



(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)



1-0051710

(51)^{2020.01} H04B 17/21

(13) B

(21) 1-2022-02681

(22) 06/11/2019

(86) PCT/CN2019/116000 06/11/2019

(87) WO 2021/087806 14/05/2021

(45) 25/09/2025 450

(43) 25/07/2022 412A

(73) QUALCOMM INCORPORATED (US)

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

(72) HAN, Bin (CN); GHEORGHIU, Valentin, Alexandru (RO); GAO, Lu (CN); CAO,
Yiqing (CN).

(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 BẤT BIẾN ĐỌC ĐƯỢC BẰNG MÁY TÍNH

(21) 1-2022-02681

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp và máy để truyền thông không dây và phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính. Sáng chế đề cập đến các hệ thống truyền thông không dây và các phương pháp liên quan đến cân bằng kênh qua không trung (over-the-air - OTA) trong kiểm tra sóng milimet (millimeter wave - mmWave). Máy truyền, đến thiết bị truyền thông không dây được đặt trong không gian qua không trung (OTA), một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu. Máy nhận, từ thiết bị truyền thông không dây, thông tin trạng thái kênh để đáp lại một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu. Máy xác định ước lượng kênh cho không gian OTA dựa vào thông tin trạng thái kênh đã nhận. Máy truyền, đến thiết bị truyền thông không dây, tín hiệu truyền thông dựa vào kênh tham chiếu và ước lượng kênh cho không gian OTA.

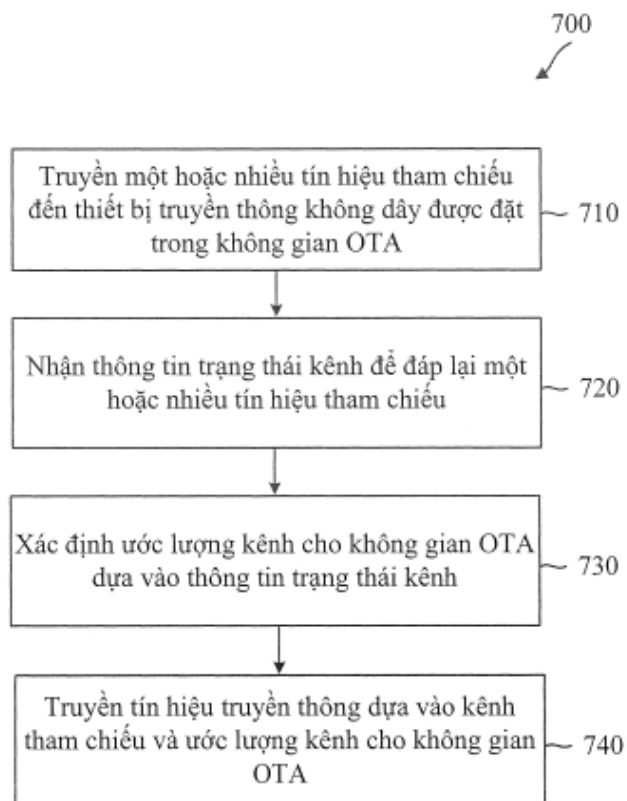


Fig.7

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến các hệ thống truyền thông không dây, và cụ thể hơn là cân bằng kênh qua không trung (over-the-air - OTA) trong kiểm tra sóng milimet (millimeter wave - mmWave).

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các hệ thống truyền thông không dây được triển khai rộng rãi để cung cấp các loại nội dung truyền thông khác nhau như thoại, video, dữ liệu gói, gửi tin nhắn, phát quảng bá, và v.v. Các hệ thống này có thể có khả năng hỗ trợ truyền thông với nhiều người dùng bằng cách dùng chung tài nguyên hệ thống sẵn có (ví dụ, thời gian, tần số, và công suất). Hệ thống truyền thông đa truy nhập không dây có thể bao gồm một số trạm gốc (base station - BS), mỗi trạm này hỗ trợ đồng thời việc truyền thông cho nhiều thiết bị truyền thông, các thiết bị này còn có thể được biết đến là thiết bị người dùng (user equipment - UE).

Để đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng đối với khả năng kết nối băng rộng di động mở rộng, các công nghệ truyền thông không dây đang cải tiến từ công nghệ tiến hóa dài hạn (long term evolution - LTE) đến công nghệ vô tuyến mới (new radio - NR) thế hệ tiếp theo, được gọi là thế hệ thứ 5 (5th Generation - 5G). Ví dụ, NR được thiết kế để cung cấp độ trễ thấp hơn, băng thông cao hơn hoặc thông lượng cao hơn, và độ tin cậy cao hơn LTE. NR được thiết kế để hoạt động trên mảng băng tần phổ rộng, ví dụ, từ các băng tần số thấp dưới khoảng 1 gigahertz (GHz) và các băng tần số trung từ khoảng 1 GHz đến khoảng 6 GHz, đến các băng tần số cao như các băng tần sóng milimet (millimeter wave - mmWave). NR cũng được thiết kế để hoạt động trên các loại phổ khác nhau, từ phổ được cấp phép đến phổ được miễn cấp phép và dùng chung. Việc dùng chung phổ cho phép các nhà vận hành gộp các phổ theo các kiểu cơ hội để hỗ trợ động các dịch vụ băng thông cao. Việc dùng chung phổ có thể mở rộng lợi ích của các công nghệ NR cho các thực thể vận hành có thể không có quyền truy nhập vào phổ được cấp phép.

Trước NR, các kiểm tra hiệu suất cho các thiết bị truyền thông không dây được tiến hành bằng các phương pháp kiểm tra đã tiến hành, trong đó bộ phát và bộ thu vô

tuyến được kết nối trực tiếp bằng cáp tần số vô tuyến (radio frequency - RF) và đầu nối anten. Tuy nhiên, các đầu nối anten được tiến hành không khả dụng cho các thiết bị truyền thông không dây mmWave do tần số cao và nhu cầu kiểm tra định hướng. Do đó, kiểm tra OTA có thể được áp dụng để kiểm tra các thiết bị truyền thông không dây hoạt động ở tần số mmWave.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Phần sau đây tóm tắt một số khía cạnh của sáng chế để cung cấp hiểu biết cơ bản về công nghệ được mô tả. Phần bản chất này không phải là phân tổng quan sâu rộng về tất cả các đặc điểm được dự định của sáng chế, và không dự định chỉ ra các phần chính hoặc quan trọng của tất cả các khía cạnh của sáng chế, cũng không mô tả phạm vi của khía cạnh bất kỳ hay tất cả các khía cạnh của sáng chế. Mục đích duy nhất của phần này là trình bày một số khái niệm về một hoặc nhiều khía cạnh của sáng chế ở dạng ngắn gọn như là phần mở đầu cho phần mô tả chi tiết hơn được trình bày sau đó.

Ví dụ, theo một khía cạnh của sáng chế, phương pháp truyền thông không dây, bao gồm bước truyền, bởi máy đến thiết bị truyền thông không dây được đặt trong không gian qua không trung (OTA), một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu; nhận, bởi máy từ thiết bị truyền thông không dây, thông tin trạng thái kênh để đáp lại một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu; xác định, bởi máy, ước lượng kênh cho không gian OTA dựa vào thông tin trạng thái kênh đã nhận; và truyền, bởi máy đến thiết bị truyền thông không dây, tín hiệu truyền thông dựa vào kênh tham chiếu và ước lượng kênh cho không gian OTA.

Theo khía cạnh bổ sung của sáng chế, máy bao gồm bộ thu phát được tạo cấu hình để truyền, đến thiết bị truyền thông không dây được đặt trong không gian qua không trung (OTA), một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu; nhận, từ thiết bị truyền thông không dây, thông tin trạng thái kênh để đáp lại một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu; và truyền, đến thiết bị truyền thông không dây, tín hiệu truyền thông dựa vào kênh tham chiếu và ước lượng kênh cho không gian OTA; và bộ xử lý được tạo cấu hình để xác định ước lượng kênh cho không gian OTA dựa vào thông tin trạng thái kênh đã nhận.

Theo khía cạnh bổ sung của sáng chế, phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính có mã chương trình được ghi lại trên đó, mã chương trình này bao gồm mã để khiến cho máy truyền, đến thiết bị truyền thông không dây được đặt trong không gian qua không trung (OTA), một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu; mã để khiến cho máy nhận, từ

thiết bị truyền thông không dây, thông tin trạng thái kênh để đáp lại một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu; và mã để khiến cho máy xác định ước lượng kênh cho không gian OTA dựa vào thông tin trạng thái kênh đã nhận; và mã để khiến cho máy truyền, đến thiết bị truyền thông không dây, tín hiệu truyền thông dựa vào kênh tham chiếu và ước lượng kênh cho không gian OTA.

Theo khía cạnh bổ sung của sáng chế, máy bao gồm phương tiện để truyền, đến thiết bị truyền thông không dây được đặt trong không gian qua không trung (OTA), một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu; phương tiện để nhận, từ thiết bị truyền thông không dây, thông tin trạng thái kênh để đáp lại một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu; và phương tiện để xác định ước lượng kênh cho không gian OTA dựa vào thông tin trạng thái kênh đã nhận; và phương tiện để truyền, đến thiết bị truyền thông không dây, tín hiệu truyền thông dựa vào kênh tham chiếu và ước lượng kênh cho không gian OTA.

Các khía cạnh, dấu hiệu và phương án khác của sáng chế sẽ trở nên rõ ràng đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này, khi xem xét phần mô tả sau đây về các phương án ví dụ cụ thể của sáng chế cùng với các hình vẽ kèm theo. Mặc dù các dấu hiệu của sáng chế có thể được đề cập liên quan đến các phương án và hình vẽ nhất định dưới đây, nhưng tất cả các phương án của sáng chế có thể bao gồm một hoặc nhiều dấu hiệu có lợi được bàn luận trong bản mô tả này. Nói cách khác, mặc dù một hoặc nhiều phương án có thể được bàn luận là có các dấu hiệu có lợi nhất định, một hoặc nhiều trong số các dấu hiệu này cũng có thể được dùng theo các phương án khác nhau của sáng chế được bàn luận trong bản mô tả này. Tương tự, mặc dù các phương án ví dụ có thể được bàn luận dưới đây là các phương án thiết bị, hệ thống, hay phương pháp, nhưng cần hiểu rằng các phương án ví dụ đó có thể được thực hiện trong các thiết bị, hệ thống và phương pháp khác nhau.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 minh họa mạng truyền thông không dây theo một số khía cạnh của sáng chế.

Fig.2 minh họa cấu trúc khung vô tuyến theo một số khía cạnh của sáng chế.

Fig.3 minh họa thiết lập kiểm tra thiết bị truyền thông không dây sóng milimet (millimeter wave - mmWave) theo một số khía cạnh của sáng chế.

Fig.4 là sơ đồ khối của thiết bị người dùng (UE) theo một số khía cạnh của sáng

chế.

Fig.5 là sơ đồ khối của thiết bị mạng làm ví dụ theo một số khía cạnh của sáng chế.

Fig.6 là một sơ đồ báo hiệu của phương pháp kiểm tra thiết bị truyền thông không dây mmWave theo một số khía cạnh của sáng chế.

Fig.7 là lưu đồ của phương pháp kiểm tra thiết bị truyền thông không dây mmWave theo một số khía cạnh của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phần mô tả chi tiết mô tả 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 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 để 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 đã biết được hiển thị dưới dạng sơ đồ khối để tránh gây khó hiểu các khái niệm như vậy.

Nói chung sáng chế đề cập đến các hệ thống truyền thông không dây, còn được gọi là các mạng truyền thông không dây. Theo các phương án khác nhau, các kỹ thuật và máy có thể được dùng cho các mạng truyền thông không dây như mạng đa truy nhập phân chia theo mã (code division multiple access - CDMA), mạng đa truy nhập phân chia theo thời gian (time division multiple access - TDMA), mạng đa truy nhập phân chia theo tần số (frequency division multiple access - FDMA), mạng FDMA trực giao (orthogonal FDMA - OFDMA), mạng FDMA một sóng mang (single-carrier FDMA - SC-FDMA), mạng LTE, mạng hệ thống truyền thông di động toàn cầu (Global System for Mobile communications - GSM), mạng thế hệ thứ 5 (5th Generation - 5G) hoặc vô tuyến mới (new radio - NR), cũng như các mạng truyền thông khác. Như được mô tả ở đây, các thuật ngữ “mạng” và “hệ thống” có thể được sử dụng thay thế cho nhau.

Mạng OFDMA có thể thực hiện công nghệ không dây như công nghệ UTRA cải tiến (evolved UTRA - E-UTRA), công nghệ của Viện kỹ sư điện và điện tử (Institute of Electrical and Electronics Engineers - IEEE) 802.11, IEEE 802.16, IEEE 802.20, flash-

OFDM và tương tự. UTRA, E-UTRA, và GSM là một phần của hệ thống viễn thông di động toàn cầu (universal mobile telecommunication system – UMTS). Cụ thể, công nghệ tiến hóa dài hạn (long term evolution - LTE) là phiên bản UMTS sử dụng E-UTRA. UTRA, E-UTRA, GSM, UMTS và LTE được mô tả trong các tài liệu được đề xuất từ tổ chức có tên là “Dự án đối tác thế hệ thứ 3 (3rd Generation Partnership Project - 3GPP)”, và cdma2000 được mô tả trong các tài liệu của tổ chức có tên là “Dự án đối tác thế hệ thứ 3 2 (3rd Generation Partnership Project 2 - 3GPP2). Các công nghệ và tiêu chuẩn không dây khác nhau này đều đã được biết đến hoặc đang được phát triển. Ví dụ, Dự án đối tác thế hệ thứ 3 (3GPP) là sự hợp tác giữa các nhóm hiệp hội viễn thông hướng tới việc xác định thông số kỹ thuật cho điện thoại di động thế hệ thứ ba (third generation - 3G) áp dụng toàn cầu. Dự án tiến hóa dài hạn (LTE) 3GPP là dự án 3GPP hướng tới việc cải thiện chuẩn điện thoại di động UMTS. 3GPP có thể xác định các thông số kỹ thuật cho thế hệ tiếp theo của các mạng di động, hệ thống di động, và thiết bị di động. Sáng chế đề cập đến sự phát triển của các công nghệ không dây từ LTE, 4G, 5G, NR, và hơn nữa với truy nhập dùng chung vào phổ không dây giữa các mạng bằng cách sử dụng tập hợp các công nghệ truy nhập vô tuyến hoặc các giao diện không gian vô tuyến mới và khác nhau.

Cụ thể, các mạng 5G dự tính thực hiện các dạng triển khai đa dạng, phổ đa dạng, và các dịch vụ và thiết bị đa dạng có thể được thực hiện bằng cách sử dụng giao diện không gian thống nhất dựa vào OFDM. Để đạt được các mục tiêu này, cần cân nhắc có các cải tiến hơn nữa đối với LTE và LTE-A ngoài việc phát triển công nghệ vô tuyến mới cho các mạng NR 5G. NR 5G sẽ có khả năng mở rộng được để cung cấp vùng phủ sóng (1) cho Internet vạn vật (Internet of things - IoT) quy mô lớn với mật độ cực cao (ví dụ, $\sim 1\text{M}$ nút/ km^2), độ phức tạp cực thấp (ví dụ, ~ 10 bit/giây), năng lượng cực thấp (ví dụ, tuổi thọ pin $\sim 10+$ năm), và độ phủ sóng sâu với khả năng đến được các vị trí thử thách; (2) bao gồm việc kiểm soát then chốt với khả năng bảo mật mạnh mẽ để bảo vệ thông tin cá nhân, tài chính hoặc thông tin được phân loại, với độ tin cậy cực cao (ví dụ, độ tin cậy $\sim 99,9999\%$, độ trễ cực thấp (ví dụ, ~ 1 ms), và người dùng với phạm vi di chuyển rộng hoặc không di chuyển; và (3) với băng rộng di động nâng cao bao gồm dung lượng cực cao (ví dụ, ~ 10 Tbps/ km^2), tốc độ dữ liệu cực lớn (ví dụ, tốc độ nhiều Gbp, tốc độ người dùng trải nghiệm $100+$ Mbps), và nhận biết sâu sắc về các khám phá và tối ưu hóa nâng cao.

NR 5G có thể được thực hiện để sử dụng các dạng sóng dựa vào OFDM được tối ưu với hệ số mở rộng được và khoảng thời gian truyền (transmission time interval - TTI); có khung linh hoạt chung để ghép kênh hiệu quả các dịch vụ và đặc điểm với thiết kế ghép kênh song công phân chia theo thời gian (time division duplex - TDD)/ghép kênh song công phân chia theo tần số (frequency division duplex - FDD) độ trễ thấp; và với các công nghệ không dây tiên tiến, như nhiều đầu vào nhiều đầu ra (multiple input, multiple output - MIMO) quy mô lớn, truyền sóng milimet (millimeter wave - mmWave) mạnh mẽ, mã hóa kênh nâng cao, và khả năng di động lấy thiết bị làm trung tâm. Khả năng mở rộng được của hệ số trong NR 5G, với việc mở rộng của khoảng cách sóng mang con, có thể giải quyết hiệu quả việc vận hành các dịch vụ đa dạng trên phổ đa dạng các dạng triển khai đa dạng. Ví dụ, trong các dạng triển khai phủ sóng ngoài trời và macro khác nhau của các phương án thực hiện FDD/TDD nhỏ hơn 3GHz, khoảng cách sóng mang con có thể xảy ra là 15 kHz, ví dụ trên 5, 10, 20 MHz, và băng thông (bandwidth - BW) tương tự. Đối với các phương án triển khai vùng phủ sóng ô nhỏ và ngoài trời khác nhau của TDD lớn hơn 3 GHz, khoảng cách sóng mang con có thể xảy ra với 30 kHz trên 80/100 MHz BW. Đối với các phương án triển khai băng rộng trong nhà khác nhau, sử dụng TDD trên phần được miễn cấp phép của băng tần 5 GHz, khoảng cách sóng mang con có thể xảy ra với 60 kHz trên 160 MHz BW. Cuối cùng, đối với một số phương án triển khai truyền với các thành phần mmWave ở TDD 28 GHz, khoảng cách sóng mang con có thể xảy ra với 120 kHz trên 500 MHz BW.

