



(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)



1-0045260

(51)^{2020.01} H04B 7/0456

(13) B

(21) 1-2020-03415

(22) 14/11/2018

(86) PCT/EP2018/081226 14/11/2018

(87) WO2019/096843 23/05/2019

(30) 62/588,264 17/11/2017 US

(45) 25/04/2025 445

(43) 25/08/2020 389A

(71) TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL) (SE)

SE-164 83 Stockholm, Sweden

(72) HARRISON, Robert Mark (US); LEE, Heunchul (KR); FAXÉR, Sebastian (SE);
WERNERSSON, Niklas (SE).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) PHƯƠNG PHÁP ĐỂ NHẬN SỰ CHỈ BÁO MA TRẬN TIỀN MÃ HÓA, PHƯƠNG
PHÁP ĐỂ CHỈ BÁO MA TRẬN TIỀN MÃ HÓA, THIẾT BỊ NGƯỜI DÙNG VÀ
TRẠM CƠ SỞ

(21) 1-2020-03415

(57) Sáng chế đề cập đến thiết bị người dùng (user equipment, UE) (200, 500, 1530) truyền dữ liệu đến trạm cơ sở (100, 500, 1520) trong mạng truyền thông không dây. UE (200, 500, 1530) bao gồm nhiều cổng anten, và lựa chọn ma trận tiền mã hóa từ tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, hoặc thứ tư tương ứng của các ma trận tiền mã hóa theo số lượng của các lớp không gian. Các tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, và thứ tư của các ma trận tiền mã hóa là khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán và được bao gồm trong tập hợp lớn hơn của các ma trận tiền mã hóa. Tập hợp lớn hơn bao gồm các ma trận tiền mã hóa mà là không khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán. Các tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, và thứ tư của các ma trận tiền mã hóa tương ứng với một, hai, ba, hoặc bốn lớp không gian, theo cách tương ứng. Số lượng của các cột trong ma trận tiền mã hóa được lựa chọn bằng số lượng của các lớp không gian và mỗi cột bao gồm phần tử khác không đơn và một hoặc nhiều phần tử không. UE (200, 500, 1530) truyền dữ liệu trên số lượng của các lớp không gian theo ma trận tiền mã hóa được lựa chọn. Sáng chế cũng đề cập đến phương pháp truyền dữ liệu từ thiết bị người dùng đến trạm cơ sở, phương pháp nhận dữ liệu từ thiết bị người dùng, và trạm cơ sở.

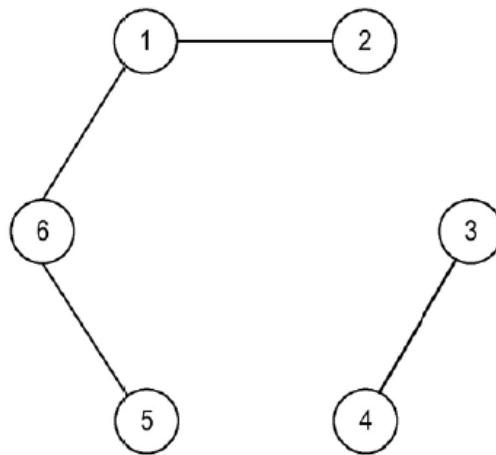


FIG. 6

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Nói chung sáng chế đề cập đến các kỹ thuật truyền và nhận nhiều anten và, nói riêng hơn là đề cập đến các sách mã và sự tiền mã hóa (precoding) để dồn kênh không gian.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Thế hệ tiếp theo của các hệ thống truyền thông không dây di động, được biết như Thế hệ thứ năm (Fifth Generation, 5G) và Radio tiếp theo (Next Radio, NR), sẽ hỗ trợ tập hợp đa dạng của các trường hợp sử dụng và tập hợp đa dạng của các kịch bản triển khai. Cái sau gồm có sự triển khai ở cả các tần số thấp (hàng 100 MHz), tương tự với Cải tiến dài hạn (Long Term Evolution, LTE) ngày nay, và các tần số rất cao (các sóng milimet trong hàng chục GHz).

5G và NR sẽ hỗ trợ các kỹ thuật nhiều anten mà tăng đáng kể các tốc độ dữ liệu và độ tin cậy của hệ thống truyền thông không dây. Nói riêng hiệu năng được cải thiện nếu cả bộ truyền và bộ nhận được trang bị với nhiều anten, mà dẫn đến kênh truyền thông nhiều đầu vào nhiều đầu ra (multiple-input multiple-output, MIMO). Các hệ thống và các kỹ thuật có liên quan như vậy được tham chiếu chung đến đơn giản như MIMO. Hiện thời các chuẩn 5G và NR đang cải tiến với sự hỗ trợ MIMO được nâng cao. Thành phần lõi của sự hỗ trợ này trong LTE là sự hỗ trợ của các sự triển khai anten MIMO và các kỹ thuật có liên quan MIMO.

Các sách mã MIMO cho sự truyền liên kết lên (uplink, UL) 4-cổng hỗ trợ sự nhất quán có thể biến đổi được cho NR chưa tồn tại, và như vậy các UE hỗ trợ sự truyền 4 lớp, nhưng chỉ hoạt động nhất quán một phần hoặc không nhất quán sẽ không được hỗ trợ. Ngoài ra, sự báo hiệu (signaling) Rel-10 của sự chỉ báo nhóm dấu hiệu cho tính liên tục pha truyền tương đối là không đủ để nhận dạng khả năng UE cho hoạt động MIMO UL với hoạt động nhất quán hoàn toàn, nhất quán một phần, và không nhất quán.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sách mã MIMO liên kết lên cho 4 cổng anten được xây dựng sử dụng các ma trận tiền mã hóa mà hỗ trợ hoạt động nhất quán hoàn toàn (fully coherent), nhất quán một phần (partially coherent), và không nhất quán (non-coherent). Sách mã được xây dựng sao cho tập hợp được cố định của các cổng anten được sử dụng cho sự truyền nhất quán một phần qua tất cả các lớp sử dụng Phần tử chỉ báo ma trận bộ tiền mã hóa truyền (Transmit Precoder Matrix Indicator, TPMI) được dẫn xuất từ sách mã liên kết lên Rel-10 LTE. Các TPMI nhất quán hoàn toàn được dẫn xuất từ hoặc là sách mã liên kết lên Rel-10 hoặc là sách mã liên kết xuống Rel-8. Các ma trận tiền mã hóa hỗ trợ hoạt động không nhất quán được thiết kế, gồm có tại đó tổng phí (overhead) TPMI được tối ưu hóa cho các hạng 3 và 4.

Các UE với sự tạo chùm tương tự và nhiều chuỗi truyền (transmit, TX) có thể truyền trên tất cả các chuỗi TX. Các UE mà hỗ trợ việc phối hợp nhất quán của các chùm tương tự khác nhau có thể truyền lớp MIMO trên các chùm tương tự khác nhau. Các UE mà không hỗ trợ việc phối hợp nhất quán của các chùm tương tự có thể truyền các lớp MIMO khác nhau trên các chùm tương tự khác nhau.

Các UE có khả năng của hoạt động với tính nhất quán lớn hơn có thể hỗ trợ các TPMI mà được kết hợp với tính nhất quán nhỏ hơn. Khả năng UE nhận dạng các cổng anten nào hỗ trợ hoạt động nhất quán một phần được cung cấp.

Kích thước trường TPMI có thể được điều chỉnh theo sự nhất quán của các TPMI được chuyển bởi TPMI và/hoặc tập hợp con của các hạng để được sử dụng trong sự truyền.

Một khía cạnh của sáng chế bao gồm các phương pháp truyền dữ liệu từ UE đến trạm cơ sở trong mạng truyền thông không dây. UE bao gồm nhiều cổng anten. UE nhận sự chỉ báo từ trạm cơ sở cho sự truyền dữ liệu không nhất quán. Ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, hoặc thứ tư tương ứng của các ma trận tiền mã hóa theo số lượng của các lớp không gian. Các tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, và thứ tư của các ma trận tiền mã hóa là khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán (coherence capability) và được bao gồm trong tập hợp lớn hơn của các ma trận tiền mã hóa, tập hợp lớn hơn bao gồm các ma trận tiền mã hóa mà là không khả dụng cho

tất cả các khả năng nhất quán. Các tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, và thứ tư của các ma trận tiền mã hóa tương ứng với một, hai, ba, hoặc bốn lớp không gian, theo cách tương ứng. Số lượng của các cột trong ma trận tiền mã hóa được lựa chọn bằng số lượng của các lớp không gian và mỗi cột bao gồm phần tử khác không (non-zero element) đơn và một hoặc nhiều phần tử không (zero element). UE còn truyền dữ liệu đến trạm cơ sở sử dụng ma trận tiền mã hóa được chỉ báo.

Khía cạnh khác của sáng chế bao gồm các phương pháp được thi hành bởi trạm cơ sở để nhận dữ liệu từ UE có nhiều cổng anten. Cho sự truyền dữ liệu không nhất quán, trạm cơ sở lựa chọn ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, hoặc thứ tư tương ứng của các ma trận tiền mã hóa theo số lượng của các lớp không gian. Các tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, và thứ tư của các ma trận tiền mã hóa là khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán và được bao gồm trong tập hợp lớn hơn của các ma trận tiền mã hóa. Tập hợp lớn hơn của các ma trận tiền mã hóa bao gồm các ma trận tiền mã hóa mà là không khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán. Các tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, và thứ tư của các ma trận tiền mã hóa tương ứng với một, hai, ba, hoặc bốn lớp không gian, theo cách tương ứng. Số lượng của các cột trong ma trận tiền mã hóa được lựa chọn bằng số lượng của các lớp không gian và mỗi cột bao gồm phần tử khác không đơn và một hoặc nhiều phần tử không. Trạm cơ sở truyền sự chỉ báo của ma trận tiền mã hóa được lựa chọn đến thiết bị người dùng và nhận dữ liệu được truyền bởi UE sử dụng ma trận tiền mã hóa.

Khía cạnh khác của sáng chế bao gồm các phương pháp được thi hành bởi trạm cơ sở để nhận dữ liệu từ UE có nhiều cổng anten. Cho sự truyền dữ liệu không nhất quán, trạm cơ sở truyền ma trận tiền mã hóa được lựa chọn cho sự truyền dữ liệu, ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, hoặc thứ tư tương ứng của các ma trận tiền mã hóa theo số lượng của các lớp không gian. Các tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, và thứ tư của các ma trận tiền mã hóa là khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán và được bao gồm trong tập hợp lớn hơn của các ma trận tiền mã hóa. Tập hợp lớn hơn của các ma trận tiền mã hóa bao gồm các ma trận tiền mã hóa mà là không khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán. Các tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, và thứ tư của các ma trận tiền mã hóa tương ứng với một, hai, ba, hoặc bốn lớp không gian, theo cách tương ứng. Số lượng của các cột trong ma trận tiền mã hóa được lựa

chọn bằng số lượng của các lớp không gian và mỗi cột bao gồm phần tử khác không đơn và một hoặc nhiều phần tử không. Trạm cơ sở nhận dữ liệu được truyền bởi UE sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn.

Khía cạnh khác nữa của sáng chế bao gồm UE được tạo kết cấu cho hoạt động trong mạng truyền thông không dây. UE bao gồm mạch giao diện để truyền thông với trạm cơ sở trong mạng truyền thông không dây và mạch xử lý. Mạch xử lý được tạo kết cấu để nhận sự chỉ báo của ma trận tiền mã hóa cho sự truyền dữ liệu không nhất quán. Ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, hoặc thứ tư tương ứng của các ma trận tiền mã hóa theo số lượng của các lớp không gian. Các tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, và thứ tư của các ma trận tiền mã hóa là khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán và được bao gồm trong tập hợp lớn hơn của các ma trận tiền mã hóa. Tập hợp lớn hơn bao gồm các ma trận tiền mã hóa mà là không khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán. Các tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, và thứ tư của các ma trận tiền mã hóa tương ứng với một, hai, ba, hoặc bốn lớp không gian, theo cách tương ứng. Số lượng của các cột trong ma trận tiền mã hóa được lựa chọn bằng số lượng của các lớp không gian và mỗi cột bao gồm phần tử khác không đơn và một hoặc nhiều phần tử không. Các phần tử độ lớn khác không (non-zero magnitude element) biểu diễn các trọng số để được áp dụng đối với các cổng anten tương ứng và các phần tử độ lớn không (zero magnitude element) biểu diễn các cổng anten không truyền. Mạch xử lý còn được tạo kết cấu để truyền dữ liệu đến trạm cơ sở sử dụng ma trận tiền mã hóa được chỉ báo.

Khía cạnh khác của sáng chế bao gồm trạm cơ sở trong mạng truyền thông không dây. Trạm cơ sở bao gồm mạch giao diện để truyền thông với một hoặc nhiều UE và mạch xử lý. Mạch xử lý được tạo kết cấu để lựa chọn, cho sự truyền dữ liệu thứ nhất, ma trận tiền mã hóa từ tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, hoặc thứ tư tương ứng của các ma trận tiền mã hóa theo số lượng của các lớp không gian. Các tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, và thứ tư của các ma trận tiền mã hóa là khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán và được bao gồm trong tập hợp lớn hơn của các ma trận tiền mã hóa. Tập hợp lớn hơn của các ma trận tiền mã hóa bao gồm các ma trận tiền mã hóa mà là không khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán. Các tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, và thứ tư của các ma trận tiền mã hóa tương ứng với một, hai, ba, hoặc bốn lớp không gian, theo

cách tương ứng. Số lượng của các cột trong ma trận tiền mã hóa được lựa chọn bằng số lượng của các lớp không gian và mỗi cột bao gồm phần tử khác không đơn và một hoặc nhiều phần tử không. Mạch xử lý còn được tạo kết cấu để truyền sự chỉ báo của ma trận tiền mã hóa được lựa chọn đến thiết bị người dùng và để nhận sự truyền dữ liệu thứ nhất cho UE, dữ liệu được truyền bởi UE sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn cho sự truyền dữ liệu thứ nhất.

Khía cạnh khác của sáng chế bao gồm trạm cơ sở trong mạng truyền thông không dây. Trạm cơ sở bao gồm mạch giao diện để truyền thông với một hoặc nhiều UE và mạch xử lý. Mạch xử lý được tạo kết cấu để truyền, đến UE, sự chỉ báo thứ nhất của ma trận tiền mã hóa cho sự truyền dữ liệu thứ nhất, sự tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, hoặc thứ tư tương ứng của các ma trận tiền mã hóa theo số lượng của các lớp không gian. Các tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, và thứ tư của các ma trận tiền mã hóa là khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán và được bao gồm trong tập hợp lớn hơn của các ma trận tiền mã hóa. Tập hợp lớn hơn của các ma trận tiền mã hóa bao gồm các ma trận tiền mã hóa mà là không khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán. Các tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, và thứ tư của các ma trận tiền mã hóa tương ứng với một, hai, ba, hoặc bốn lớp không gian, theo cách tương ứng. Số lượng của các cột trong ma trận tiền mã hóa được lựa chọn bằng số lượng của các lớp không gian và mỗi cột bao gồm phần tử khác không đơn và một hoặc nhiều phần tử không. Mạch xử lý còn được tạo kết cấu để nhận dữ liệu được truyền bởi UE sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn.

Khía cạnh khác nữa của sáng chế bao gồm phương pháp được thi hành bởi hệ thống truyền thông gồm có máy tính chủ, trạm cơ sở và UE. Máy tính chủ nhận dữ liệu người dùng được truyền đến trạm cơ sở từ UE, trong đó UE truyền dữ liệu đến trạm cơ sở theo cách không nhất quán sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, hoặc thứ tư tương ứng của các ma trận tiền mã hóa theo số lượng của các lớp không gian. Các tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, và thứ tư của các ma trận tiền mã hóa là khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán và được bao gồm trong tập hợp lớn hơn của các ma trận tiền mã hóa. Tập hợp lớn hơn của các ma trận tiền mã hóa bao gồm các ma trận tiền mã hóa mà là không khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán. Các tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, và thứ tư của các ma trận tiền mã hóa tương

ứng với một, hai, ba, hoặc bốn lớp không gian, theo cách tương ứng. Số lượng của các cột trong ma trận tiền mã hóa được lựa chọn bằng số lượng của các lớp không gian và mỗi cột bao gồm phần tử khác không đơn và một hoặc nhiều phần tử không.

Khía cạnh khác nữa của sáng chế bao gồm hệ thống truyền thông gồm có máy tính chủ. Hệ thống truyền thông bao gồm giao diện truyền thông được tạo kết cấu để nhận dữ liệu người dùng bắt nguồn từ sự truyền từ thiết bị người dùng đến trạm cơ sở trong mạng truyền thông không dây. Thiết bị người dùng bao gồm giao diện radio và hệ mạch xử lý được tạo kết cấu để truyền dữ liệu theo cách không nhất quán sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, hoặc thứ tư tương ứng của các ma trận tiền mã hóa theo số lượng của các lớp không gian. Các tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, và thứ tư của các ma trận tiền mã hóa là khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán và được bao gồm trong tập hợp lớn hơn của các ma trận tiền mã hóa. Tập hợp lớn hơn của các ma trận tiền mã hóa bao gồm các ma trận tiền mã hóa mà là không khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán. Các tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, và thứ tư của các ma trận tiền mã hóa tương ứng với một, hai, ba, hoặc bốn lớp không gian, theo cách tương ứng. Số lượng của các cột trong ma trận tiền mã hóa được lựa chọn bằng số lượng của các lớp không gian và mỗi cột bao gồm phần tử khác không đơn và một hoặc nhiều phần tử không.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 minh họa mạng truyền thông không dây theo phương án.

Fig.2 minh họa lưới thời gian tần số biểu diễn các tài nguyên radio trong hệ thống OFDM.

Fig.3 minh họa khung radio làm ví dụ.

Fig.4 là sơ đồ khối minh họa sự dồn kênh không gian.

Fig.5 minh họa mảng anten làm ví dụ với bốn tám và hai phần tử anten trên mỗi tám.

Fig.6 là đồ thị minh họa hai tập hợp của các cổng anten nhất quán.

Fig.7 minh họa phương pháp làm ví dụ của sự truyền dữ liệu được thi hành bởi thiết bị người dùng.

Fig.8 minh họa phương pháp làm ví dụ của sự truyền dữ liệu được thi hành bởi thiết bị người dùng.

Fig.9 minh họa phương pháp làm ví dụ của sự truyền dữ liệu được thi hành bởi thiết bị người dùng.

Fig.10 minh họa phương pháp làm ví dụ của sự truyền dữ liệu được thi hành bởi thiết bị người dùng.

Fig.11 minh họa phương pháp làm ví dụ để chỉ báo ma trận bộ tiền mã hóa cho sự truyền dữ liệu được thi hành bởi thiết bị người dùng.

Fig.12 minh họa phương pháp làm ví dụ để chỉ báo khả năng nhất quán cho sự truyền dữ liệu được thi hành bởi thiết bị người dùng.

Fig.13 minh họa phương pháp làm ví dụ của sự truyền dữ liệu được thi hành bởi trạm cơ sở để nhận dữ liệu từ UE.

Fig.14 minh họa phương pháp làm ví dụ của sự truyền dữ liệu được thi hành bởi trạm cơ sở để nhận dữ liệu từ UE.

Fig.15 minh họa phương pháp làm ví dụ của sự truyền dữ liệu được thi hành bởi trạm cơ sở để nhận dữ liệu từ UE.

Fig.16 minh họa phương pháp làm ví dụ của sự truyền dữ liệu được thi hành bởi thiết bị người dùng.

Fig.17 minh họa phương pháp làm ví dụ của sự truyền dữ liệu được thi hành bởi trạm cơ sở để chỉ báo bộ tiền mã hóa cho sự truyền liên kết lên từ UE đến trạm cơ sở.

Fig.18 minh họa phương pháp làm ví dụ của sự truyền dữ liệu được thi hành bởi trạm cơ sở để nhận từ UE, sự chỉ báo của khả năng nhất quán UE.

Fig.19 minh họa thiết bị người dùng làm ví dụ theo phương án.

Fig.20 minh họa trạm cơ sở làm ví dụ theo phương án.

Fig.21 minh họa thiết bị đầu cuối không dây làm ví dụ được tạo kết cấu để truyền để nhận sự truyền liên kết lên với khả năng nhất quán có thể biến đổi được.

Fig.22 minh họa mạng không dây làm ví dụ theo phương án.

Fig.23 minh họa UE làm ví dụ theo phương án.

Fig.24 minh họa môi trường ảo hóa làm ví dụ theo phương án.

Fig.25 minh họa mạng viễn thông làm ví dụ được kết nối qua mạng trung gian với máy tính chủ theo phương án.

Fig.26 minh họa máy tính chủ làm ví dụ truyền thông qua trạm cơ sở với thiết bị người dùng qua sự kết nối không dây một phần theo phương án.

Fig.27 đến Fig.30 minh họa các phương pháp làm ví dụ được thi hành trong hệ thống truyền thông, theo phương án.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các phương án của sáng chế được mô tả trong ngữ cảnh của mạng truyền thông không dây dựa trên chuẩn 5G hoặc NR dưới sự triển khai bởi Dự án đối tác thế hệ thứ ba (Third Generation Partnership Project, 3GPP). Tuy nhiên, những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực sẽ hiểu rõ là các phương pháp, các kỹ thuật và máy được mô tả ở đây có thể được làm thích ứng cho các mạng truyền thông không dây dựa trên các chuẩn khác hỗ trợ hoạt động nhiều bộ mang (multi-carrier).

Fig.1 minh họa các sự truyền thông giữa trạm cơ sở 100 và UE 200 trong mạng truyền thông không dây 10. Trạm cơ sở 100, đôi khi được tham chiếu đến trong các chuẩn có thể áp dụng được như Nút B được cải tiến (Evolved Node B, eNB) hoặc Nút B 5G (5G Node B, gNB), cung cấp sự bao phủ radio cho thiết bị người dùng 200 trong ô 20 của mạng truyền thông không dây 10. Thiết bị người dùng 200 có thể bao gồm, ví dụ, điện thoại dạng ô, điện thoại thông minh, máy tính xách tay (laptop computer), máy tính sổ (notebook computer), máy tính bảng (tablet), thiết bị truyền thông máy đến máy (machine-to-machine, M2M) (cũng được tham chiếu đến như thiết bị truyền thông loại máy (machine-type communication, MTC)), hoặc thiết bị khác với các khả năng truyền thông không dây. Trạm cơ sở 100 truyền dữ liệu đến UE 200 trong DL trên Kênh được chia sẻ liên kết xuống vật lý băng hẹp (Narrowband Physical Downlink Shared Channel, NPDSCH), Kênh điều khiển liên kết xuống vật lý băng hẹp (Narrowband Physical Downlink Control Channel, NPDCCH), và Kênh phát rộng vật lý băng hẹp (Narrowband Physical Broadcast Channel, NPBCH). UE 200 truyền dữ liệu đến trạm

cơ sở 100 trong UL trên Kênh được chia sẻ liên kết lên vật lý băng hẹp (Narrowband Physical Uplink Shared Channel, NPUSCH). Trạm cơ sở 100 và UE 200 được tạo kết cấu để hoạt động theo chuẩn 5G hoặc NR.

