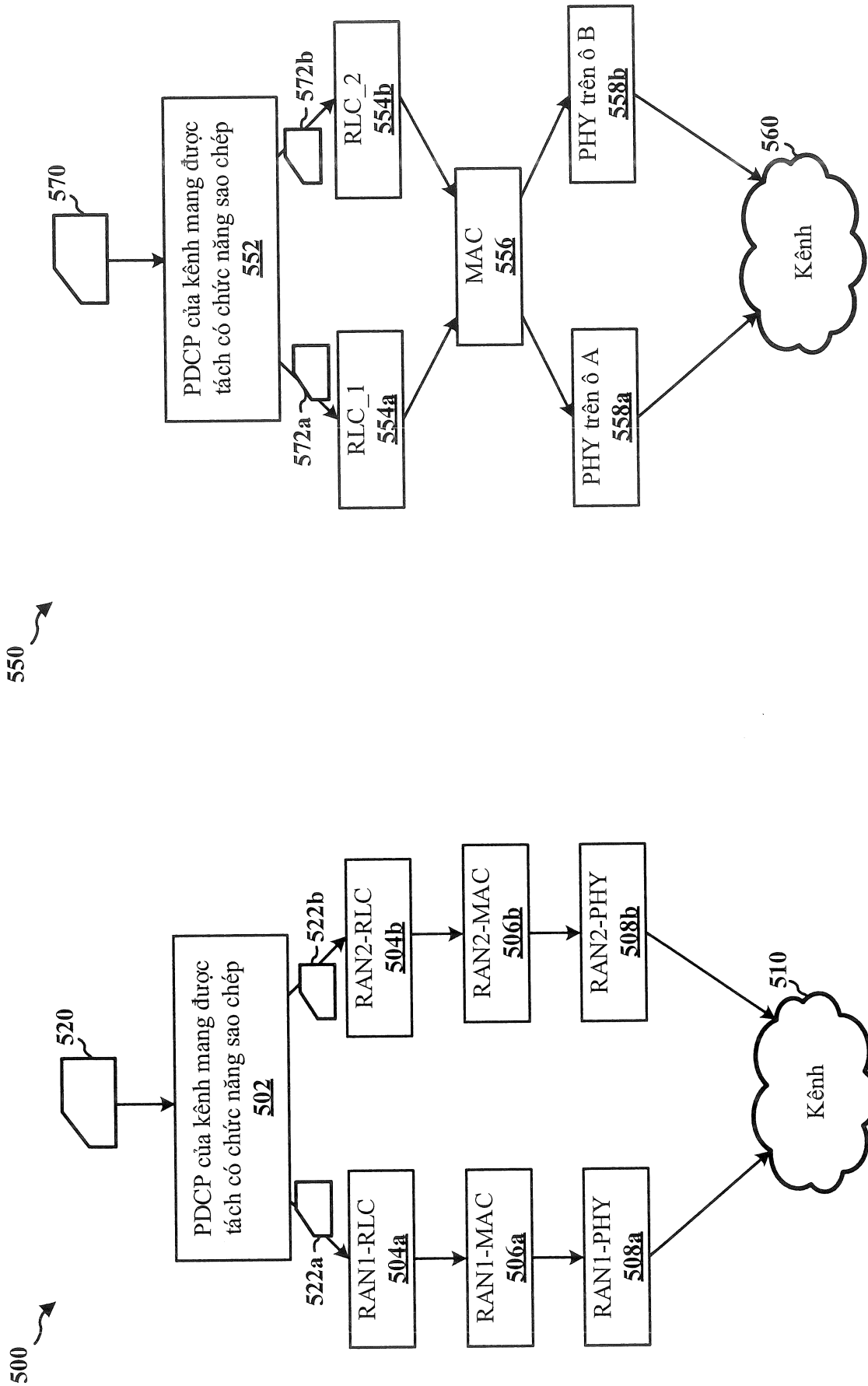


Fig.5