Hệ số mở rộng được của NR 5G hỗ trợ TTI mở rộng được cho các yêu cầu về độ trễ đa dạng và chất lượng dịch vụ (quality of service - QoS). Ví dụ, TTI ngắn hơn có thể được sử dụng cho độ trễ thấp và độ tin cậy cao, trong khi TTI dài hơn có thể được sử dụng cho hiệu suất phổ cao. Việc ghép kênh hiệu quả các TTI dài và ngắn để cho phép các cuộc truyền bắt đầu trên các biên ký hiệu. NR 5G cũng dự tính thiết kế khung con tích hợp độc lập với thông tin lập lịch UL/đường xuống, dữ liệu và báo nhận trong cùng khung con. Khung con tích hợp độc lập hỗ trợ truyền thông trong phổ dùng chung được miễn cấp phép hoặc dựa vào tranh chấp, UL/đường xuống thích ứng có thể được tạo cấu hình linh hoạt trên cơ sở mỗi ô để chuyển đổi động giữa UL và đường xuống để đáp ứng các nhu cầu lưu lượng hiện thời.

Các khía cạnh và đặc tính khác nhau khác theo sáng chế còn được mô tả dưới đây. Cần phải hiểu rằng các kỹ thuật theo sáng chế có thể được thể hiện dưới nhiều hình thức

khác nhau và cấu trúc, chức năng cụ thể bất kỳ hoặc cả hai được mô tả ở đây chỉ là đại diện và không mang tính giới hạn. Dựa vào những kỹ thuật ở đây, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này cần hiểu rằng một khía cạnh được mô tả ở đây có thể được thực hiện độc lập với các khía cạnh khác bất kỳ và hai hoặc nhiều khía cạnh này có thể được kết hợp theo nhiều cách khác nhau. Ví dụ, máy có thể được triển khai hoặc phương pháp có thể được thực hành nhờ sử dụng một số khía cạnh bất kỳ được đề xuất ở đây. Ngoài ra, máy như vậy có thể được thực hiện hoặc phương pháp như vậy có thể được thực hành bằng cách sử dụng cấu trúc, chức năng khác hoặc cấu trúc và chức năng khác ngoài hoặc khác với một hoặc nhiều khía cạnh được nêu theo sáng chế. Ví dụ, phương pháp có thể được thực hiện như là một phần của hệ thống, thiết bị, máy, và/hoặc dưới dạng các lệnh được lưu trữ trên phương tiện đọc được bằng máy tính để thực thi trên bộ xử lý hoặc máy tính. Hơn nữa, khía cạnh có thể bao gồm ít nhất một phần tử của yêu cầu bảo hộ.

NR có thể chỉ định các trường hợp kiểm tra khác nhau để kiểm tra các UE về sự tương thích và/hoặc hiệu suất. Các phương pháp kiểm tra RF được tiến hành truyền thống sử dụng đường truyền hoạt động tốt, có thể dự đoán được, ví dụ, cáp RF và đầu nối anten giữa thiết bị kiểm tra và thiết bị được kiểm tra (device under test - DUT). Để kiểm tra mmWave, kết nối OTA được sử dụng thay cho cáp RF và đầu nối anten. Để đảm bảo môi trường RF được điều khiển tốt để kiểm tra OTA, kết nối OTA có thể được quản lý bên trong buồng chống dội âm. Tuy nhiên, kết nối OTA có thể đưa các đặc tính kênh gần như tĩnh vào đường truyền tín hiệu kiểm tra, dẫn đến các phép đo kiểm tra không chính xác và/hoặc giảm chất lượng.

Sáng chế mô tả các cơ chế cân bằng kênh OTA trong kiểm tra mmWave. Ví dụ, thiết bị kiểm tra có thể mô phỏng các hoạt động của trạm gốc (base station - BS) để truyền một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu, như các khối tín hiệu đồng bộ hóa (synchronization signal block - SSB) bao gồm các tín hiệu đồng bộ hóa (ví dụ, các tín hiệu đồng bộ hóa thứ cấp (secondary synchronization signal - SSS)) và các tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh (channel state information-reference signal - CSI-RS), đến thiết bị người dùng (UE) được đặt trong buồng kiểm tra OTA. UE có thể báo cáo thông tin trạng thái kênh dựa vào một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu. Thông tin trạng thái kênh có thể bao gồm công suất tín hiệu tham chiếu nhận được trên mỗi nhánh (reference signal received power per branch - RSRPB) và pha tương đối của anten tín

hiệu tham chiếu (reference signal antenna relative phase - RSARP). RSRPB có thể đề cập đến công suất tín hiệu nhận được trên mỗi phân cực. RSARP có thể đề cập đến pha tương đối giữa hai cổng anten (ví dụ, giữa cổng anten nhận thứ nhất và cổng anten nhận thứ hai) tại UE. Thiết bị kiểm tra có thể xác định đáp ứng kênh để kết nối OTA hoặc không gian OTA giữa UE và thiết bị kiểm tra dựa vào RSRPB và RSARP được báo cáo bởi UE. Thiết bị kiểm tra có thể xác định bộ cân bằng kênh để cân bằng các hiệu ứng kênh của kết nối OTA dựa vào đáp ứng kênh OTA được ước lượng. Thiết bị kiểm tra có thể tạo ra tín hiệu kiểm tra và áp dụng bộ cân bằng cho tín hiệu kiểm tra trước khi truyền đến UE để kiểm tra. Nói cách khác, bộ cân bằng bù trước tín hiệu kiểm tra để tín hiệu kiểm tra nhận được tại UE không bao gồm các đặc tính kênh của kênh OTA hoặc ít nhất bao gồm một lượng không chính xác nhỏ nhất từ kênh OTA.

Các khía cạnh của sáng chế có thể mang lại một số lợi ích. Ví dụ, việc áp dụng cân bằng kênh OTA trong quá trình tạo tín hiệu kiểm tra có thể cải thiện độ chính xác của phép đo kiểm tra (ví dụ, để kiểm tra giải điều chế UE) với kiểm tra OTA. Việc sử dụng các CSI-RS ngoài các SSS cho các phép đo và báo cáo kênh cho phép ước lượng kênh OTA chính xác hơn và đến lượt nó là bộ cân bằng kênh OTA chính xác hơn.

Fig.1 minh họa mạng truyền thông không dây 100 theo một số khía cạnh của sáng chế. Mạng 100 có thể là mạng 5G. Mạng 100 bao gồm một số trạm gốc (BS) 105 (được gán nhãn riêng là 105a, 105b, 105c, 105d, 105e, và 105f) và các thực thể mạng khác. BS 105 có thể là trạm truyền thông với các UE 115 và cũng có thể được gọi là nút B cải tiến (evolved node B - eNB), eNB thế hệ tiếp theo (next generation eNB - gNB), điểm truy nhập, và tương tự. Mỗi trạm gốc 105 có thể cung cấp vùng phủ sóng truyền thông cho khu vực địa lý cụ thể. Trong 3GPP, thuật ngữ “ô” có thể chỉ khu vực phủ sóng địa lý cụ thể này của BS 105 và/hoặc hệ thống con BS phục vụ khu vực phủ sóng, tùy thuộc vào ngữ cảnh trong đó thuật ngữ này được sử dụng.

BS 105 có thể cung cấp vùng phủ sóng truyền thông cho ô macro hoặc ô nhỏ, như ô pico hoặc ô femto, và/hoặc các loại ô khác. Ô macro thường phủ sóng khu vực địa lý tương đối rộng (ví dụ, bán kính vài kilomet) và có thể cho phép các UE truy nhập không giới hạn với các thuê bao dịch vụ với nhà cung cấp mạng. Ô nhỏ như ô pico thường phủ sóng khu vực địa lý tương đối nhỏ và có thể cho phép các UE truy nhập không hạn chế với các thuê bao dịch vụ với nhà cung cấp mạng. Ô nhỏ như ô femto cũng thường phủ

sóng khu vực địa lý tương đối nhỏ (ví dụ, trong nhà) và, ngoài việc truy nhập không hạn chế, cũng có thể cung cấp truy nhập hạn chế bởi các UE có kết nối với ô femto này (ví dụ, các UE trong nhóm thuê bao kín (closed subscriber group - CSG), các UE cho người dùng trong nhà, và các thiết bị tương tự). BS dùng cho ô macro có thể được gọi là BS macro. BS cho ô nhỏ có thể được gọi là BS ô nhỏ, BS pico, BS femto hoặc BS trong nhà. Trong ví dụ được thể hiện trên Fig.1, các BS 105d và 105e có thể là các BS macro thông thường, trong khi các BS 105a đến 105c có thể là các BS macro được kích hoạt với một trong số công nghệ ba chiều (three dimension - 3D), đầy đủ chiều (full dimension - FD), hoặc MIMO quy mô lớn. Các BS 105a đến 105c có thể tận dụng các tính năng MIMO kích thước cao hơn của chúng để thực hiện điều hướng chùm sóng 3D trong cả điều hướng chùm sóng theo cả góc ngang và góc phương vị để tăng phủ sóng và dung lượng. BS 105f có thể là BS ô nhỏ có thể là nút trong nhà hoặc điểm truy nhập di động. BS 105 có thể hỗ trợ một hoặc nhiều (ví dụ, hai, ba, bốn hoặc tương tự) ô.

Mạng 100 có thể hỗ trợ hoạt động đồng bộ hoặc không đồng bộ. Đối với hoạt động đồng bộ, các BS có thể có định thời khung tương tự, và các cuộc truyền từ các BS khác nhau có thể được đồng chỉnh xấp xỉ theo thời gian. Với hoạt động không đồng bộ, các BS có thể có định thời khung khác nhau, và các cuộc truyền từ các BS khác nhau có thể không được đồng chỉnh theo thời gian.

Các UE 115 được phân tán khắp mạng không dây 100, và mỗi UE 115 có thể cố định hoặc di động. UE 115 cũng có thể được gọi là thiết bị đầu cuối, trạm di động, khối thuê bao, trạm, hoặc tương tự. UE 115 có thể là điện thoại di động, thiết bị số hỗ trợ cá nhân (personal digital assistant - PDA), modem không dây, thiết bị truyền thông không dây, thiết bị cầm tay, máy tính bảng, máy tính xách tay, điện thoại không dây, trạm lặp cục bộ không dây (wireless local loop - WLL), hoặc tương tự. Theo một khía cạnh, UE 115 có thể là thiết bị bao gồm thẻ mạch tích hợp toàn cầu (Universal Integrated Circuit Card - UICC). Theo khía cạnh khác, UE có thể là thiết bị không bao gồm UICC. Theo một số khía cạnh, các UE 115 không bao gồm các UICC cũng có thể được gọi là các thiết bị IoT hoặc thiết bị internet của mọi thứ (internet of everything - IoE). Các UE 115a đến 115d là ví dụ về các thiết bị kiểu điện thoại di động thông minh truy nhập mạng 100. UE 115 cũng có thể là máy được tạo cấu hình đặc biệt cho truyền thông kết nối, bao gồm bước truyền thông kiểu máy (machine-type communication - MTC), MTC nâng cao (enhanced MTC - eMTC), IoT băng hẹp (narrowband IoT - NB-IoT) và tương tự. UE

115e đến 115h là các ví dụ về các máy khác nhau được tạo cấu hình cho cuộc truyền thông truy nhập mạng 100. Các UE 115e đến 115k là các ví dụ về các phương tiện được trang bị các thiết bị truyền thông không dây được tạo cấu hình cho cuộc truyền truy nhập mạng 100. UE 115 có thể có khả năng truyền thông với loại BS bất kỳ, cho dù là BS macro, ô nhỏ, hoặc tương tự. Trên Fig.1, hình tia sét (ví dụ, các liên kết truyền thông) chỉ báo các cuộc truyền không dây giữa UE 115 và BS phục vụ 105, là BS được chỉ định để phục vụ UE 115 trên đường xuống (downlink - DL) và/hoặc đường lên (uplink - UL), cuộc truyền mong muốn giữa các BS 105, các cuộc truyền backhaul giữa các BS, hoặc các cuộc truyền liên kết phụ giữa các UE 115.

Khi hoạt động, các BS từ 105a đến 105c có thể phục vụ các UE 115a và 115b bằng cách sử dụng kỹ thuật điều hướng chùm sóng 3D và các kỹ thuật không gian phối hợp, như đa điểm phối hợp (coordinated multipoint - CoMP) hoặc đa kết nối. BS macro 105d có thể thực hiện truyền thông backhaul với các BS 105a đến 105c, cũng như ô nhỏ, BS 105f. BS macro 105d cũng có thể truyền các dịch vụ phát đa hướng được đăng ký với và được nhận bởi các UE 115c và 115d. Các dịch vụ phát đa hướng này có thể bao gồm truyền hình di động hoặc video truyền phát trực tiếp, hoặc có thể bao gồm các dịch vụ khác để cung cấp thông tin đại chúng, chẳng hạn như các trường hợp khẩn cấp hoặc cảnh báo thời tiết, như các cảnh báo Amber hoặc cảnh báo xám.

Các BS 105 có thể còn truyền thông với mạng lõi. Mạng lõi có thể có chức năng xác thực người dùng, cho phép truy nhập, theo dõi, kết nối giao thức internet (internet protocol - IP), và các chức năng truy nhập, định tuyến hoặc di động khác. Ít nhất một số trong số các BS 105 (ví dụ, có thể là ví dụ về gNB hoặc bộ điều khiển nút truy nhập (access node controller - ANC) có thể giao tiếp với mạng lõi qua các liên kết backhaul (ví dụ, NG-C, NG-U, v.v.) và có thể thực hiện cấu hình vô tuyến và lập lịch để truyền thông với các UE 115. Theo các ví dụ khác nhau, các BS 105 có thể truyền thông, cả trực tiếp lẫn gián tiếp (ví dụ, qua mạng lõi), với nhau qua các liên kết backhaul (ví dụ, X1, X2, v.v.), đây có thể là các liên kết truyền thông có dây hoặc không dây.

Mạng 100 có thể còn hỗ trợ các truyền thông nhiệm vụ quan trọng bằng các liên kết siêu tin cậy và liên kết dự phòng cho các thiết bị nhiệm vụ quan trọng, như UE 115e, có thể là thiết bị bay không người lái. Các liên kết truyền thông dự phòng với UE 115e có thể bao gồm các liên kết từ các BS macro 105d và 105e, cũng như các liên kết từ BS ô nhỏ 105f. Các

thiết bị kiểu máy khác, như UE 115f (ví dụ, nhiệt kế), UE 115g (ví dụ, thiết bị đo thông minh), và UE 115h (ví dụ, thiết bị đeo được) có thể truyền thông qua mạng 100 trực tiếp với các BS, như BS ô nhỏ 105f, và BS macro 105e, hoặc trong các cấu hình đa kích thước bước bằng cách truyền thông với thiết bị người dùng khác mà chuyển tiếp thông tin của nó đến mạng, ví dụ như UE 115f truyền thông thông tin đo nhiệt độ đến thiết bị đo thông minh, UE 115g, mà sau đó được báo cáo cho mạng qua BS ô nhỏ 105f. Mạng 100 cũng có thể cung cấp hiệu suất mạng bổ sung qua các truyền thông TDD/FDD động, độ trễ thấp, như các truyền thông từ phương tiện đến phương tiện (vehicle-to-vehicle - V2V), từ phương tiện đến mọi thứ (vehicle-to-everything - V2X), các truyền thông chia ô từ phương tiện đến mọi thứ (cellular-vehicle-to-everything - C-V2X) giữa UE 115i, 115j, hoặc 115k và các UE 115 khác, và/hoặc các truyền thông từ phương tiện đến cơ sở hạ tầng (vehicle-to-infrastructure - V2I) giữa UE 115i, 115j, hoặc 115k và BS 105.

Theo một số khía cạnh, mạng 100 sử dụng các dạng sóng dựa vào OFDM để truyền thông. Hệ thống dựa vào OFDM có thể phân chia BW hệ thống thành nhiều (K) sóng mang con trực giao, còn được gọi chung là các sóng mang con, tone, bin, hoặc tương tự. Mỗi sóng mang con có thể được điều chế với dữ liệu. Trong một số trường hợp, khoảng cách sóng mang con giữa các sóng mang con liên kế có thể cố định, và tổng số (K) sóng mang con có thể phụ thuộc vào BW hệ thống. Băng thông hệ thống có thể còn được phân chia thành các băng tần con. Trong các ví dụ khác, khoảng cách sóng mang con và/hoặc khoảng thời gian của các TTI có thể mở rộng được.

Theo một số khía cạnh, các BS 105 có thể gán hoặc lập lịch các tài nguyên truyền (ví dụ, ở dạng các khối tài nguyên (resource block - RB) thời gian - tần số) cho các cuộc truyền đường xuống (DL) và đường lên (UL) trong mạng 100. DL chỉ hướng truyền từ BS 105 đến UE 115, trong khi đó UL chỉ hướng truyền từ UE 115 đến BS 105. Truyền thông có thể ở dạng các khung vô tuyến. Khung vô tuyến có thể được chia thành nhiều khung con hoặc khe, ví dụ, khoảng 10. Mỗi khe có thể được chia tiếp thành nhiều khe nhỏ. Trong chế độ FDD, các cuộc truyền UL và DL đồng thời có thể xuất hiện trong các băng tần số khác nhau. Ví dụ, mỗi khung con bao gồm khung con UL trong băng tần số UL và khung con DL trong băng tần số DL. Trong chế độ TDD, các cuộc truyền UL và DL xảy ra ở các khoảng thời gian khác nhau bằng cách sử dụng cùng băng tần số. Ví dụ, tập hợp con các khung con (ví dụ, các khung con DL) trong khung vô tuyến có thể được sử dụng cho các cuộc truyền DL và tập hợp con các khung con khác (ví dụ, các khung

con UL) trong khung vô tuyến có thể được sử dụng cho các cuộc truyền UL.