Tương tự với LTE, NR sẽ sử dụng Dồn kênh phân chia tần số trực giao (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) trong liên kết xuống từ nút mạng hoặc trạm cơ sở (cũng được biết như NútB được cải tiến (Evolved NodeB, eNB) hoặc NútB 5G (5G NodeB, gNB)) đến thiết bị người dùng (user equipment, UE). Trong liên kết lên (nghĩa là, từ UE đến gNB), cả OFDM và OFDM lan truyền-Biến đổi Fourier rời rạc (Discrete Fourier Transform, DFT) sẽ được hỗ trợ.

Tài nguyên vật lý NR cơ bản cho các mạng 5G và NR có thể được xem như lưới thời gian-tần số tương tự với một trong LTE như được minh họa trên Fig.2, tại đó mỗi phần tử tài nguyên tương ứng với một bộ mang con (subcarrier) OFDM trong một khoảng ký hiệu OFDM. Mặc dù sự giãn cách bộ mang con của $\Delta f = 15$ kHz được thể hiện trên Fig.2, các trị số giãn cách bộ mang con khác nhau được hỗ trợ trong NR. Các trị số giãn cách bộ mang con được hỗ trợ (cũng được tham chiếu đến như các tổ hợp số học (numerology) khác nhau) trong NR được cho bởi $\Delta f = 2^\mu \times 15$ kHz, trong đó μ là số nguyên không âm.

Hơn nữa, sự cấp phát tài nguyên trong LTE được mô tả theo cách điển hình về mặt các khối tài nguyên (resource block, RB), tại đó khối tài nguyên tương ứng với một khe (0,5 ms) trong miền thời gian và 12 bộ mang con kề trong miền tần số. Các RB được đánh số trong miền tần số, bắt đầu với 0 từ một đầu của băng thông hệ thống. Cho NR, RB cũng là 12 bộ mang con trong tần số nhưng cho nghiên cứu thêm nữa trong miền thời gian. RB cũng được tham chiếu đến như RB vật lý (physical RB, PRB) trong phần còn lại của các đoạn.

Trong miền thời gian, các sự truyền liên kết xuống và liên kết lên trong NR sẽ được tổ chức thành các khung con có kích thước bằng nhau tương tự với LTE như được thể hiện trên Fig.3, mà giả định sự giãn cách bộ mang con của 15 kHz. Trong NR, độ dài khung con cho tổ hợp số học tham chiếu của $2^\mu \times 15$ kHz là chính xác $1/2^\mu$ ms.

Các sự truyền liên kết xuống được lập lịch theo cách động, nghĩa là, trong mỗi khung con gNB truyền thông tin điều khiển liên kết xuống (downlink control

information, DCI) về UE 200 nào mà dữ liệu là để được truyền đến và các khối tài nguyên nào trong khung con liên kết xuống hiện thời mà dữ liệu được truyền trên. Sự báo hiệu điều khiển này được truyền theo cách điển hình trong một hoặc hai ký hiệu OFDM đầu tiên trong mỗi khung con trong NR. Thông tin điều khiển được mang trên Kênh điều khiển vật lý (Physical Control Channel, PDCCH) và dữ liệu được mang trên Kênh được chia sẻ liên kết xuống vật lý (Physical Downlink Shared Channel, PDSCH). UE 200 đầu tiên phát hiện và giải mã PDCCH và nếu PDCCH được giải mã theo cách thành công, nó giải mã PDSCH tương ứng dựa trên thông tin điều khiển được giải mã trong PDCCH. Mỗi UE 200 được chỉ định với Phần tử nhận dạng tạm thời Mạng radio ô (Cell Radio Network temporary Identifier, C-RNTI) duy nhất trong cùng ô phục vụ. Các bit kiểm tra độ dư vòng (cyclic redundancy check, CRC) của PDCCH cho UE 200 được xáo trộn bởi C-RNTI của UE 200, như vậy UE 200 nhận ra PDCCH của nó nhờ kiểm tra C-RNTI được sử dụng để xáo trộn các bit CRC của PDCCH.

Các sự truyền dữ liệu liên kết lên cũng được lập lịch theo cách động sử dụng PDCCH. Tương tự với liên kết xuống, UE 200 đầu tiên giải mã các sự cấp liên kết lên trong PDCCH và sau đó truyền dữ liệu qua Kênh được chia sẻ liên kết lên vật lý (Physical Uplink Shared Channel, PUSCH) dựa trên thông tin điều khiển được giải mã trong sự cấp liên kết lên như thứ tự điều biến, tốc độ mã hóa, sự cấp phát tài nguyên liên kết lên, v.v..

Trong LTE, sự lập lịch bán bền vững (semi-persistent scheduling, SPS) cũng được hỗ trợ trong cả liên kết lên và liên kết xuống, trong đó chuỗi của các sự truyền dữ liệu theo chu kỳ được kích hoạt hoặc được giải hoạt bởi PDCCH đơn. Không có PDCCH được truyền cho các sự truyền dữ liệu sau sự kích hoạt. Trong SPS, CRC của PDCCH được xáo trộn bởi SPS-C-RNTI, mà được tạo kết cấu cho UE 200 nếu UE 200 hỗ trợ SPS.

Thêm vào PUSCH, Kênh điều khiển liên kết lên vật lý (Physical Uplink Control Channel, PUCCH) cũng được hỗ trợ trong NR để mang thông tin điều khiển liên kết lên (uplink control information, UCI) như Sự báo nhận (Acknowledgement, ACK) có liên quan Yêu cầu lặp lại tự động lại (Hybrid Automatic Repeat Request, HARQ), Sự báo

nhận phủ định (Negative Acknowledgement, NACK), hoặc phản hồi Thông tin trạng thái kênh (Channel State Information, CSI).

Sự tiền mã hóa dựa trên sách mã

Các kỹ thuật nhiều anten có thể tăng đáng kể các tốc độ dữ liệu và độ tin cậy của hệ thống truyền thông không dây. Nói riêng hiệu năng được cải thiện nếu cả bộ truyền và bộ nhận được trang bị với nhiều anten, mà dẫn đến kênh truyền thông MIMO. Các hệ thống và/hoặc các kỹ thuật có liên quan như vậy được tham chiếu chung đến như MIMO.

Hiện thời, chuẩn NR đang được định rõ. Thành phần lõi trong NR là sự hỗ trợ của các sự triển khai anten MIMO và các kỹ thuật có liên quan MIMO. Nó được kỳ vọng là NR sẽ hỗ trợ MIMO liên kết lên với sự dồn kênh không gian ít nhất 4 lớp sử dụng ít nhất 4 cổng anten với sự tiền mã hóa phụ thuộc kênh. Chế độ dồn kênh không gian được nhắm đến cho các tốc độ dữ liệu cao trong các điều kiện kênh thuận lợi. Sự minh họa của hoạt động dồn kênh không gian được cung cấp trên Fig.4 cho tại đó OFDM tiền tố chu kỳ (Cyclic Prefix OFDM, CP-OFDM) được sử dụng trên liên kết lên.

Như được thấy, thông tin mang vector ký hiệu s được nhân với ma trận bộ tiền mã hóa $N_T \times r$ W , mà phục vụ để phân tán năng lượng truyền trong không gian con của không gian vector N_T (tương ứng với N_T cổng anten) chiều. Ma trận bộ tiền mã hóa được lựa chọn theo cách điển hình từ sách mã của các ma trận bộ tiền mã hóa có thể, và được chỉ báo theo cách điển hình bằng phần tử chỉ báo ma trận bộ tiền mã hóa truyền (transmit precoder matrix indicator, TPMI), mà định rõ ma trận bộ tiền mã hóa duy nhất trong sách mã cho số lượng đã cho của các dòng ký hiệu. r ký hiệu trong s mỗi trong số chúng tương ứng với lớp và r được tham chiếu đến như hạng truyền. Theo cách này, đạt được sự dồn kênh không gian do nhiều ký hiệu có thể được truyền theo cách đồng thời qua cùng phần tử tài nguyên thời gian/tần số (time/frequency resource element, TFRE). Số lượng của các ký hiệu r được làm thích ứng theo cách điển hình để phù hợp với các thuộc tính kênh hiện thời.

Bởi vì CP-OFDM được hỗ trợ cho MIMO liên kết lên trong NR như trái với chỉ DFT-S-OFDM cho PUSCH trong LTE, các thiết kế sách mã MIMO NR không cần nhân

mạnh sự tăng trong các tỷ số công suất đỉnh đối với trung bình (peak to average power ratio, PAPR) bộ khuếch đại công suất UE 200 như hệ số thiết kế nhiều như đã được cần cho MIMO liên kết lên Rel-10 LTE. Bởi vậy các sách mã với sự tăng PAPR được giới hạn và các sách mã mà có sự tăng tương đối cao trong PAPR có thể là phù hợp cho MIMO liên kết lên NR. Vì vậy, các sách mã phù hợp cho MIMO liên kết lên NR có thể gồm có các sách mã MIMO liên kết lên được định nghĩa trong điều khoản 5.3.3A của đặc tả kỹ thuật 3GPP 36.211, cũng như các sách mã MIMO liên kết xuống trong điều khoản 6.3.4.2.3 của đặc tả kỹ thuật 3GPP 36.211 và 7.2.4 của đặc tả kỹ thuật 3GPP 36.213.

Vector $N_R \times 1$ y_n được nhận cho TFRE nhất định trên bộ mang con n (hoặc như một sự lựa chọn là số TFRE dữ liệu n) theo đó được mô hình hóa bởi:

$$y_n = H_n W s_n + e_n \quad \text{Phương trình (1)}$$

trong đó e_n là vector tiếng ồn/nhiều được thu được như các sự thực hiện của quy trình ngẫu nhiên. Bộ tiền mã hóa W có thể là bộ tiền mã hóa băng rộng, mà là không đổi qua tần số, hoặc chọn lựa tần số.

Ma trận bộ tiền mã hóa W thường được chọn để so khớp các đặc tính của ma trận kênh MIMO $N_R \times N_T$ H_n , dẫn đến sự tiền mã hóa được gọi là sự tiền mã hóa phụ thuộc kênh. Điều này cũng được tham chiếu chung đến như sự tiền mã hóa vòng kín và về bản chất cố gắng để tập trung năng lượng truyền vào không gian con mà mạnh theo ý nghĩa để chuyển nhiều năng lượng được truyền đến UE 200. Ngoài ra, ma trận bộ tiền mã hóa có thể cũng được lựa chọn để cố gắng để trực giao hóa kênh, có nghĩa là sau sự cân bằng tuyến tính thích đáng ở UE 200, nhiễu giữa các lớp (inter-layer interference) được giảm.

Một phương pháp ví dụ cho UE 200 để lựa chọn ma trận bộ tiền mã hóa W có thể là để lựa chọn W_k mà cực đại hóa tiêu chuẩn Frobenius của kênh tương đương được đặt giả thuyết:

$$\max_k \left\| \hat{H}_n W_k \right\|_F^2 \quad \text{Phương trình (2)}$$

trong đó,

- $\hat{H}_n$ là ước lượng kênh, có thể được dẫn xuất từ các Tín hiệu tham chiếu thăm dò (Sounding Reference Signal, SRS).
- W_k là ma trận bộ tiền mã hóa được đặt giả thuyết với chỉ số k .
- $\hat{H}_n W_k$ là kênh tương đương được đặt giả thuyết.

Trong sự tiền mã hóa vòng kín cho liên kết lên NR, TRP truyền, dựa trên các sự đo kênh trong liên kết ngược (liên kết lên), TPMI đến UE 200 mà UE 200 sẽ sử dụng trên các anten liên kết lên của nó. gNB tạo kết cấu UE 200 để truyền SRS theo số lượng của các anten UE 200 mà nó muốn UE 200 sử dụng cho sự truyền liên kết lên để làm cho các sự đo kênh có thể. Bộ tiền mã hóa đơn mà được cho là bao phủ băng thông rộng (sự tiền mã hóa băng rộng) có thể được báo hiệu. Nó có thể cũng có ích để so khớp các sự biến đổi tần số của kênh và thay cho đó phản hồi báo cáo tiền mã hóa chọn lựa tần số, ví dụ, vài bộ tiền mã hóa và/hoặc vài TPMI, một cho mỗi băng con.

Thông tin khác so với TPMI nói chung là được sử dụng để xác định trạng thái truyền MIMO UL, như các phần tử chỉ báo tài nguyên SRS (SRS resource indicator, SRI) cũng như phần tử chỉ báo hạng truyền (transmission rank indicator, TRI). Các tham số này, cũng như trạng thái điều biến và mã hóa (modulation and coding state, MCS), và các tài nguyên liên kết lên tại đó PUSCH là để được truyền, cũng được xác định bởi các sự đo kênh được dẫn xuất từ các sự truyền SRS từ UE 200. Hạng truyền, và theo đó số lượng của các lớp được dồn kênh về không gian, được phản ánh trong số lượng của các cột của bộ tiền mã hóa W . Cho hiệu năng có hiệu quả, quan trọng là hạng truyền mà so khớp các thuộc tính kênh được lựa chọn.

Sự báo hiệu điều khiển (Control Signaling)

Sự báo hiệu điều khiển LTE có thể được mang theo sự đa dạng của các cách, gồm có mang thông tin điều khiển trên PDCCH hoặc PUCCH, được cài trong PUSCH, trong các thành phần điều khiển MAC (MAC control element, 'MAC CE'), hoặc trong sự báo hiệu RRC. Mỗi trong các cơ chế này được tùy biến để mang loại riêng của thông tin điều khiển.

Thông tin điều khiển được mang trên PDCCH, PUCCH, hoặc được cài trong ('được kèm thêm trên' (piggy backed on)) PUSCH là thông tin điều khiển có liên quan lớp vật lý, như thông tin điều khiển liên kết xuống (downlink control information, DCI), thông tin điều khiển liên kết lên (uplink control information, UCI), như được mô tả trong 3GPP TS 36.211, 36.212, và 36.213. DCI nói chung là được sử dụng để lệnh cho UE 200 thực hiện chức năng lớp vật lý nào đó, cung cấp thông tin cần thiết để thực hiện chức năng. UCI nói chung là cung cấp cho mạng với thông tin cần thiết, như Sự báo nhận (Acknowledgement, ACK) Yêu cầu lặp lại tự động lai (Hybrid Automatic Repeat Request, HARQ), yêu cầu lập lịch (scheduling request, SR), thông tin trạng thái kênh (channel state information, CSI), gồm có CQI, PMI, RI, và/hoặc CRI. UCI và thông tin (DCI) có thể được truyền trên cơ sở khung con liên tiếp (subframe-by-subframe basis), và như vậy được thiết kế để hỗ trợ các tham số biến đổi theo cách nhanh chóng, gồm có các tham số mà có thể biến đổi với kênh radio fading nhanh. Bởi vì UCI và DCI có thể được truyền trong mọi khung con, UCI hoặc DCI tương ứng với ô đã cho có khuynh hướng xấp xỉ hàng chục bit, để giới hạn lượng của tổng phí điều khiển.

Thông tin điều khiển được mang trong các MAC CE được mang trong các phần đầu MAC trên các kênh vận chuyển được chia sẻ liên kết lên và liên kết xuống (UL-SCH (uplink shared transport channel) và DL-SCH (downlink shared transport channel)), như được mô tả trong 3GPP TS 36.321. Do phần đầu MAC không có kích thước được cố định, thông tin điều khiển trong các MAC CE có thể được gửi khi nó được cần, và không nhất thiết biểu diễn tổng phí được cố định. Hơn nữa, các MAC CE có thể mang các tải trọng điều khiển lớn hơn theo cách có hiệu quả, do chúng được mang trong các kênh vận chuyển UL-SCH hoặc DL-SCH, mà được lợi từ sự thích ứng liên kết, HARQ, và có thể được mã hóa turbo. Các MAC CE được sử dụng để thực hiện các nhiệm vụ tương ứng mà sử dụng tập hợp được cố định của các tham số, như duy trì sự tiến lên định thời hoặc sự báo cáo trạng thái bộ đệm, nhưng các nhiệm vụ này nói chung là không yêu cầu sự truyền của MAC CE trên cơ sở khung con liên tiếp. Vì vậy, thông tin trạng thái kênh có liên quan đến kênh radio fading nhanh, như PMI, CQI, RI, và CRI không được mang trong các MAC CE trong LTE lên đến Rel-14.

Các mảng anten UE 200 nhiều tấm

Khi dựng nên các mảng anten UE 200, nó có thể đang thách thức để có các anten với cùng sự bao phủ góc sao cho chúng nói chung là được thấy bởi TRP nhận ở cùng mức công suất. Nói riêng điều này có thể đang thách thức ở các tần số sóng milimet được hỗ trợ bởi NR. Hơn nữa, nó có thể khó khăn để đặt tất cả các anten và các chuỗi TX của UE 200 gần nhau trong các không gian giới hạn khả dụng trong các thiết bị di động nhỏ. Một thực tiễn dựng nên là để sử dụng cách tiếp cận theo mô đun trong đó các chuỗi TX UE 200 được tách thành ‘các tấm’ (panel) với một hoặc nhiều chuỗi truyền cho mỗi tấm, như được thể hiện trên Fig.4. Các UE nhiều tấm như vậy nói chung là được mô hình hóa như có các tấm với các mẫu phần tử mà chỉ theo các hướng khác nhau, trong khi các phần tử anten trong tấm có các mẫu phần tử mà chỉ theo cùng các hướng như được thảo luận trong báo cáo kỹ thuật 3GPP 36.802. Bởi vì các chuỗi truyền trong các tấm khác nhau có thể được tách rời trong các UE, nó có thể khó khăn hơn để duy trì sự hiệu chuẩn và sự nhất quán pha giữa các phần tử anten trong các tấm khác nhau so với để duy trì sự hiệu chuẩn và sự nhất quán pha giữa các phần tử anten trong tấm. Có thể theo đó tồn tại độ dịch tần số, độ lệch định thời, và/hoặc độ dịch pha giữa các tấm. Các khía cạnh của sự nhất quán pha trong số các chuỗi TX của các tấm khác nhau được thảo luận thêm nữa ở dưới.

Fig.5 thể hiện ví dụ của mảng UE 200 4 tấm với tổng 8 phần tử anten. Mỗi tấm bao gồm 2 phần tử với các mẫu anten tương tự mà được dẫn bởi các chuỗi TX độc lập. Các mẫu phần tử anten có độ rộng chùm khoảng 90 độ, sao cho tất cả các hướng được bao phủ bởi 4 tấm cùng nhau.

Sự truyền SRS trong NR

Các tín hiệu tham chiếu thăm dò (sounding reference signal, SRS) được sử dụng cho sự đa dạng của các mục đích trong LTE, và được kỳ vọng để phục vụ các mục đích tương tự trong NR. Một sự sử dụng chính cho SRS là cho sự ước lượng trạng thái kênh liên kết lên, cho phép sự ước lượng chất lượng kênh để làm cho có thể thích ứng liên kết của liên kết lên (gồm có sự xác định của trạng thái MCS nào mà UE 200 sẽ truyền với) và/hoặc sự lập lịch chọn lựa tần số. Trong ngữ cảnh của MIMO liên kết lên, chúng có thể cũng được sử dụng để xác định các bộ tiền mã hóa và số lượng của các lớp mà sẽ cung cấp SINR và/hoặc thông lượng liên kết lên tốt khi UE 200 sử dụng chúng cho sự

truyền trên mảng anten liên kết lên của nó. Sự sử dụng bổ sung gồm có sự điều khiển công suất và sự điều chỉnh tiến lên định thời liên kết lên.

Không giống Rel-14 LTE, ít nhất một số UE NR có thể có khả năng để truyền nhiều tài nguyên SRS. Điều này tương tự về mặt khái niệm với nhiều tài nguyên CSI-RS trên liên kết xuống: tài nguyên SRS bao gồm một hoặc nhiều cổng SRS, và UE 200 có thể áp dụng bộ tạo chùm và/hoặc bộ tiền mã hóa đối với các cổng SRS trong tài nguyên SRS sao cho chúng được truyền với cùng mẫu anten hiệu dụng. Động lực chính để định nghĩa nhiều tài nguyên SRS trong UE 200 là để hỗ trợ sự tạo chùm tương tự trong UE 200 tại đó UE 200 có thể truyền với sự đa dạng của các mẫu chùm, nhưng chỉ một tại một thời điểm. Sự tạo chùm tương tự như vậy có thể có độ định hướng tương đối cao, đặc biệt là ở các tần số cao hơn mà có thể được hỗ trợ bởi NR. Các thiết kế tính đa dạng truyền và MIMO liên kết lên LTE sớm hơn đã không tập trung vào các trường hợp tại đó sự tạo chùm với độ định hướng cao có thể được sử dụng trên các cổng SRS khác nhau, và như vậy tài nguyên SRS đơn đã đủ. Khi UE NR 200 truyền trên các chùm khác nhau, công suất được nhận bởi TRP có thể về căn bản là khác nhau. Một cách tiếp cận có thể là để có tài nguyên SRS đơn, nhưng để chỉ báo đối với UE 200 chùm nào trong các chùm của nó để sử dụng cho sự truyền. Tuy nhiên, do các thiết kế anten UE 200 biến đổi rộng trong số các UE và các mẫu anten UE 200 có thể rất không đều, nó không khả thi để có tập hợp được xác định trước của các mẫu anten UE 200 với chúng TRP có thể điều khiển sự tạo chùm hoặc tiền mã hóa liên kết lên UE 200. Bởi vậy, UE NR 200 có thể truyền trên nhiều tài nguyên SRS sử dụng mẫu anten hiệu dụng phân biệt trên mỗi tài nguyên SRS, cho phép TRP xác định chất lượng và các đặc tính kênh hỗn hợp cho các mẫu anten hiệu dụng khác nhau được sử dụng bởi UE 200. Căn cứ vào sự kết hợp này của mỗi mẫu anten hiệu dụng với tài nguyên SRS tương ứng, TRP có thể sau đó chỉ báo đối với UE 200 mẫu anten nào trong một hoặc nhiều mẫu anten hiệu dụng sẽ được sử dụng cho sự truyền trên PUSCH (hoặc các tín hiệu hoặc các kênh vật lý khác) qua một hoặc nhiều phần tử chỉ báo tài nguyên SRS, hoặc 'SRI' (SRS resource indicator).