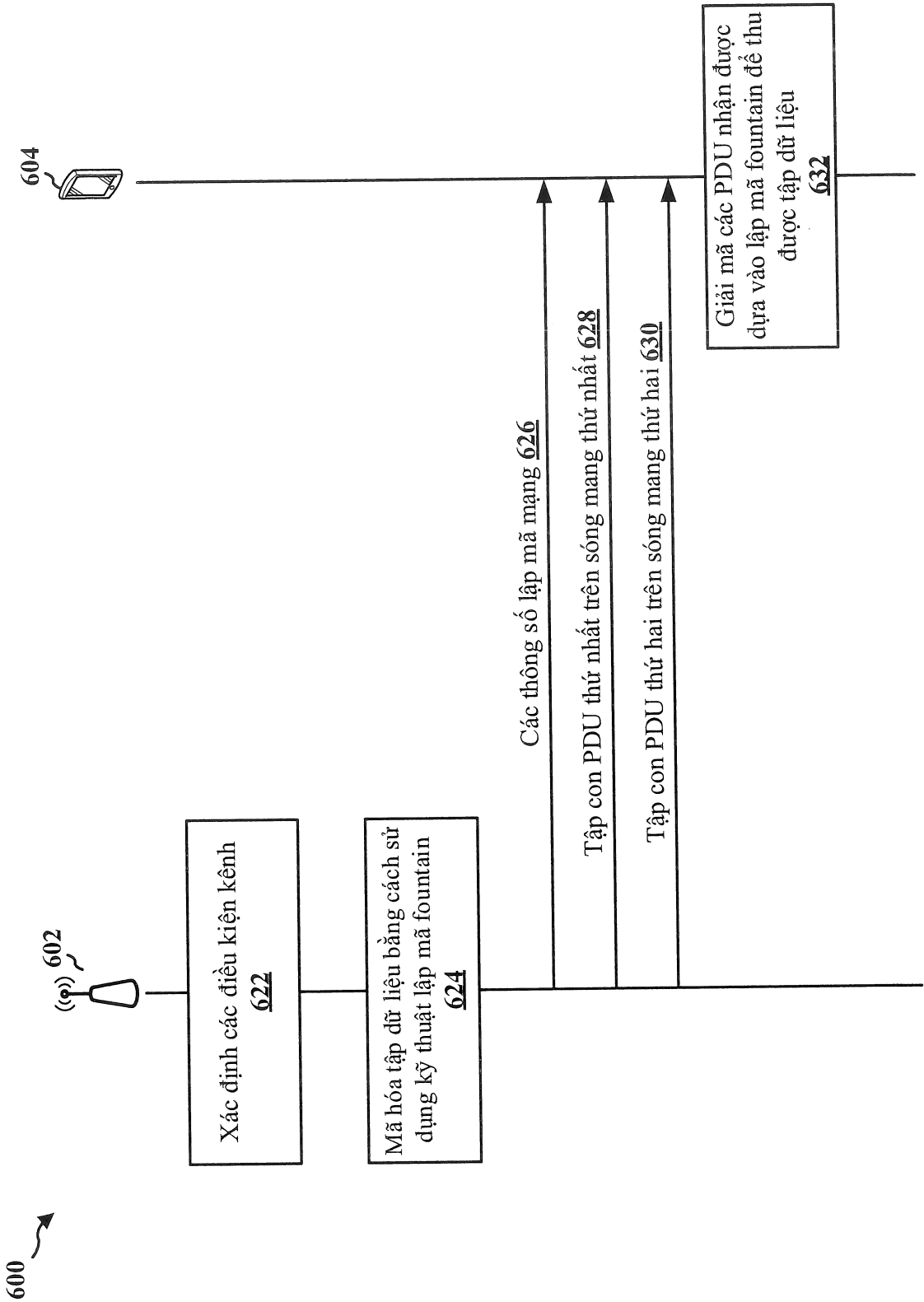


Fig.6