Các khung con DL và các khung con UL có thể còn được chia tiếp thành một số vùng. Ví dụ, mỗi khung con DL hoặc UL có thể có các vùng được định trước cho các cuộc truyền tín hiệu tham chiếu, thông tin điều khiển, và dữ liệu. Tín hiệu tham chiếu là các tín hiệu được định trước hỗ trợ truyền thông giữa các BS 105 và các UE 115. Ví dụ, tín hiệu tham chiếu có thể có mẫu hoặc cấu trúc hoa tiêu cụ thể, trong đó các tone hoa tiêu có thể trải rộng trên BW hoặc băng tần hoạt động, mỗi tone được đặt tại thời gian định trước và tần số định trước. Ví dụ, BS 105 có thể truyền các tín hiệu tham chiếu riêng cho ô (specific reference signal - CRS) và/hoặc tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh (channel state information-reference signal - CSI-RS) để cho phép UE 115 ước lượng kênh DL. Tương tự, UE 115 có thể truyền các tín hiệu tham chiếu thăm dò (sounding reference signal - SRS) để cho phép BS 105 ước lượng kênh UL. Thông tin điều khiển có thể bao gồm thông tin chỉ định tài nguyên và điều khiển giao thức. Dữ liệu có thể bao gồm dữ liệu giao thức và/hoặc dữ liệu hoạt động. Theo một số khía cạnh, các BS 105 và các UE 115 có thể truyền thông bằng cách sử dụng khung con độc lập. Khung con độc lập có thể bao gồm một phần cho cuộc truyền DL và một phần cho cuộc truyền UL. Khung con độc lập có thể lấy DL làm trung tâm hoặc lấy UL làm trung tâm. Khung con lấy DL làm trung tâm có thể bao gồm khoảng thời gian dài hơn cho cuộc truyền DL so với cho cuộc truyền UL. Khung con lấy UL làm trung tâm có thể bao gồm khoảng thời gian dài hơn cho cuộc truyền UL so với cho cuộc truyền UL.

Theo một số khía cạnh, mạng 100 có thể là mạng NR được khai triển trên phổ được cấp phép. Các BS 105 có thể truyền các tín hiệu đồng bộ hóa (ví dụ, bao gồm tín hiệu đồng bộ hóa sơ cấp (primary synchronization signal - PSS) và tín hiệu đồng bộ hóa thứ cấp (secondary synchronization signal - SSS)) trong mạng 100 để hỗ trợ việc đồng bộ hóa. Các BS 105 có thể phát quảng bá thông tin hệ thống liên kết với mạng 100 (ví dụ, bao gồm khối thông tin chính (master information block - MIB), thông tin hệ thống còn lại (remaining system information - RMSI), và thông tin hệ thống khác (other system information - OSI)) để tạo thuận lợi cho việc truy nhập mạng ban đầu. Trong một số trường hợp, các BS 105 có thể phát quảng bá PSS, SSS, và/hoặc MIB ở dạng các khối tín hiệu đồng bộ hóa (synchronization signal block - SSB) trên kênh phát quảng bá vật lý (physical broadcast channel - PBCH) và có thể phát quảng bá RMSI và/hoặc OSI trên kênh dùng chung đường xuống vật lý (physical downlink shared channel - PDSCH).

Theo một số khía cạnh, UE 115 đang cố gắng truy nhập mạng 100 có thể thực hiện tìm kiếm ô ban đầu bằng cách phát hiện PSS từ BS 105. PSS có thể cho phép việc đồng bộ hóa định thời chu kỳ và có thể chỉ báo giá trị định danh lớp vật lý. Sau đó, UE 115 có thể nhận tín hiệu SSS. SSS có thể cho phép đồng bộ hóa khung vô tuyến và có thể cung cấp giá trị định danh ô, có thể kết hợp với giá trị định danh lớp vật lý để định danh ô. PSS và SSS có thể được đặt ở phần trung tâm của sóng mang hoặc các tần số thích hợp bất kỳ trong sóng mang.

Sau khi nhận PSS và SSS, UE 115 có thể nhận MIB. MIB có thể bao gồm thông tin hệ thống cho truy nhập mạng ban đầu và thông tin lập lịch cho RMSI và/hoặc OSI. Sau khi giải mã MIB, UE 115 có thể nhận RMSI và/hoặc OSI. RMSI và/hoặc OSI có thể bao gồm thông tin điều khiển tài nguyên vô tuyến (radio resource control - RRC) liên quan đến các thủ tục kênh truy nhập ngẫu nhiên (random access channel - RACH), tìm gọi, tập hợp tài nguyên điều khiển (control resource set - CORESET) để giám sát kênh điều khiển đường xuống vật lý (physical downlink control channel - PDCCH), kênh điều khiển đường lên vật lý (physical uplink control channel - PUCCH), kênh dùng chung đường lên vật lý (physical uplink shared channel - PUSCH), điều khiển công suất, và SRS.

Sau khi thu được MIB, RMSI và/hoặc OSI, UE 115 có thể thực hiện thủ tục truy nhập ngẫu nhiên để thiết lập kết nối với BS 105. Theo một số ví dụ, thủ tục truy nhập ngẫu nhiên có thể là thủ tục truy nhập ngẫu nhiên bốn bước. Ví dụ, UE 115 có thể truyền phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên và BS 105 có thể đáp lại với đáp ứng truy nhập ngẫu nhiên. Đáp ứng truy nhập ngẫu nhiên (random access response - RAR) có thể bao gồm mã định danh (identifier - ID) phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên phát hiện được tương ứng với phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên, thông tin định thời trước (timing advance - TA), cấp phép UL, mã định danh tạm thời mạng vô tuyến ô (cell-radio network temporary identifier - C-RNTI) tạm thời, và/hoặc chỉ báo chờ truyền. Khi nhận được đáp ứng truy nhập ngẫu nhiên, UE 115 có thể truyền yêu cầu kết nối đến BS 105 và BS 105 có thể đáp lại với đáp ứng kết nối. Đáp ứng kết nối có thể cho biết việc giải quyết tranh chấp. Theo một số ví dụ, phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên, RAR, yêu cầu kết nối, và đáp ứng kết nối có thể lần lượt được gọi là bản tin 1 (message 1 - MSG1), bản tin 2 (message 2 - MSG2), bản tin 3 (message 3 - MSG3), và bản tin 4 (message 4 - MSG4). Theo một số ví dụ, thủ tục truy nhập ngẫu nhiên có thể là thủ tục truy nhập hai bước,

trong đó UE 115 có thể truyền phần mở đầu truy nhập ngẫu nhiên và yêu cầu kết nối trong một lần truyền và BS 105 có thể đáp lại bằng cách truyền đáp ứng truy nhập ngẫu nhiên và đáp ứng kết nối trong một cuộc truyền.

Sau khi thiết lập kết nối, UE 115 và BS 105 có thể đi vào giai đoạn hoạt động bình thường, trong đó dữ liệu hoạt động có thể được trao đổi. Ví dụ, BS 105 có thể lập lịch UE 115 đối với các cuộc truyền thông UL và/hoặc DL. BS 105 có thể truyền các tín hiệu cấp phép lập lịch UL và/hoặc DL đến UE 115 thông qua PDCCH. Các cấp phép lập lịch có thể được truyền dưới dạng thông tin điều khiển DL (DL control information - DCI). BS 105 có thể truyền tín hiệu truyền thông DL (ví dụ, mang dữ liệu) đến UE 115 thông qua PDSCH theo tín hiệu cấp phép lập lịch DL. UE 115 có thể truyền tín hiệu truyền thông UL đến BS 105 thông qua PUSCH và/hoặc PUCCH theo tín hiệu cấp phép lập lịch UL.

Theo một số khía cạnh, BS 105 có thể truyền thông với UE 115 bằng cách sử dụng các kỹ thuật HARQ để cải thiện độ tin cậy truyền thông, ví dụ, để cung cấp dịch vụ URLLC. BS 105 có thể lập lịch UE 115 cho truyền thông PDSCH bằng cách truyền cấp phép DL trong PDCCH. BS 105 có thể truyền gói dữ liệu DL đến UE 115 theo lịch trong PDSCH. Gói dữ liệu DL có thể được truyền dưới dạng khối truyền tải (TB). Nếu UE 115 nhận gói dữ liệu DL thành công, thì UE 115 có thể truyền ACK HARQ đến BS 105. Ngược lại, nếu UE 115 không nhận cuộc truyền DL thành công, thì UE 115 có thể truyền NACK HARQ đến BS 105. Sau khi nhận NACK HARQ từ UE 115, BS 105 có thể truyền lại gói dữ liệu DL đến UE 115. Cuộc truyền lại có thể bao gồm cùng một phiên bản mã hóa của dữ liệu DL như cuộc truyền ban đầu. Theo cách khác, cuộc truyền lại có thể bao gồm phiên bản mã hóa khác nhau của dữ liệu DL so với cuộc truyền ban đầu. UE 115 có thể áp dụng kết hợp mềm để kết hợp dữ liệu được mã hóa nhận được từ cuộc truyền ban đầu và cuộc truyền lại để giải mã. BS 105 và UE 115 có thể còn áp dụng HARQ để truyền thông UL bằng cách sử dụng các cơ chế về cơ bản là tương tự như HARQ DL.

Theo một khía cạnh, mạng 100 có thể hoạt động trên BW hệ thống hoặc BW sóng mang thành phần (component carrier - CC). Mạng 100 có thể phân chia BW hệ thống thành nhiều BWP (ví dụ, các phần). BS 105 có thể gán động UE 115 để hoạt động trên BWP nhất định (ví dụ, phần nhất định của BW hệ thống). BWP đã được gán có thể được

gọi là BWP hoạt động. UE 115 có thể giám sát BWP hoạt động để báo hiệu thông tin từ BS 105. BS 105 có thể lập lịch UE 115 để truyền thông UL hoặc DL trong BWP hoạt động. Theo một số khía cạnh, BS 105 có thể gán một cặp BWP trong CC cho UE 115 để truyền thông UL và DL. Ví dụ, cặp BWP có thể bao gồm một BWP để truyền thông UL và một BWP để truyền thông DL.

Fig.2 là sơ đồ định thời minh họa cấu trúc khung vô tuyến 200 theo một số khía cạnh của sáng chế. Cấu trúc khung vô tuyến 200 có thể được thực hiện bởi các BS như các BS 105 và các UE như các UE 115 trong mạng như mạng 100 để truyền thông. Cụ thể, BS có thể truyền thông với UE bằng cách sử dụng các tài nguyên thời gian - tần số được tạo cấu hình như được thể hiện trong cấu trúc khung vô tuyến 200. Trên Fig.2, trục x biểu diễn thời gian theo một số đơn vị tùy ý và trục y biểu diễn tần số theo một số đơn vị tùy ý. Cấu trúc khung vô tuyến 200 bao gồm khung vô tuyến 201. Khoảng thời gian của khung vô tuyến 201 có thể biến đổi phụ thuộc vào các khía cạnh. Theo một ví dụ, khung vô tuyến 201 có thể có khoảng thời gian khoảng mười mili giây. Khung vô tuyến 201 bao gồm M số lượng khe 202, trong đó M có thể là số nguyên dương phù hợp bất kỳ. Theo một ví dụ, M có thể khoảng bằng 10.

Mỗi khe 202 bao gồm số lượng sóng mang con 204 trong tần số và số lượng ký hiệu 206 theo thời gian. Số lượng khung con 204 và/hoặc số lượng ký hiệu 206 trong khe 202 có thể biến đổi phụ thuộc vào các khía cạnh, ví dụ, dựa vào băng thông kênh, khoảng cách sóng mang con (subcarrier spacing - SCS), và/hoặc chế độ CP. Một sóng mang con 204 trong tần số và một ký hiệu 206 theo thời gian tạo ra một phần tử tài nguyên (resource element - RE) 212 cho cuộc truyền Khối tài nguyên (resource block - RB) 210 được tạo thành từ một số sóng mang con 204 liên tiếp về tần số và một số ký hiệu 206 liên tiếp về thời gian.

Trong ví dụ, BS (ví dụ, BS 105 trên Fig.1) có thể lập lịch UE (ví dụ, UE 115 trên Fig.1) để truyền thông UL và/hoặc DL ở tỷ lệ thời gian của các khe 202 hoặc các khe nhỏ 208. Mỗi khe 202 có thể được phân chia theo thời gian thành K số lượng khe nhỏ 208. Mỗi khe nhỏ 208 có thể bao gồm một hoặc nhiều ký hiệu 206. Khe nhỏ 208 trong khe 202 có thể có độ dài biến đổi. Ví dụ, khi khe 202 bao gồm N số lượng ký hiệu 206, khe nhỏ 208 có thể có độ dài giữa một ký hiệu 206 và (N-1) ký hiệu 206. Theo một số khía cạnh, khe nhỏ 208 có thể có độ dài khoảng hai ký hiệu 206, khoảng bốn ký hiệu

206, hoặc khoảng bảy ký hiệu 206. Trong một số ví dụ, BS có thể lập lịch cho UE với tỷ lệ tần số khối tài nguyên (RB) 210 (ví dụ, bao gồm khoảng 12 sóng mang con 204).

Fig.3 minh họa hệ thống kiểm tra thiết bị truyền thông không dây mmWave 300 theo một số khía cạnh của sáng chế. Hệ thống kiểm tra 300 có thể được sử dụng để kiểm tra các BS như các BS 105 và/hoặc các UE như các UE 115 cho hiệu suất và/hoặc sự tương thích. Cụ thể, hệ thống kiểm tra 300 có thể được sử dụng để kiểm tra các hiệu suất và/hoặc sự tương thích của UE hoạt động ở tần số mmWave. Ví dụ, hệ thống kiểm tra 300 có thể được sử dụng để kiểm tra băng tần cơ sở (baseband -BB) của UE, như kiểm tra giải điều chế và CSI. Như được minh họa, hệ thống kiểm tra 300 bao gồm nền tảng kiểm tra 330 được ghép nối thông với buồng OTA 370. Nền tảng kiểm tra 330 bao gồm nguồn dữ liệu kiểm tra 340, thiết bị kiểm tra băng tần cơ sở (BB) 350, và thiết bị kiểm tra RF 360. Buồng OTA 370 là vỏ bọc vật lý, ví dụ, được làm từ vật liệu không dội âm, để cung cấp khả năng cách ly RF. UE 315 (ví dụ, các UE 115) được kiểm tra có thể được đặt trong buồng OTA 370 để UE 315 có thể được kiểm tra trong môi trường được điều khiển. Thiết bị kiểm tra RF 360 có thể bao gồm các bộ khuếch đại công suất (power amplifier - PA) và anten (ví dụ, mảng các phần tử anten và/hoặc anten đầu dò). UE 315 có thể bao gồm modul BB và modul RF bao gồm các PA và anten. Anten tại thiết bị kiểm tra RF có thể được gọi là anten của thiết bị kiểm tra. Anten của thiết bị kiểm tra được truyền thông kết hợp với anten của UE 315 qua đường liên kết truyền thông không dây trong buồng OTA 370. Ví dụ, các tín hiệu RF được truyền bởi anten của thiết bị kiểm tra được cấp vào buồng OTA 370. Theo một số khía cạnh, UE 315 có thể được đặt ở nhiều hướng hoặc góc độ khác nhau liên quan đến anten của thiết bị kiểm tra tùy thuộc vào các điều kiện kiểm tra mong muốn. Theo một số khía cạnh, anten của thiết bị kiểm tra cũng có thể được điều khiển hoặc được tạo cấu hình để điều hướng chùm sóng khác nhau tùy thuộc vào các điều kiện kiểm tra mong muốn.

Nguồn dữ liệu kiểm tra 340 có thể bao gồm các thành phần phần cứng và/hoặc các thành phần phần mềm được tạo cấu hình để tạo ra phụ tải kiểm tra (ví dụ, các gói dữ liệu) tuân theo giao thức kiểm tra tham chiếu hoặc trường hợp kiểm tra. Nguồn dữ liệu kiểm tra 340 có thể xuất ra các gói kiểm tra dưới dạng vector kiểm tra 342 bao gồm các bit dữ liệu.

Thiết bị kiểm tra BB 350 được ghép nối với nguồn dữ liệu kiểm tra 340. Thiết bị

kiểm tra BB 350 có thể bao gồm các thành phần phần cứng và/hoặc các thành phần phần mềm. Thiết bị kiểm tra BB 350 được tạo cấu hình để tạo ra tín hiệu BB 352 từ vector kiểm tra 342. Về vấn đề này, thiết bị kiểm tra BB 350 mã hóa các bit dữ liệu trong vector kiểm tra 342 theo sơ đồ mã hóa nhất định và ánh xạ các bit dữ liệu được mã hóa tới sóng mang con OFDM (ví dụ, sóng mang con 204) theo thứ tự điều chế nhất định để tạo ra tín hiệu kiểm tra miền tần số. Thiết bị kiểm tra BB 350 tạo tín hiệu kiểm tra miền thời gian 342 từ tín hiệu kiểm tra miền tần số, ví dụ, bằng cách áp dụng phép biến đổi Fourier nhanh nghịch đảo (inverse fast Fourier transform - IFFT) và thêm mỗi ký hiệu OFDM (ví dụ, các ký hiệu 206) với tiền tố vòng. Trong một số ví dụ, thiết bị kiểm tra BB 350 cũng có thể áp dụng lan truyền DFT trước khi ánh xạ các bit dữ liệu được mã hóa tới các sóng mang con OFDM. Trong một số ví dụ, thiết bị kiểm tra BB 350 có thể áp dụng tiền mã hóa cho tín hiệu BB 352 để điều hướng chùm sóng. Thiết bị kiểm tra BB 350 có thể tạo cấu hình tiền mã hóa dựa vào các tham số tiền mã hóa được chỉ định cho trường hợp kiểm tra nhất định. Theo một số khía cạnh, thiết bị kiểm tra BB 350 có thể thực hiện các hoạt động tương tự như BS như các BS 105.