Khả năng nhất quán UE trong NR

Phụ thuộc vào sự thi hành UE, nó có thể thực hiện được để duy trì pha tương đối của các chuỗi truyền. Trong trường hợp này, UE 200 có thể tạo thành mảng thích ứng nhờ lựa chọn chùm trên mỗi chuỗi truyền, và nhờ truyền cùng ký hiệu điều biến trên các chùm được lựa chọn của cả các chuỗi truyền sử dụng độ khuếch đại và/hoặc pha khác nhau giữa các chuỗi truyền. Sự truyền này của tín hiệu hoặc ký hiệu điều biến chung trên nhiều phần tử anten với pha được điều khiển có thể được dán nhãn là sự truyền ‘nhất quán’ (coherent). Sự hỗ trợ cho sự truyền MIMO liên kết lên nhất quán trong Rel-10 LTE được chỉ báo qua sự chỉ báo nhóm dấu hiệu cho tính liên tục pha truyền tương đối cho sự dòn kênh không gian liên kết lên, trong đó UE 200 chỉ báo nếu nó có thể duy trì theo cách tương xứng pha tương đối của các chuỗi truyền qua thời gian để hỗ trợ sự truyền nhất quán.

Trong các sự thi hành UE 200 khác, pha tương đối của các chuỗi truyền có thể không được điều khiển tốt, và sự truyền nhất quán có thể không được sử dụng. Trong các sự thi hành như vậy, nó có thể vẫn thực hiện được để truyền trên một trong các chuỗi truyền tại một thời điểm, hoặc để truyền các ký hiệu điều biến khác nhau trên các chuỗi truyền. Trong trường hợp sau, các ký hiệu điều biến trên mỗi chuỗi truyền có thể tạo thành lớp được dòn kênh về không gian, hoặc ‘MIMO’. Loại này của sự truyền có thể được tham chiếu đến như sự truyền ‘không nhất quán’ (non-coherent). Các sơ đồ truyền không nhất quán như vậy có thể được sử dụng bởi các UE Rel-10 LTE với nhiều chuỗi truyền, nhưng mà không hỗ trợ tính liên tục pha truyền tương đối.

Trong các sự thi hành UE 200 khác nữa, pha tương đối của tập hợp con của các chuỗi truyền được điều khiển tốt, nhưng không qua tất cả các chuỗi truyền. Một ví dụ có thể được mô tả ở trên đối với hoạt động nhiều tầm, tại đó pha được điều khiển tốt trong số các chuỗi truyền trong tầm, nhưng pha giữa các tầm không được điều khiển tốt. Loại này của sự truyền có thể được tham chiếu đến như ‘nhất quán một phần’ (partially-coherent).

Tất cả ba trong các biến thể này của sự điều khiển pha tương đối đã được tán thành cho sự hỗ trợ trong NR, và như vậy các khả năng UE 200 đã được định nghĩa cho sự truyền nhất quán hoàn toàn, nhất quán một phần, và không nhất quán.

Khả năng và kết cấu bộ tiền mã hóa cho các sách mã khả năng nhất quán có thể biến đổi được

Có thể hỗ trợ tất cả 3 khả năng nhất quán NR trong một sách mã MIMO. Vector hoặc ma trận tiền mã hóa, hoặc ‘bộ tiền mã hóa’, mà không có các phần tử độ lớn không bất kỳ yêu cầu chuỗi truyền nhất quán hoàn toàn để duy trì pha tương đối được đặt bởi các phần tử độ lớn khác không, và như vậy bộ tiền mã hóa như vậy có thể chỉ được sử dụng bởi UE 200 với khả năng ‘nhất quán hoàn toàn’, và không được hỗ trợ bởi các UE với các khả năng nhất quán một phần hoặc không nhất quán.

Vector hoặc ma trận tiền mã hóa, hoặc ‘bộ tiền mã hóa’, với chỉ một phần tử độ lớn khác không cho mọi lớp không gian (ví dụ tại đó ma trận tiền mã hóa với nhiều cột có chỉ một độ lớn khác không trong mọi cột) không yêu cầu sự nhất quán pha, do không có các cổng anten trong lớp không gian được phối hợp cùng nhau. Bởi vậy, bộ tiền mã hóa như vậy có thể được sử dụng bởi UE 200 mà chỉ hỗ trợ sự truyền không nhất quán.

Vector hoặc ma trận tiền mã hóa, hoặc ‘bộ tiền mã hóa’, với nhiều phần tử độ lớn khác không và ít nhất một phần tử độ lớn khác không cho lớp không gian đã cho (ví dụ tại đó ma trận tiền mã hóa với nhiều cột có chỉ một độ lớn khác không cho mỗi cột) yêu cầu sự nhất quán pha chỉ trong số các cổng anten tương ứng với các cổng khác không khi truyền lớp không gian đó. Bởi vậy, các UE như vậy hỗ trợ khả năng nhất quán một phần, nhưng không phải khả năng nhất quán hoàn toàn cho ít nhất lớp không gian đã cho. Khi truyền nhiều lớp không gian, nếu hai cổng yêu cầu sự nhất quán trên một lớp, thì chúng sẽ yêu cầu nó cho tất cả các lớp, do nếu chuỗi TX phải duy trì pha được điều khiển tốt với chuỗi TX khác cho một lớp, nó phải làm như vậy cho tất cả các lớp. Sau đó, trong phương án, bộ tiền mã hóa nhất quán một phần là một bộ tiền mã hóa tại đó nếu cổng anten được phối hợp với cổng anten khác trên một lớp, thì nó có thể được phối hợp với cổng khác trên lớp bất kỳ, và mỗi cổng anten chỉ được phối hợp với tập hợp con của các cổng anten khác qua tất cả các lớp.

Các cổng mà được phối hợp theo cách nhất quán qua tất cả các lớp có thể được xác định với quy trình lặp, bắt đầu với những gì được phối hợp cho mỗi lớp, và tiếp tục cho đến khi tất cả các sự phối hợp nhất quán qua tất cả các lớp được nhận dạng. Ví dụ, xem xét bộ tiền mã hóa hạng 4 6 cổng tại đó các cặp cổng (1,2), (3,4), (5,6), và (1,6)

được phối hợp trên lớp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, và thứ tư, theo cách tương ứng, như sẽ xuất hiện sử dụng ma trận tiền mã hóa ở dưới, tại đó mỗi cột tương ứng với lớp và mỗi hàng với cổng anten.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{Phương trình (3)}$$

Nhờ xây dựng đồ thị tổ hợp sử dụng các sự phụ thuộc này, như được minh họa trên Fig.6, nó có thể được xác định là có hai tập hợp của các cổng, $\{3,4\}$ và $\{1,2,5,6\}$ cho bộ tiền mã hóa này mà có nghĩa là các cổng trong mỗi tập hợp trong các tập hợp này sẽ được truyền theo cách nhất quán cùng nhau. Vì thế, các tác giả sáng chế kết luận là các cổng $(1,2,5,6)$ sẽ được truyền theo cách nhất quán cùng nhau và các cổng $(3,4)$ sẽ được truyền theo cách nhất quán cùng nhau.

Do UE 200 nhất quán hoàn toàn có khả năng của sự truyền nhất quán một phần và sự truyền không nhất quán, các bộ tiền mã hóa với tất cả, một phần, hoặc chỉ một phần tử độ lớn khác không cho mỗi lớp không gian có thể tất cả ở trong sách mã được sử dụng cho sự truyền nhất quán hoàn toàn.

Trong khi tất cả 3 khả năng nhất quán có thể ở trong một sách mã, các UE với hoặc là khả năng nhất quán một phần hoặc là khả năng không nhất quán không thể hỗ trợ toàn bộ sách mã. Tuy nhiên, các UE có khả năng nhất quán một phần có thể sử dụng các bộ tiền mã hóa từ sách mã mà so khớp các cổng anten trên đó nó có thể truyền theo cách nhất quán, cũng như các bộ mà không yêu cầu sự nhất quán. Tương tự, UE 200 hỗ trợ chỉ khả năng không nhất quán có thể sử dụng các bộ tiền mã hóa từ sách mã mà không yêu cầu sự truyền nhất quán. Bởi vậy, trong phương án, UE 200 chỉ báo sự nhất quán hoàn toàn được giả định để hỗ trợ các TPMI nhận dạng các bộ tiền mã hóa tại đó tất cả các phần tử có độ lớn khác không, các bộ tiền mã hóa tại đó ít nhất một phần tử có độ lớn không, và các bộ tiền mã hóa tại đó chỉ một phần tử cho mỗi lớp không gian có độ lớn khác không. UE 200 chỉ báo sự nhất quán một phần được giả định để hỗ trợ các TPMI nhận dạng các bộ tiền mã hóa tại đó ít nhất một phần tử có độ lớn không, và

các bộ tiền mã hóa tại đó chỉ một phần tử cho mỗi lớp không gian có độ lớn khác không. UE 200 chỉ báo khả năng không nhất quán được giả định để hỗ trợ các TPMI nhận dạng các bộ tiền mã hóa tại đó chỉ một phần tử cho mỗi lớp không gian có độ lớn khác không.

UE 200 nhất quán một phần có thể chỉ duy trì pha tương đối được điều khiển tốt giữa các chuỗi truyền và các cổng anten riêng. Bởi vậy, không chỉ số lượng của các phần tử độ lớn khác không mà bộ tiền mã hóa có phải so khớp khả năng nhất quán một phần, mà các phần tử mà có độ lớn khác không trên lớp không gian phải tương ứng với các cổng anten cho đó pha được duy trì tốt. Các phần tử khác không trong các ma trận tiền mã hóa biểu diễn các trọng số để được áp dụng đối với các cổng anten tương ứng trong khi các phần tử độ lớn không biểu diễn các cổng anten không truyền. Trong một phương án, để nhận dạng khả năng nhất quán một phần của nó, UE 200 có thể chỉ báo các cặp nào của các cổng anten có thể hỗ trợ hoạt động nhất quán. Sự chỉ báo như vậy có thể là danh sách của các cặp số nguyên, mỗi số nguyên nhận dạng số cổng anten, tại đó cặp hỗ trợ sự truyền nhất quán. Như một sự lựa chọn, nhiều ánh xạ bit (bitmap) có thể được chỉ báo, tại đó mỗi ánh xạ bit chứa nhiều nhất hai bit khác không, tương ứng với các cổng anten cho đó sự truyền nhất quán được hỗ trợ.

Trong một số sự thi hành, năng lực của UE để duy trì pha tương đối được điều khiển tốt qua các chuỗi TX có thể cũng là chức năng của tần số bộ mang. Bởi vậy, trong phương án, UE 200 có thể chỉ báo trị số thứ nhất và thứ hai của khả năng nhất quán, theo cách tương ứng tương ứng với băng tần số thứ nhất và thứ hai được sử dụng cho sự truyền bởi UE 200.

Các UE 200 nói chung là tự do để lựa chọn các chuỗi anten truyền nào tương ứng với các cổng anten của nó. Nếu tập hợp đơn của các cổng anten được giả định để được cho phép cho sự truyền nhất quán một phần, thì UE 200 hỗ trợ sự nhất quán một phần có thể sắp hàng các chuỗi truyền của nó để so khớp sự giả định nhất quán cổng anten được sử dụng bởi sách mã, và không thông tin bổ sung về cổng anten nào trong các cổng anten của UE hỗ trợ sự truyền nhất quán được cần bởi mạng. Tuy nhiên, các cổng anten cho đó sự truyền nhất quán được hỗ trợ phải được sắp hàng qua các hạng truyền khác nhau. Điều này có nghĩa là chỉ các phần tử của các bộ tiền mã hóa mà tương ứng với các

cổng anten đó cho đó sự truyền nhất quán được hỗ trợ có thể có độ lớn khác không trên lớp không gian bất kỳ.

Các sách mã khả năng nhất quán có thể biến đổi được 4-cổng sử dụng các bộ tiền mã hóa liên kết lên Rel-10 LTE

Sự ràng buộc này của các trọng số khác không qua các hạng truyền khác nhau có thể được minh họa với thiết kế cho sách mã hỗ trợ các từ mã nhất quán hoàn toàn, nhất quán một phần, và không nhất quán. Sách mã như vậy có thể được xây dựng từ sách mã MIMO liên kết lên Rel-10 LTE từ 3GPP TS 36.211, đoạn 5.5.3A. Bảng 1 (mà là Bảng 5.3.3A.2-2 trong 3GPP TS 36.211) cung cấp sách mã cho sự truyền hạng 1 (nghĩa là, $v = 1$ lớp không gian). Lưu ý là trong khi sách mã được minh họa sử dụng các cổng anten 40, 41, 42, và 43, sự đánh số cổng anten bất kỳ có thể được sử dụng mà nhận dạng 4 cổng anten phân biệt. Ở đây, các chỉ số sách mã 0-15 tất cả có độ lớn khác không trên tất cả các mục nhập, và như vậy yêu cầu sự truyền nhất quán hoàn toàn. Tuy nhiên, mỗi trong các chỉ số sách mã 16-23 có hai mục nhập độ lớn khác không và như vậy có thể được hỗ trợ với sự truyền nhất quán một phần. Do phần tử thứ nhất trong vectơ tương ứng với cổng anten 40, thứ hai với cổng 41, v.v., và do các phần tử thứ nhất và thứ ba của các chỉ số sách mã 16-19 là độ lớn khác không, các chỉ số này yêu cầu sự truyền nhất quán trên các cổng anten 40 và 42. Tương tự, các chỉ số sách mã 19-23 yêu cầu sự truyền nhất quán trên các cổng anten 41 và 43.

Bảng 1: Sách mã cho sự truyền trên các cổng Anten $\{40,41,42,43\}$ với $\nu=1$

Chỉ số sách mã	Số lượng của các lớp $\nu=1$							
0 – 7	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ j \\ -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -j \\ -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ j \\ 1 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ j \\ j \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ j \\ -1 \\ -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ j \\ -j \\ -1 \end{bmatrix}$
8 – 15	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ j \\ -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -j \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \\ 1 \\ -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \\ j \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \\ -1 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \\ -j \\ 1 \end{bmatrix}$
16 – 23	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ j \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -j \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ -j \end{bmatrix}$

Bảng 2 (mà là Bảng 5.3.3A.2-3 trong 3GPP TS 36.211 cho Bản phát hành LTE 10) cung cấp sách mã cho sự truyền hạng 2 (nghĩa là $\nu=2$ lớp không gian). Mỗi ma trận trong bảng có hai cột, mỗi trong số chúng tương ứng với một lớp không gian. Nghiên cứu các chỉ số sách mã 0-7, do hai phần tử đầu tiên của cột thứ nhất và hai phần tử cuối cùng của cột thứ hai là khác không, các cổng Anten 40 và 41 sẽ được truyền với pha tương đối được điều khiển, và các cổng Anten 42 và 43 sẽ cũng được truyền với pha tương đối được điều khiển. Tuy nhiên, bởi vì các phần tử độ lớn khác không tương ứng của chúng ở trên các lớp không gian khác nhau, không cần thiết để điều khiển pha tương đối giữa các cổng Anten 40 và 42 cũng không giữa các cổng Anten 41 và 43.

Quan sát là cặp cổng Anten 40 và 42 phải được truyền theo cách nhất quán trong hạng 1, trong khi cặp cổng 40 và 41 phải được truyền theo cách nhất quán cho lớp thứ nhất của hạng 2, nó có thể được thấy là nếu các từ mã 16-23 đã được sử dụng cho sự truyền nhất quán một phần, thì UE 200 sẽ phải hỗ trợ sự truyền nhất quán qua các cổng 40, 41, và 42. Sự quan sát tương tự có thể được thực hiện cho các từ mã này xem xét lớp thứ hai của hạng 2: các cặp cổng 41 và 43 sẽ hỗ trợ sự truyền nhất quán cho hạng 1, trong khi các cặp cổng 42 và 43 sẽ hỗ trợ sự truyền nhất quán cho hạng 2, và như vậy các cổng 41, 42, và 43 sẽ hỗ trợ sự truyền nhất quán.

Bảng 2: Sách mã cho sự truyền trên các cổng Anten $\{40,41,42,43\}$ với $\nu=2$

Chỉ số sách mã	Số lượng của các lớp $\nu=2$			
0 – 3	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$
4 – 7	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ j & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$
8 – 11	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$
12 – 15	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$

Nó có thể mong muốn để yêu cầu chỉ hai cặp của các cổng nhất quán trong sự truyền nhất quán một phần qua 4 cổng, hơn là so với yêu cầu sự truyền nhất quán qua các cổng 40-42 và 41-43. Một cách để đạt được điều này là để cho phép cách sử dụng của các cặp cổng Anten (40,42) và (41,43) cho sự truyền nhất quán trong hạng 2. Do sự sắp xếp lại các cổng Anten cho tất cả các chỉ số sách mã cho hạng đã cho của sách mã không ảnh hưởng đến khoảng cách qua lại hoặc hiệu năng liên kết radio của các từ mã đó, sự sắp xếp lại mỗi sách mã hạng 1 hoặc hạng 2 có thể là công cụ để sắp hàng các cặp cổng qua các hạng.

Để xác định sự sắp xếp lại cổng, nó mong muốn để tìm sự sắp xếp lại mà cho phép nhiều từ mã nhất quán một phần nhất có thể để được sử dụng qua các hạng. Mặc dù các chỉ số sách mã 8-15 luôn luôn có nhiều nhất hai phần tử độ lớn khác không cho mỗi lớp, chúng tương ứng với sự trộn của các cặp cổng Anten. Các chỉ số 8-11 tương ứng với các cặp cổng 40 và 42 cho lớp thứ nhất, và 41 và 43 cho lớp thứ hai, trong khi

các chỉ số 12-15 tương ứng với các cặp cổng (40,43) và (41,42) cho hai lớp, theo cách tương ứng. Điều này có nghĩa là các cặp cổng (41,42) và (42,43) có cách sử dụng phù hợp hơn của cùng các cổng anten, do chúng được sử dụng qua 8 chỉ số, trong khi các cặp cổng khác được sử dụng qua chỉ 4 chỉ số. Vì vậy các chỉ số 0-7 có vẻ là các ứng viên tốt nhất để sắp hàng đối với hạng 1 qua sự sắp xếp lại của các cổng anten.

Nếu các hàng 2 và 3, hoặc theo cách tương đương là các cổng anten 41 và 42 được trao đổi, thì sách mã trong Bảng 2 trở thành Bảng 3 ở dưới. Các chỉ số sách mã 0-7 trong Bảng 4 có các số không (zero) trong cùng các cột như những gì trong các chỉ số sách mã 16-23 của Bảng 1, và như vậy cùng các cặp cổng anten (40,42) và (41,43) yêu cầu sự truyền nhất quán cho cả hạng 1 và 2. Bởi vậy, sự sắp xếp lại các cổng cho phép 8 từ mã từ hạng 1 và 2 được sử dụng cho sự truyền nhất quán một phần với chỉ hai cặp cổng, như trái ngược với hai bộ ba cổng (40,41,42) và (41,42,43) mà không có sự sắp xếp lại cổng.

Bảng 3: Sách mã được sửa đổi cho sự truyền trên

các cổng anten $\{40,41,42,43\}$ với $\nu=2$

Chỉ số sách mã	Số lượng của các lớp $\nu=2$			
0 – 3	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$
4 – 7	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$
8 – 11	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$
12 – 15	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$

Bởi vậy, trong phương án, khả năng nhất quán một phần sử dụng tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa cho một lớp không gian, trong đó mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp có cột thứ nhất với ít nhất hai phần tử độ lớn khác không mà tương ứng với ít nhất cổng anten thứ nhất và thứ hai, ít nhất một phần tử độ lớn không trong cột thứ nhất mà tương ứng với ít nhất cổng anten thứ ba. Khả năng nhất quán một phần sử dụng tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa cho hai lớp không gian, trong đó mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ hai có cột thứ hai với ít nhất hai phần tử độ lớn khác không mà tương ứng với ít nhất các cổng anten thứ nhất và thứ hai, và ít nhất một phần tử độ lớn không trong cột thứ hai mà tương ứng với ít nhất cổng anten thứ ba. Ở đây, ma trận có thể bao gồm một hoặc nhiều cột.

Việc sử dụng sự nhất quán một phần cho hạng 3 trên cùng tập hợp của các cổng anten có thể mong muốn. Sách mã MIMO liên kết lên LTE Rel-10 cho hạng 3 (Bảng

5.3.3A.2-4 trong 3GPP TS 36.211) được thể hiện trên Bảng 4 ở dưới. Trong khi 2 trong 3 cột trong tất cả của các chỉ số sách mã có chỉ một phần tử độ lớn khác không, cột thứ nhất có hai phần tử độ lớn khác không. Cột thứ nhất này bởi vậy yêu cầu sự truyền nhất quán một phần trên một cặp cổng cho lớp không gian thứ nhất. Các chỉ số sách mã 2 và 3 có độ lớn khác không trên các hàng 1 và 3, và như vậy tương ứng với cặp cổng (40,42). Tương tự, các chỉ số sách mã 8 và 9 có độ lớn khác không trên các hàng 2 và 4, và như vậy tương ứng với cặp cổng (40,42). Bởi vậy, các chỉ số sách mã 2, 3, 8, và 9 có thể được sử dụng cho sự truyền nhất quán một phần với các chỉ số sách mã 0-7 hạng 2 của Bảng 3 và các chỉ số sách mã 16-23 hạng 1 của Bảng 1. Các chỉ số sách mã còn lại từ Bảng 4 yêu cầu sự truyền nhất quán trên các cặp cổng khác so với (40,42) và (41,43).

Bảng 4: Sách mã cho sự truyền trên các cổng anten $\{40,41,42,43\}$ với $\nu=3$

Chỉ số sách mã	Số lượng của các lớp $\nu=3$			
0 – 3	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
4 – 7	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
8 – 11	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

Để hỗ trợ hoạt động không nhất quán hoàn toàn, cần thiết để bổ sung các ma trận tiền mã hóa vào các sách mã 4 cổng MIMO UL Rel-10, do không có các cột trong các ma trận tiền mã hóa của các sách mã này có phần tử độ lớn khác không đơn. Cho hoạt động hạng 1, nó có thể mong muốn để lựa chọn một cổng anten bất kỳ, do nó có thể được giả định là cổng bất kỳ là có khả năng ngang nhau để có SINR tốt nhất ở bộ nhận. Như vậy, 4 bộ tiền mã hóa sau đây trong Bảng 5 có thể được bổ sung vào sách mã hạng 1 của Bảng 2 để hỗ trợ hoạt động không nhất quán.