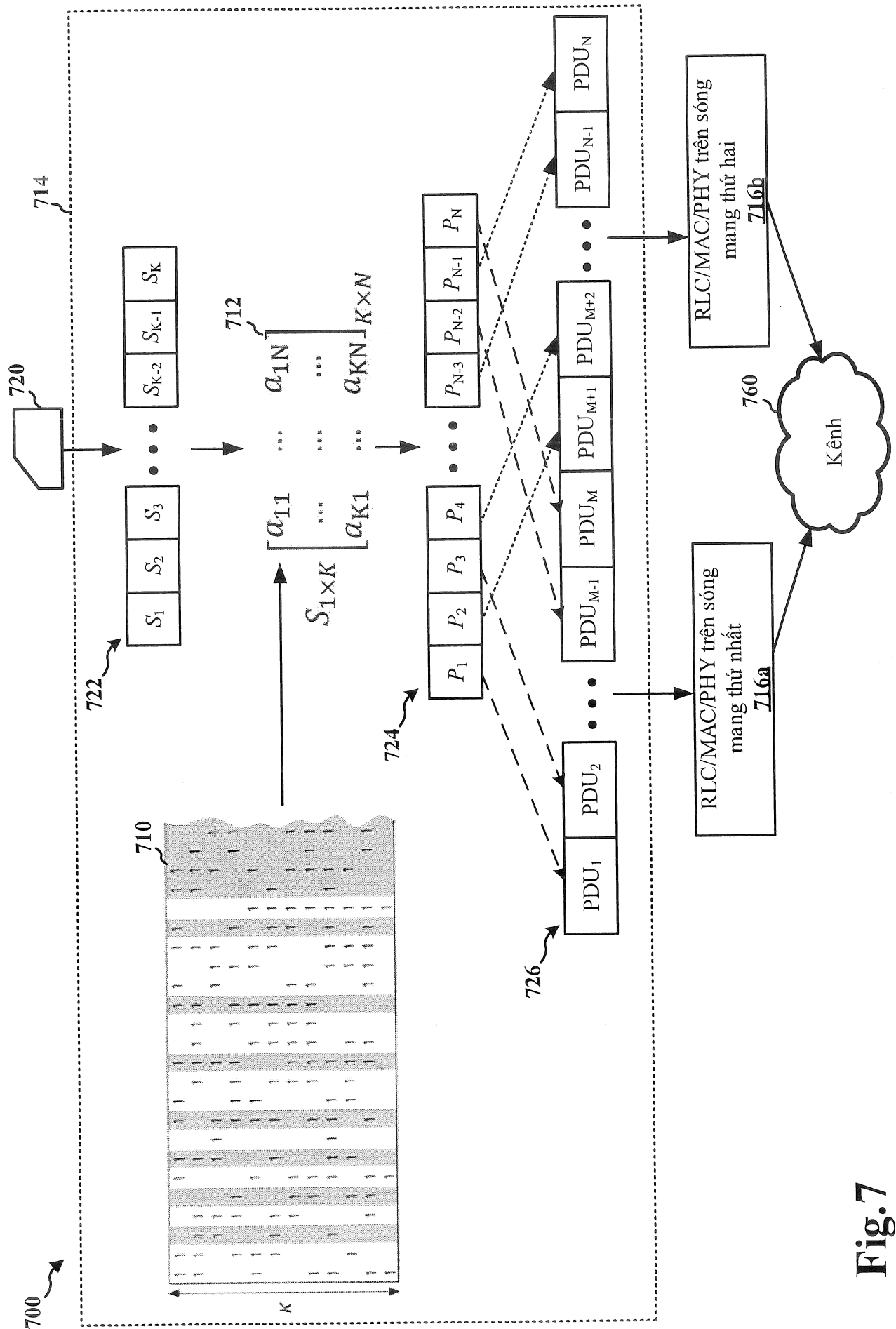


Fig. 7

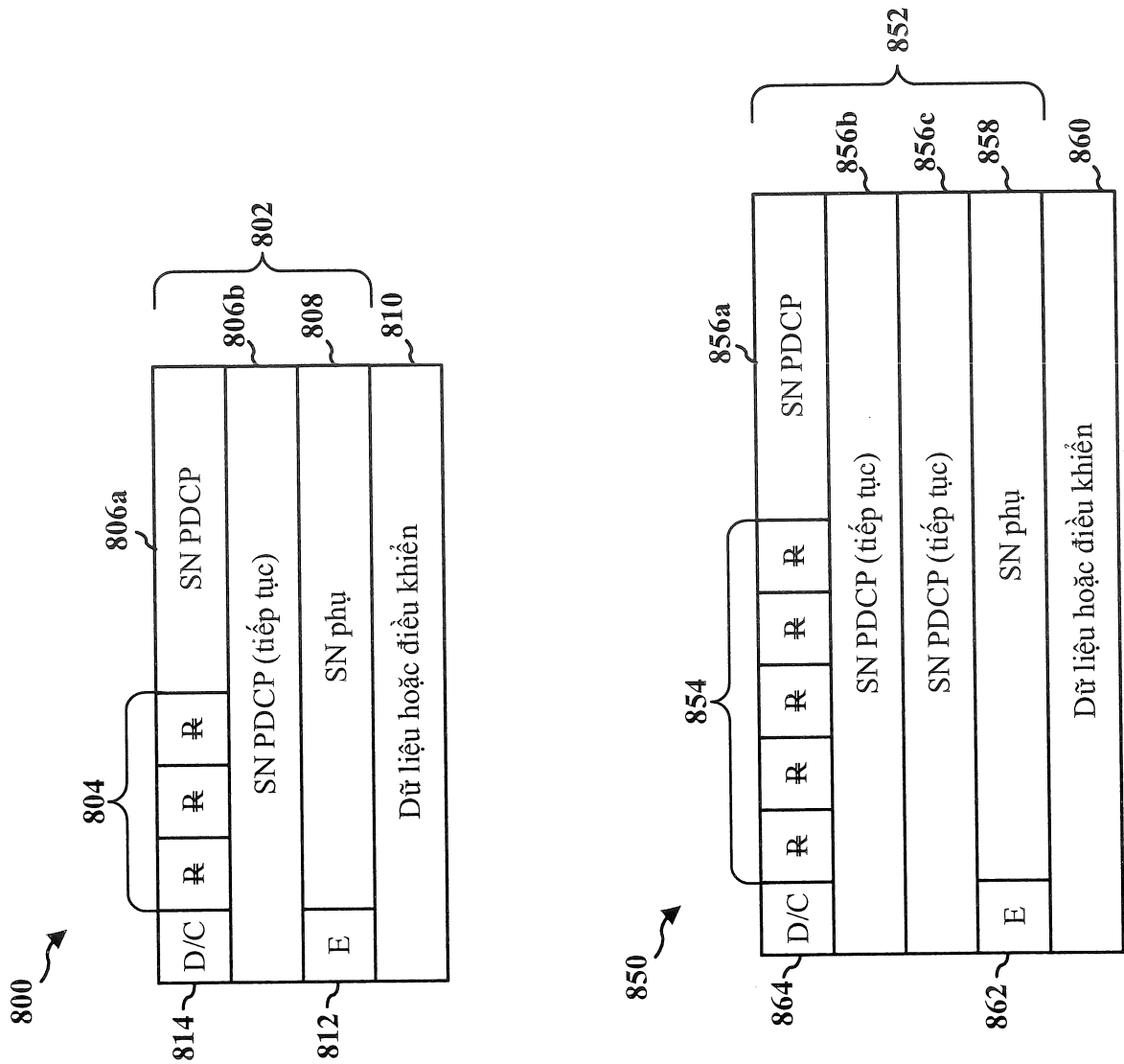