Thiết bị kiểm tra BB 350 còn được tạo cấu hình để mô phỏng nhiều loại đáp ứng kênh và/hoặc nhiễu khác nhau dựa vào các tham số kênh 332 và/hoặc các tham số nhiễu 334. Các đáp ứng kênh có thể bao gồm lan truyền dopple, dịch chuyển dopple, lan truyền trễ và/hoặc bất kỳ điều kiện vô tuyến nào mà quá trình lan truyền sóng RF có thể gặp phải trong hoạt động OTA. Tương tự, thiết bị kiểm tra BB 350 có thể mô phỏng nhiễu, như nhiễu trắng Gauss cộng tính (additive white Gaussian noise - AWGN), nhiễu pha, và/hoặc bất kỳ sự suy giảm nhiễu nào để tạo ra tỷ số tín hiệu trên nhiễu (signal-to-noise ratio - SNR) nhất định để kiểm tra. Trong một số ví dụ, các đáp ứng kênh và/hoặc nhiễu có thể được chỉ định bởi chuẩn hoặc thông số kỹ thuật kiểm tra sự tương thích. Các đáp ứng kênh có thể bao gồm các đặc tính kênh mong muốn trong các miền thời gian, tần số và/hoặc không gian để kiểm tra sự tương thích. Tương tự, điều kiện nhiễu có thể bao gồm các đặc tính nhiễu mong muốn trong các miền thời gian, tần số và/hoặc không gian để kiểm tra sự tương thích. Thiết bị kiểm tra BB 350 còn được tạo cấu hình để áp dụng đáp ứng kênh nhất định và/hoặc nhiễu đến tín hiệu BB 352 theo trường hợp kiểm tra nhất định.

Thiết bị kiểm tra RF 360 được ghép nối với thiết bị kiểm tra BB 350. Thiết bị kiểm tra RF 360 có thể bao gồm các thành phần phần cứng và/hoặc các thành phần phần

mềm được tạo cấu hình để điều chế tín hiệu BB 352 đến tín hiệu RF 362. Ví dụ, thiết bị kiểm tra RF 360 có thể bao gồm các thành phần RF khác nhau, như các bộ trộn, các bộ khuếch đại công suất và/hoặc các anten. Thiết bị kiểm tra RF 360 còn được tạo cấu hình để áp dụng các tham số RF 336 khác nhau để tạo ra tín hiệu RF. Ví dụ, các tham số RF 336 có thể bao gồm tham số tần số sóng mang RF, tham số suy hao đường dẫn, tham số pha tương đối của anten và/hoặc bất kỳ tham số nào liên quan đến việc tạo ra tín hiệu RF. Thiết bị kiểm tra RF 360 còn được tạo cấu hình để truyền tín hiệu RF 362 thông qua anten của thiết bị kiểm tra đến UE 315 trong khi kiểm tra.

Theo một số khía cạnh, quy trình kiểm tra có thể được thực hiện bằng cách tạo cấu hình các tham số kênh 332, các tham số nhiễu 334, và/hoặc các tham số RF 336 theo trường hợp kiểm tra nhất định và tạo cấu hình thiết bị kiểm tra BB 350 và thiết bị kiểm tra RF 360 để tạo ra tín hiệu kiểm tra RF 362 dựa vào các tham số kênh 332, các tham số nhiễu 334, và/hoặc RF parameters 336 được tạo cấu hình. Thiết bị kiểm tra RF 360 truyền tín hiệu kiểm tra RF 362 thông qua anten của thiết bị kiểm tra và tín hiệu kiểm tra RF 362 có thể được cấp vào buồng OTA 370. Tín hiệu kiểm tra RF 362 được nhận bởi UE 315. UE 315 có thể thực hiện ước lượng kênh và giải điều chế trên tín hiệu 362 nhận được. Hiệu suất giải điều chế UE 315 có thể được đo lường và báo cáo để kiểm tra sự tương thích.

Một thách thức trong việc thu được phép đo hiệu suất chính xác để kiểm tra giải điều chế bằng cách sử dụng hệ thống kiểm tra 300 là kết nối OTA (giữa thiết bị kiểm tra RF 360 và UE 315) có thể đưa ra các đặc tính kênh bổ sung (được hiển thị bởi kênh OTA 380) ngoài kênh mong muốn (được áp dụng tại thiết bị kiểm tra BB 350). Ví dụ, kênh OTA 380 có thể tạo ra các đặc tính kênh gần như tĩnh có thể làm giảm hiệu suất giải điều chế.

Ví dụ, tín hiệu BB nhận được tại UE 315 tại sóng mang con nhất định (ví dụ, sóng mang con 204) có thể được thể hiện như dưới đây:

$$Y = H_{undesired} \times (H_{desired} \times P \times X + N), \quad (1)$$

trong đó X biểu diễn vector nguồn kiểm tra BB (ví dụ, tín hiệu kiểm tra 342), $H_{desired}$ biểu diễn kênh BB được áp dụng bởi thiết bị kiểm tra BB 350 (ví dụ, dựa vào các tham số kênh 332), P biểu diễn ma trận tiền mã hóa được áp dụng bởi thiết bị kiểm tra BB 350, $H_{undesired}$ biểu diễn kênh không mong muốn (ví dụ, kênh gần như tĩnh), và

N biểu diễn nhiễu nhân tạo được thêm tại thiết bị kiểm tra BB 350. Kênh không mong muốn $H_{undesired}$ có thể tương ứng với kênh OTA 380, có thể bao gồm đặc tính kênh được đưa ra bởi thiết bị kiểm tra RF 360 (ví dụ, anten), buồng OTA 370, và/hoặc đầu trước RF của UE 315 và/hoặc suy hao chèn. Trong quá trình kiểm tra, các tham số X , $H_{desired}$, P , và N được đưa ra cho trường hợp kiểm tra hoặc tình huống kiểm tra nhất định.

Như có thể được quan sát từ Phương trình (1), tín hiệu BB Y nhận được tại UE 315 bao gồm đáp ứng kênh không mong muốn $H_{undesired}$ ngoài đáp ứng kênh mong muốn $H_{desired}$ cho trường hợp kiểm tra. Ngoài ra, kết nối OTA có thể tạo ra các hiệu ứng kênh hoặc đặc tính kênh khác nhau giữa anten của thiết bị kiểm tra và băng tần cơ sở của UE, có thể phụ thuộc vào góc tương đối giữa các anten của UE 315 và anten của thiết bị kiểm tra. Nói cách khác, $H_{undesired}$ có thể khác nhau tùy thuộc vào góc tương đối giữa anten của UE 315 và anten thiết bị kiểm tra.

Do đó, sáng chế đề cập đến các kỹ thuật để cải thiện độ chính xác của kiểm tra giải điều chế mmWave bằng cách bù trước hoặc cân bằng trước các hiệu ứng kênh của kết nối OTA trong tín hiệu kiểm tra RF 362 tại nền tảng kiểm tra. Các cơ chế để kiểm tra mmWave với cân bằng kênh kết nối OTA được mô tả chi tiết hơn ở đây.

Fig.4 là sơ đồ khối của UE 400 làm ví dụ theo một số khía cạnh của sáng chế. UE 400 có thể là UE 115 như được đề cập ở trên theo Fig.1 hoặc UE 315 như được đề cập ở trên theo Fig.3. Như được minh họa, UE 400 có thể bao gồm bộ xử lý 402, bộ nhớ 404, module báo cáo và đo lường kênh 408, module đo lường kiểm tra 409, bộ thu phát 410 bao gồm hệ thống con modem 412 và khối tần số vô tuyến (RF) 414, và một hoặc nhiều anten 416. Các phần tử này có thể truyền thông trực tiếp hoặc gián tiếp với nhau, ví dụ qua một hoặc nhiều bus.

Bộ xử lý 402 có thể bao gồm bộ xử lý trung tâm (central processing unit - CPU), bộ xử lý tín hiệu kỹ thuật số (digital signal processor - DSP), mạch tích hợp chuyên dụng (application specific integrated circuit - ASIC), bộ điều khiển, thiết bị mảng cổng lập trình được theo trường (field-programmable gate array - FPGA), thiết bị phần cứng khác, thiết bị firmware, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng được tạo cấu hình để thực hiện các hoạt động được mô tả ở đây. Bộ xử lý 402 cũng có thể được thực hiện dưới dạng tổ hợp của các thiết bị điện toán, ví dụ, tổ hợp của DSP và bộ vi xử lý, nhiều bộ vi xử lý, một hoặc

nhiều bộ vi xử lý kết hợp với lõi DSP, hoặc các cấu hình như vậy bất kỳ khác.

Bộ nhớ 404 có thể bao gồm bộ nhớ đệm (ví dụ, bộ nhớ đệm của bộ xử lý 402), bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên (random access memory - RAM), RAM từ trở (magnetoresistive RAM - MRAM), bộ nhớ chỉ đọc (read-only memory - ROM), bộ nhớ chỉ đọc lập trình được (programmable read-only memory - PROM), bộ nhớ chỉ đọc lập trình được có thể xóa được (erasable programmable read only memory - EPROM), bộ nhớ chỉ đọc lập trình được có thể xóa được bằng điện (electrically erasable programmable read only memory - EEPROM), bộ nhớ flash, thiết bị nhớ ở trạng thái rắn, đĩa cứng, các dạng khác của bộ nhớ khả biến và không khả biến, hoặc tổ hợp của các loại bộ nhớ khác. Theo một khía cạnh, bộ nhớ 404 bao gồm phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính. Bộ nhớ 404 có thể lưu trữ, hoặc được ghi trên đó, các lệnh 406. Các lệnh 406 có thể bao gồm các lệnh, khi được thực thi bởi bộ xử lý 402, khiến cho bộ xử lý 402 thực hiện các hoạt động được mô tả ở đây dựa vào các UE 115 liên quan đến các phương án của sáng chế, ví dụ, các khía cạnh trên các Fig.3 và Fig.6. Các lệnh 406 có thể cũng là mã chương trình. Mã chương trình có thể là để khiến cho thiết bị truyền thông không dây thực hiện các hoạt động này, ví dụ bằng cách khiến cho một hoặc nhiều bộ xử lý (như bộ xử lý 402) điều khiển hoặc ra mệnh lệnh thiết bị truyền thông không dây làm như vậy. Các thuật ngữ “lệnh” và “mã” nên được hiểu theo nghĩa rộng là bao gồm loại (các) câu lệnh đọc được bằng máy tính bất kỳ. Ví dụ, thuật ngữ “lệnh” và “mã” có thể chỉ một hoặc nhiều chương trình, các đoạn chương trình, các phân đoạn chương trình, các chức năng, các thủ tục, v.v.. “Lệnh” và “mã” có thể bao gồm một câu lệnh duy nhất đọc được bởi máy tính hoặc nhiều câu lệnh đọc được bởi máy tính.

Mỗi trong số môđun báo cáo và đo lường kênh 408 và môđun đo lường kiểm tra 409 có thể được thực hiện thông qua phần cứng, phần mềm hoặc tổ hợp của chúng. Ví dụ, mỗi trong số môđun báo cáo và đo lường kênh 408 và môđun đo lường kiểm tra 409 có thể được thực hiện là bộ xử lý, mạch, và/hoặc các lệnh 406 được lưu trữ trong bộ nhớ 404 và được thực thi bởi bộ xử lý 402. Trong một số ví dụ, môđun báo cáo và đo lường kênh 408 và môđun đo lường kiểm tra 409 có thể được tích hợp trong hệ thống con môđem 412. Ví dụ, môđun báo cáo và đo lường kênh 408 và môđun đo lường kiểm tra 409 có thể được thực hiện bởi tổ hợp của các thành phần phần mềm (ví dụ, được thực thi bởi DSP hoặc bộ xử lý chung) và các thành phần phần cứng (ví dụ, cổng logic và mạch điện) trong hệ thống con môđem 412. Trong một số ví dụ, UE có thể bao gồm một hoặc

cả hai môđun báo cáo và đo lường kênh 408 và môđun đo lường kiểm tra 409. Trong các ví dụ khác, UE có thể bao gồm tất cả môđun báo cáo và đo lường kênh 408 và môđun đo lường kiểm tra 409.

Môđun báo cáo và đo lường kênh 408 và môđun đo lường kiểm tra 409 có thể được sử dụng cho các khía cạnh khác nhau của sáng chế, ví dụ, các khía cạnh trên Fig.3 và Fig.6. Môđun báo cáo và đo lường kênh 408 được tạo cấu hình để nhận các tín hiệu tham chiếu (ví dụ, các SSB, các SSS, các CSI-RS) từ BS (ví dụ, các BS 115) hoặc thiết bị kiểm tra (ví dụ, thiết bị kiểm tra BB 350 và thiết bị kiểm tra RF 360), tính toán các RSRPB và/hoặc các RSARP dựa vào các tín hiệu tham chiếu, và/hoặc truyền thông tin trạng thái kênh bao gồm các RSRPB và/hoặc các RSARP đến BS hoặc thiết bị kiểm tra. Các RSRPB và/hoặc các RSARP có thể tạo điều kiện cân bằng kênh OTA như được mô tả chi tiết hơn ở đây.

Môđun đo lường kiểm tra 409 được tạo cấu hình để nhận các tín hiệu kiểm tra từ thiết bị kiểm tra, thực hiện giải điều chế trên các tín hiệu kiểm tra, xác định kết quả giải điều chế và/hoặc giải mã (ví dụ, tỷ lệ lỗi bit hoặc tỷ lệ lỗi khối), và/hoặc báo cáo kết quả giải điều chế và/hoặc giải mã đến thiết bị kiểm tra.

Như được thể hiện, bộ thu phát 410 có thể bao gồm hệ thống con môđem 412 và khối RF 414. Bộ thu phát 410 có thể được tạo cấu hình để truyền thông hai chiều với các thiết bị khác, như các BS 105. Hệ thống con môđem 412 có thể được tạo cấu hình để điều chế và/hoặc mã hóa dữ liệu từ bộ nhớ 404 và/hoặc môđun báo cáo và đo lường kênh 408 theo sơ đồ điều chế và mã hóa (modulation and coding scheme - MCS), ví dụ, sơ đồ mã hóa kiểm tra chẵn lẻ mật độ thấp (low-density parity check - LDPC), sơ đồ mã hóa turbo, sơ đồ mã hóa tích chập, sơ đồ điều hướng chùm sóng kỹ thuật số, v.v. Khối RF 414 có thể được tạo cấu hình để xử lý (ví dụ, thực hiện chuyển đổi tương tự - số hoặc chuyển đổi số - tương tự, v.v.) dữ liệu được điều chế/mã hóa (ví dụ, các tín hiệu PUSCH, các tín hiệu PUCCH, thông tin trạng thái kênh, các báo cáo kênh) từ hệ thống con môđem 412 (trên các cuộc truyền ra ngoài) hoặc của các cuộc truyền xuất phát từ nguồn khác như UE 115 hoặc BS 105. Khối RF 414 còn có thể được tạo cấu hình để thực hiện việc điều hướng chùm sóng tương tự liên quan đến việc điều hướng chùm sóng số. Mặc dù được thể hiện là được tích hợp cùng nhau trong bộ thu phát 410, nhưng hệ thống con môđem 412 và khối RF 414 có thể là các thiết bị riêng được ghép nối với nhau ở UE 115

để cho phép UE 115 truyền thông với các thiết bị khác.

Khối RF 414 có thể cung cấp dữ liệu được điều chế và/hoặc được xử lý, ví dụ, các gói dữ liệu (hoặc, nói chung hơn nữa, các bản tin dữ liệu có thể chứa một hoặc nhiều các gói dữ liệu và thông tin khác), đến anten 416 cho cuộc truyền đến một hoặc nhiều thiết bị khác. Anten 416 có thể còn nhận các bản tin dữ liệu được truyền từ các thiết bị khác. Các anten 416 có thể cung cấp các bản tin dữ liệu nhận được để xử lý và/hoặc giải điều chế ở bộ thu phát 410. Bộ thu phát 410 có thể cung cấp dữ liệu được giải điều chế và giải mã (ví dụ, các SSB, các tín hiệu đồng bộ hóa, các CSI-RS, các tín hiệu kiểm tra) đến module báo cáo và đo lường kênh 408 để xử lý. Các anten 416 có thể bao gồm nhiều anten có thiết kế tương tự nhau hoặc khác nhau để duy trì nhiều liên kết truyền. Khối RF 414 có thể tạo cấu hình cho các anten 416.

Theo một khía cạnh, UE 400 có thể bao gồm nhiều bộ thu phát 410 thực hiện các RAT khác nhau (ví dụ, NR và LTE). Theo một số khía cạnh, UE 400 có thể bao gồm một bộ thu phát 410 thực hiện nhiều RAT (ví dụ, NR và LTE). Theo một khía cạnh, bộ thu phát 410 có thể bao gồm các thành phần khác nhau, trong đó tổ hợp của thành phần khác nhau có thể thực hiện các RAT khác nhau.

Fig.5 là sơ đồ khối của máy truyền thông 500 ví dụ theo một số khía cạnh của sáng chế. Trong một số ví dụ, máy truyền thông 500 có thể là BS 105 trong mạng 100 như được đề cập ở trên theo Fig.1. Trong một số ví dụ khác, máy truyền thông 500 có thể là thiết bị kiểm tra BB 350 của Fig.3 hoặc thiết bị kiểm tra RF 360 của Fig.3. Như được minh họa, máy truyền thông 500 có thể bao gồm bộ xử lý 502, bộ nhớ 504, module cân bằng kênh OTA 509, module kiểm tra mmWave 508, bộ thu phát 510 bao gồm hệ thống con modem 512 và khối RF 514, và một hoặc nhiều anten 516. Các phần tử này có thể truyền thông trực tiếp hoặc gián tiếp với nhau, ví dụ qua một hoặc nhiều bus.