Bảng 5: Các mục nhập sách mã bổ sung cho sự truyền trên các cổng Anten $\{40,41,42,43\}$ với $\nu=1$ làm cho có thể hoạt động không nhất quán

Chỉ số sách mã	Số lượng của các lớp $\nu=1$			
0-3	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$

Lưu ý là trong Bảng 5, hệ số tỷ lệ của $1/2$ được sử dụng, mặc dù các bộ tiền mã hóa chỉ chứa một phần tử độ lớn đơn vị khác không, dẫn đến là các bộ tiền mã hóa được tiêu chuẩn hóa thành bậc $1/4$ ($1/4$ power) hơn là so với có tiêu chuẩn đơn vị (unit norm). Như một sự lựa chọn, hệ số tỷ lệ khác có thể được áp dụng, như hệ số tỷ lệ của 1, để tiêu chuẩn hóa các bộ tiền mã hóa thành tiêu chuẩn đơn vị, sự lựa chọn này được minh họa trong Bảng 6 ở dưới.

Bảng 6: Các mục nhập sách mã bổ sung cho sự truyền trên các cổng Anten $\{40,41,42,43\}$ với $\nu=1$ làm cho có thể hoạt động không nhất quán, sử dụng hệ số tỷ lệ tiêu chuẩn đơn vị

Chỉ số sách mã	Số lượng của các lớp $\nu=1$			
0-3	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$

Cho hoạt động hạng 2, nó có thể mong muốn để lựa chọn cặp cổng Anten bất kỳ qua hai lớp, do sự phối hợp bất kỳ của hai cổng có thể có SINR tốt nhất ở bộ nhận. Như vậy, 6 bộ tiền mã hóa sau đây trong Bảng 7 có thể được bổ sung vào sách mã hạng 2 của Bảng 4 để hỗ trợ hoạt động không nhất quán.

Bảng 7: Các mục nhập sách mã bổ sung cho sự truyền trên các cổng Anten $\{40,41,42,43\}$ với $\nu=2$ làm cho có thể hoạt động không nhất quán

Chỉ số sách mã	Số lượng của các lớp $\nu=2$					
0-3	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$

Tương tự như cho sách mã hạng 1, hệ số tỷ lệ lựa chọn có thể được áp dụng thay cho hệ số tỷ lệ bậc $1/2$ ($1/2$ power) được sử dụng ở trên, chẳng hạn để tiêu chuẩn hóa các bộ tiền mã hóa thành tiêu chuẩn đơn vị. Trong Bảng 8, hệ số tỷ lệ của $\frac{1}{\sqrt{2}}$ được áp dụng sao cho các bộ tiền mã hóa được tiêu chuẩn hóa thành tiêu chuẩn đơn vị. Điều này được minh họa trong Bảng 8 ở dưới. Nói chung, các phương án ở đây có thể dùng hệ số tỷ lệ tùy ý.

Bảng 8: Các mục nhập sách mã bổ sung cho sự truyền trên các cổng Anten $\{40,41,42,43\}$ với $\nu=2$ làm cho có thể hoạt động không nhất quán, sử dụng hệ số tỷ lệ tiêu chuẩn đơn vị

Chỉ số sách mã	Số lượng của các lớp $\nu=2$					
0-3	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$

Cho hoạt động hạng 3, nó có thể lần nữa mong muốn để lựa chọn sự phối hợp bất kỳ của 3 cặp cổng Anten qua hai lớp, do sự phối hợp bất kỳ của ba cổng có thể có SINR tốt nhất ở bộ nhận. Như vậy, 4 bộ tiền mã hóa sau đây trong Bảng 9 có thể được bổ sung vào sách mã hạng 3 của Bảng 4 để hỗ trợ hoạt động không nhất quán.

Bảng 9: Các mục nhập sách mã bổ sung cho sự truyền trên các cổng anten $\{40,41,42,43\}$ với $\nu=3$ làm cho có thể hoạt động không nhất quán

Chỉ số sách mã	Số lượng của các lớp $\nu=3$			
0-3	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

Cho hoạt động hạng 4, ma trận nhận dạng có thể cung cấp hiệu năng tốt. Như được biết trong lĩnh vực, nếu số lượng của các cổng anten truyền bằng số lượng của các lớp, thì không có các độ tự do thêm khả dụng để cung cấp độ khuếch đại mảng. Bởi vậy, sách mã phù hợp cho hoạt động hạng 4 với 4 cổng có thể là sách mã 4 cổng MIMO UL Rel-10 (Bảng 5.3.3A.2-5 trong 3GPP TS 36.211) mà ở trong Bảng 10 ở dưới.

Bảng 10: Sách mã cho sự truyền trên các cổng anten $\{40,41,42,43\}$ với $\nu=4$

Chỉ số sách mã	Số lượng của các lớp $\nu=4$
0	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

Do Bảng 10 có chỉ một phần tử độ lớn khác không cho mỗi cột, nó có thể được sử dụng với hoạt động không nhất quán.

Căn cứ vào các phân tích ở trên, có thể xây dựng sách mã mà hỗ trợ hoạt động nhất quán hoàn toàn, nhất quán một phần, và không nhất quán. Sách mã có thể được xem xét để bao gồm tất cả các ma trận được cần cho tất cả các hạng được hỗ trợ trong sách mã. Trong trường hợp này, sách mã bao gồm Bảng 11 đến Bảng 14 sau đây. Mỗi trong các bảng bao gồm các ma trận được kết hợp với chỉ số sách mã, hoặc theo cách tương đương là TPMI. Các sách mã được sắp đặt sao cho các TPMI được phân loại theo khả năng nhất quán cực tiểu được cần để hỗ trợ các TPMI, tại đó khả năng nhất quán của hoạt động nhất quán hoàn toàn được xem xét để có khả năng lớn nhất, hoạt động

nhất quán một phần là khả năng nhất quán lớn nhất tiếp theo, và hoạt động không nhất quán là ít nhất trong các khả năng nhất quán. UE 200 có khả năng của hoạt động nhất quán hoàn toàn có thể hỗ trợ các TPMI được kết hợp với hoạt động nhất quán hoàn toàn, nhất quán một phần, và không nhất quán. UE 200 có khả năng của hoạt động nhất quán một phần có thể hỗ trợ các TPMI được kết hợp với hoạt động nhất quán một phần, và không nhất quán, nhưng không phải hoạt động nhất quán hoàn toàn. UE 200 có khả năng của chỉ hoạt động không nhất quán có thể chỉ hỗ trợ các TPMI được kết hợp với hoạt động không nhất quán. Khả năng nhất quán cực tiểu được kết hợp với các TPMI trên một hoặc nhiều hàng được thể hiện trên cột ngoài cùng bên phải.

Các TPMI nhất quán một phần được sử dụng cho các hạng 2 và 3 được thiết kế sao cho các cổng anten (40,42) và (41,43) yêu cầu sự truyền nhất quán cho tất cả các TPMI nhất quán một phần trong sách mã cho các hạng 1, 2, và 3. Điều này loại trừ các TPMI mà có thể hỗ trợ sự truyền nhất quán một phần trên các cổng anten khác, như các TPMI 8-15 cho hạng 2 và các TPMI 4-11 trong hạng 3. Do các TPMI này có thể cung cấp hiệu năng bổ sung, nhưng yêu cầu sự truyền nhất quán qua các cặp cổng khác so với (40,42) và (41,43), các TPMI này được sử dụng với khả năng nhất quán cực tiểu nhất quán hoàn toàn. Bởi vậy, trong phương án, khả năng nhất quán hoàn toàn sử dụng tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa cho hai lớp không gian, trong đó mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ nhất có ít nhất hai phần tử độ lớn khác không mà tương ứng với ít nhất cổng anten thứ nhất và thứ hai, ít nhất một phần tử độ lớn khác không mà tương ứng với ít nhất cổng anten thứ ba, và khả năng nhất quán hoàn toàn sử dụng tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa cho một lớp không gian, trong đó mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ hai có các phần tử độ lớn khác không mà tương ứng với ít nhất các cổng anten thứ nhất, thứ hai, và thứ ba.

Bảng 11: Sách mã với sự nhất quán có thể biến đổi được cho sự truyền trên

các cổng Anten $\{40,41,42,43\}$ với $\nu=1$

Chỉ số sách mã	Số lượng của các lớp $\nu=1$								Khả năng nhất quán cực tiểu
0 – 7	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ j \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -j \\ -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ j \\ 1 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ j \\ j \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ j \\ -1 \\ -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ j \\ -j \\ -1 \end{bmatrix}$	Nhất quán hoàn toàn
8 – 15	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ j \\ -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -j \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \\ 1 \\ -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \\ j \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \\ -1 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \\ -j \\ 1 \end{bmatrix}$	
16 – 23	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ j \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -j \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ -j \end{bmatrix}$	Nhất quán một phần
24-27	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$					Không nhất quán

Bảng 12: Sách mã với sự nhất quán có thể biến đổi được cho sự truyền trên các cổng Anten $\{40,41,42,43\}$ với $\nu=2$

Chỉ số sách mã	Số lượng của các lớp $\nu=2$				Khả năng nhất quán cực tiểu
0 – 3	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$	Nhất quán một phần
4 – 7	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$	
8 – 11	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$	Nhất quán hoàn toàn
12 – 15	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$	
16-19	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	Không nhất quán
20-21	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$			

Bảng 13: Sách mã với sự nhất quán có thể biến đổi được cho sự truyền trên các cổng Anten $\{40,41,42,43\}$ với $\nu = 3$

Chỉ số sách mã	Số lượng của các lớp $\nu = 3$				Khả năng nhất quán cực tiểu
0 – 3	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	Nhất quán một phần
4 – 7	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	Nhất quán hoàn toàn
8 – 11	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	
12-15	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	Không nhất quán

Bảng 14: Sách mã với sự nhất quán có thể biến đổi được cho sự truyền trên các cổng Anten $\{40,41,42,43\}$ với $\nu = 4$

Chỉ số sách mã	Số lượng của các lớp $\nu = 4$	Khả năng nhất quán cực tiểu
0	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	Không nhất quán

Để xây dựng sự báo hiệu cho TPML, cần thiết để xác định số lượng của các trạng thái. Bảng 15 ở dưới là sự biểu diễn lựa chọn của sách mã 4 cổng của Bảng 11 đến Bảng

14 mà chỉ báo số lượng của các TPMI được sử dụng cho mỗi hạng và cho mỗi khả năng nhất quán.

Bảng 15: Các TPMI và số lượng của các trạng thái so với khả năng nhất quán cực tiểu cho sách mã 4 công

Hạng	Khả năng cực tiểu Nhất quán hoàn toàn	Khả năng cực tiểu Nhất quán một phần	Khả năng cực tiểu Không nhất quán
1	Các TPMI 0-15 (16 TPMI) Bảng 11	Các TPMI 16-23 (8 TPMI) Bảng 11	Các TPMI 24-27 (4 TPMI) Bảng 11
2	Các TPMI 8-15 (8 TPMI) Bảng 12	Các TPMI 0-7 (8 TPMI) Bảng 12	Các TPMI 16-21 (6 TPMI) Bảng 12
3	Các TPMI 4-11 (8 TPMI) Bảng 13	Các TPMI 0-3 (4 TPMI) Bảng 13	Các TPMI 12-15 (4 TPMI) Bảng 13
4	0	0	TPMI 0 (1 TPMI) Bảng 14

Bảng 16 ở dưới là sự biểu diễn khác của sách mã 4 công của Bảng 11 đến Bảng 14 mà chỉ báo tổng số lượng của các TPMI được hỗ trợ bởi UE 200 với khả năng nhất quán đã cho cho mỗi hạng. Ở đây, các TPMI cho hoạt động nhất quán một phần và không nhất quán được gồm có trong tổng cho các UE có khả năng nhất quán hoàn toàn, do các UE như vậy có thể cũng truyền các TPMI nhất quán một phần và không nhất quán. Tương tự, các TPMI cho hoạt động không nhất quán được gồm có trong tổng cho các UE có khả năng nhất quán một phần, do các UE như vậy có thể cũng hỗ trợ các TPMI không nhất quán. Sau cùng, các TPMI không nhất quán là duy nhất trong tổng các TPMI, do các UE hỗ trợ chỉ có khả năng không nhất quán có thể chỉ hỗ trợ các TPMI này. Có thể được quan sát là Bảng 16 có thể được tham chiếu đến như bao gồm 3 sách mã: một cho hoạt động nhất quán hoàn toàn, một cho hoạt động nhất quán một phần, và sách mã khác cho hoạt động không nhất quán. Bởi vậy, trong một số phương án, UE 200 được tạo kết cấu với sách mã MIMO liên kết lên được nhận dạng như hỗ trợ hoạt động nhất quán hoàn toàn, nhất quán một phần, hoặc không nhất quán. Trong các

phương án như vậy, các TPMI được nhận dạng với hoạt động không nhất quán hoặc hoạt động nhất quán một phần có thể được gồm có trong sách mã được tạo kết cấu đối với UE 200 cho hoạt động nhất quán hoàn toàn, và các TPMI được nhận dạng với hoạt động không nhất quán có thể được gồm có trong sách mã được tạo kết cấu đối với UE 200 cho hoạt động nhất quán một phần.

Bảng 16: Tổng các TPMI và số lượng của các trạng thái so với khả năng nhất quán cực tiểu cho sách mã 4 cổng

Hạng	Tổng các TPMI Nhất quán hoàn toàn	Tổng các TPMI Nhất quán một phần	Tổng các TPMI Không nhất quán
1	Các TPMI 0-27 (28 TPMI) Bảng 11	Các TPMI 16-27 (12 TPMI) Bảng 11	Các TPMI 24-27 (4 TPMI) Bảng 11
2	Các TPMI 0-21 (22 TPMI) Bảng 12	Các TPMI 0-7,16-21 (14 TPMI) Bảng 12	Các TPMI 16-21 (6 TPMI) Bảng 12
3	Các TPMI 0-15 (16 TPMI) Bảng 13	Các TPMI 0-3, 12-15 (8 TPMI) Bảng 13	Các TPMI 12-15 (4 TPMI) Bảng 13
4	TPMI 0 (1 TPMI) Bảng 14	TPMI 0 (1 TPMI) Bảng 14	TPMI 0 (1 TPMI) Bảng 14

Bảng 17 thể hiện số lượng của các TPMI cho mỗi khả năng nhất quán, được tích lũy cho mỗi hạng từ Bảng 16. Sự tích lũy này của hạng cho phép thông tin TRI được lập mã (encoded) theo cách cùng nhau với TPMI, và như vậy trong phương án này, sự chỉ báo TPMI có thể cũng được dán nhãn như TPMI/TRI, và trị số đã cho của sự chỉ báo TPMI chuyển số lượng của các lớp không gian để được sử dụng trong sự truyền. Số lượng của các bit cần để báo hiệu số lượng của các TPMI cũng được thể hiện. Cho hàng đã cho của Bảng 17, số lượng của các TPMI từ hàng ở trên (nếu có) được bổ sung để xác định số lượng của các TPMI cho hạng tương ứng với hàng và các hạng trước.

Nghiên cứu Bảng 17, các tác giả sáng chế thấy là số lượng của các trạng thái biến đổi theo khả năng nhất quán và hạng cực đại. Trong thiết kế này, số lượng của các trạng thái có khuynh hướng giảm theo khả năng nhất quán sao cho ít nhất một bit ít hơn được cần cho mỗi khả năng thấp hơn so với một ở trên. Bởi vậy, trong phương án, UE 200

nhận trường TPMI trong kênh điều khiển trong đó sự tạo kết cấu trường TPMI thứ nhất có thể nhận dạng các TPMI được kết hợp với khả năng nhất quán thứ nhất và thứ hai, sự tạo kết cấu trường TPMI thứ hai có thể nhận dạng các TPMI được kết hợp với khả năng nhất quán thứ hai, nhưng không phải khả năng nhất quán thứ nhất. Một số phương án có thể sử dụng một trường bit thông tin trong kênh điều khiển để chuyển cả ma trận tiền mã hóa được lựa chọn và số lượng của các lớp để được sử dụng trong sự truyền. Trong một số phương án, sự tạo kết cấu trường TPMI thứ hai chiếm ít các bit thông tin hơn trong kênh điều khiển so với sự tạo kết cấu trường TPMI thứ nhất.

Nó có thể cũng được quan sát từ Bảng 17 là số lượng của các bit được cần để chuyển PMI và/hoặc hạng giảm với hạng cực đại. Bởi vậy, trong một số phương án, số lượng của các bit thông tin trong kênh điều khiển được sử dụng để nhận dạng các ma trận tiền mã hóa được kết hợp với khả năng nhất quán được đặt để bằng $\lceil \log_2 N \rceil$, khi N bao gồm số lượng của các ma trận tiền mã hóa được kết hợp với khả năng nhất quán trong tập hợp con của các hạng để được sử dụng trong sự truyền, và $\lceil x \rceil$ là số nguyên nhỏ nhất lớn hơn hoặc bằng x . Tập hợp con có thể được chỉ báo bởi ánh xạ bit mà độ dài của nó bằng số lượng của các cổng được hỗ trợ bởi sách mã chứa các ma trận tiền mã hóa, trong đó mỗi bit chỉ báo nếu các ma trận tiền mã hóa cho lớp không gian tương ứng có thể được chỉ báo bởi trường TPMI. Như một sự lựa chọn, tập hợp con có thể được chỉ báo bởi trị số hạng cực đại, sao cho các hạng từ 1 đến trị số hạng cực đại có thể được chỉ báo bởi trường TPMI.

Bảng 17: Số lượng của các TPMI so với khả năng nhất quán cực tiểu
cho sách mã 4 công

Hạng tích lũy	Tổng tích lũy của các TPMI Khả năng Nhất quán hoàn toàn	Tổng tích lũy của các TPMI Khả năng Nhất quán một phần	Tổng tích lũy của các TPMI Khả năng Không nhất quán
Hạng 1	28 (5 bit)	12 (4 bit)	4 (2 bit)
Hạng 1-2	50 (6 bit)	26 (5 bit)	10 (4 bit)
Hạng 1-3	66 (6 bit)	34 (6 bit)	14 (4 bit)
Hạng 1-4	67 (7 bits)	35 (6 bit)	15 (4 bit)

Các tác giả sáng chế lưu ý là các khả năng nhất quán hoàn toàn và một phần có nhiều TPMI hơn một chút so với có thể được báo hiệu với một bit ít hơn. Bởi vậy, trong phương án lựa chọn được thể hiện trên Bảng 18, các tác giả sáng chế loại ra 3 trong các TPMI cho hạng 3, như được thể hiện ở dưới. 3 TPMI hạng 2 mà được loại ra sẽ cung cấp độ khuếch đại SNR giới hạn, do sự lựa chọn anten được cung cấp bởi các TPMI thêm sẽ không cải thiện hiệu năng về căn bản do các TPMI nhất quán một phần và hoàn toàn là đã khả dụng, và do hạng 3 là gần hạng cực đại được hỗ trợ bởi 4 công anten.

Bảng 18: Các TPMI và số lượng của các trạng thái so với khả năng nhất quán cực tiểu cho sách mã 4 cổng với tổng phí được giảm

Hạng	Khả năng cực tiểu Nhất quán hoàn toàn	Khả năng cực tiểu Nhất quán một phần	Khả năng cực tiểu Không nhất quán
1	Các TPMI 0-15 (16 TPMI) Bảng 11	Các TPMI 16-23 (8 TPMI) Bảng 11	Các TPMI 24-27 (4 TPMI) Bảng 11
2	Các TPMI 8-15 (8 TPMI) Bảng 12	Các TPMI 0-7 (8 TPMI) Bảng 12	Các TPMI 16-21 (6 TPMI) Bảng 12
3	Các TPMI 4-11 (8 TPMI) Bảng 13	Các TPMI 0-3 (4 TPMI) Bảng 13	TPMI 12 (1 TPMI) Bảng 13
4	0	0	TPMI 0 (1 TPMI) Bảng 14

Nghiên cứu Bảng 19, các tác giả sáng chế thấy là số lượng cực đại của các bit được cần là 6 hơn là so với 7, và là các khả năng nhất quán nhỏ hơn luôn luôn yêu cầu ít các bit TPMI hơn. Bởi vậy, trong phương án, sách mã 4 cổng mà có thể được sử dụng bởi các UE có khả năng của một hoặc nhiều trong sự truyền nhất quán hoàn toàn, nhất quán một phần, và không nhất quán có một ma trận tiền mã hóa cho hạng 3 tại đó tất cả các cột của ma trận có không nhiều hơn một phần tử độ lớn khác không, và một ma trận tiền mã hóa cho hạng 4 tại đó tất cả các cột của ma trận có không nhiều hơn một phần tử độ lớn khác không. Phương án như vậy có thể còn bao gồm bốn ma trận tiền mã hóa hạng 1 trong đó mỗi ma trận tiền mã hóa hạng 1 có cột đơn bao gồm phần tử khác không đơn, và tập hợp của 6 ma trận tiền mã hóa hạng 2 trong đó mỗi ma trận tiền mã hóa hạng 2 trong tập hợp bao gồm hai cột và các phần tử độ lớn khác không, và tại đó ma trận trong tập hợp của các ma trận tiền mã hóa hạng 2 là khác với mọi ma trận khác trong tập hợp sao cho vị trí của phần tử độ lớn khác không là khác nhau.

Bảng 19: Số lượng của các TPMI so với khả năng nhất quán cực tiểu
cho sách mã 4 cổng với tổng phí được giảm

Hạng tích lũy	Tổng tích lũy của các TPMI Khả năng Nhất quán hoàn toàn	Tổng tích lũy của các TPMI Khả năng Nhất quán một phần	Tổng tích lũy của các TPMI Khả năng Không nhất quán
Hạng 1	28 (5 bit)	12 (4 bit)	4 (2 bit)
Hạng 1-2	50 (6 bit)	26 (5 bit)	10 (4 bit)
Hạng 1-3	63 (6 bit)	31 (5 bit)	11 (4 bit)
Hạng 1-4	64 (6 bit)	32 (5 bit)	12 (4 bit)

Để cho đơn giản, Bảng 19A tương ứng, ở dưới, làm rõ kích thước của trường để báo hiệu các TPMI khi sử dụng sách mã 4 cổng.