Fig.8

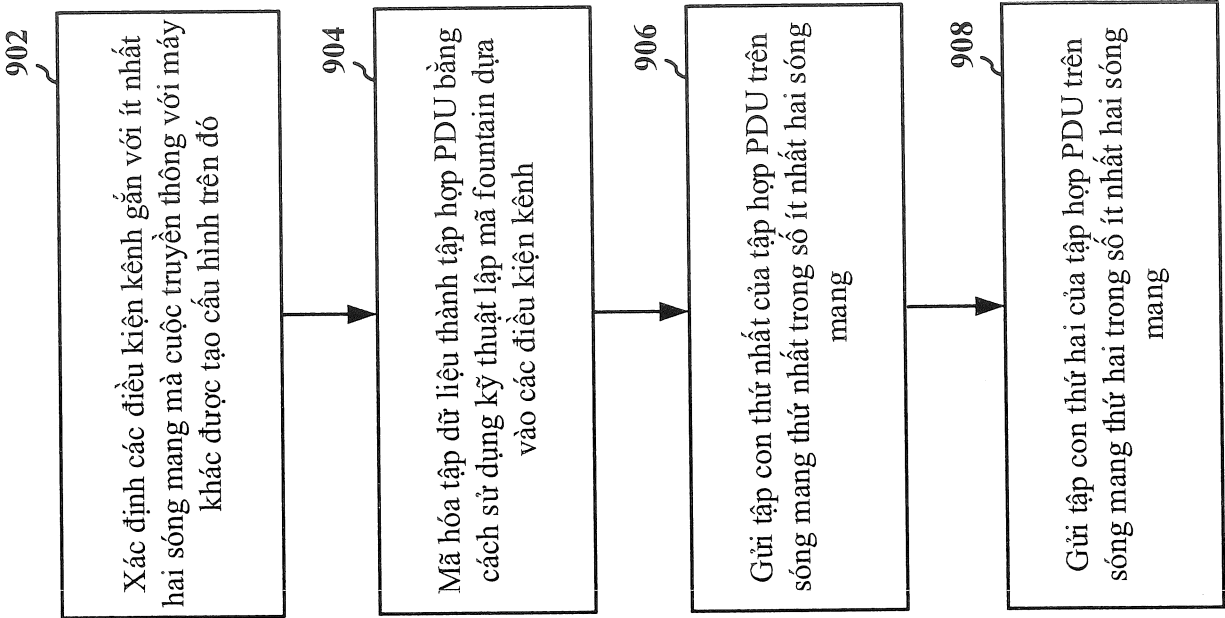