Bộ xử lý 502 có thể có nhiều tính năng khác nhau như một bộ xử lý kiểu riêng. Ví dụ, bộ xử lý này có thể bao gồm CPU, DSP, ASIC, bộ điều khiển, thiết bị FPGA, thiết bị phần cứng khác, thiết bị firmware, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng được tạo cấu hình để thực hiện các hoạt động được mô tả trong bản mô tả này. Bộ xử lý 502 cũng có thể được thực hiện dưới dạng tổ hợp của các thiết bị điện toán, ví dụ, tổ hợp của DSP và bộ vi xử lý, nhiều bộ vi xử lý, một hoặc nhiều bộ vi xử lý kết hợp với lõi DSP, hoặc các cấu hình như vậy bất kỳ khác.

Bộ nhớ 504 có thể bao gồm bộ nhớ đệm (ví dụ, bộ nhớ đệm của bộ xử lý 502), RAM, MRAM, ROM, PROM, EPROM, EEPROM, bộ nhớ flash, thiết bị nhớ ở trạng thái rắn, một hoặc nhiều đĩa cứng, các mảng dựa vào bộ nhớ điện trở, các dạng khác của bộ nhớ khả biến và không khả biến, hoặc tổ hợp của các loại bộ nhớ khác. Theo một số khía cạnh, bộ nhớ 504 có thể bao gồm phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính. Bộ nhớ 504 có thể lưu trữ các lệnh 506. Các lệnh 506 có thể bao gồm các lệnh, khi được thực thi bởi bộ xử lý 502, khiến cho bộ xử lý 502 thực hiện các hoạt động được mô tả trong bản mô tả này, ví dụ, các khía cạnh trên các hình vẽ trên Fig.3 và Fig.6 đến Fig.7. Các lệnh 506 có thể cũng là mã, có thể được hiểu theo nghĩa rộng là bao gồm loại bất kỳ trong số (các) lệnh đọc được bằng máy tính được như đã mô tả ở trên dựa vào Fig.4.

Mỗi trong số module kiểm tra mmWave 508 và module cân bằng kênh OTA 509 có thể được thực hiện thông qua phần cứng, phần mềm hoặc tổ hợp của chúng. Ví dụ, mỗi trong số module kiểm tra mmWave 508 và module cân bằng kênh OTA 509 có thể được thực hiện dưới dạng bộ xử lý, mạch, và/hoặc các lệnh 506 được lưu trữ trong bộ nhớ 504 và được thực thi bởi bộ xử lý 502. Trong một số ví dụ, module kiểm tra mmWave 508 và module cân bằng kênh OTA 509 có thể được tích hợp trong hệ thống con modem 512. Ví dụ, module kiểm tra mmWave 508 và module cân bằng kênh OTA 509 có thể được thực hiện bởi tổ hợp của các thành phần phần mềm (ví dụ, được thực thi bởi DSP hoặc bộ xử lý chung) và các thành phần phần cứng (ví dụ, các cổng logic và hệ mạch) trong hệ thống con modem 512. Trong một số ví dụ, UE có thể bao gồm một hoặc cả hai module kiểm tra mmWave 508 và module cân bằng kênh OTA 509. Trong các ví dụ khác, UE có thể bao gồm cả module kiểm tra mmWave 508 và module cân bằng kênh OTA 509.

Module kiểm tra mmWave 508 và module cân bằng kênh OTA 509 có thể được sử dụng cho các khía cạnh khác nhau của sáng chế, ví dụ, các khía cạnh trên Fig. 3 và Fig.6. Module kiểm tra mmWave 508 được tạo cấu hình để truyền các tín hiệu tham chiếu (ví dụ, các SSB, các tín hiệu đồng bộ hóa, và các CSI-RS) đến UE (ví dụ, các UE 115, 315, và/hoặc 400) được đặt trong buồng OTA (ví dụ, buồng OTA 370), nhận thông tin trạng thái kênh (ví dụ, các RSRPB và các RSARP) từ UE, cung cấp thông tin trạng thái kênh cho module cân bằng kênh OTA 509, và tạo ra các tín hiệu kiểm tra để kiểm tra mmWave.

Modun cân bằng kênh OTA 509 được tạo cấu hình để xác định ước lượng kênh để kết nối OTA giữa máy truyền thông 500 UE dựa vào thông tin trạng thái kênh, xác định bộ cân bằng kênh cho kênh OTA dựa vào ước lượng kênh (ví dụ, vì sử dụng kỹ thuật không cưỡng ép), và áp dụng bộ cân bằng kênh OTA cho các tín hiệu kiểm tra trước khi truyền để bù trước các tín hiệu kiểm tra với nghịch đảo của đáp ứng kênh OTA. Các cơ chế để cân bằng kênh OTA trong kiểm tra mmWave được mô tả chi tiết hơn ở đây.

Như được thể hiện, bộ thu phát 510 có thể bao gồm hệ thống con modem 512 và khối RF 514. Bộ thu phát 510 có thể được tạo cấu hình để truyền thông hai chiều với các thiết bị khác, như các UE 115 và/hoặc 400 và/hoặc phần tử mạng lõi khác. Hệ thống con modem 512 có thể được tạo cấu hình để điều chế và/hoặc mã hóa dữ liệu theo MCS, ví dụ, sơ đồ mã hóa LDPC, sơ đồ mã hóa turbo, sơ đồ mã hóa tích chập, sơ đồ điều hướng chùm sóng số, v.v. Khối RF 514 có thể được tạo cấu hình để xử lý (ví dụ, thực hiện chuyển đổi từ tương tự sang số hoặc chuyển đổi từ số sang tương tự, v.v.) dữ liệu điều chế/mã hóa (ví dụ, SSB, các tín hiệu đồng bộ hóa, CSI-RS, các tín hiệu kiểm tra) từ hệ thống con modem 512 (trên các cuộc truyền ra ngoài) hoặc các cuộc truyền xuất phát từ nguồn khác như UE 115 và/hoặc UE 400. Khối RF 514 còn có thể được tạo cấu hình để thực hiện việc điều hướng chùm sóng tương tự liên quan đến việc điều hướng chùm sóng số. Mặc dù được thể hiện là được tích hợp cùng nhau trong bộ thu phát 510, nhưng hệ thống con modem 512 và/hoặc khối RF 514 có thể là các thiết bị riêng được ghép nối với nhau tại BS 105 để cho phép BS 105 truyền thông với các thiết bị khác.

Khối RF 514 có thể cung cấp dữ liệu được điều chế và/hoặc được xử lý, ví dụ, các gói dữ liệu (hoặc, nói chung hơn nữa, các bản tin dữ liệu có thể chứa một hoặc nhiều các gói dữ liệu và thông tin khác), đến anten 516 cho cuộc truyền đến một hoặc nhiều thiết bị khác. Việc này có thể bao gồm, ví dụ, truyền thông tin để hoàn thành việc gắn vào mạng và truyền thông với UE 115 hoặc 400 đã được chiếm theo một số khía cạnh của sáng chế. Các anten 516 còn có thể nhận các bản tin dữ liệu được truyền từ các thiết bị khác và cung cấp các bản tin dữ liệu nhận được để xử lý và/hoặc giải điều chế tại bộ thu phát 510. Bộ thu phát 510 có thể cung cấp dữ liệu được giải điều chế và giải mã (ví dụ, thông tin trạng thái kênh, các RSRPB, các RSARP) đến modun kiểm tra mmWave 508 và modun bộ cân bằng kênh OTA 509 để xử lý. Các anten 516 có thể bao gồm nhiều anten có thiết kế tương tự nhau hoặc khác nhau để duy trì nhiều liên kết truyền.

Trong ví dụ, bộ thu phát 510 được tạo cấu hình để truyền một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu đến UE được đặt trong buồng OTA, nhận thông tin trạng thái kênh từ UE để đáp ứng một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu, ví dụ, bằng cách phối hợp với module kiểm tra mmWave 508. Bộ xử lý được tạo cấu hình để xác định ước lượng kênh để kết nối OTA giữa máy truyền thông 500 và UE, ví dụ, bằng cách phối hợp với module kiểm tra mmWave 508 và module bộ cân bằng kênh OTA 509. Bộ thu phát 510 được tạo cấu hình để tạo ra tín hiệu kiểm tra với bù trước dựa vào ước lượng kênh để kết nối OTA, ví dụ, bằng cách phối hợp với module kiểm tra mmWave 508 và module cân bằng kênh OTA 509.

Theo khía cạnh, máy truyền thông 500 có thể bao gồm nhiều bộ thu phát 510 thực hiện các RAT khác nhau (ví dụ, NR và LTE). Theo một khía cạnh, máy truyền thông 500 có thể bao gồm một bộ thu phát 510 thực hiện nhiều RAT (ví dụ, NR và LTE). Theo một khía cạnh, bộ thu phát 510 có thể bao gồm các thành phần khác nhau, trong đó tổ hợp của thành phần khác nhau có thể thực hiện các RAT khác nhau.

Fig.6 là sơ đồ báo hiệu của phương pháp kiểm tra thiết bị truyền thông không dây mmWave 600 theo một số khía cạnh của sáng chế. Phương pháp 600 có thể được thực hiện bởi hệ thống kiểm tra 300 để kiểm tra các thiết bị truyền thông không dây hoạt động ở tần số mmWave. Cụ thể, phương pháp 600 có thể được thực hiện giữa thiết bị kiểm tra 605 và UE 615. Thiết bị kiểm tra 605 có thể tương tự với thiết bị kiểm tra BB 350, thiết bị kiểm tra RF 360, và/hoặc máy truyền thông 500. UE 615 có thể tương tự với các UE 115, 315, và/hoặc 400. UE 615 có thể được đặt trong một buồng kiểm tra OTA tương tự như buồng OTA 370. Các bước của phương pháp 600 có thể được thực thi bởi các thiết bị điện toán (ví dụ, bộ xử lý, mạch xử lý và/hoặc thành phần thích hợp khác) của thiết bị kiểm tra 605 và UE 615. Như được minh họa, phương pháp 600 bao gồm một số bước được đánh số, nhưng các phương án của phương pháp 600 có thể bao gồm các bước bổ sung trước, sau, và giữa các bước được đánh số. Theo một số khía cạnh, một hoặc nhiều bước được đánh số có thể được bỏ qua hoặc được thực hiện theo thứ tự khác.

Tại mức cao hơn, thiết bị kiểm tra 605 có thể truyền các tín hiệu tham chiếu đến UE 615. UE 615 có thể báo cáo thông tin kênh dựa vào các tín hiệu tham chiếu. Thiết bị kiểm tra 605 có thể thực hiện các hoạt động tương tự như BS (ví dụ, các BS 105). Ví dụ, thiết bị kiểm tra 605 có thể truyền các SSB và/hoặc các CSI-RS đến UE 615, có thể hoạt

động như các tín hiệu tham chiếu để đo lường kênh tại UE 615. Thiết bị kiểm tra 605 có thể xác định đáp ứng kênh (ví dụ, kênh OTA 380) để kết nối OTA dựa vào thông tin kênh được báo cáo và cân bằng trước hoặc bù trước các tín hiệu kiểm tra với đáp ứng nghịch đảo ước lượng kênh OTA trước khi truyền các tín hiệu kiểm tra đến UE 615.

Tại bước 610, thiết bị kiểm tra 605 truyền các SSB đến UE 615. Như được đề cập ở trên, các SSB có thể bao gồm các tín hiệu PSS, SSS, và/hoặc PBCH. Theo một số khía cạnh, các SSS có thể được sử dụng bởi UE 615 để đo lường kênh. Thiết bị kiểm tra 605 có thể truyền các SSB theo chu kỳ. Ví dụ, thiết bị kiểm tra 605 có thể sử dụng các thành phần, như bộ thu phát 510, để truyền các SSB theo chu kỳ nhất định.

Tại bước 620, thiết bị kiểm tra 605 truyền các CSI-RS đến UE 615. Thiết bị kiểm tra 605 có thể truyền CSI-RS theo chu kỳ. Ví dụ, thiết bị kiểm tra 605 có thể sử dụng các thành phần, như bộ thu phát 510, để truyền CSI-RS theo chu kỳ nhất định. Theo một số khía cạnh, thiết bị kiểm tra 605 có thể truyền các SSS hoặc các SSB ít thường xuyên hơn các CSI-RS. Nói cách khác, các SSB hoặc các SSS có chu kỳ thấp hơn CSI-RS. Ngoài ra, các SSB có thể chiếm băng thông tần số nhỏ hơn CSI-RS. Ví dụ, SSB hoặc SSS có thể chiếm khoảng 20 RB (ví dụ, các RB 210) ở khoảng cách sóng mang con 15 kHz, trong khi CSI-RS có thể chiếm toàn bộ băng thông kênh hoặc BWP được sử dụng để truyền thông giữa thiết bị kiểm tra 605 và UE 615. Nói cách khác, các SSS hoặc các SSB có thể có mật độ thời gian và/hoặc tần số thấp hơn CSI-RS. Do đó, CSI-RS có thể cho phép các phép đo kênh chính xác hơn.

Tại bước 630, khi nhận được các SSB và các CSI-RS, UE 615 có thể xác định thông tin trạng thái kênh dựa vào các SSB và các CSI-RS nhận được. Về vấn đề này, UE 615 có thể xác định công suất tín hiệu nhận được và/hoặc thông tin pha tương đối tại các phần tử anten (ví dụ, anten 416) tại UE 615 dựa vào các tín hiệu đồng bộ hóa trong các SSB và/hoặc các CSI-RS. Ví dụ, UE 615 có thể sử dụng các thành phần, như bộ xử lý 402, module báo cáo và đo lường kênh 408, và bộ thu phát 410, để nhận tín hiệu mang SSB, nhận tín hiệu mang CSI-RS, xác định công suất tín hiệu nhận được cho SSB, xác định công suất tín hiệu nhận được cho CSI-RS, xác định pha tương đối giữa tín hiệu nhận được từ phần tử anten thứ nhất và phần tử anten thứ hai tại UE 615.

Theo một số khía cạnh, UE 615 có thể xác định RSRPB và/hoặc RSARP từ các tín hiệu đồng bộ hóa (ví dụ, các SSS) trong các SSB và/hoặc các CSI-RS. RSRPB có thể

tham chiếu để nhận công suất tín hiệu trên mỗi nhánh. Ví dụ, các cuộc truyền mmWave có thể có hai phân cực. Hai phân cực trực giao với nhau. Tuy nhiên, trong thực tế, có thể có sự rò rỉ giữa hai phân cực. UE 615 có thể tính toán công suất tín hiệu nhận được cho SSS ở một phân cực và công suất tín hiệu nhận được khác cho SSS ở phân cực khác. Tương tự, UE 615 có thể tính toán công suất tín hiệu nhận được cho CSI-RS ở một phân cực và công suất tín hiệu nhận được khác cho CSI-RS ở phân cực khác. RSARP có thể đề cập đến chênh lệch pha giữa cổng Anten tham chiếu và cổng Anten khác tại UE 615. Ví dụ, UE 615 có thể nhận SSS tại cổng Anten 0 và cổng Anten 1. Trong một số ví dụ, cổng Anten 0 và cổng Anten 1 mỗi loại có thể tương ứng với một trong số các phân cực. UE 615 có thể xác định chênh lệch pha giữa SSS nhận được tại cổng Anten 0 và SSS nhận được tại cổng Anten 1. Tương tự, UE 615 có thể nhận CSI-RS tại cổng Anten 0 và cổng Anten 1 và xác định chênh lệch pha giữa CSI-RS nhận được tại cổng Anten 0 và CSI-RS nhận được tại cổng Anten 1.

Tại bước 640, UE 615 truyền báo cáo kênh tới thiết bị kiểm tra 605 dựa vào các phép đo kênh. Trong một số ví dụ, báo cáo kênh có thể bao gồm các RSRPB được xác định dựa vào các SSS, các RSARP được xác định dựa vào các SSS, các RSRPB được xác định dựa vào các CSI-RS, các RSARP được xác định dựa vào các CSI-RS, hoặc bất kỳ tổ hợp nào của chúng. Ví dụ, UE 615 có thể sử dụng các thành phần, như bộ xử lý 402, mô đun báo cáo và đo lường kênh 408, và/hoặc bộ thu phát 410, để truyền báo cáo kênh.

Tại bước 650, khi nhận được báo cáo kênh, thiết bị kiểm tra 605 có thể xác định ước lượng kênh để kết nối OTA dựa vào các báo cáo kênh nhận được. Về vấn đề này, thiết bị kiểm tra 605 có thể cấu tạo ma trận kênh biểu diễn kênh OTA từ thông tin biên độ được xác định từ các RSRPB nhận được và thông tin pha được xác định từ các RSARP nhận được.