Bảng 19a: Kích thước của trường TPMI so với khả năng nhất quán cực tiểu
cho sách mã 4 cổng với tổng phí được giảm

Hạng tích lũy	Khả năng Nhất quán hoàn toàn	Khả năng Nhất quán một phần	Khả năng Không nhất quán
Hạng 1	5 bit	4 bit	2 bit
Hạng 1-2	6 bit	5 bit	4 bit
Hạng 1-3	6 bit	5 bit	4 bit
Hạng 1-4	6 bit	5 bit	4 bit

Các sách mã khả năng nhất quán có thể biến đổi được 4-cổng sử dụng các bộ tiền mã hóa liên kết xuống Rel-8 LTE

Khi CP-OFDM được sử dụng cho sự truyền MIMO liên kết lên, tỷ số công suất đỉnh đối với trung bình (peak to average power ratio, PAPR) hoặc mô-đun khối (cubic metric, CM) của sự truyền PUSCH có thể không phải là sự quan tâm thiết kế chính, và

các sách mã mà không cực tiểu hóa PAPR hoặc CM có thể là phù hợp. Hơn nữa, nó có thể thuận lợi để sử dụng các thiết kế sách mã hiện có để cực tiểu hóa nỗ lực thiết kế, và do các sách mã hiện có như vậy có thể đã được chứng minh trong sự sử dụng của chúng trong các sự triển khai. Các hệ thống anten UE 200 có khuynh hướng có nhiều cổng anten được giải tương quan hơn so với trong trạm cơ sở 100s do các mẫu anten không đều trong UE 200 và do các sự lan truyền góc cao hơn được thấy gần các UE so với gần trạm cơ sở 100s. Do sách mã 4 cổng liên kết xuống Rel-8 LTE đã được thiết kế với các hệ thống anten không được tạo tương quan trong tinh thần, nó là ứng viên logic để sử dụng trong thiết kế MIMO liên kết lên cho CP-OFDM. Tuy nhiên, sách mã như vậy không hỗ trợ sự truyền nhất quán một phần hoặc không nhất quán. Bởi vậy, các ma trận tiền mã hóa bổ sung sẽ được hỗ trợ cùng với các ma trận tiền mã hóa Rel-8.

Sách mã liên kết xuống Rel-8 được xây dựng với Bảng 20 ở dưới (mà là 6.3.4.2.3-2 trong 3GPP TS 36.211), tại đó số lượng $W_n^{(s)}$ để biểu thị chỉ số sách mã ma trận tiền mã hóa n được định nghĩa bởi các cột được cho bởi tập hợp $\{s\}$ từ biểu thức $W_n = I - 2u_n u_n^H / u_n^H u_n$ trong đó I là ma trận nhận dạng 4×4 và vectơ u_n được cho bởi Bảng 20. Nó có thể được thấy là 16 TPMI được sử dụng cho mỗi trong các hạng 1 đến 4. Điều này sẽ yêu cầu 64 trạng thái cho phần nhất quán hoàn toàn của sách mã, như được so sánh với 32 với thiết kế trong Bảng 18, mà sẽ về căn bản tăng kích thước sách mã và yêu cầu tổng phí TPMI thêm. Bởi vậy, nó có thể mong muốn để sử dụng tập hợp con của sách mã Rel-8 cho một số trong các hạng.

Bảng 20: Sách mã cho sự truyền trên các cổng Anten $\{0,1,2,3\}$ và cho sự báo cáo CSI dựa trên các cổng Anten $\{0,1,2,3\}$ hoặc $\{15,16,17,18\}$

Chỉ số sách mã	u_n	Số lượng của các lớp ν			
		1	2	3	4
0	$u_0 = [1 \ -1 \ -1 \ -1]^T$	$W_0^{\{1\}}$	$W_0^{\{14\}}/\sqrt{2}$	$W_0^{\{124\}}/\sqrt{3}$	$W_0^{\{1234\}}/2$
1	$u_1 = [1 \ -j \ 1 \ j]^T$	$W_1^{\{1\}}$	$W_1^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_1^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_1^{\{1234\}}/2$
2	$u_2 = [1 \ 1 \ -1 \ 1]^T$	$W_2^{\{1\}}$	$W_2^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_2^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_2^{\{3214\}}/2$
3	$u_3 = [1 \ j \ 1 \ -j]^T$	$W_3^{\{1\}}$	$W_3^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_3^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_3^{\{3214\}}/2$
4	$u_4 = [1 \ (-1-j)/\sqrt{2} \ -j \ (1-j)/\sqrt{2}]^T$	$W_4^{\{1\}}$	$W_4^{\{14\}}/\sqrt{2}$	$W_4^{\{124\}}/\sqrt{3}$	$W_4^{\{1234\}}/2$
5	$u_5 = [1 \ (1-j)/\sqrt{2} \ j \ (-1-j)/\sqrt{2}]^T$	$W_5^{\{1\}}$	$W_5^{\{14\}}/\sqrt{2}$	$W_5^{\{124\}}/\sqrt{3}$	$W_5^{\{1234\}}/2$
6	$u_6 = [1 \ (1+j)/\sqrt{2} \ -j \ (-1+j)/\sqrt{2}]^T$	$W_6^{\{1\}}$	$W_6^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_6^{\{134\}}/\sqrt{3}$	$W_6^{\{1324\}}/2$
7	$u_7 = [1 \ (-1+j)/\sqrt{2} \ j \ (1+j)/\sqrt{2}]^T$	$W_7^{\{1\}}$	$W_7^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_7^{\{134\}}/\sqrt{3}$	$W_7^{\{1324\}}/2$
8	$u_8 = [1 \ -1 \ 1 \ 1]^T$	$W_8^{\{1\}}$	$W_8^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_8^{\{124\}}/\sqrt{3}$	$W_8^{\{1234\}}/2$
9	$u_9 = [1 \ -j \ -1 \ -j]^T$	$W_9^{\{1\}}$	$W_9^{\{14\}}/\sqrt{2}$	$W_9^{\{134\}}/\sqrt{3}$	$W_9^{\{1234\}}/2$
10	$u_{10} = [1 \ 1 \ 1 \ -1]^T$	$W_{10}^{\{1\}}$	$W_{10}^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_{10}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{10}^{\{1324\}}/2$
11	$u_{11} = [1 \ j \ -1 \ j]^T$	$W_{11}^{\{1\}}$	$W_{11}^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_{11}^{\{134\}}/\sqrt{3}$	$W_{11}^{\{1324\}}/2$
12	$u_{12} = [1 \ -1 \ -1 \ 1]^T$	$W_{12}^{\{1\}}$	$W_{12}^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_{12}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{12}^{\{1234\}}/2$
13	$u_{13} = [1 \ -1 \ 1 \ -1]^T$	$W_{13}^{\{1\}}$	$W_{13}^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_{13}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{13}^{\{1324\}}/2$
14	$u_{14} = [1 \ 1 \ -1 \ -1]^T$	$W_{14}^{\{1\}}$	$W_{14}^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_{14}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{14}^{\{3214\}}/2$
15	$u_{15} = [1 \ 1 \ 1 \ 1]^T$	$W_{15}^{\{1\}}$	$W_{15}^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_{15}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{15}^{\{1234\}}/2$

Hiệu năng lớn nhất được lợi từ tiền mã hóa có khuynh hướng đến từ sự truyền hạng 1, và như vậy nó có thể mong muốn để sử dụng tất cả 16 chỉ số sách mã từ Bảng

20 trong sách mã có kích thước được giảm dựa trên Bảng 20, trong khi sử dụng tập hợp con của các chỉ số cho các hạng 2 đến 4. Nghiên cứu các thuộc tính khoảng cách của các ma trận tiền mã hóa trong Bảng 20, nó có thể được quan sát là các ma trận tiền mã hóa với các chỉ số sách mã 4-7 có khuynh hướng có khoảng cách cực tiểu nhỏ hơn đối với các ma trận tiền mã hóa khác. Bởi vậy, các chỉ số 4-7 có thể được loại trừ khỏi sách mã có kích thước được giảm. Các chỉ số còn lại có các thuộc tính khoảng cách tương đối đồng nhất, nhưng một tập hợp phù hợp của 8 ma trận là các ma trận 0-3 và 8-11. 8 ma trận này có thể là phù hợp cho các sự truyền hạng 2 và 3. Do có lợi ích nhỏ từ sự tiền mã hóa sử dụng sự truyền hạng 4 trên 4 anten, bộ tiền mã hóa đường chéo được sử dụng cho sự truyền không nhất quán là đủ, và một theo cách đặc trưng cho hoạt động nhất quán hoàn toàn là không cần thiết. Bởi vậy, sách mã 4 cổng có kích thước được giảm dựa trên liên kết xuống 4 cổng Rel-8 nhưng mà gồm có sự hỗ trợ cho các khả năng nhất quán khác nhau có thể được xây dựng trong Bảng 21 ở dưới. Nói chung hơn, trong phương án, ma trận tiền mã hóa W_n được kết hợp với hoạt động nhất quán hoàn toàn được xây dựng sử dụng phương trình

$$W_n = I - 2u_n u_n^H / u_n^H u_n, \quad \text{Phương trình (4)}$$

trong đó n là chỉ số ma trận tiền mã hóa, và các trị số của u_n được xác định từ Bảng 20. Trong một số phương án, n có thể là một trong 16 trị số cho hạng 1, một trong 8 trị số cho các hạng 2 và 3, và ma trận đường chéo được thể hiện ở dưới cho hạng 4.

$$W_n = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{Phương trình (5)}$$

Trong một số phương án, $n \in \{0, 1, 2, 3, 8, 9, 10, 11\}$ cho các ma trận tiền mã hóa hạng 2 và hạng 3.

Bảng 21: Các TPMI và số lượng của các trạng thái so với khả năng nhất quán cực tiểu cho sách mã 4 công sử dụng các TPMI Rel-8 với tổng phí thấp

hạng	Khả năng cực tiểu Nhất quán hoàn toàn	Khả năng cực tiểu Nhất quán một phần	Khả năng cực tiểu Không nhất quán
1	Các TPMI 0-15 (16 TPMI) Bảng 19	Các TPMI 16-23 (8 TPMI) Bảng 10	Các TPMI 24-27 (4 TPMI) Bảng 10
2	Các TPMI 0-3, 8-11 (8 TPMI) Bảng 19	Các TPMI 0-7 (8 TPMI) Bảng 11	Các TPMI 16-21 (6 TPMI) Bảng 11
3	Các TPMI 0-3, 8-11 (8 TPMI) Bảng 19	Các TPMI 0-3 (4 TPMI) Bảng 12	TPMI 12 (1 TPMI) Bảng 12
4	0	0	TPMI 0 (1 TPMI) Bảng 13

Các sách mã khả năng nhất quán có thể biến đổi được 4-công sử dụng các bộ tiền mã hóa liên kết xuống Rel-15 NR

Như trong trường hợp của sách mã Rel-8 LTE, khi CP-OFDM được sử dụng cho sự truyền MIMO liên kết lên và tỷ số công suất đỉnh đối với trung bình (peak to average power ratio, PAPR) hoặc môđun khối (cubic metric, CM) của sự truyền PUSCH không phải là sự quan tâm thiết kế chính, sách mã liên kết xuống Rel-15 NR mặc dù nó không cực tiểu hóa PAPR. Sách mã liên kết xuống Rel-15 NR có thể có quan tâm riêng, do sự tương quan anten có thể lớn hơn khi 4 anten được sử dụng trong UE.

Các sách mã liên kết xuống Rel-15 dựa trên các sách mã liên kết lên cần các từ mã bổ sung để hỗ trợ cả hoạt động nhất quán và không nhất quán, nhưng có thể sử dụng các bộ tiền mã hóa Rel-15 cho phần nhất quán hoàn toàn của sách mã Tx 4 NR cho CP-OFDM. Do thiết kế dựa trên Rel-15 không khác nhau về cơ bản so với thiết kế dựa trên Rel-8 ở trên, nó sẽ cũng cần chứa 64 bộ tiền mã hóa để có tính cạnh tranh. Bởi vậy, thiết kế sách mã dựa trên Rel-15 ở đây cũng bao gồm 16, 8, và 8, ma trận tiền mã hóa mà có thể sử dụng được chỉ cho các UE có khả năng nhất quán hoàn toàn qua các hạng 1, 2, và 3 theo cách tương ứng. Sách mã Chế độ 1 Rel-15 NR được sử dụng, căn cứ vào tính

tương thích của nó với TPMI băng rộng và hiệu năng tốt với tổng phí thấp. Do 32 ma trận tiền mã hóa được cần cho hạng 1, các tác giả sáng chế giảm hệ số lấy mẫu quá (oversampling factor) từ $O=4$ thành $O=2$, theo cách đó giảm số lượng của các TPMI thành 16. Hơn nữa, cần thiết để đặt $i_{1,3}=0$ cho hạng 2 để giảm thành 8 TPMI cho các hạng 2 và 3. Điều này dẫn đến sách mã trong các Bảng 21A đến 21D ở dưới:

Bảng 21A: Sách mã Dựa trên DL Rel-15 NR (Hạng 1)

Chỉ số sách mã	Số lượng của các lớp $v=1$								Khả năng nhất quán cực tiểu
0 – 15	Sách mã DL Rel15 NR với CodeBookMode =1, nhưng với $O_1=2$								Nhất quán hoàn toàn
16 – 23	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ j \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -j \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ -j \end{bmatrix}$	Nhất quán một phần
24-27	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$					Không nhất quán

Bảng 21B: Sách mã Dựa trên DL Rel-15 NR (Hạng 2)

Chỉ số sách mã	Số lượng của các lớp $v=2$				Khả năng nhất quán cực tiểu
0 – 3	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$	Nhất quán một phần
4 – 7	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$	
8 – 15	Sách mã DL Rel15 NR với CodeBookMode =1, nhưng với $O_1=2$ và $i_{1,3}=0$				Nhất quán hoàn toàn
16-19	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$	Không nhất quán
20-21	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$			

Bảng 21C: Sách mã Dựa trên DL Rel-15 NR (Hạng 3)

Chỉ số sách mã	Số lượng của các lớp $\nu=3$				Khả năng nhất quán cực tiểu
0 – 3	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	Nhất quán một phần
4 – 11	Sách mã Rel15 NR với CodeBookMode=1-2, với $O_1=2$				Nhất quán hoàn toàn
12	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$				Không nhất quán

Bảng 21D: Sách mã Dựa trên DL Rel-15 NR (Hạng 4)

Chỉ số sách mã	Số lượng của các lớp $\nu=4$	Khả năng nhất quán cực tiểu
0	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	Không nhất quán

Sự hạn chế tập hợp con sách mã cho mỗi khả năng UE

Trong một phương án, có sách mã gồm N từ mã và mỗi từ mã được kết nối với một hoặc nhiều trong các khả năng nhất quán UE 200. Trong một phương án, số lượng của các bit được cho phép để báo hiệu TPMI là nhỏ hơn so với $\lceil \log_2 N \rceil$. Trong phương án như vậy, sự hạn chế tập hợp con sách mã có thể được dùng sao cho chỉ tập hợp con của các từ mã được sử dụng trong N từ mã khả dụng. Hơn nữa, sự hạn chế tập hợp con sách mã này có thể được tiến hành theo cách đặc trưng UE 200 hoặc như một sự lựa chọn phụ thuộc vào khả năng nhất quán UE 200. Vì thế, cho UE 200 nhất định có thể có tập hợp con nhất định của N bộ tiền mã hóa mà được sử dụng cho sự truyền dựa trên sách mã. Tập hợp con này có thể

- được cho theo cách ngầm (implicitly) bởi khả năng UE 200, hoặc

- được định nghĩa theo cách rõ ràng (explicitly) bởi trạm cơ sở 100 (ví dụ gNB), hoặc
- được định nghĩa theo cách rõ ràng bởi trạm cơ sở 100 (ví dụ gNB) nhưng được khuyến nghị bởi UE 200 qua sự báo hiệu nào đó.

Trong một số phương án, UE 200 chỉ báo các TPMI nó có thể hỗ trợ trong sách mã MIMO UL sử dụng ánh xạ bit được hỗ trợ trong sự báo hiệu khả năng. Ánh xạ bit bao gồm số lượng của các phần tử bằng số lượng của các ma trận tiền mã hóa trong sách mã qua tất cả các hạng được hỗ trợ bởi sách mã, và tại đó mỗi bit trong ánh xạ bit tương ứng với ma trận tiền mã hóa được nhận dạng bởi trường TPMI được sử dụng cho sách mã trong sự báo hiệu điều khiển liên kết xuống. Trong một số phương án, UE 200 nhận ánh xạ bit hạn chế sách mã đáp lại ánh xạ bit được hỗ trợ cho sách mã MIMO UL, tại đó ánh xạ bit hạn chế sách mã nhận dạng các TPMI mà UE 200 có thể kỳ vọng trong sự báo hiệu điều khiển liên kết xuống cho sách mã MIMO UL, và có cùng kích thước như ánh xạ bit được hỗ trợ. Trong một số phương án, số lượng của các bit thông tin trong sự báo hiệu điều khiển liên kết xuống mang các TPMI được giảm theo số lượng của các TPMI được hạn chế trong ánh xạ bit hạn chế sách mã.

Trong một phương án tại đó $\lceil \log_2 N \rceil$ lớn hơn so với số lượng của các bit được cho phép để báo hiệu TPMI các tác giả sáng chế định nghĩa sách mã nhờ bổ sung các từ mã hạng 1-3 như được biểu diễn ở dưới trong Bảng 22 đến Bảng 24 vào sách mã được biểu diễn trước trong Bảng 11 đến Bảng 14.

Bảng 22: Các từ mã bổ sung cho sự truyền trên

các cổng Anten $\{40,41,42,43\}$ với $v=1$

Chỉ số sách mã	Số lượng của các lớp $v=1$							
28 – 36	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \sqrt{2} \\ 0 \\ 1+j \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \sqrt{2} \\ 0 \\ 1-j \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \sqrt{2} \\ 0 \\ -1+j \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \sqrt{2} \\ 0 \\ -1-j \\ 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 \\ \sqrt{2} \\ 0 \\ 1+j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 \\ \sqrt{2} \\ 0 \\ 1-j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 \\ \sqrt{2} \\ 0 \\ -1+j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 \\ \sqrt{2} \\ 0 \\ -1-j \end{bmatrix}$

Bảng 23: Các từ mã bổ sung cho sự truyền trên
các cổng anten $\{40,41,42,43\}$ với $\nu=2$

Chỉ số sách mã	Số lượng của các lớp $\nu=2$			
22-25	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$

Bảng 24: Các từ mã bổ sung cho sự truyền trên
các cổng anten $\{40,41,42,43\}$ với $\nu=3$

Chỉ số sách mã	Số lượng của các lớp $\nu=3$			
16-19	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ j & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -j & 0 & 0 \end{bmatrix}$

Căn cứ vào sách mã được mở rộng này, sự hạn chế tập hợp con sách mã cho UE 200 khả năng nhất quán hoàn toàn có thể dẫn đến sử dụng cùng các từ mã như trong phương án trước, vì thế 64 từ mã như được cho bởi Bảng 25 ở dưới. UE 200 nhất quán một phần sẽ, mặt khác, không có năng lực để sử dụng tập hợp con của các từ mã tương ứng với các từ mã nhất quán hoàn toàn. Nó có thể sau đó hạn chế các từ mã này và thay cho đó được chọn để sử dụng các từ mã khác như trong Bảng 25 ở dưới. Vì thế, như được minh họa trong Bảng 26, các UE khác nhau đang sử dụng các tập hợp con khác nhau của sách mã và có thể còn, như trong ví dụ của UE 200 nhất quán hoàn toàn và UE 200 nhất quán một phần, sử dụng cùng số lượng của các bit để báo hiệu TPMI. Các UE khác nhau có thể cũng, như trong ví dụ của UE 200 không nhất quán và UE 200 nhất quán một phần, sử dụng số lượng khác nhau của các bit để báo hiệu TPMI.

Bảng 25: Các tập hợp con của các sách mã được sử dụng cho các UE khác nhau.

hạng	Tập hợp con sách mã được sử dụng Khả năng Nhất quán hoàn toàn	Tập hợp con sách mã được sử dụng Nhất quán một phần	Tập hợp con sách mã được sử dụng Không nhất quán
1	Các TPMI 0-27	Các TPMI 16-36	Các TPMI 24-27
2	Các TPMI 0-21	Các TPMI 0-7, 16-25	Các TPMI 16-21
3	Các TPMI 0-12	Các TPMI 0-3, 12-19	TPMI 12
4	TPMI 0	TPMI 0	TPMI 0

Bảng 26: Kích thước tập hợp con được sử dụng cho các UE khác nhau.

Hạng tích lũy	Tổng tích lũy của các TPMI Khả năng Nhất quán hoàn toàn	Tổng tích lũy của các TPMI Khả năng Nhất quán một phần	Tổng tích lũy của các TPMI Khả năng Không nhất quán
Hạng 1	28 (5 bit)	21 (5 bit)	4 (2 bit)
Hạng 1-2	50 (6 bit)	38 (6 bit)	10 (4 bit)
Hạng 1-3	63 (6 bit)	50 (6 bit)	11 (4 bit)
Hạng 1-4	64 (6 bit)	52 (6 bit)	12 (4 bit)

Fig.7 đến Fig.18 minh họa các phương pháp khác nhau để truyền dữ liệu nhận sử dụng các ma trận tiền mã hóa như được mô tả ở đây. Nói chung, trạm cơ sở 100 lựa chọn ma trận tiền mã hóa từ sách mã cho sự truyền dữ liệu dựa trên các sự đo của kênh liên kết lên từ UE 200 đến trạm cơ sở 100 và báo hiệu ma trận tiền mã hóa được lựa chọn đối với UE 200 nhờ truyền sự chỉ báo (ví dụ, TPMI) của ma trận tiền mã hóa được

lựa chọn đến UE 200. Sách mã hỗ trợ sự truyền dữ liệu không nhất quán, nhất quán một phần và nhất quán hoàn toàn từ UE 200 đến trạm cơ sở 100. UE 200 nhận sự chỉ báo (ví dụ TPMM) từ trạm cơ sở 100 và thực hiện sự truyền dữ liệu liên kết lên sử dụng ma trận tiền mã hóa được chỉ báo. Trạm cơ sở 100 nhận sự truyền dữ liệu từ UE 200.

Fig.7 minh họa phương pháp 300 làm ví dụ để truyền dữ liệu từ UE 200 đến trạm cơ sở 100 trong mạng truyền thông không dây. Phương pháp 300 được thi hành bởi UE 200 có nhiều cổng anten được kết nối với mảng anten. Nói chung, UE 200 sử dụng tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa cho sự truyền dữ liệu lớp đơn qua hai hoặc nhiều hơn hai cổng anten và tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa cho sự truyền dữ liệu qua hai lớp không gian. Cho sự truyền dữ liệu trên một lớp không gian, UE 200 truyền dữ liệu qua hai hoặc nhiều hơn hai trong các cổng anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa, mà là khả dụng cho khả năng nhất quán thứ nhất nhưng không cho khả năng nhất quán thứ hai thấp hơn (khối 305). Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa gồm hai phần tử độ lớn khác không và ít nhất một phần tử độ lớn không. Cho sự truyền dữ liệu trên hai lớp không gian, UE 200 truyền dữ liệu qua hai hoặc nhiều hơn hai trong các cổng anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa, mà là khả dụng cho khả năng nhất quán thứ nhất nhưng không cho khả năng nhất quán thứ hai thấp hơn (khối 310). Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa bao gồm cột thứ nhất và thứ hai tương ứng với các lớp không gian tương ứng trong đó mỗi cột gồm hai phần tử độ lớn khác không và ít nhất một phần tử độ lớn không. Các phần tử khác không trong các ma trận tiền mã hóa biểu diễn các trọng số để được áp dụng đối với các cổng anten tương ứng trong khi các phần tử độ lớn không biểu diễn các cổng anten không truyền (khối 315).