Fig.9

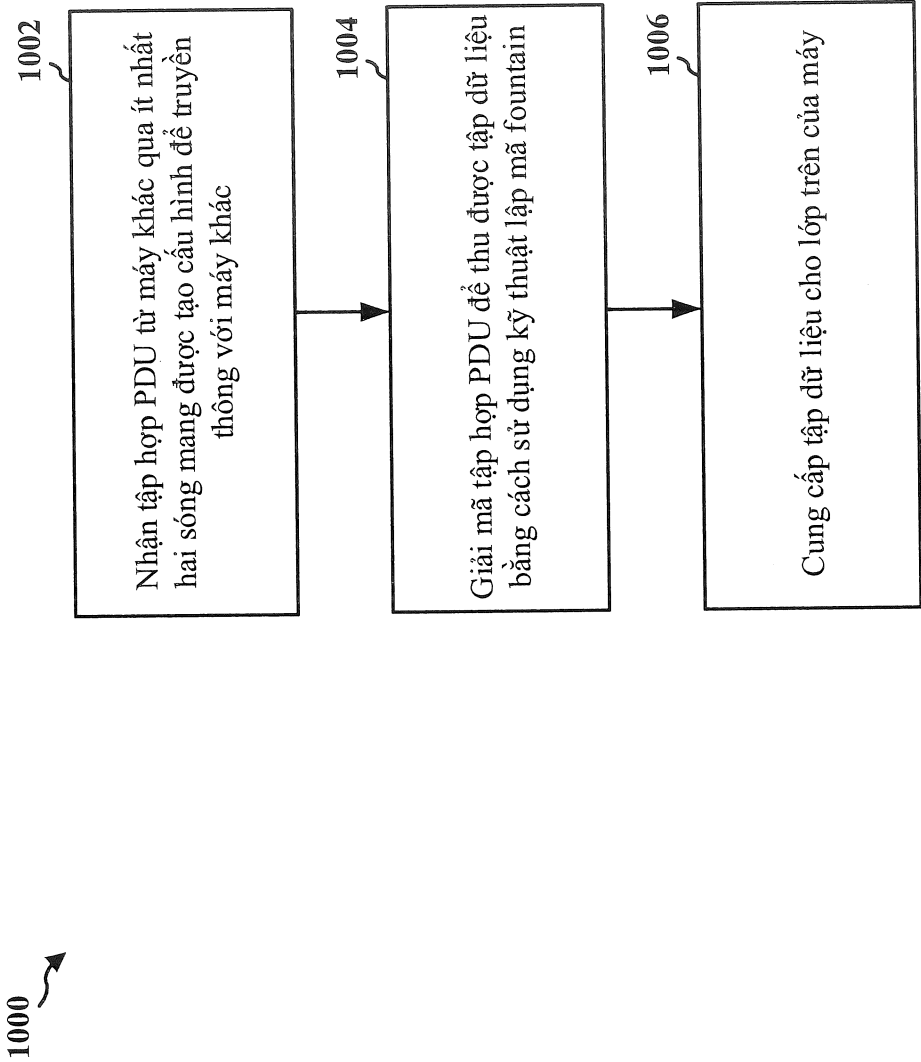