Tham chiếu đến hệ thống 300 trong Fig.3 và Phương trình (1) được đề cập ở trên, thiết bị kiểm tra 605 có thể cấu tạo ma trận kênh OTA $H_{undesired}$ từ các RSRPB và các RSARP nhận được. Theo ví dụ, thiết bị kiểm tra 605 có thể có hai Anten truyền (ví dụ, Anten truyền thứ nhất Tx0 và Anten truyền thứ hai Tx1) và UE 615 có thể có hai Anten nhận (ví dụ, Anten nhận thứ nhất Rx0 và Anten nhận thứ hai Rx1). Thiết bị kiểm tra 605 có thể truyền tín hiệu tham chiếu bằng cách sử dụng phân cực thứ nhất qua Anten truyền

thứ nhất Tx0 và sử dụng phân cực thứ hai qua anten truyền thứ hai Tx1. Đối với mỗi phân cực, UE 615 có thể tính toán công suất tín hiệu nhận của tín hiệu tham chiếu tại anten nhận thứ nhất Rx0 và công suất tín hiệu nhận của tín hiệu tham chiếu tại anten nhận thứ hai Rx1. Do đó, với hai phân cực, UE 615 có thể tính toán và báo cáo bốn RSRPB. Ví dụ, bốn RSRPB có thể bao gồm công suất tín hiệu nhận được đo tại anten UE Rx0 dựa vào cuộc truyền từ anten thiết bị kiểm tra Tx0 (được ký hiệu là cuộc nhận Tx0Rx0), công suất tín hiệu nhận được đo tại anten UE Rx1 dựa vào cuộc truyền từ anten thiết bị kiểm tra Tx0 (được ký hiệu là cuộc nhận Tx0Rx1), công suất tín hiệu nhận được đo tại anten UE dựa vào cuộc truyền Rx0 từ anten thiết bị kiểm tra Tx1 (được ký hiệu là cuộc nhận Tx1Rx0), và công suất tín hiệu nhận được đo tại anten UE Rx1 dựa vào cuộc truyền từ anten thiết bị kiểm tra Tx1 (được ký hiệu là cuộc nhận Tx1Rx1). Thiết bị kiểm tra 605 có thể cấu tạo phần biên độ của $H_{undesired}$ dựa vào các RSRPB. Tương tự, cho mỗi phân cực, UE 615 có thể tính toán pha tương đối giữa anten nhận thứ nhất và anten thứ hai. Do đó, với hai phân cực, UE 615 có thể tính toán và báo cáo hai RSARP. Ví dụ, các RSARP có thể bao gồm pha tương đối giữa Tx0Rx0 và Tx0Rx1 và pha tương đối giữa Tx1Rx0 và Tx1Rx1. Thiết bị kiểm tra 605 có thể cấu tạo phần pha của $H_{chamber}$ dựa vào các RSARP. Trong một số ví dụ, thiết bị kiểm tra 605 có thể sử dụng các thành phần, như bộ xử lý 502, module kiểm tra mmWave 508, module cân bằng kênh OTA 509, và bộ thu phát 510, để cấu tạo ước lượng kênh OTA $H_{undesired}$ dựa vào các RSRPB và/hoặc các RSARP được báo cáo của UE 615 như được đề cập.

Tại bước 660, sau khi xác định đáp ứng kênh OTA hoặc $H_{undesired}$, thiết bị kiểm tra 605 có thể xác định bộ cân bằng kênh OTA dựa vào $H_{undesired}$. Ví dụ, thiết bị kiểm tra 605 có thể áp dụng phương pháp tiếp cận không cưỡng ép (zero forcing - ZF) để xác định ma trận bộ cân bằng kênh giả như được đề cập dưới đây:

$$H_{undesired}^+ = (H_{undesired}^H \times H_{undesired})^{-1} \times H_{undesired}^H, \quad (2)$$

trong đó $H_{undesired}^+$ biểu diễn ma trận bộ cân bằng kênh giả và $H_{undesired}^H$ biểu diễn dạng Hermitian của $H_{undesired}$. Trong một số ví dụ, thiết bị kiểm tra 605 có thể sử dụng các thành phần, như bộ xử lý 502, module kiểm tra mmWave 508, module cân bằng kênh OTA 509, và bộ thu phát 510, để xác định bộ cân bằng kênh OTA như được minh họa trong Phương trình (2).

Tại bước 670, thiết bị kiểm tra 605 có thể thực hiện kiểm tra mmWave trên UE

615 bằng cách tạo tín hiệu kiểm tra với cân bằng trước kênh OTA như được đề cập dưới đây:

$$\begin{aligned} Y' &= H_{undesired}^+ \times H_{undesired} \times (H_{desired} \times P \times X + N) \\ &= H_{desired} \times P \times X + N, \end{aligned} \quad (3)$$

trong đó Y' biểu diễn tín hiệu nhận được tại UE 615 sau khi cân bằng trước. Như có thể được quan sát từ Phương trình (3), UE 615 có thể nhận tín hiệu kiểm tra với kênh mong muốn $H_{desired}$ và không có kênh OTA không mong muốn $H_{undesired}$. Ví dụ, thiết bị kiểm tra 605 có thể sử dụng các thành phần, như bộ xử lý 502, module kiểm tra mmWave 508, module cân bằng kênh OTA 509, và bộ thu phát 510, để tạo ra tín hiệu kiểm tra với cân bằng kênh OTA như được minh họa trong Phương trình (3).

Sau đó, UE 615 có thể xác định các kết quả kiểm tra dựa vào các tín hiệu kiểm tra. UE 615 có thể báo cáo các kết quả kiểm tra đến thiết bị kiểm tra 605. Thay thế, thiết bị kiểm tra 605 có thể truy vấn UE 615 để biết kết quả kiểm tra.

Theo một số khía cạnh, các bước 630 đến 660 (được minh họa bằng hộp nét đứt) có thể được lặp lại, ví dụ, ở một khoảng thời gian lớn hơn khoảng thời gian lặp lại (ví dụ, khoảng thời gian T) của cuộc truyền SSB và/hoặc khoảng thời gian lặp lại của CSI-RS. Nói cách khác, UE 615 có thể truyền các RSRPB và/hoặc các RSARP được lặp lại dựa vào cuộc nhận khác của các SSS và/hoặc các CSI-RS và thiết bị kiểm tra 605 có thể tính toán lại hoặc cập nhật bộ cân bằng $H_{undesired}^+$ dựa vào các RSRPB và/hoặc các RSARP được cập nhật.

Theo một số khía cạnh, các bước 630 đến 660 có thể được lặp lại khi các hướng tương đối giữa thiết bị kiểm tra 605 và UE 615 thay đổi. Ví dụ, UE 615 có thể được đặt lại trong buồng OTA sao cho cuộc truyền đến thiết bị kiểm tra 605 và/hoặc cuộc nhận từ thiết bị kiểm tra 605 được thay đổi sang góc khác. Như được đề cập ở trên, kênh OTA có thể thay đổi dựa vào góc hoặc hướng tương đối giữa kiểm tra thiết bị 605 và UE 615. Do đó, các bước 630 đến 660 có thể được lặp lại để thiết bị kiểm tra 605 có thể cập nhật bộ cân bằng $H_{undesired}^+$ cho kênh được cập nhật trước khi tiếp tục kiểm tra.

Mặc dù phương pháp 600 được mô tả trong ngữ cảnh kiểm tra bộ thu của UE 615, các cơ chế tương tự có thể được áp dụng cho việc kiểm tra bộ thu của thiết bị kiểm tra 605. Ví dụ, thiết bị kiểm tra 605 có thể áp dụng bộ cân bằng kênh OTA tương tự với tín

hiệu nhận được từ UE để bù sau kênh OTA.

Fig.7 là lưu đồ của phương pháp kiểm tra thiết bị truyền thông không dây mmWave 700 theo một số khía cạnh của sáng chế. Các bước của phương pháp 700 có thể được thực thi bởi thiết bị điện toán (ví dụ, bộ xử lý, mạch xử lý, và/hoặc thành phần thích hợp khác) của máy hoặc phương tiện thích hợp khác để thực hiện các bước này. Ví dụ, máy, như máy truyền thông 500, thiết bị kiểm tra 350 và/hoặc 615, có thể sử dụng một hoặc nhiều thành phần, như bộ xử lý 502, bộ nhớ 504, module cân bằng kênh OTA 509, bộ thu phát 510, modem 512, và một hoặc nhiều anten 516, để thực thi các bước của phương pháp 700. Phương pháp 700 có thể sử dụng các cơ chế tương tự như trong phương pháp 600 được mô tả ở trên dựa vào Fig.6. Như được minh họa, phương pháp 700 bao gồm một số bước được đánh số, nhưng các khía cạnh của phương pháp 700 có thể bao gồm các bước bổ sung trước, sau, và giữa các bước được đánh số này. Theo một số khía cạnh, một hoặc nhiều bước được đánh số có thể được bỏ qua hoặc được thực hiện theo thứ tự khác.

Tại khối 710, máy truyền, đến thiết bị truyền thông không dây được đặt trong không gian OTA, một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu. Thiết bị truyền thông không dây có thể tương ứng với UE tương tự như các UE 115, 315, và/hoặc 615. Ví dụ, máy có thể sử dụng các thành phần, như bộ xử lý 502, module kiểm tra mmWave 508, module cân bằng kênh OTA 509, và bộ thu phát 510, để truyền một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu đến thiết bị truyền thông không dây được đặt trong không gian OTA.

Tại khối 720, máy nhận, từ thiết bị truyền thông không dây, thông tin trạng thái kênh để đáp lại một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu. Ví dụ, máy có thể sử dụng các thành phần, như bộ xử lý 502, module kiểm tra mmWave 508, module cân bằng kênh OTA 509, và bộ thu phát 510, để nhận thông tin trạng thái kênh từ thiết bị truyền thông không dây để đáp lại một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu.

Tại khối 730, máy xác định ước lượng kênh (ví dụ, $H_{undesired}$) cho không gian OTA dựa vào thông tin trạng thái kênh đã nhận. Ví dụ, máy có thể sử dụng các thành phần, như bộ xử lý 502, module kiểm tra mmWave 508, module cân bằng kênh OTA 509, và bộ thu phát 510, để xác định ước lượng kênh cho không gian OTA dựa vào thông tin trạng thái kênh đã nhận.

Tại khối 740, máy truyền, đến thiết bị truyền thông không dây, tín hiệu truyền

thông dựa vào kênh tham chiếu (ví dụ, $H_{desired}$) và ước lượng kênh cho không gian OTA. Ví dụ, máy có thể sử dụng các thành phần, như bộ xử lý 502, module kiểm tra mmWave 508, module cân bằng kênh OTA 509, và bộ thu phát 510, để truyền tín hiệu truyền thông đến thiết bị truyền thông không dây dựa vào kênh tham chiếu và ước lượng kênh cho không gian OTA.

Theo một số khía cạnh, thông tin trạng thái kênh bao gồm ít nhất một trong số phép đo công suất tín hiệu nhận được dựa vào phân cực tham chiếu hoặc thông tin pha tương đối giữa hai phần tử anten tại thiết bị truyền thông không dây. Theo một số khía cạnh, thông tin trạng thái kênh bao gồm RSRPB, RSARP, hoặc bất kỳ tổ hợp nào của chúng.

Theo một số khía cạnh, một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu bao gồm tín hiệu đồng bộ hóa (ví dụ, SSS), CSI-RS, hoặc bất kỳ tổ hợp nào của chúng. Theo một số khía cạnh, một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu bao gồm CSI-RS và thông tin trạng thái kênh bao gồm ít nhất một trong số RSRPB hoặc RSARP được đo từ CSI-RS. Theo một số khía cạnh, máy truyền một hoặc nhiều tham chiếu trong băng tần mmWave.

Theo một số khía cạnh, máy còn xác định một bộ cân bằng ZF dựa vào ước lượng kênh cho không gian OTA, ví dụ, như được minh họa trong Phương trình (2) ở trên.

Theo một số khía cạnh, không gian OTA bao gồm buồng kiểm tra OTA tương tự như buồng OTA 370 và thông tin trạng thái kênh bao gồm đặc tính kênh liên quan đến buồng OTA và đầu trước (ví dụ, khối RF 414) của thiết bị truyền thông không dây.

Thông tin và tín hiệu có thể được biểu diễn bằng cách sử dụng bất kỳ trong số các công nghệ và kỹ thuật khác nhau. Ví dụ, dữ liệu, lệnh, mệnh lệnh, thông tin, tín hiệu, bit, ký hiệu, và chip mà có thể được đề cập trong suốt bản mô tả ở trên có thể được biểu diễn bằng điện áp, dòng điện, sóng điện từ, trường hoặc các hạt từ, trường hoặc các hạt quang, hoặc nhất quán bất kỳ của chúng.

Các khối và module minh họa khác nhau được mô tả liên quan đến nội dung được bộc lộ ở đây có thể được thực thi hoặc thực hiện bởi bộ xử lý đa dụng, DSP, ASIC, FPGA hoặc thiết bị logic lập trình được khác, công rời rạc hoặc logic bóng bán dẫn, các thành phần phần cứng rời rạc, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng được thiết kế để thực hiện các chức năng được mô tả ở đây. Bộ xử lý đa dụng có thể là bộ vi xử lý, nhưng thay vào đó, bộ xử lý này có thể là bất kỳ bộ xử lý, bộ điều khiển, vi điều khiển, hoặc máy trạng

thái thông thường nào. Bộ xử lý cũng có thể được thực hiện dưới dạng tổ hợp của các thiết bị điện toán (ví dụ, tổ hợp của DSP và bộ vi xử lý, nhiều bộ vi xử lý, một hoặc nhiều bộ vi xử lý kết hợp với lõi DSP, hoặc cấu hình khác bất kỳ).

Các chức năng mô tả ở đây có thể được thực hiện bằng phần cứng, phần mềm được thực thi bởi bộ xử lý, firmware, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Nếu được thực hiện bằng phần mềm thực thi bởi bộ xử lý, các chức năng có thể được lưu trữ hoặc được truyền dưới dạng một hoặc nhiều lệnh hoặc mã trên phương tiện đọc được bằng máy tính. Các ví dụ và phương án khác đều nằm trong phạm vi của sáng chế và các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo. Ví dụ, do bản chất của phần mềm, nên các chức năng được mô tả ở trên có thể được thực hiện bằng cách sử dụng phần mềm thực thi bởi bộ xử lý, phần cứng, firmware, nổi cứng, hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Các dấu hiệu thực hiện các chức năng cũng có thể được đặt vị vật lý ở các vị trí khác nhau, bao gồm được phân bố sao cho các phần của chức năng được thực hiện tại các vị trí vật lý khác nhau. Ngoài ra, như được sử dụng ở đây, bao gồm trong các yêu cầu bảo hộ, “hoặc” như được sử dụng trong danh sách các mục (ví dụ, danh sách các mục bắt đầu bằng cụm từ như “ít nhất một trong số” hoặc “một hoặc nhiều trong số”) chỉ danh sách bao quát sao cho, ví dụ, danh sách gồm ít nhất một trong số A, B, hoặc C có nghĩa là A hoặc B hoặc C hoặc AB hoặc AC hoặc BC hoặc ABC (tức là, A và B và C).

Như người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ hiểu và tùy thuộc vào ứng dụng cụ thể sẵn sàng, nhiều cải biến, thay thế và biến thể có thể được thực hiện đối với vật liệu, máy, cấu hình và phương pháp sử dụng thiết bị theo sáng chế mà không nằm ngoài ý tưởng và phạm vi của sáng chế. Do đó, phạm vi của sáng chế không bị giới hạn ở phạm vi của các phương án cụ thể được minh họa và mô tả ở đây, vì chúng chỉ là một số ví dụ của sáng chế, thay vào đó, phạm vi của sáng chế chính là phạm vi của các yêu cầu bảo hộ kèm theo sau đây và các dạng tương đương về chức năng của chúng.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp truyền thông không dây, phương pháp này bao gồm các bước:

truyền, bởi máy đến thiết bị truyền thông không dây được đặt trong không gian qua không trung (over-the-air - OTA), một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu;

nhận, bởi máy từ thiết bị truyền thông không dây, thông tin trạng thái kênh để đáp lại một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu;

xác định, bởi máy, ước lượng kênh cho không gian OTA dựa vào thông tin trạng thái kênh đã nhận; và

truyền, bởi máy đến thiết bị truyền thông không dây, tín hiệu truyền thông dựa vào kênh tham chiếu và ước lượng kênh cho không gian OTA; và

xác định, bởi máy, bộ cân bằng kênh dựa vào ước lượng kênh cho không gian OTA.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước nhận bao gồm:

nhận, bởi máy từ thiết bị truyền thông không dây, ít nhất một trong số phép đo công suất tín hiệu nhận được dựa vào phân cực tham chiếu hoặc thông tin pha tương đối giữa hai phần tử anten tại thiết bị truyền thông không dây.

3. Phương pháp theo điểm 2, trong đó bước nhận bao gồm:

nhận, bởi máy từ thiết bị truyền thông không dây, báo cáo công suất tín hiệu tham chiếu nhận được trên mỗi nhánh (reference signal received power per branch - RSRPB) bao gồm phép đo công suất tín hiệu nhận được.

4. Phương pháp theo điểm 2, trong đó việc nhận bao gồm:

nhận, bởi máy từ thiết bị truyền thông không dây, báo cáo pha tương đối của anten tín hiệu tham chiếu (reference signal antenna relative phase - RSARP) bao gồm thông tin pha tương đối.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước truyền bao gồm:

truyền, bởi máy đến thiết bị truyền thông không dây, tín hiệu đồng bộ hóa.

6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước truyền bao gồm:

truyền, bởi máy đến thiết bị truyền thông không dây, tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh (channel state information-reference signal - CSI-RS).

7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó việc nhận bao gồm:

nhận, bởi máy từ thiết bị truyền thông không dây, ít nhất một trong số báo cáo pha tương đối của anten tín hiệu tham chiếu (RSARP) dựa vào CSI-RS được truyền hoặc báo cáo pha tương đối của anten tín hiệu tham chiếu (RSARP) dựa vào CSI-RS được truyền.

8. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước truyền bao gồm:

truyền, bởi máy đến thiết bị truyền thông không dây, một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu trong băng tần sóng millimet (millimeter wave - mmWave).

9. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bộ cân bằng kênh là bộ cân bằng không cưỡng ép (zero forcing - ZF).

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

tạo ra, bởi máy, tín hiệu truyền thông dựa vào kênh tham chiếu và bộ cân bằng ZF.

11. Phương pháp theo điểm 1, trong đó thông tin trạng thái kênh bao gồm đặc tính kênh kết hợp với đầu trước của thiết bị truyền thông không dây.