Một số phương án của phương pháp 300 còn bao gồm bước truyền dữ liệu trên ba lớp không gian. Cho sự truyền dữ liệu trên ba lớp không gian, UE 200 truyền dữ liệu qua hai hoặc nhiều hơn hai trong các cổng anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ ba của các ma trận tiền mã hóa, tập hợp thứ ba mà là khả dụng cho khả năng nhất quán thứ nhất nhưng không cho khả năng nhất quán thứ hai thấp hơn. Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ ba của các ma trận tiền mã hóa bao gồm cột

thứ nhất, thứ hai và thứ ba tương ứng với các lớp không gian tương ứng, trong đó mỗi cột gồm hai phần tử độ lớn khác không và ít nhất một phần tử độ lớn không.

Trong một số phương án của phương pháp 300, UE 200 truyền dữ liệu qua ba hoặc nhiều hơn ba trong các cổng anten. Cho sự truyền dữ liệu trên một lớp không gian, UE 200 truyền dữ liệu qua ba hoặc nhiều hơn ba trong các cổng anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ tư của các ma trận tiền mã hóa, tập hợp thứ tư mà là khả dụng cho khả năng nhất quán thứ ba cao hơn nhưng không cho khả năng nhất quán thứ nhất hoặc thứ hai. Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ tư của các ma trận tiền mã hóa gồm ba hoặc nhiều hơn ba phần tử độ lớn khác không. Cho sự truyền dữ liệu trên hai lớp không gian, UE 200 truyền dữ liệu qua ba hoặc nhiều hơn ba trong các cổng anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ năm của các ma trận tiền mã hóa, tập hợp thứ năm mà là khả dụng cho khả năng nhất quán thứ ba nhưng không cho khả năng nhất quán thứ nhất hoặc thứ hai. Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ năm của các ma trận tiền mã hóa bao gồm cột thứ nhất và thứ hai tương ứng với các lớp không gian tương ứng, trong đó mỗi cột gồm ít nhất ba phần tử độ lớn khác không.

Trong một số phương án của phương pháp 300, khả năng nhất quán thứ nhất tương ứng với khả năng truyền nhất quán một phần.

Trong một số phương án của phương pháp 300, khả năng nhất quán thứ hai tương ứng với khả năng truyền không nhất quán.

Trong một số phương án của phương pháp 300, khả năng nhất quán thứ ba tương ứng với khả năng truyền nhất quán hoàn toàn.

Một số phương án của phương pháp 300 còn bao gồm bước chỉ báo, bởi UE 200, khả năng nhất quán của UE 200 đối với trạm cơ sở 100. Trong một số phương án, khi UE 200 chỉ báo khả năng nhất quán, UE 200 truyền sự truyền dữ liệu phù hợp với khả năng nhất quán được chỉ báo hoặc khả năng nhất quán thấp hơn.

Fig.8 minh họa phương pháp 320 khác để truyền dữ liệu từ UE 200 đến trạm cơ sở 100 trong mạng truyền thông không dây theo phương án khác. Phương pháp 320 được thi hành bởi UE 200 có nhiều cổng anten được kết nối với mảng anten. Nói chung,

UE 200 sử dụng tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa cho sự truyền dữ liệu lớp đơn qua hai hoặc nhiều hơn hai cổng anten và tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa cho sự truyền dữ liệu qua hai lớp không gian. Cho sự truyền dữ liệu trên một lớp không gian, UE 200 truyền dữ liệu trên một hoặc nhiều trong các cổng anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa được tạo kết cấu cho khả năng nhất quán thứ nhất (khối 325). Ít nhất một ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa bao gồm hai phần tử độ lớn khác không tương ứng với các cổng anten thứ nhất và thứ hai và phần tử độ lớn không tương ứng với tất cả các cổng anten còn lại. Cho sự truyền dữ liệu trên hai lớp không gian, UE 200 truyền dữ liệu trên một hoặc nhiều trong các phần tử anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa được tạo kết cấu cho khả năng nhất quán thứ nhất (khối 330). Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa bao gồm, cho mỗi lớp không gian, hai phần tử độ lớn khác không tương ứng với các cổng anten thứ nhất và thứ hai, và phần tử độ lớn không tương ứng với tất cả các cổng anten còn lại, hoặc các phần tử độ lớn không tương ứng với các cổng anten thứ nhất và thứ hai theo cách tương ứng.

Một số phương án của phương pháp 320 còn bao gồm bước truyền dữ liệu trên ba lớp không gian. Cho sự truyền dữ liệu trên ba lớp không gian, UE 200 truyền dữ liệu trên một hoặc nhiều trong các phần tử anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ ba của các ma trận tiền mã hóa được tạo kết cấu cho khả năng nhất quán thứ nhất. Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ ba của các ma trận tiền mã hóa bao gồm, cho mỗi lớp không gian, hai phần tử độ lớn khác không tương ứng với các cổng anten thứ nhất và thứ hai và các phần tử độ lớn không tương ứng với tất cả các cổng anten còn lại, hoặc phần tử độ lớn khác không đơn.

Trong một số phương án của phương pháp 320, UE 200 truyền dữ liệu qua ba hoặc nhiều hơn ba trong các cổng anten. Cho sự truyền dữ liệu trên một lớp không gian, UE 200 truyền dữ liệu trên một hoặc nhiều trong các cổng anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ tư của các ma trận tiền mã hóa được tạo kết cấu cho khả năng nhất quán thứ hai. Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ tư của các ma trận tiền mã hóa bao gồm các phần tử độ lớn khác không cho tất cả các cổng anten. Cho sự truyền dữ liệu trên hai lớp không gian UE 200 truyền dữ liệu trên một hoặc nhiều

trong các cổng anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ năm của các ma trận tiền mã hóa được tạo kết cấu cho khả năng nhất quán thứ hai. Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ năm của các ma trận tiền mã hóa bao gồm, cho mỗi lớp không gian, một phần tử độ lớn khác không tương ứng với một trong các cổng anten thứ nhất và thứ hai này, một phần tử độ lớn khác không tương ứng với cổng anten thứ ba, và các phần tử độ lớn không cho tất cả các cổng anten còn lại.

Trong một số phương án của phương pháp 320, khả năng nhất quán thứ nhất tương ứng với khả năng truyền nhất quán một phần.

Trong một số phương án của phương pháp 320, khả năng nhất quán thứ hai tương ứng với khả năng truyền nhất quán hoàn toàn.

Trong một số phương án của phương pháp 320, khả năng nhất quán thứ nhất tương ứng với khả năng truyền nhất quán hoàn toàn.

Một số phương án của phương pháp 320 còn bao gồm bước chỉ báo, bởi UE 200, khả năng nhất quán của UE 200 đối với trạm cơ sở 100. Trong một số phương án, khi UE 200 chỉ báo khả năng nhất quán, UE 200 truyền sự truyền dữ liệu phù hợp với khả năng nhất quán được chỉ báo hoặc khả năng nhất quán thấp hơn

Fig.9 minh họa phương pháp 340 làm ví dụ để truyền dữ liệu từ UE 200 đến trạm cơ sở 100 trong mạng truyền thông không dây theo phương án khác. Phương pháp 340 được thi hành bởi UE 200 có nhiều cổng anten được kết nối với mảng anten. Nói chung, UE 200 truyền dữ liệu trên một, hai hoặc ba lớp không gian. Cho sự truyền dữ liệu trên một lớp không gian, UE 200 truyền dữ liệu trên một lớp không gian sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán (khối 345). Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa gồm phần tử khác không đơn. Cho sự truyền dữ liệu trên hai lớp không gian, UE 200 truyền dữ liệu trên hai lớp không gian sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán (khối 350). Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa bao gồm hai phần tử khác không trong các cột tương ứng tương ứng với các lớp không gian. Cho sự truyền dữ liệu trên ba lớp không gian hoặc bốn lớp không gian, UE 200 truyền dữ liệu sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa

chọn từ tập hợp thứ ba hoặc thứ tư của các ma trận tiền mã hóa, theo cách tương ứng (khối 355). Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ ba gồm ba phần tử khác không, trong các cột tương ứng tương ứng với các lớp không gian. Tương tự, mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ tư gồm bốn phần tử khác không, trong các cột tương ứng tương ứng với các lớp không gian.

Trong một số phương án của phương pháp 340, các tập hợp thứ nhất, thứ hai và thứ ba của các ma trận tiền mã hóa là khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán.

Trong một số phương án của phương pháp 340, số lượng của các ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ nhất bằng số lượng của các cổng anten khả dụng cho sự truyền dữ liệu.

Trong một số phương án của phương pháp 340, số lượng của các ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ hai bằng số lượng của các cặp cổng anten có thể của các cổng anten khả dụng.

Trong một số phương án của phương pháp 340, mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ tư gồm bốn phần tử khác không, trong các cột tương ứng tương ứng với các lớp không gian.

Fig.10 minh họa phương pháp 360 làm ví dụ để truyền dữ liệu từ UE 200 đến trạm cơ sở 100 trong mạng truyền thông không dây theo phương án khác. Phương pháp 490 được thi hành bởi UE 200 có nhiều cổng anten được kết nối với mảng anten. UE 200 nhận, từ trạm cơ sở, sự chỉ báo thứ nhất của ma trận tiền mã hóa khả dụng cho sự truyền dữ liệu không nhất quán (khối 365). Ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, hoặc thứ tư tương ứng của các ma trận tiền mã hóa theo số lượng của các lớp không gian. Các tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, và thứ tư của các ma trận tiền mã hóa là khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán và được bao gồm trong tập hợp lớn hơn của các ma trận tiền mã hóa. Tập hợp lớn hơn của các ma trận tiền mã hóa bao gồm các ma trận tiền mã hóa mà là không khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán. Các tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, và thứ tư của các ma trận tiền mã hóa tương ứng với một, hai, ba, hoặc bốn lớp không gian, theo cách tương ứng. Số lượng của các cột trong ma trận tiền mã hóa được lựa chọn bằng số lượng của các lớp không gian và mỗi cột bao gồm phần tử khác không đơn và một hoặc nhiều phần tử không. UE

200 truyền dữ liệu đến trạm cơ sở 100 sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn (khối 370).

Trong một số phương án của phương pháp 360, UE 200 còn nhận sự chỉ báo thứ hai của ma trận tiền mã hóa khả dụng cho sự truyền dữ liệu nhất quán một phần, nhưng không cho sự truyền dữ liệu không nhất quán. Ma trận tiền mã hóa được lựa chọn theo số lượng của các lớp không gian. Cho sự truyền dữ liệu trên một lớp không gian, ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ năm của các ma trận tiền mã hóa, tập hợp thứ năm mà là khả dụng cho các sự truyền dữ liệu nhất quán một phần nhưng không cho các sự truyền dữ liệu không nhất quán. Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ năm của các ma trận tiền mã hóa bao gồm hai phần tử độ lớn khác không và ít nhất một phần tử độ lớn không. Cho sự truyền dữ liệu trên hai lớp không gian, ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ sáu của các ma trận tiền mã hóa, tập hợp thứ sáu mà là khả dụng cho sự truyền dữ liệu nhất quán một phần nhưng không cho sự truyền dữ liệu không nhất quán. Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ sáu của các ma trận tiền mã hóa bao gồm cột thứ nhất và thứ hai tương ứng với các lớp không gian tương ứng và trong đó mỗi cột bao gồm hai phần tử độ lớn khác không và ít nhất một phần tử độ lớn không. UE 200 truyền, trong sự truyền dữ liệu thứ hai, dữ liệu trên hai hoặc nhiều hơn hai trong các cổng anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được chỉ báo bởi sự chỉ báo thứ hai.

Trong một số phương án của phương pháp 360, UE 200 còn nhận sự chỉ báo thứ ba của ma trận tiền mã hóa khả dụng cho sự truyền dữ liệu nhất quán hoàn toàn, nhưng không cho sự truyền dữ liệu nhất quán một phần hoặc sự truyền dữ liệu không nhất quán. Cho sự truyền dữ liệu trên một lớp không gian, ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ bảy của các ma trận tiền mã hóa, tập hợp thứ bảy mà là khả dụng cho các sự truyền dữ liệu nhất quán hoàn toàn nhưng không cho sự truyền dữ liệu nhất quán một phần hoặc không nhất quán. Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ bảy của các ma trận tiền mã hóa bao gồm ba hoặc nhiều hơn ba phần tử độ lớn khác không. UE 200 truyền, trong sự truyền dữ liệu thứ ba, dữ liệu trên ba hoặc nhiều hơn ba trong các cổng anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được chỉ báo bởi sự chỉ báo thứ ba.

Trong một số phương án của phương pháp 360, ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ một trong tập hợp thứ tám và thứ chín của các ma trận tiền mã hóa khả dụng cho sự truyền dữ liệu nhất quán hoàn toàn trên hai hoặc ba lớp không gian. Các tập hợp thứ tám và thứ chín của các ma trận tiền mã hóa bao gồm các ma trận tiền mã hóa liên kết xuống có thể thu được theo quy tắc xây dựng được xác định trước để xây dựng các bộ tiền mã hóa liên kết xuống hạng 2 và hạng 3. Quy tắc xây dựng được xác định trước sử dụng hệ số lấy mẫu quá là 2. Tập hợp thứ tám của các ma trận tiền mã hóa bao gồm ít hơn so với 32 ma trận tiền mã hóa. Trong một số phương án, quy tắc xây dựng bao gồm sự xây dựng mà đầu tiên đã được sử dụng trong NR cho bản phát hành 3GPP 15 cho các bộ tiền mã hóa liên kết xuống hạng 2 và hạng 3, theo cách tương ứng, trong đó sự xây dựng sử dụng hệ số lấy mẫu quá, O , được đặt thành $O=2$ và biến số, $i1,3$, được đặt thành $i1,3=0$.

Trong một số phương án của phương pháp 360, ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ mười của các ma trận tiền mã hóa, tập hợp thứ mười mà là khả dụng cho sự truyền dữ liệu nhất quán hoàn toàn nhưng không cho sự truyền dữ liệu nhất quán một phần hoặc không nhất quán. Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ mười của các ma trận tiền mã hóa bao gồm cột thứ nhất và thứ hai tương ứng với các lớp không gian tương ứng, trong đó mỗi cột bao gồm hai phần tử độ lớn khác không. Sự truyền dữ liệu thứ ba bao gồm sự truyền dữ liệu trên hai lớp không gian trên ba hoặc nhiều hơn ba trong các cổng anten.

Trong một số phương án của phương pháp 360, UE 200 còn nhận sự chỉ báo thứ hai của ma trận tiền mã hóa được tạo kết cấu cho sự truyền dữ liệu nhất quán một phần. Ma trận tiền mã hóa được lựa chọn theo số lượng của các lớp không gian. Cho sự truyền dữ liệu trên một lớp không gian, ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ năm của các ma trận tiền mã hóa được tạo kết cấu cho sự truyền dữ liệu nhất quán một phần. Ít nhất một ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ năm của các ma trận tiền mã hóa bao gồm hai phần tử độ lớn khác không tương ứng với các cổng anten thứ nhất và thứ hai và một hoặc nhiều phần tử độ lớn khác không tương ứng với tất cả các cổng anten còn lại. Cho sự truyền dữ liệu trên hai lớp không gian, ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ sáu của các ma trận tiền mã hóa được tạo kết cấu cho sự truyền dữ liệu nhất quán một phần. Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ sáu của các ma trận tiền mã

hóa bao gồm cột thứ nhất và thứ hai tương ứng với các lớp không gian tương ứng và trong đó mỗi cột bao gồm hai phần tử độ lớn khác không và ít nhất một phần tử độ lớn không. UE 200 truyền, trong sự truyền dữ liệu thứ hai, dữ liệu trên một hoặc nhiều trong các cổng anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được chỉ báo bởi sự chỉ báo thứ hai.

Trong một số phương án, mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ sáu của các ma trận tiền mã hóa là tương đương với ma trận tiền mã hóa tương ứng trong tập hợp của các ma trận tiền mã hóa liên kết lên kế thừa cho hạng 2 với cặp của các hàng của ma trận tiền mã hóa kế thừa được trao đổi, các ma trận tiền mã hóa kế thừa là các ma trận được sử dụng trong bản phát hành LTE 10 cho sự truyền bởi các UE 200.

Trong một số phương án của phương pháp 360, ma trận tiền mã hóa cho sự truyền dữ liệu thứ hai được lựa chọn từ tập hợp thứ mười một của các ma trận tiền mã hóa. Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ mười một của các ma trận tiền mã hóa bao gồm, cho mỗi lớp không gian, hai phần tử độ lớn khác không tương ứng với các cổng anten thứ nhất và thứ hai và các phần tử độ lớn không tương ứng với tất cả các cổng anten còn lại, hoặc phần tử độ lớn khác không đơn.

Trong một số phương án của phương pháp 360, UE 200 còn nhận sự chỉ báo thứ ba của ma trận tiền mã hóa được tạo kết cấu cho sự truyền dữ liệu nhất quán hoàn toàn. Ma trận tiền mã hóa được lựa chọn theo số lượng của các lớp không gian. Cho sự truyền dữ liệu trên một lớp không gian, ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ mười hai của các ma trận tiền mã hóa. Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ mười hai của các ma trận tiền mã hóa bao gồm các phần tử độ lớn khác không cho tất cả các cổng anten. UE 200 truyền, trong sự truyền dữ liệu thứ ba, dữ liệu trên một hoặc nhiều trong các cổng anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được chỉ báo bởi sự chỉ báo thứ ba.

Trong một số phương án của phương pháp 360, UE 200 còn chỉ báo khả năng nhất quán của UE 200 đối với trạm cơ sở 100 cho sự truyền dữ liệu. Trong một ví dụ, sự truyền dữ liệu là phù hợp với khả năng nhất quán được chỉ báo. Trong ví dụ khác, sự truyền dữ liệu là phù hợp với khả năng nhất quán được chỉ báo hoặc khả năng nhất quán thấp hơn.

Fig.11 minh họa phương pháp 500 làm ví dụ được thi hành bởi UE 200 để nhận sự báo hiệu từ trạm cơ sở 100 trong mạng truyền thông không dây chỉ báo ma trận bộ

tiền mã hóa cho sự truyền liên kết lên. Phương pháp 500 được thi hành bởi UE 200 có nhiều cổng anten được kết nối với mảng anten. UE 200 nhận thông điệp điều khiển từ trạm cơ sở 100 gồm có trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa có thể tạo kết cấu đối với ít nhất sự tạo kết cấu thứ nhất và thứ hai (khối 505). Sự tạo kết cấu thứ nhất của trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa nhận dạng các ma trận tiền mã hóa trong cả tập hợp thứ nhất và tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa, tại đó tập hợp thứ nhất và thứ hai của các ma trận tiền mã hóa tương ứng với khả năng nhất quán thứ nhất và thứ hai, theo cách tương ứng (khối 510). Sự tạo kết cấu thứ hai của trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa nhận dạng các ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa, nhưng không phải tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa (khối 515).

Trong một số phương án của phương pháp 500 UE 200 truyền dữ liệu qua hai hoặc nhiều hơn hai cổng anten theo ma trận tiền mã hóa được chỉ báo bởi phần tử chỉ báo ma trận tiền mã hóa được chứa trong trường phần tử chỉ báo ma trận tiền mã hóa.

Trong một số phương án của phương pháp 500, thông điệp điều khiển được nhận trong sự báo hiệu lớp giao thức cao hơn, như sự báo hiệu Điều khiển tài nguyên radio (Radio Resource Control, RRC).

Fig.12 minh họa phương pháp 520 làm ví dụ để chỉ báo khả năng nhất quán cho sự truyền dữ liệu từ UE 200 đến trạm cơ sở 100 trong mạng truyền thông không dây. Phương pháp 380 được thi hành bởi UE 200 có nhiều cổng anten được kết nối với mảng anten. UE 200 cung cấp một hoặc nhiều trong 1) sự chỉ báo cho trạm cơ sở 100 của ít nhất một tập hợp con của các cổng anten trên đó thiết bị người dùng có khả năng của sự truyền nhất quán (khối 525); 2) sự chỉ báo cho trạm cơ sở 100 của một hoặc nhiều tập hợp con của các ma trận tiền mã hóa mà thiết bị người dùng có thể sử dụng cho sự truyền (khối 530); hoặc 3) sự chỉ báo cho trạm cơ sở 100 của một hoặc nhiều cặp cổng anten qua đó thiết bị người dùng có thể truyền theo cách nhất quán (khối 535).

Trong một số phương án của phương pháp 520, sự chỉ báo của tập hợp con của các cổng anten trên đó thiết bị người dùng có khả năng của sự truyền nhất quán bao gồm sự chỉ báo, cho mỗi trong hai hoặc nhiều hơn hai băng tần số, của các cổng anten trên đó thiết bị người dùng có khả năng của sự truyền nhất quán cho băng tần số tương ứng.

Trong một số phương án của phương pháp 520, sự chỉ báo của số lượng của các tập hợp con của các ma trận tiền mã hóa mà thiết bị người dùng có thể sử dụng cho sự truyền bao gồm sự chỉ báo, cho mỗi trong hai hoặc nhiều hơn hai băng tần số, của số lượng của các tập hợp con của các ma trận tiền mã hóa mà thiết bị người dùng có thể sử dụng cho băng tần số tương ứng.

Trong một số phương án của phương pháp 520, sự chỉ báo của số lượng của cặp cổng anten qua đó thiết bị người dùng có thể truyền theo cách nhất quán bao gồm sự chỉ báo, cho mỗi trong hai hoặc nhiều hơn hai băng tần số, của số lượng của các cặp cổng anten qua đó thiết bị người dùng có thể truyền theo cách nhất quán cho băng tần số tương ứng.

Một số phương án của phương pháp 520 còn bao gồm bước truyền dữ liệu qua hai hoặc nhiều hơn hai cổng anten theo sự chỉ báo.

Fig.13 đến Fig.18 minh họa các phương pháp bổ sung được thực hiện bởi trạm cơ sở 100 tương ứng theo cách tương ứng với các phương pháp trên Fig.7 đến Fig.12 theo cách tương ứng.