Fig.10

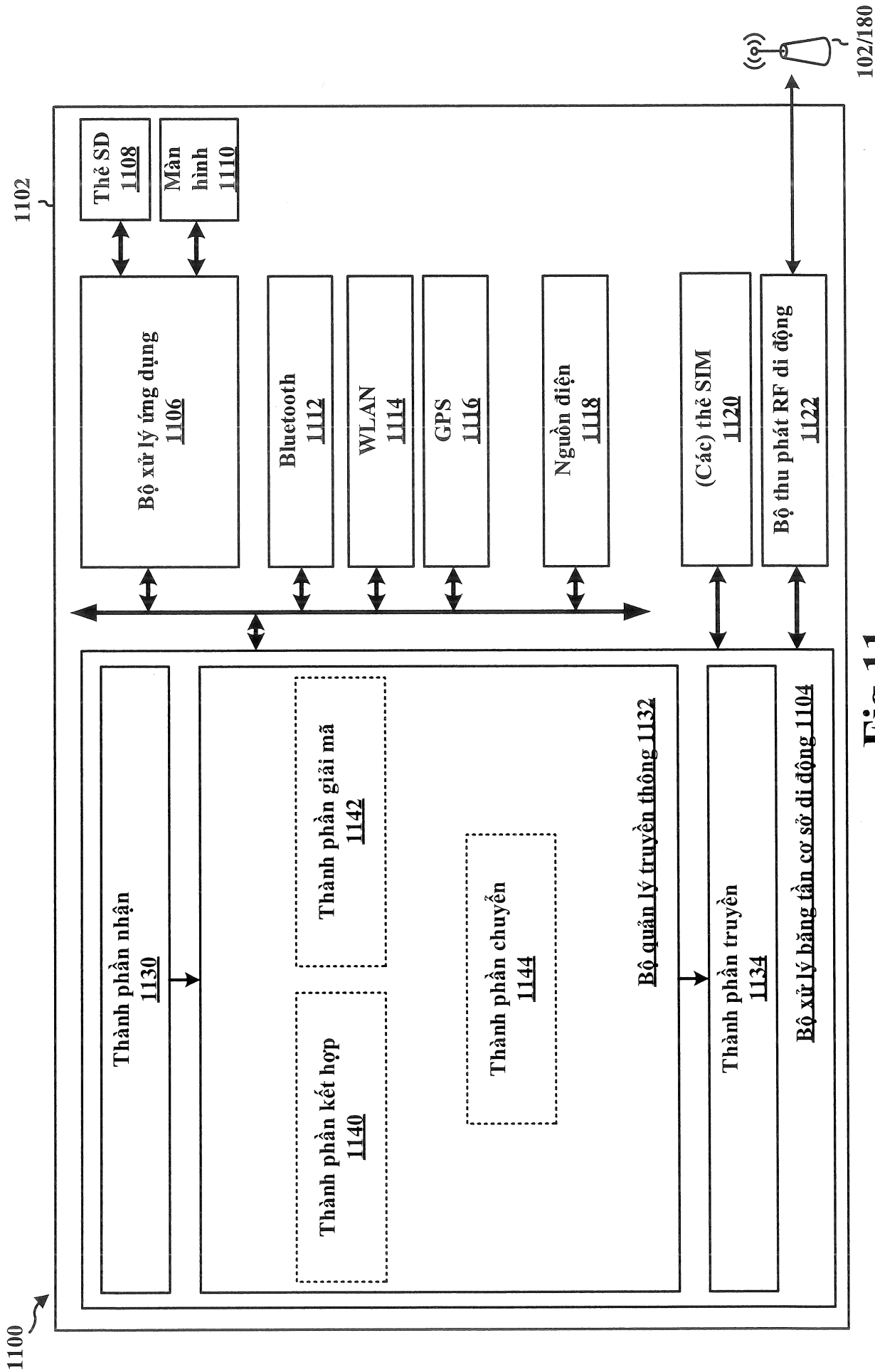