12. Máy để truyền thông không dây, máy này bao gồm:

bộ thu phát được tạo cấu hình để:

truyền, đến thiết bị truyền thông không dây được đặt trong không gian qua không trung (OTA), một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu;

nhận, từ thiết bị truyền thông không dây, thông tin trạng thái kênh để đáp lại một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu; và

truyền, đến thiết bị truyền thông không dây, tín hiệu truyền thông dựa vào kênh tham chiếu và ước lượng kênh cho không gian OTA; và

bộ xử lý được tạo cấu hình để:

xác định ước lượng kênh cho không gian OTA dựa vào thông tin trạng thái

kênh đã nhận; và

xác định, bởi máy, bộ cân bằng kênh dựa vào ước lượng kênh cho không gian OTA.

13. Máy theo điểm 12, trong đó bộ thu phát được tạo cấu hình để nhận thông tin trạng thái kênh được tạo cấu hình để:

nhận, từ thiết bị truyền thông không dây, ít nhất một trong số phép đo công suất tín hiệu nhận được dựa vào phân cực tham chiếu hoặc thông tin pha tương đối giữa hai phần tử anten tại thiết bị truyền thông không dây.

14. Máy theo điểm 13, trong đó bộ thu phát được tạo cấu hình để nhận thông tin trạng thái kênh được tạo cấu hình để:

nhận, từ thiết bị truyền thông không dây, báo cáo công suất tín hiệu tham chiếu nhận được trên mỗi nhánh (RSRPB) bao gồm phép đo công suất tín hiệu nhận được.

15. Máy theo điểm 13, trong đó bộ thu phát được tạo cấu hình để nhận thông tin trạng thái kênh được tạo cấu hình để:

nhận, bởi máy từ thiết bị truyền thông không dây, báo cáo pha tương đối của anten tín hiệu tham chiếu (RSARP) bao gồm thông tin pha tương đối.

16. Máy theo điểm 12, trong đó bộ thu phát được tạo cấu hình để truyền một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu được tạo cấu hình để:

truyền, đến thiết bị truyền thông không dây, tín hiệu đồng bộ hóa.

17. Máy theo điểm 12, trong đó bộ thu phát được tạo cấu hình để truyền một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu được tạo cấu hình để:

truyền, đến thiết bị truyền thông không dây, tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh (CSI-RS).

18. Máy theo điểm 17, trong đó bộ thu phát được tạo cấu hình để nhận thông tin trạng thái kênh được tạo cấu hình để:

nhận, từ thiết bị truyền thông không dây, ít nhất một trong số báo cáo pha tương

đối của anten tín hiệu tham chiếu (RSARP) dựa vào CSI-RS được truyền hoặc báo cáo pha tương đối của anten tín hiệu tham chiếu (RSARP) dựa vào CSI-RS được truyền.

19. Máy theo điểm 12, trong đó bộ thu phát được tạo cấu hình để truyền một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu được tạo cấu hình để:

truyền, đến thiết bị truyền thông không dây, một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu trong băng tần sóng millimet (mmWave).

20. Máy theo điểm 12, trong đó bộ cân bằng kênh là bộ cân bằng không cưỡng ép (ZF).

21. Máy theo điểm 20, trong đó bộ xử lý còn được tạo cấu hình để:

tạo ra tín hiệu truyền thông dựa vào kênh tham chiếu và bộ cân bằng ZF.

22. Máy theo điểm 12, trong đó thông tin trạng thái kênh bao gồm đặc tính kênh kết hợp với đầu trước của thiết bị truyền thông không dây.

23. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính có mã chương trình được ghi trên đó, mã chương trình này bao gồm:

mã để khiến cho máy truyền, đến thiết bị truyền thông không dây được đặt trong không gian qua không trung (OTA), một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu;

mã để khiến cho máy nhận, từ thiết bị truyền thông không dây, thông tin trạng thái kênh để đáp lại một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu; và

mã để khiến cho máy xác định ước lượng kênh cho không gian OTA dựa vào thông tin trạng thái kênh đã nhận;

mã để khiến cho máy truyền, đến thiết bị truyền thông không dây, tín hiệu truyền thông dựa vào kênh tham chiếu và ước lượng kênh cho không gian OTA; và

mã để khiến cho máy xác định bộ cân bằng kênh dựa vào ước lượng kênh cho không gian OTA.

24. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 23, trong đó mã để khiến cho máy nhận thông tin trạng thái kênh được tạo cấu hình để:

nhận, từ thiết bị truyền thông không dây, ít nhất một trong số phép đo công suất

tín hiệu nhận được dựa vào phân cực tham chiếu hoặc thông tin pha tương đối giữa hai phần tử anten tại thiết bị truyền thông không dây.

25. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 24, trong đó mã để khiến cho máy nhận thông tin trạng thái kênh được tạo cấu hình để:

nhận, từ thiết bị truyền thông không dây, báo cáo công suất tín hiệu tham chiếu nhận được trên mỗi nhánh (RSRPB) bao gồm phép đo công suất tín hiệu nhận được.

26. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 24, trong đó mã để khiến cho máy nhận thông tin trạng thái kênh được tạo cấu hình để:

nhận, bởi máy từ thiết bị truyền thông không dây, báo cáo pha tương đối của anten tín hiệu tham chiếu (RSARP) bao gồm thông tin pha tương đối.

27. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 23, trong đó mã để khiến cho máy truyền một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu được tạo cấu hình để:

truyền, đến thiết bị truyền thông không dây, tín hiệu đồng bộ hóa.

28. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 23, trong đó mã để khiến cho máy truyền một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu được tạo cấu hình để:

truyền, đến thiết bị truyền thông không dây, tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh (CSI-RS).

29. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 28, trong đó mã để khiến cho máy nhận thông tin trạng thái kênh được tạo cấu hình để:

nhận, từ thiết bị truyền thông không dây, ít nhất một trong số báo cáo pha tương đối của anten tín hiệu tham chiếu (RSARP) dựa vào CSI-RS được truyền hoặc báo cáo pha tương đối của anten tín hiệu tham chiếu (RSARP) dựa vào CSI-RS được truyền.

30. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 23, trong đó mã để khiến cho máy truyền một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu được tạo cấu hình để:

truyền, đến thiết bị truyền thông không dây, một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu trong băng tần sóng millimet (mmWave).

31. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 23, trong đó bộ cân bằng kênh là bộ cân bằng không cưỡng ép (ZF).

32. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 31, phương tiện này còn bao gồm:

mã để khiến cho máy tạo ra tín hiệu truyền thông dựa vào kênh tham chiếu và bộ cân bằng ZF.

33. Phương tiện bất biến đọc được bằng máy tính theo điểm 32, trong đó thông tin trạng thái kênh bao gồm đặc tính kênh kết hợp với đầu trước của thiết bị truyền thông không dây.

34. Máy để truyền thông không dây, máy này bao gồm:

phương tiện để truyền, đến thiết bị truyền thông không dây được đặt trong không gian qua không trung (OTA), một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu;

phương tiện để nhận, từ thiết bị truyền thông không dây, thông tin trạng thái kênh để đáp lại một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu; và

phương tiện để xác định ước lượng kênh cho không gian OTA dựa vào thông tin trạng thái kênh đã nhận; và

phương tiện để truyền, đến thiết bị truyền thông không dây, tín hiệu truyền thông dựa vào kênh tham chiếu và ước lượng kênh cho không gian OTA; và

phương tiện để xác định bộ cân bằng kênh dựa vào ước lượng kênh cho không gian OTA.

35. Máy theo điểm 34, trong đó phương tiện để nhận thông tin trạng thái kênh được tạo cấu hình để:

nhận, từ thiết bị truyền thông không dây, ít nhất một trong số phép đo công suất tín hiệu nhận được dựa vào phân cực tham chiếu hoặc thông tin pha tương đối giữa hai phần tử anten tại thiết bị truyền thông không dây.

36. Máy theo điểm 35, trong đó phương tiện để nhận thông tin trạng thái kênh được tạo

cấu hình để:

nhận, từ thiết bị truyền thông không dây, báo cáo công suất tín hiệu tham chiếu nhận được trên mỗi nhánh (RSRPB) bao gồm phép đo công suất tín hiệu nhận được.

37. Máy theo điểm 35, trong đó phương tiện để nhận thông tin trạng thái kênh được tạo cấu hình để:

nhận, bởi máy từ thiết bị truyền thông không dây, báo cáo pha tương đối của anten tín hiệu tham chiếu (RSARP) bao gồm thông tin pha tương đối.

38. Máy theo điểm 34, trong đó phương tiện để truyền một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu được tạo cấu hình để:

truyền, đến thiết bị truyền thông không dây, tín hiệu đồng bộ hóa.

39. Máy theo điểm 34, trong đó phương tiện để truyền một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu được tạo cấu hình để:

truyền, đến thiết bị truyền thông không dây, tín hiệu tham chiếu thông tin trạng thái kênh (CSI-RS).

40. Máy theo điểm 39, trong đó phương tiện để nhận thông tin trạng thái kênh được tạo cấu hình để:

nhận, từ thiết bị truyền thông không dây, ít nhất một trong số báo cáo pha tương đối của anten tín hiệu tham chiếu (RSARP) dựa vào CSI-RS được truyền hoặc báo cáo pha tương đối của anten tín hiệu tham chiếu (RSARP) dựa vào CSI-RS được truyền.

41. Máy theo điểm 34, trong đó phương tiện để truyền một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu được tạo cấu hình để:

truyền, đến thiết bị truyền thông không dây, một hoặc nhiều tín hiệu tham chiếu trong băng tần sóng millimet (mmWave).

42. Máy theo điểm 34, trong đó bộ cân bằng kênh là bộ cân bằng không cưỡng ép (ZF).

43. Máy theo điểm 42, máy này còn bao gồm:

phương tiện để tạo ra tín hiệu truyền thông dựa vào kênh tham chiếu và bộ cân bằng ZF.

44. Máy theo điểm 34, trong đó thông tin trạng thái kênh bao gồm đặc tính kênh kết hợp với đầu trước của thiết bị truyền thông không dây.