Fig.13 minh họa phương pháp 400 làm ví dụ được thi hành bởi trạm cơ sở 100 trong mạng truyền thông không dây 10 để nhận dữ liệu từ UE 200. Cho sự truyền dữ liệu trên một lớp không gian, trạm cơ sở 100 nhận dữ liệu được truyền bởi UE 200 qua hai hoặc nhiều hơn hai trong các cổng anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa, mà là khả dụng cho khả năng nhất quán thứ nhất nhưng không cho khả năng nhất quán thứ hai thấp hơn (khối 405). Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa gồm hai phần tử độ lớn khác không và ít nhất một phần tử độ lớn không. Cho sự truyền dữ liệu trên hai lớp không gian, trạm cơ sở 100 nhận dữ liệu được truyền bởi UE 200 qua hai hoặc nhiều hơn hai trong các cổng anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa, mà là khả dụng cho khả năng nhất quán thứ nhất nhưng không cho khả năng nhất quán thứ hai thấp hơn (khối 410). Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa bao gồm cột thứ nhất và thứ hai tương ứng với các lớp không gian tương ứng trong đó mỗi cột gồm hai phần tử độ lớn khác không và ít nhất một phần tử độ lớn không (khối 415).

Fig.14 minh họa phương pháp 420 làm ví dụ được thi hành bởi trạm cơ sở 100 trong mạng truyền thông không dây để nhận dữ liệu từ UE 200. Cho sự truyền dữ liệu trên một lớp không gian, trạm cơ sở 100 nhận dữ liệu được truyền bởi UE 200 trên một hoặc nhiều trong các cổng anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa được tạo kết cấu cho khả năng nhất quán thứ nhất (khối 425). Ít nhất một ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa bao gồm hai phần tử độ lớn khác không tương ứng với các cổng anten thứ nhất và thứ hai và một hoặc nhiều phần tử độ lớn khác không tương ứng với tất cả các cổng anten còn lại. Cho sự truyền dữ liệu trên hai lớp không gian, trạm cơ sở 100 nhận dữ liệu được truyền bởi UE 200 trên một hoặc nhiều trong các phần tử anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa được tạo kết cấu cho khả năng nhất quán thứ nhất (khối 430). Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa bao gồm, cho mỗi lớp không gian, hai phần tử độ lớn khác không tương ứng với các cổng anten thứ nhất và thứ hai và một hoặc nhiều phần tử độ lớn khác không tương ứng với tất cả các cổng anten còn lại, hoặc các phần tử độ lớn khác không tương ứng với các cổng anten thứ nhất và thứ hai theo cách tương ứng.

Fig.15 minh họa phương pháp 440 làm ví dụ được thi hành bởi trạm cơ sở 100 trong mạng truyền thông không dây để nhận dữ liệu từ UE 200. Cho sự truyền dữ liệu trên một lớp không gian, trạm cơ sở 100 nhận dữ liệu được truyền bởi UE 200 trên một lớp không gian sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán (khối 445). Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa gồm phần tử khác không đơn. Cho sự truyền dữ liệu trên hai lớp không gian, trạm cơ sở 100 nhận dữ liệu được truyền bởi UE 200 trên hai lớp không gian sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán (khối 450). Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa bao gồm hai phần tử khác không trong các cột tương ứng tương ứng với các lớp không gian. Cho sự truyền dữ liệu trên ba lớp không gian hoặc bốn lớp không gian, trạm cơ sở 100 nhận dữ liệu được truyền bởi UE 200 sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ ba hoặc thứ tư của các ma trận tiền mã hóa, theo cách tương ứng (khối 455). Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ ba gồm ba phần tử khác không,

trong các cột tương ứng tương ứng với các lớp không gian. Tương tự, mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ tư gồm bốn phần tử khác không, trong các cột tương ứng tương ứng với các lớp không gian.

Fig.16 minh họa phương pháp 460 làm ví dụ được thi hành bởi trạm cơ sở 100 trong mạng truyền thông không dây 10 để nhận dữ liệu từ UE 200. Trạm cơ sở 100 lựa chọn, cho sự truyền dữ liệu thứ nhất, ma trận tiền mã hóa từ tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, hoặc thứ tư tương ứng của các ma trận tiền mã hóa theo số lượng của các lớp không gian (khối 465). Các tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, và thứ tư của các ma trận tiền mã hóa là khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán và được bao gồm trong tập hợp lớn hơn của các ma trận tiền mã hóa. Tập hợp lớn hơn của các ma trận tiền mã hóa bao gồm các ma trận tiền mã hóa mà là không khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán. Các tập hợp thứ nhất, thứ hai, thứ ba, và thứ tư của các ma trận tiền mã hóa tương ứng với một, hai, ba, hoặc bốn lớp không gian, theo cách tương ứng. Số lượng của các cột trong ma trận tiền mã hóa được lựa chọn bằng số lượng của các lớp không gian và mỗi cột bao gồm phần tử khác không đơn và một hoặc nhiều phần tử không. Trạm cơ sở 100 còn truyền sự chỉ báo của ma trận tiền mã hóa được lựa chọn đến UE 200 (khối 470). Trạm cơ sở 100 còn nhận sự truyền dữ liệu thứ nhất, dữ liệu được truyền bởi UE 200 qua một hoặc nhiều cổng anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn cho sự truyền dữ liệu thứ nhất (khối 475).

Trong một số phương án của phương pháp 460, trạm cơ sở 100 lựa chọn, cho sự truyền dữ liệu thứ hai, ma trận tiền mã hóa khả dụng cho khả năng nhất quán thứ nhất nhưng không cho khả năng nhất quán thấp hơn theo số lượng của các lớp không gian. Cho sự truyền dữ liệu trên một lớp không gian, trạm cơ sở 100 lựa chọn ma trận tiền mã hóa cho sự truyền dữ liệu thứ hai từ tập hợp thứ năm của các ma trận tiền mã hóa, tập hợp thứ năm mà là khả dụng cho khả năng nhất quán thứ nhất nhưng không cho khả năng nhất quán thứ hai thấp hơn. Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ năm của các ma trận tiền mã hóa bao gồm hai phần tử độ lớn khác không và ít nhất một phần tử độ lớn không. Cho sự truyền dữ liệu trên hai lớp không gian, trạm cơ sở 100 nhận dữ liệu được truyền bởi UE 200 qua hai hoặc nhiều hơn hai trong các cổng anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ sáu của các ma trận tiền mã hóa, tập hợp thứ sáu mà là khả dụng cho khả năng nhất quán thứ nhất nhưng không cho khả năng

nhất quán thứ hai thấp hơn. Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ sáu của các ma trận tiền mã hóa bao gồm cột thứ nhất và thứ hai tương ứng với các lớp không gian tương ứng trong đó mỗi cột bao gồm hai phần tử độ lớn khác không và ít nhất một phần tử độ lớn không. Các phần tử độ lớn khác không biểu diễn các trọng số để được áp dụng đối với các cổng anten tương ứng và các phần tử độ lớn không biểu diễn các cổng anten không truyền. Trạm cơ sở 100 còn truyền sự chỉ báo của ma trận tiền mã hóa được lựa chọn cho sự truyền dữ liệu thứ hai đến UE 200 và nhận sự truyền dữ liệu thứ hai, dữ liệu được truyền bởi UE 200 qua hai hoặc nhiều hơn hai cổng anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn cho sự truyền dữ liệu thứ hai.

Trong một số phương án của phương pháp 460, trạm cơ sở 100 lựa chọn, cho sự truyền dữ liệu thứ hai, ma trận tiền mã hóa được tạo kết cấu cho ma trận tiền mã hóa nhất quán một phần theo số lượng của các lớp không gian. Cho sự truyền dữ liệu nhất quán một phần trên một lớp không gian, trạm cơ sở 100 nhận dữ liệu được truyền bởi UE 200 qua một hoặc nhiều trong các cổng anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ năm của các ma trận tiền mã hóa được tạo kết cấu cho sự truyền dữ liệu nhất quán một phần. Ít nhất một ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ năm của các ma trận tiền mã hóa bao gồm hai phần tử độ lớn khác không tương ứng với các cổng anten thứ nhất và thứ hai và một hoặc nhiều phần tử độ lớn không tương ứng với tất cả các cổng anten còn lại. Cho sự truyền dữ liệu nhất quán một phần trên hai lớp không gian, trạm cơ sở 100 nhận dữ liệu được truyền bởi UE 200 qua một hoặc nhiều trong các cổng anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ sáu của các ma trận tiền mã hóa được tạo kết cấu cho sự truyền dữ liệu nhất quán một phần. Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ sáu của các ma trận tiền mã hóa bao gồm, cho mỗi lớp không gian, hai phần tử độ lớn khác không tương ứng với các cổng anten thứ nhất và thứ hai và một hoặc nhiều phần tử độ lớn không tương ứng với tất cả các cổng anten còn lại, hoặc các phần tử độ lớn không tương ứng với các cổng anten thứ nhất và thứ hai theo cách tương ứng. Trạm cơ sở 100 còn truyền sự chỉ báo của ma trận tiền mã hóa được lựa chọn cho sự truyền dữ liệu thứ hai đến UE 200 và nhận sự truyền dữ liệu thứ hai, dữ liệu được truyền bởi UE 200 qua hai hoặc nhiều hơn hai cổng anten sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn cho sự truyền dữ liệu thứ hai.

Trong một số phương án của phương pháp 460, trạm cơ sở 100 nhận dữ liệu được truyền bởi UE 200 trên một lớp không gian sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán, trong đó mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa bao gồm phần tử khác không đơn. Trạm cơ sở 100 còn nhận dữ liệu được truyền bởi UE 200 trên hai lớp không gian sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa khả dụng cho tất cả các khả năng nhất quán, trong đó mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa bao gồm hai phần tử khác không trong các cột tương ứng tương ứng với các lớp không gian. Trạm cơ sở 100 còn nhận dữ liệu được truyền bởi UE 200 trên ba lớp không gian hoặc bốn lớp không gian sử dụng ma trận tiền mã hóa được lựa chọn từ tập hợp thứ ba hoặc thứ tư, theo cách tương ứng. Mỗi ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ ba bao gồm ba phần tử khác không, trong các cột tương ứng tương ứng với các lớp không gian.

Trong một số phương án của phương pháp 460, trạm cơ sở 100 nhận sự chỉ báo từ UE 200 của khả năng nhất quán của UE 200 cho sự truyền dữ liệu. Trong một ví dụ, sự truyền dữ liệu được nhận bởi trạm cơ sở 100 là phù hợp với khả năng nhất quán được chỉ báo. Trong ví dụ khác, sự truyền dữ liệu được nhận bởi trạm cơ sở 100 là phù hợp với khả năng nhất quán được chỉ báo hoặc khả năng nhất quán thấp hơn.

Fig.17 minh họa phương pháp 540 làm ví dụ được thi hành bởi trạm cơ sở 100 trong mạng truyền thông không dây 10 để báo hiệu ma trận tiền mã hóa để sử dụng cho sự truyền liên kết lên đến UE 200. Trạm cơ sở 100 truyền thông điệp điều khiển đến UE 200 gồm có trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa có thể tạo kết cấu đối với ít nhất sự tạo kết cấu thứ nhất và thứ hai (khối 545). Sự tạo kết cấu thứ nhất của trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa nhận dạng các ma trận tiền mã hóa trong cả tập hợp thứ nhất và tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa, tại đó tập hợp thứ nhất và thứ hai của các ma trận tiền mã hóa tương ứng với khả năng nhất quán thứ nhất và thứ hai, theo cách tương ứng (khối 550). Sự tạo kết cấu thứ hai của trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa nhận dạng các ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa, nhưng không phải tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa (khối 555).

Fig.18 minh họa phương pháp 560 làm ví dụ được thi hành bởi trạm cơ sở 100 trong mạng truyền thông không dây 10 để nhận khả năng nhất quán từ UE 200. Trạm cơ sở 100 nhận, từ UE 200, một hoặc nhiều trong 1) sự chỉ báo cho trạm cơ sở 100 của ít nhất một tập hợp con của các cổng anten trên đó thiết bị người dùng có khả năng của sự truyền nhất quán (khối 565); 2) sự chỉ báo của một hoặc nhiều tập hợp con của các ma trận tiền mã hóa mà thiết bị người dùng có thể sử dụng cho sự truyền (khối 570); hoặc sự chỉ báo của một hoặc nhiều cặp cổng anten qua đó thiết bị người dùng có thể truyền theo cách nhất quán (khối 575).

Máy có thể được tạo kết cấu để thực hiện phương pháp bất kỳ trong các phương pháp được mô tả ở đây nhờ thi hành các phương tiện, các môđun, các bộ phận, hoặc hệ mạch chức năng bất kỳ. Trong một phương án, ví dụ, máy bao gồm các mạch hoặc hệ mạch tương ứng được tạo kết cấu để thực hiện các bước được thể hiện trên các hình vẽ về phương pháp. Các mạch hoặc hệ mạch về vấn đề này có thể bao gồm các mạch được dành riêng để thực hiện sự xử lý chức năng nhất định và/hoặc một hoặc nhiều bộ vi xử lý cùng chung với bộ nhớ. Chẳng hạn, hệ mạch có thể gồm có một hoặc nhiều bộ vi xử lý hoặc bộ vi điều khiển, cũng như phần cứng số khác, mà có thể gồm có các bộ xử lý tín hiệu số (digital signal processor, DSP), logic số chuyên dụng, và dạng tương tự. Hệ mạch xử lý có thể được tạo kết cấu để thực thi mã chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ, mà có thể gồm có một hoặc vài loại của bộ nhớ như bộ nhớ chỉ đọc (read-only memory, ROM), bộ nhớ truy nhập ngẫu nhiên, bộ nhớ cache, các thiết bị nhớ cực nhanh, các thiết bị lưu trữ quang học, v.v.. Mã chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ có thể gồm có các lệnh chương trình để thực thi một hoặc nhiều giao thức truyền thông dữ liệu và/hoặc viễn thông cũng như các lệnh để tiến hành một hoặc nhiều trong các kỹ thuật được mô tả ở đây, trong vài phương án. Trong các phương án mà dùng bộ nhớ, bộ nhớ lưu trữ mã chương trình mà, khi được thực thi bởi một hoặc nhiều bộ xử lý, tiến hành các kỹ thuật được mô tả ở đây.

Fig.19 minh họa UE 200 phù hợp với một hoặc nhiều phương án. UE 400 bao gồm mảng anten 210 được ghép với nhiều cổng anten 205 và có nhiều phần tử anten 215, môđun báo hiệu UL 220 để báo hiệu khả năng nhất quán đối với trạm cơ sở 100, môđun báo hiệu DL 230 để nhận TPMI từ trạm cơ sở 100 cho sự truyền liên kết lên, và môđun truyền 240 để truyền dữ liệu đến trạm cơ sở 100 qua một hoặc nhiều cổng anten

205 trên kênh liên kết lên, ví dụ, Kênh được chia sẻ liên kết lên vật lý (Physical Uplink Shared Channel, PUSCH). Các môđun 220, 230, và 240 khác nhau có thể được thi hành bởi phần cứng và/hoặc bởi mã phần mềm mà được thực thi bởi bộ xử lý hoặc mạch xử lý. UE 200 trên Fig.19 có thể được tạo kết cấu để thực hiện phương pháp bất kỳ trong các phương pháp trên Fig.7 đến Fig.12.

Fig.20 minh họa trạm cơ sở 100 phù hợp với một hoặc nhiều phương án. Trạm cơ sở 100 bao gồm mảng anten 110 được ghép với nhiều phần anten 115 và có nhiều phần tử anten 115, môđun báo hiệu UL 120 để nhận sự chỉ báo từ UE 200 của khả năng nhất quán UE, môđun báo hiệu DL 120 để báo hiệu TPMI đối với UE 200 cho sự truyền liên kết lên, môđun truyền DCI 130 để truyền DCI đến UE 200 trên bộ mang DL chính, và môđun nhận 140 để nhận các sự truyền dữ liệu UL từ UE 200 trên kênh liên kết lên, ví dụ, PUSCH. Các môđun 120, 130, và 140 khác nhau có thể được thi hành bởi phần cứng và/hoặc bởi mã phần mềm mà được thực thi bởi bộ xử lý hoặc mạch xử lý. Trạm cơ sở 100 trên Fig.20 có thể được tạo kết cấu để thực hiện phương pháp bất kỳ trong các phương pháp trên Fig.13 đến Fig.18.

Fig.21 minh họa thiết bị đầu cuối không dây 600 theo một phương án mà có thể được tạo kết cấu để có chức năng như trạm cơ sở 100 hoặc UE 200 như được mô tả ở đây. Thiết bị đầu cuối không dây 600 bao gồm mảng anten 510 được ghép với nhiều phần anten 605 nhiều phần tử anten 615, mạch giao diện 620, mạch xử lý 630, và bộ nhớ 690.

Mạch giao diện 620 được ghép với mảng anten 610 và bao gồm hệ mạch tần số radio (radio frequency, RF) được cần để truyền và nhận các tín hiệu qua kênh truyền thông không dây. Mạch giao diện 620 cung cấp nhiều cổng anten 505 cho các sự truyền độn kênh không gian. Mạch xử lý 630 điều khiển hoạt động tổng thể của thiết bị đầu cuối không dây 500 và xử lý các tín hiệu được truyền đến hoặc được nhận bởi thiết bị đầu cuối không dây 500. Sự xử lý như vậy gồm có sự mã hóa và sự điều biến của các tín hiệu dữ liệu được truyền, và sự giải điều biến và sự giải mã của các tín hiệu dữ liệu được nhận. Mạch xử lý 630 có thể bao gồm một hoặc nhiều bộ vi xử lý, phần cứng, phần sụn (firmware), hoặc sự phối hợp của chúng.

Bộ nhớ 690 bao gồm cả bộ nhớ khả biến và bất khả biến để lưu trữ mã chương trình máy tính và dữ liệu được cần bởi mạch xử lý 630 cho hoạt động. Bộ nhớ 690 có thể bao gồm phương tiện lưu trữ không chuyển tiếp đọc được bởi máy tính, hữu hình bất kỳ để lưu trữ dữ liệu gồm có sự lưu trữ dữ liệu điện tử, từ tính, quang, điện từ, hoặc bán dẫn. Bộ nhớ 690 lưu trữ chương trình máy tính 695 bao gồm các lệnh có thể thực thi được mà tạo kết cấu mạch xử lý 630 để thi hành phương pháp bất kỳ trong các phương pháp theo Fig.7 đến Fig.18 như được mô tả ở đây. Nói chung, các lệnh chương trình máy tính và thông tin tạo kết cấu được lưu trữ trong bộ nhớ bất khả biến, như bộ nhớ chỉ đọc (read only memory, ROM), bộ nhớ chỉ đọc lập trình được xóa được (erasable programmable read only memory, EPROM) hoặc bộ nhớ cực nhanh (flash memory). Dữ liệu tạm thời được tạo ra trong khi hoạt động có thể được lưu trữ trong bộ nhớ khả biến, như bộ nhớ truy nhập ngẫu nhiên (random access memory, RAM). Trong một số phương án, chương trình máy tính 695 để tạo kết cấu mạch xử lý 630 như được mô tả ở đây có thể được lưu trữ trong bộ nhớ có thể tháo lắp được, như đĩa compact xách tay, đĩa video số xách tay, hoặc các phương tiện có thể tháo lắp được khác. Chương trình máy tính 695 có thể cũng được biểu hiện trong bộ mang như tín hiệu điện tử, tín hiệu quang, tín hiệu radio, hoặc phương tiện lưu trữ đọc được bởi máy tính.

Mặc dù đối tượng được mô tả ở đây có thể được thi hành trong loại hệ thống thích hợp bất kỳ sử dụng các thành phần phù hợp bất kỳ, các phương án được bộc lộ được mô tả ở đây liên quan đến mạng không dây, như mạng không dây ví dụ được minh họa trên Fig.22. Để cho đơn giản, mạng không dây trên Fig.22 chỉ miêu tả mạng 1106, các nút mạng 1160 và 1160b, và các WD 1110, 1110b, và 1110c. Thực tiễn, mạng không dây có thể còn gồm có các thành phần bổ sung bất kỳ phù hợp để hỗ trợ sự truyền thông giữa các thiết bị không dây hoặc giữa thiết bị không dây và thiết bị truyền thông khác, như điện thoại đường đất, nhà cung cấp dịch vụ, hoặc thiết bị cuối hoặc nút mạng khác bất kỳ. Trong các thành phần được minh họa, nút mạng 1160 và thiết bị không dây (wireless device, WD) 1110 được miêu tả với chi tiết bổ sung. Mạng không dây có thể cung cấp sự truyền thông và các loại khác của các dịch vụ cho một hoặc nhiều thiết bị không dây để làm thuận tiện cho sự truy nhập của các thiết bị không dây đối với và/hoặc sự sử dụng của các dịch vụ được cung cấp bởi, hoặc qua, mạng không dây.

Mạng không dây có thể bao gồm và/hoặc tạo giao diện với loại bất kỳ của mạng truyền thông, viễn thông, dữ liệu, dạng ô, và/hoặc radio hoặc loại hệ thống tương tự khác. Trong một số phương án, mạng không dây có thể được tạo kết cấu để hoạt động theo các chuẩn đặc trưng hoặc các loại khác của các quy tắc hoặc các thủ tục được định nghĩa trước. Theo đó, các phương án riêng của mạng không dây có thể thi hành các chuẩn truyền thông, như Cải tiến dài hạn (Long Term Evolution, LTE), Radio mới, Vạn vật Internet băng hẹp (Narrowband Internet of Things, NB-IoT), và/hoặc các chuẩn 4G hoặc 5G hoặc cao hơn phù hợp khác và/hoặc chuẩn truyền thông không dây thích hợp khác bất kỳ.

Mạng 1106 có thể bao gồm một hoặc nhiều mạng chuyển về (backhaul network), mạng lõi, mạng IP, mạng điện thoại chuyển mạch công cộng (public switched telephone network, PSTN), mạng dữ liệu gói, mạng quang, mạng diện rộng (wide-area network, WAN), mạng cục bộ (local area network, LAN), mạng cục bộ không dây (wireless local area network, WLAN), mạng có dây, mạng không dây, mạng khu vực đô thị, và mạng khác để làm cho có thể truyền thông giữa các thiết bị.

Nút mạng 1160 và WD 1110 bao gồm các thành phần khác nhau được mô tả chi tiết hơn ở dưới. Các thành phần này làm việc cùng nhau để cung cấp phần chức năng nút mạng và/hoặc thiết bị không dây, như cung cấp các sự kết nối không dây trong mạng không dây. Trong các phương án khác nhau, mạng không dây có thể bao gồm số lượng bất kỳ của các mạng có dây hoặc không dây, các nút mạng, các trạm cơ sở, các bộ điều khiển, các thiết bị không dây, các trạm chuyển tiếp (relay station), và/hoặc các thành phần hoặc các hệ thống khác bất kỳ mà có thể làm thuận tiện hoặc tham gia sự truyền thông của dữ liệu và/hoặc các tín hiệu dù qua các sự kết nối có dây hoặc không dây.