Fig.11

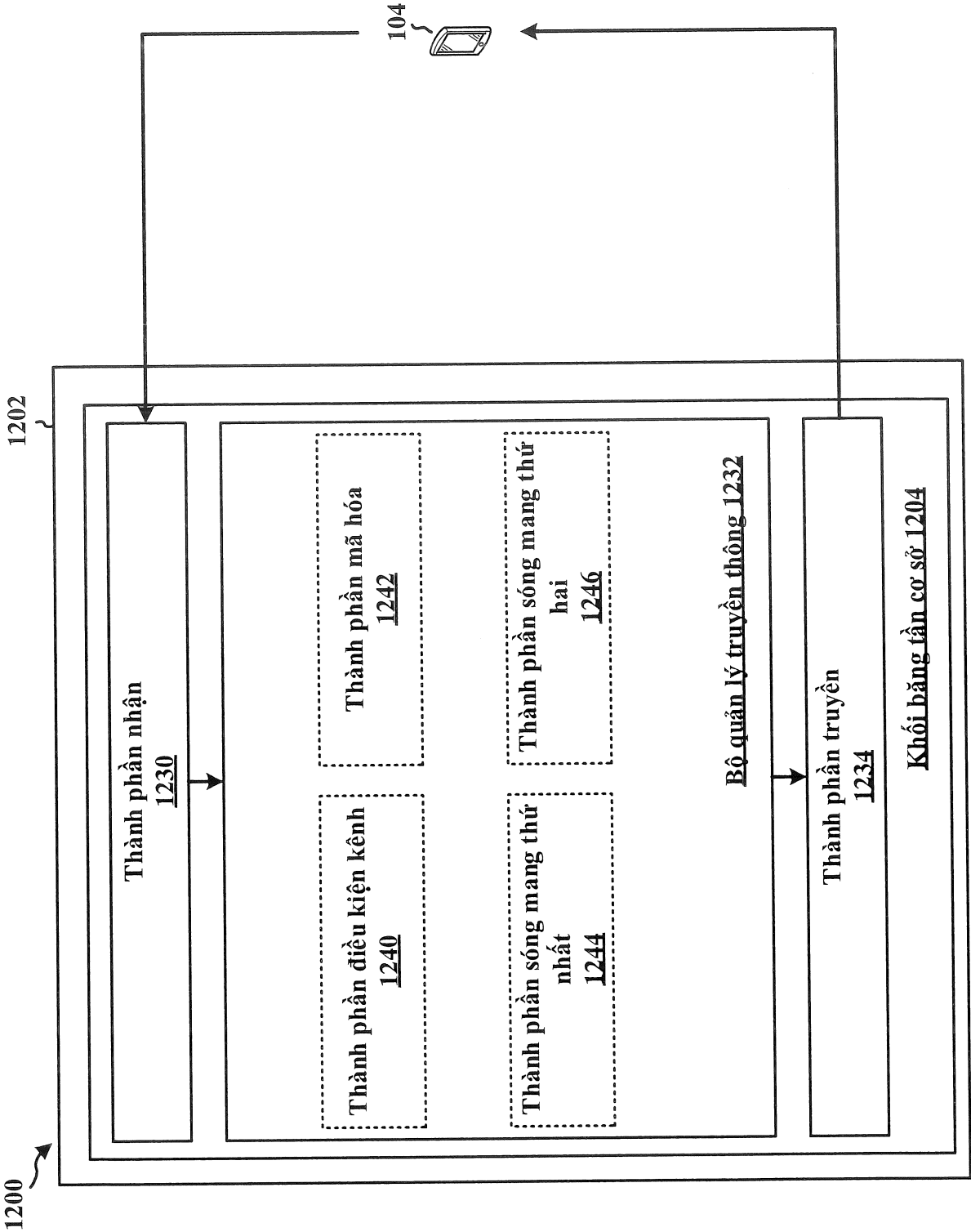


Fig.12