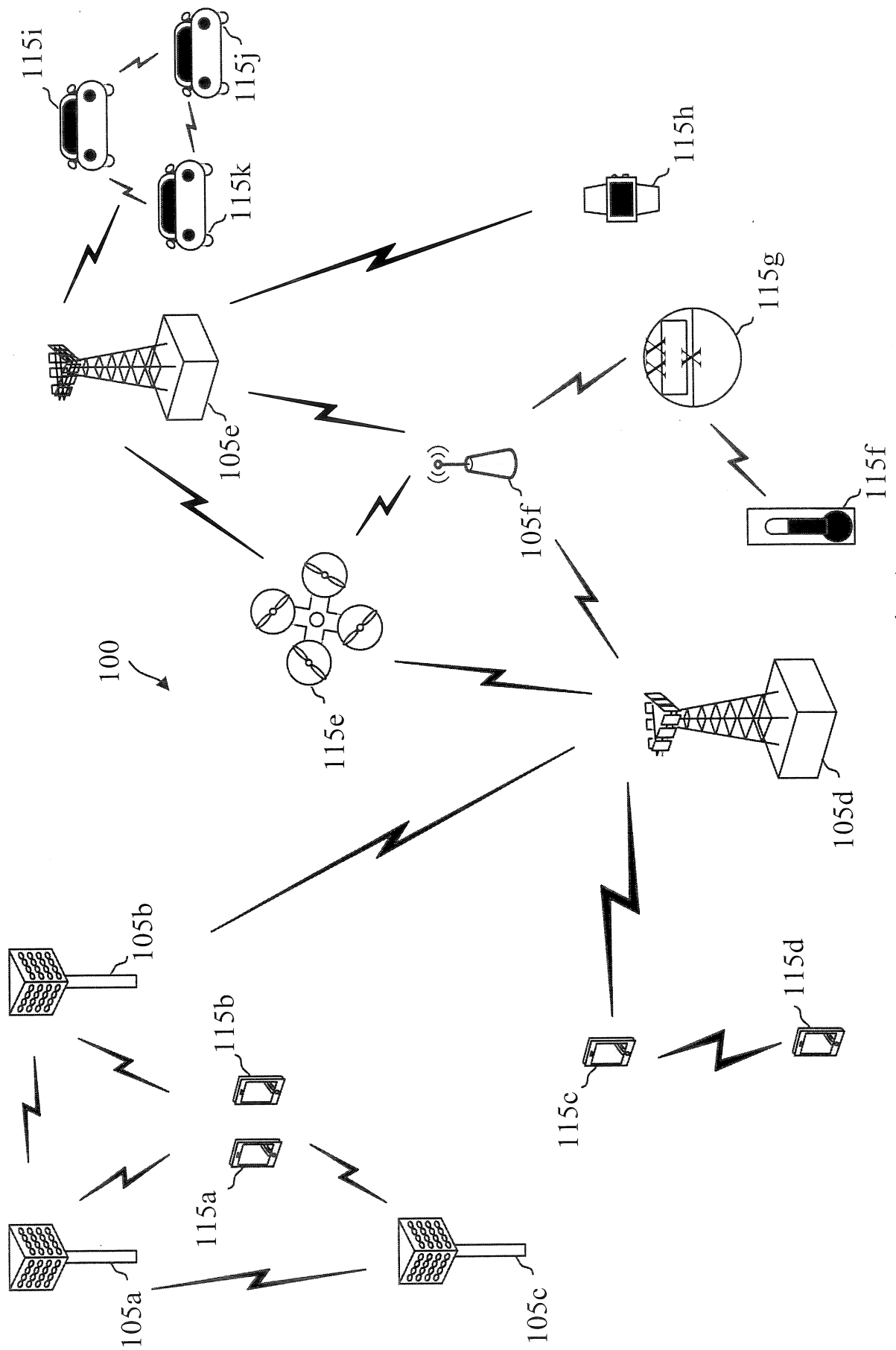


Fig.1

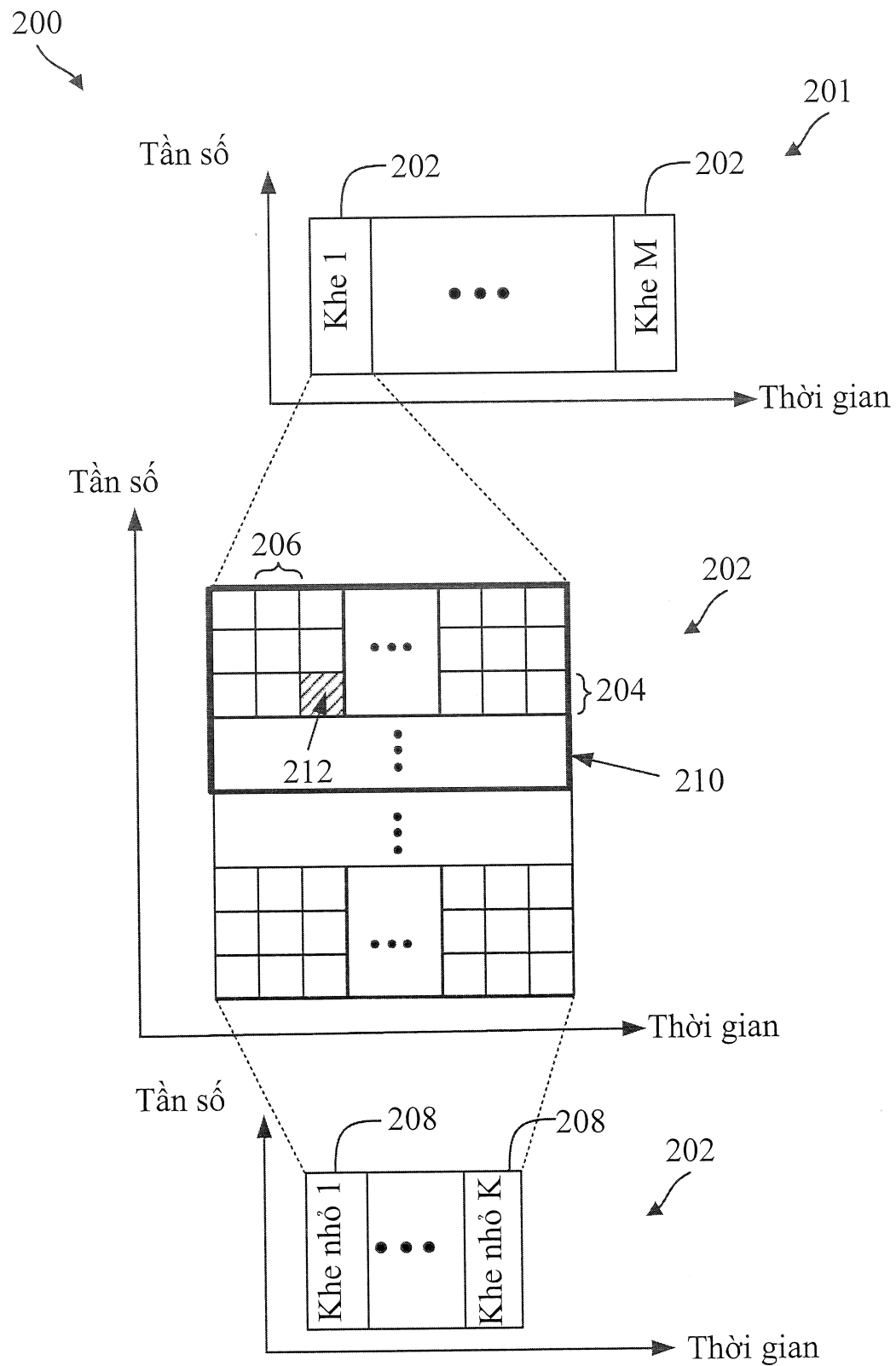


Fig.2

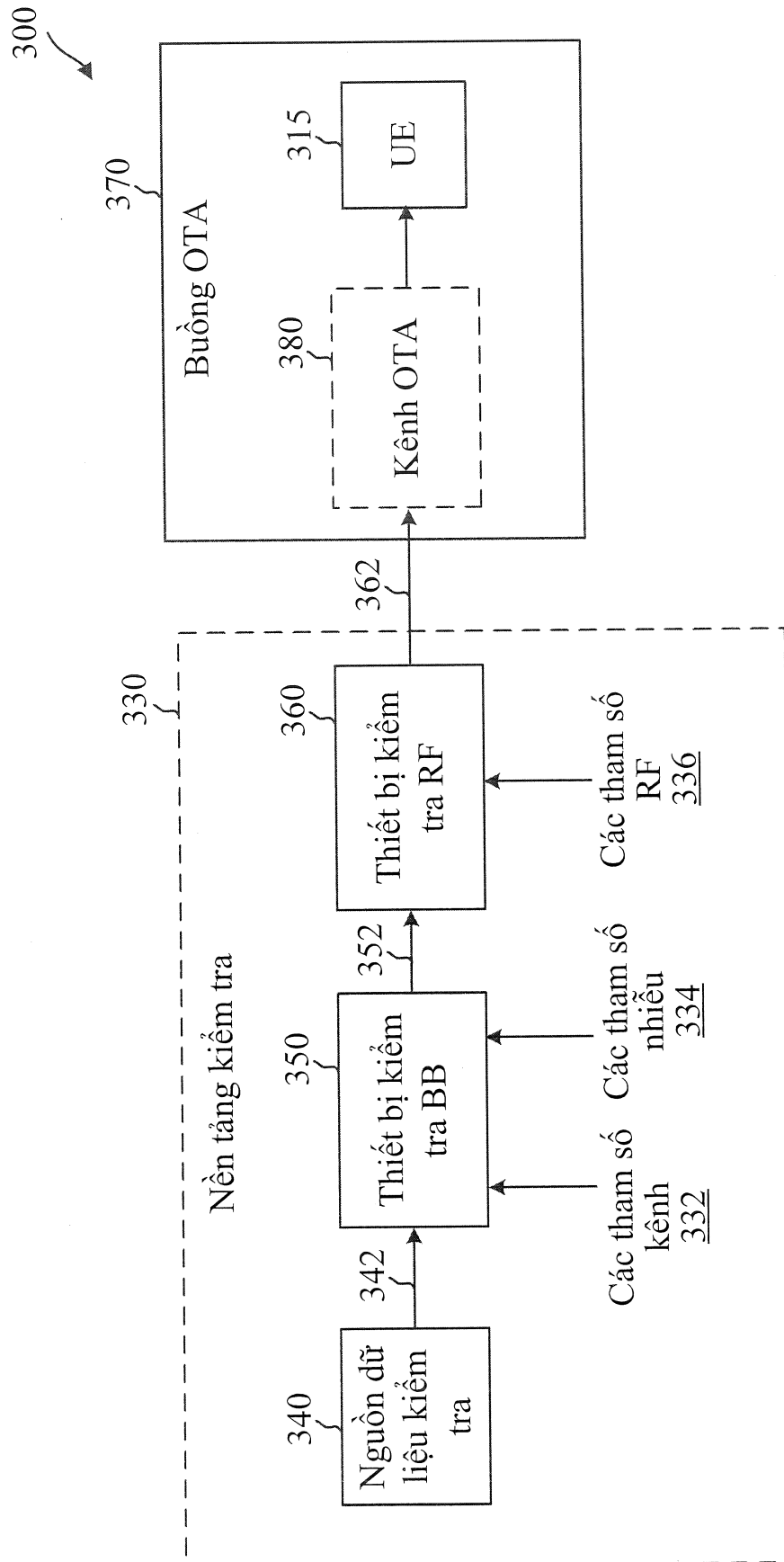


Fig.3

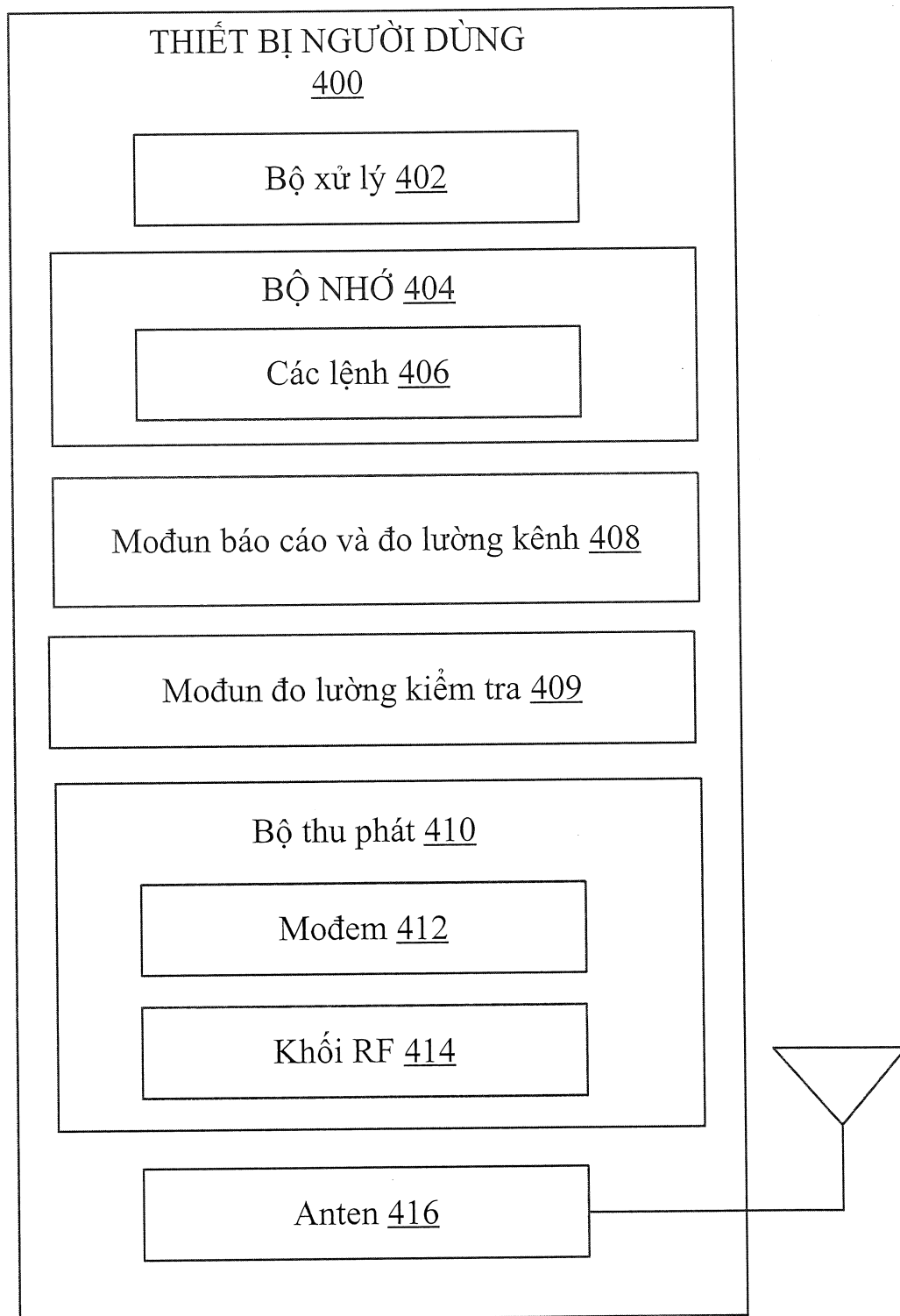


Fig.4

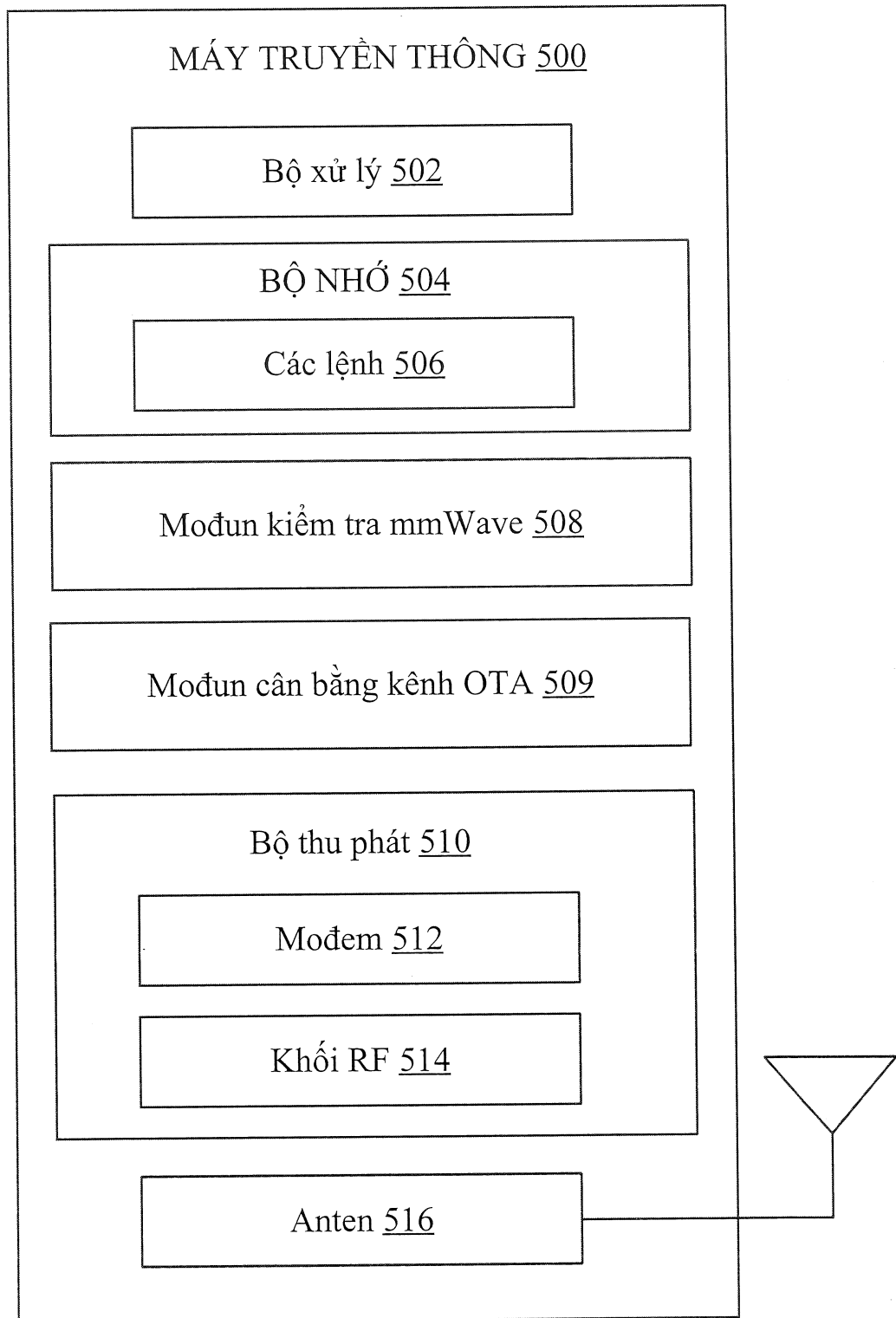


Fig.5

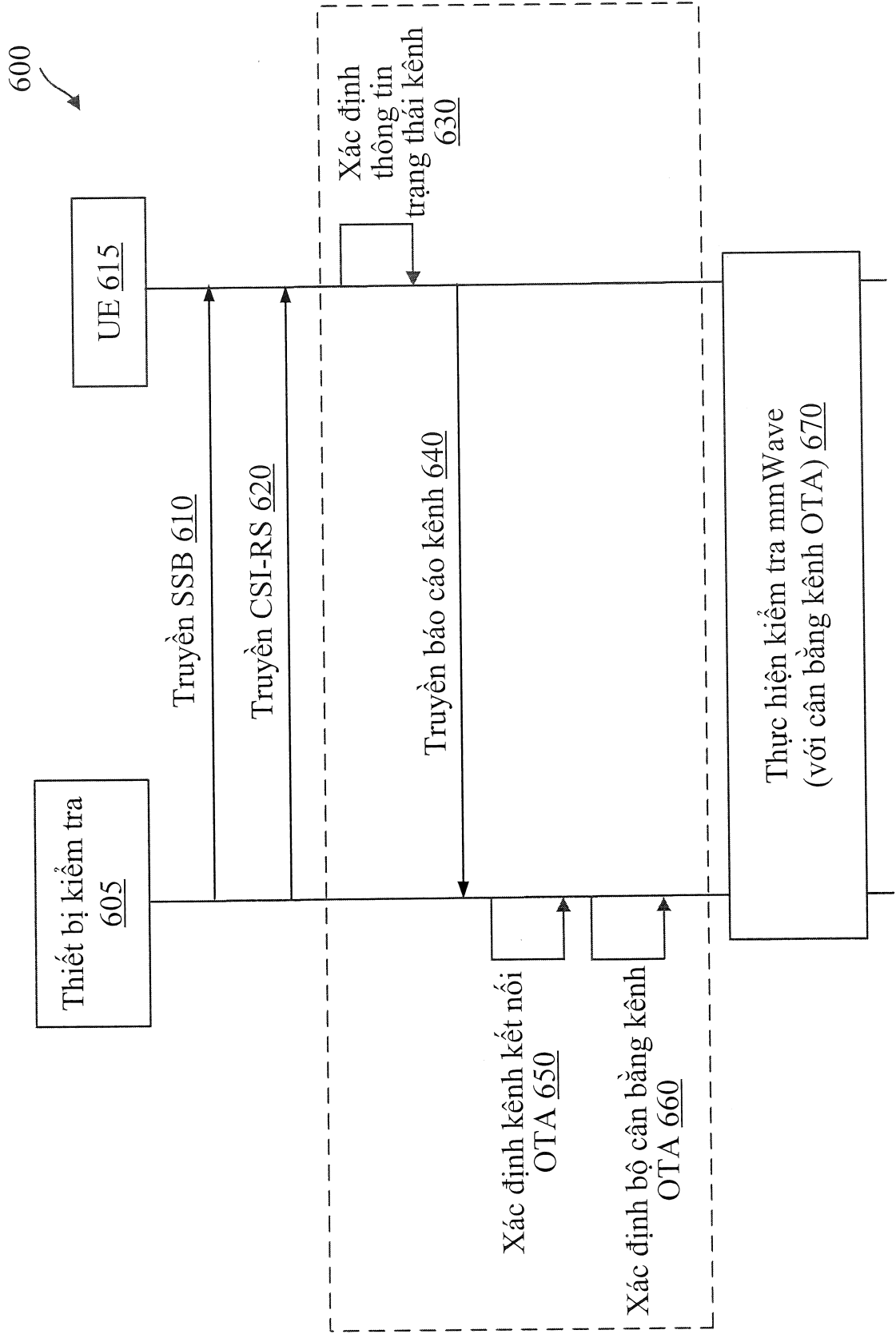


Fig.6

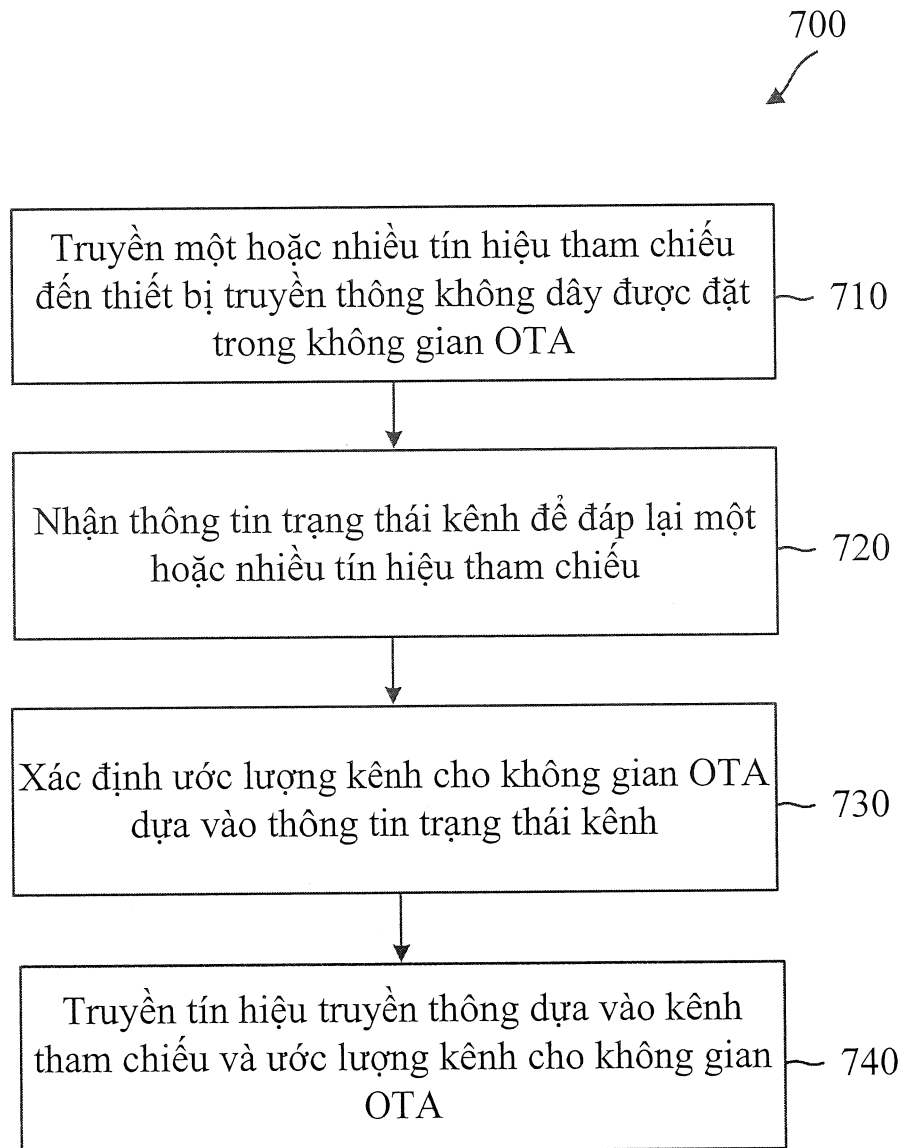


Fig.7