Như được sử dụng ở đây, nút mạng tham chiếu đến thiết bị có khả năng, được tạo kết cấu, được sắp đặt và/hoặc có thể hoạt động được để truyền thông theo cách trực tiếp hoặc gián tiếp với thiết bị không dây và/hoặc với các nút mạng hoặc thiết bị khác trong mạng không dây để làm cho có thể và/hoặc cung cấp truy nhập không dây cho thiết bị không dây và/hoặc để thực hiện các chức năng khác (ví dụ, sự quản trị) trong mạng không dây. Các ví dụ của các nút mạng gồm có, nhưng không bị giới hạn vào, các điểm truy nhập (access point, AP) (ví dụ, các điểm truy nhập radio), các trạm cơ sở (base

station, BS) (ví dụ, các trạm cơ sở radio, các Nút B, các Nút B được cải tiến (evolved Node B, eNB) và các NútB NR (NR NodeB, gNB)). Các trạm cơ sở có thể được phân hạng dựa trên lượng bao phủ mà chúng cung cấp (hoặc, được phát biểu theo cách khác, mức công suất truyền của chúng) và có thể sau đó cũng được tham chiếu đến như các trạm cơ sở femto, các trạm cơ sở pico, các trạm cơ sở micro, hoặc các trạm cơ sở macro. Trạm cơ sở có thể là nút chuyển tiếp (relay node) hoặc nút cho chuyển tiếp (relay donor node) điều khiển sự chuyển tiếp. Nút mạng có thể cũng gồm có một hoặc nhiều (hoặc tất cả) phần của trạm cơ sở radio được phân tán như các bộ phận số được tập trung hóa và/hoặc các bộ phận radio từ xa (remote radio unit, RRU), đôi khi được tham chiếu đến như các Đầu radio từ xa (Remote Radio Head, RRH). Các bộ phận radio từ xa như vậy có thể có hoặc có thể không được tích hợp với anten như radio được tích hợp anten. Các phần của trạm cơ sở radio được phân tán có thể cũng được tham chiếu đến như các nút trong hệ thống anten được phân tán (distributed antenna system, DAS). Các ví dụ còn thêm nữa của các nút mạng gồm có thiết bị radio đa chuẩn (multi-standard radio, MSR) như các BS MSR, các bộ điều khiển mạng như các bộ điều khiển mạng radio (radio network controller, RNC) hoặc các bộ điều khiển trạm cơ sở (base station controller, BSC), các trạm bộ truyền nhận cơ sở (base transceiver station, BTS), các điểm truyền, các nút truyền, các thực thể phối hợp đa ô/phát đa phương (multi-cell/multicast coordination entity, MCE), các nút mạng lõi (ví dụ, các MSC, các MME), các nút O&M, các nút OSS, các nút SON, các nút định vị (ví dụ, các E-SMLC), và/hoặc các MDT. Như ví dụ khác, nút mạng có thể là nút mạng ảo như được mô tả chi tiết hơn ở dưới. Nói chung hơn, tuy nhiên, các nút mạng có thể biểu diễn thiết bị (hoặc nhóm của các thiết bị) phù hợp bất kỳ có khả năng, được tạo kết cấu, được sắp đặt, và/hoặc có thể hoạt động được để làm cho có thể và/hoặc cung cấp cho thiết bị không dây với sự truy nhập đối với mạng không dây hoặc để cung cấp dịch vụ nào đó cho thiết bị không dây mà đã truy nhập mạng không dây.

Trên Fig.22, nút mạng 1160 gồm có hệ mạch xử lý 1170, phương tiện đọc được bởi thiết bị 1180, giao diện 1190, thiết bị phụ 1184, nguồn công suất 1186, hệ mạch công suất 1187, và anten 1162. Mặc dù nút mạng 1160 được minh họa trong mạng không dây ví dụ trên Fig.22 có thể biểu diễn thiết bị mà gồm có sự phối hợp được minh họa của các thành phần phần cứng, các phương án khác có thể bao gồm các nút mạng với

các sự phối hợp khác nhau của các thành phần. Cần được hiểu là nút mạng bao gồm sự phối hợp phù hợp bất kỳ của phần cứng và/hoặc phần mềm được cần để thực hiện các nhiệm vụ, các dấu hiệu, các chức năng và các phương pháp được bộc lộ ở đây. Hơn nữa, trong khi các thành phần của nút mạng 1160 được miêu tả như các hộp đơn được đặt vào vị trí trong hộp lớn hơn, hoặc được lồng vào trong nhiều hộp, thực tiễn, nút mạng có thể bao gồm nhiều thành phần vật lý khác nhau mà cấu thành thành phần được minh họa đơn (ví dụ, phương tiện đọc được bởi thiết bị 1180 có thể bao gồm nhiều ổ cứng riêng rẽ cũng như nhiều môđun RAM).

Tương tự, nút mạng 1160 có thể gồm có nhiều thành phần riêng rẽ về mặt vật lý (ví dụ, thành phần NútB và thành phần RNC, hoặc thành phần BTS và thành phần BSC, v.v.), mà mỗi trong số chúng có thể có các thành phần tương ứng của chính chúng. Trong các kịch bản nhất định trong đó nút mạng 1160 bao gồm nhiều thành phần riêng rẽ (ví dụ, các thành phần BTS và BSC), một hoặc nhiều trong các thành phần riêng rẽ có thể được chia sẻ trong số vài nút mạng. Ví dụ, RNC đơn có thể điều khiển nhiều NútB. Trong kịch bản như vậy, mỗi cặp NútB và RNC duy nhất, có thể trong một số phiên bản được xem xét như nút mạng riêng rẽ đơn. Trong một số phương án, nút mạng 1160 có thể được tạo kết cấu để hỗ trợ nhiều công nghệ truy nhập radio (radio access technology, RAT). Trong các phương án như vậy, một số thành phần có thể được lặp lại (ví dụ, phương tiện đọc được bởi thiết bị 1180 riêng rẽ cho các RAT khác nhau) và một số thành phần có thể được tái sử dụng (ví dụ, cùng anten 1162 có thể được chia sẻ bởi các RAT). Nút mạng 1160 có thể cũng gồm có nhiều tập hợp của các thành phần được minh họa khác nhau cho các công nghệ không dây khác nhau được tích hợp vào nút mạng 1160, như, ví dụ, các công nghệ không dây GSM, WCDMA, LTE, NR, WiFi, hoặc Bluetooth. Các công nghệ không dây này có thể được tích hợp vào chip hoặc tập hợp của các chip giống hoặc khác nhau và các thành phần khác trong nút mạng 1160.

Hệ mạch xử lý 1170 được tạo kết cấu để thực hiện các hoạt động xác định, tính, hoặc tương tự bất kỳ (ví dụ, các hoạt động thu được nhất định) được mô tả ở đây như được cung cấp bởi nút mạng. Các hoạt động này được thực hiện bởi hệ mạch xử lý 1170 có thể gồm có xử lý thông tin được thu được bởi hệ mạch xử lý 1170 nhờ, ví dụ, chuyển đổi thông tin được thu được thành thông tin khác, so sánh thông tin được thu được hoặc thông tin được chuyển đổi đối với thông tin được lưu trữ trong nút mạng, và/hoặc thực

hiện một hoặc nhiều hoạt động dựa trên thông tin được thu được hoặc thông tin được chuyển đổi, và như kết quả của sự xử lý này thực hiện sự xác định.

Hệ mạch xử lý 1170 có thể bao gồm sự phối hợp của một hoặc nhiều trong bộ vi xử lý, bộ điều khiển, bộ vi điều khiển, bộ xử lý trung tâm, bộ xử lý tín hiệu số, mạch tích hợp đặc trưng ứng dụng, mảng cổng có thể lập trình được theo trường, hoặc thiết bị tính toán phù hợp khác bất kỳ, tài nguyên, hoặc sự phối hợp của phần cứng, phần mềm và/hoặc logic được lập mã có thể hoạt động được để cung cấp, hoặc là một mình hoặc cùng chung với các thành phần nút mạng 1160 khác, như phương tiện đọc được bởi thiết bị 1180, phần chức năng nút mạng 1160. Ví dụ, hệ mạch xử lý 1170 có thể thực thi các lệnh được lưu trữ trong phương tiện đọc được bởi thiết bị 1180 hoặc trong bộ nhớ trong hệ mạch xử lý 1170. Phần chức năng như vậy có thể gồm có cung cấp bất kỳ trong các dấu hiệu, các chức năng, hoặc các lợi ích không dây khác nhau được thảo luận ở đây. Trong một số phương án, hệ mạch xử lý 1170 có thể gồm có hệ thống trên chip (system on a chip, SOC).

Trong một số phương án, hệ mạch xử lý 1170 có thể gồm có một hoặc nhiều trong hệ mạch bộ truyền nhận tần số radio (radio frequency, RF) 1172 và hệ mạch xử lý băng cơ sở 1174. Trong một số phương án, hệ mạch bộ truyền nhận tần số radio (radio frequency, RF) 1172 và hệ mạch xử lý băng cơ sở 1174 có thể ở trên các chip (hoặc các tập hợp của các chip), các bảng, hoặc bộ phận riêng rẽ, như các bộ phận radio và các bộ phận số. Trong các phương án lựa chọn, một phần hoặc tất cả của hệ mạch bộ truyền nhận RF 1172 và hệ mạch xử lý băng cơ sở 1174 có thể ở trên cùng chip hoặc tập hợp của các chip, các bảng, hoặc các bộ phận.

Trong các phương án nhất định, một số hoặc tất cả của phần chức năng được mô tả ở đây như được cung cấp bởi nút mạng, trạm cơ sở, eNB hoặc thiết bị mạng như vậy khác có thể được thực hiện bởi hệ mạch xử lý 1170 thực thi các lệnh được lưu trữ trên phương tiện đọc được bởi thiết bị 1180 hoặc bộ nhớ trong hệ mạch xử lý 1170. Trong các phương án lựa chọn, một số hoặc tất cả của phần chức năng có thể được cung cấp bởi hệ mạch xử lý 1170 mà không thực thi các lệnh được lưu trữ trên phương tiện đọc được bởi thiết bị riêng rẽ hoặc rời rạc, như theo cách được nói ở trên. Trong phương án bất kỳ trong các phương án đó, dù thực thi các lệnh được lưu trữ trên phương tiện lưu

trữ đọc được bởi thiết bị hay không, hệ mạch xử lý 1170 có thể được tạo kết cấu để thực hiện phần chức năng được mô tả. Các lợi ích được cung cấp bởi phần chức năng như vậy không bị giới hạn vào một mình hệ mạch xử lý 1170 hoặc vào các thành phần khác của nút mạng 1160, mà được hưởng bởi toàn bộ nút mạng 1160, và/hoặc bởi các người dùng cuối và mạng không dây nói chung.

Phương tiện đọc được bởi thiết bị 1180 có thể bao gồm dạng bất kỳ của bộ nhớ đọc được bởi máy tính khả biến hoặc bất khả biến gồm có, mà không giới hạn, phần lưu trữ bền vững, bộ nhớ trạng thái rắn, bộ nhớ được lắp từ xa, các phương tiện từ tính, các phương tiện quang, bộ nhớ truy nhập ngẫu nhiên (random access memory, RAM), bộ nhớ chỉ đọc (read-only memory, ROM), các phương tiện lưu trữ khối (ví dụ, đĩa cứng), các phương tiện lưu trữ có thể tháo lắp được (ví dụ, ổ cứng nhanh (flash drive), Đĩa Compact (Compact Disk, CD) hoặc Đĩa video số (Digital Video Disk, DVD)), và/hoặc các thiết bị nhớ không chuyển tiếp đọc được bởi thiết bị và/hoặc thực thi được bởi máy tính, khả biến hoặc bất khả biến khác bất kỳ mà lưu trữ thông tin, dữ liệu, và/hoặc các lệnh mà có thể được sử dụng bởi hệ mạch xử lý 1170. Phương tiện đọc được bởi thiết bị 1180 có thể lưu trữ các lệnh, dữ liệu hoặc thông tin phù hợp bất kỳ, gồm có chương trình máy tính, phần mềm, ứng dụng gồm có một hoặc nhiều trong logic, các quy tắc, mã, các bảng, v.v. và/hoặc các lệnh khác có khả năng được thực thi bởi hệ mạch xử lý 1170 và, được dùng bởi nút mạng 1160. Phương tiện đọc được bởi thiết bị 1180 có thể được sử dụng để lưu trữ các sự tính bất kỳ thực hiện bởi hệ mạch xử lý 1170 và/hoặc dữ liệu bất kỳ được nhận qua giao diện 1190. Trong một số phương án, hệ mạch xử lý 1170 và phương tiện đọc được bởi thiết bị 1180 có thể được xem xét để được tích hợp.

Giao diện 1190 được sử dụng trong sự truyền thông có dây hoặc không dây của sự báo hiệu và/hoặc dữ liệu giữa nút mạng 1160, mạng 1106, và/hoặc các WD 1110. Như được minh họa, giao diện 1190 bao gồm (các) cổng/(các) thiết bị đầu cuối 1194 để gửi và nhận dữ liệu, ví dụ đến và từ mạng 1106 qua sự kết nối có dây. Giao diện 1190 cũng gồm có hệ mạch đầu trước radio 1192 mà có thể được ghép với, hoặc trong các phương án nhất định là một phần của, anten 1162. Hệ mạch đầu trước radio 1192 bao gồm các bộ lọc 1198 và các bộ khuếch đại 1196. Hệ mạch đầu trước radio 1192 có thể được kết nối với anten 1162 và hệ mạch xử lý 1170. Hệ mạch đầu trước radio có thể được tạo kết cấu để tạo điều kiện các tín hiệu được truyền thông giữa anten 1162 và hệ

mạch xử lý 1170. Hệ mạch đầu trước radio 1192 có thể nhận dữ liệu số mà để được gửi đi đến các nút mạng hoặc các WD khác qua sự kết nối không dây. Hệ mạch đầu trước radio 1192 có thể chuyển đổi dữ liệu số thành tín hiệu radio có các tham số băng thông và kênh thích hợp sử dụng sự phối hợp của các bộ lọc 1198 và/hoặc các bộ khuếch đại 1196. Tín hiệu radio có thể sau đó được truyền qua anten 1162. Tương tự, khi nhận dữ liệu, anten 1162 có thể tập hợp lại các tín hiệu radio mà sau đó được chuyển đổi thành dữ liệu số bởi hệ mạch đầu trước radio 1192. Dữ liệu số có thể được cho đi đến hệ mạch xử lý 1170. Trong các phương án khác, giao diện có thể bao gồm các thành phần khác nhau và/hoặc các sự phối hợp khác nhau của các thành phần.

Trong các phương án lựa chọn nhất định, nút mạng 1160 có thể không gồm có hệ mạch đầu trước radio 1192 riêng rẽ, thay cho đó, hệ mạch xử lý 1170 có thể bao gồm hệ mạch đầu trước radio và có thể được kết nối với anten 1162 mà không có hệ mạch đầu trước radio 1192 riêng rẽ. Tương tự, trong một số phương án, tất cả hoặc một số trong hệ mạch bộ truyền nhận RF 1172 có thể được xem xét như một phần của giao diện 1190. Trong các phương án khác nữa, giao diện 1190 có thể gồm có một hoặc nhiều cổng hoặc các thiết bị đầu cuối 1194, hệ mạch đầu trước radio 1192, và hệ mạch bộ truyền nhận RF 1172, như một phần của bộ phận radio (không được thể hiện), và giao diện 1190 có thể truyền thông với hệ mạch xử lý băng cơ sở 1174, mà là một phần của bộ phận số (không được thể hiện).

Anten 1162 có thể gồm có một hoặc nhiều anten, hoặc mảng anten, được tạo kết cấu để gửi và/hoặc nhận các tín hiệu không dây. Anten 1162 có thể được ghép với hệ mạch đầu trước radio 1190 và có thể là loại bất kỳ của anten có khả năng để truyền và nhận dữ liệu và/hoặc các tín hiệu theo cách không dây. Trong một số phương án, anten 1162 có thể bao gồm một hoặc nhiều anten đẳng hướng (omni-directional), khu vực (sector) hoặc tấm (panel) có thể hoạt động được để truyền/nhận các tín hiệu radio nằm trong khoảng, ví dụ, 2 GHz đến 66 GHz. Anten đẳng hướng có thể được sử dụng để truyền/nhận các tín hiệu radio theo hướng bất kỳ, anten khu vực có thể được sử dụng để truyền/nhận các tín hiệu radio từ các thiết bị trong khu vực riêng, và anten tấm có thể là anten đường ngắm được sử dụng để truyền/nhận các tín hiệu radio trong đường tương đối thẳng. Trong một số phiên bản, sự sử dụng của nhiều hơn một anten có thể được tham chiếu đến như MIMO. Trong các phương án nhất định, anten 1162 có thể riêng rẽ

khởi nút mạng 1160 và có thể là kết nối được với nút mạng 1160 qua giao diện hoặc cổng.

Anten 1162, giao diện 1190, và/hoặc hệ mạch xử lý 1170 có thể được tạo kết cấu để thực hiện các hoạt động nhận bất kỳ và/hoặc các hoạt động thu được nhất định được mô tả ở đây như được thực hiện bởi nút mạng. Thông tin, dữ liệu và/hoặc các tín hiệu bất kỳ có thể được nhận từ thiết bị không dây, nút mạng khác và/hoặc thiết bị mạng khác bất kỳ. Tương tự, anten 1162, giao diện 1190, và/hoặc hệ mạch xử lý 1170 có thể được tạo kết cấu để thực hiện các hoạt động truyền bất kỳ được mô tả ở đây như được thực hiện bởi nút mạng. Thông tin, dữ liệu và/hoặc các tín hiệu bất kỳ có thể được truyền đến thiết bị không dây, nút mạng khác và/hoặc thiết bị mạng khác bất kỳ.

Hệ mạch công suất 1187 có thể bao gồm, hoặc được ghép với, hệ mạch quản lý công suất và được tạo kết cấu để cấp cho các thành phần của nút mạng 1160 với công suất để thực hiện phần chức năng được mô tả ở đây. Hệ mạch công suất 1187 có thể nhận công suất từ nguồn công suất 1186. Nguồn công suất 1186 và/hoặc hệ mạch công suất 1187 có thể được tạo kết cấu để cung cấp công suất cho các thành phần khác nhau của nút mạng 1160 dưới dạng phù hợp cho các thành phần tương ứng (ví dụ, ở mức dòng điện và điện áp cần cho mỗi thành phần tương ứng). Nguồn công suất 1186 có thể hoặc là được gồm có trong, hoặc là ở ngoài, hệ mạch công suất 1187 và/hoặc nút mạng 1160. Ví dụ, nút mạng 1160 có thể là kết nối được với nguồn công suất bên ngoài (ví dụ, ổ cắm điện) qua hệ mạch hoặc giao diện đầu vào như cấp điện, bằng cách đó nguồn công suất bên ngoài cấp công suất cho hệ mạch công suất 1187. Như ví dụ thêm nữa, nguồn công suất 1186 có thể bao gồm nguồn của công suất dưới dạng của ắc quy hoặc bộ ắc quy mà được kết nối với, hoặc được tích hợp trong, hệ mạch công suất 1187. Ắc quy có thể cung cấp công suất dự phòng mà nguồn công suất bên ngoài sẽ không đạt. Các loại khác của các nguồn công suất, như các thiết bị quang voltaic, có thể cũng được sử dụng.

Các phương án lựa chọn của nút mạng 1160 có thể gồm có các thành phần bổ sung ngoài các thành phần được thể hiện trên Fig.2 mà có thể chịu trách nhiệm để cung cấp các khía cạnh nhất định của phần chức năng của nút mạng, gồm có bất kỳ trong phần chức năng được mô tả ở đây và/hoặc phần chức năng bất kỳ cần thiết để hỗ trợ đối

tượng được mô tả ở đây. Ví dụ, nút mạng 1160 có thể gồm có thiết bị giao diện người dùng để cho phép sự đưa thông tin vào nút mạng 1160 và để cho phép sự đưa thông tin ra từ nút mạng 1160. Điều này có thể cho phép người dùng thực hiện chẩn đoán, bảo dưỡng, sửa chữa, và các chức năng quản trị khác cho nút mạng 1160.

Như được sử dụng ở đây, thiết bị không dây (wireless device, WD) tham chiếu đến thiết bị có khả năng, được tạo kết cấu, được sắp đặt và/hoặc có thể hoạt động được để truyền thông theo cách không dây với các nút mạng và/hoặc các thiết bị không dây khác. Trừ khi được lưu ý theo cách khác, thuật ngữ WD có thể được sử dụng theo cách hoán đổi ở đây với thiết bị người dùng (user equipment, UE). Việc truyền thông theo cách không dây có thể bao hàm truyền và/hoặc nhận các tín hiệu không dây sử dụng các sóng điện từ, các sóng radio, các sóng hồng ngoại, và/hoặc các loại khác của các tín hiệu phù hợp để chuyển thông tin qua không khí. Trong một số phương án, WD có thể được tạo kết cấu để truyền và/hoặc nhận thông tin mà không có sự tương tác trực tiếp của con người. Chẳng hạn, WD có thể được thiết kế để truyền thông tin đến mạng trên lịch trình được xác định trước, khi được khởi động bởi sự kiện bên trong hoặc bên ngoài, hoặc đáp lại các yêu cầu từ mạng. Các ví dụ của WD gồm có, nhưng không bị giới hạn vào, điện thoại thông minh, điện thoại di động, điện thoại ô, điện thoại tiếng nói qua IP (voice over IP, VoIP), điện thoại vòng lặp cục bộ không dây, máy tính để bàn, thiết bị trợ giúp số cá nhân (personal digital assistant, PDA), các camera không dây, thiết bị hoặc bàn giao tiếp chơi trò chơi, thiết bị lưu trữ âm nhạc, dụng cụ phát lại, thiết bị đầu cuối có thể mang được, điểm cuối không dây, trạm di động, máy tính bảng, máy tính xách tay (laptop), thiết bị được cài vào máy tính xách tay (laptop-embedded equipment, LEE), thiết bị được lắp vào máy tính xách tay (laptop-mounted equipment, LME), thiết bị thông minh, thiết bị đặt tại nhà riêng khách hàng (customer-premise equipment, CPE) không dây, thiết bị đầu cuối không dây được lắp vào phương tiện giao thông, v.v.. WD có thể hỗ trợ sự truyền thông thiết bị đến thiết bị (device-to-device, D2D), ví dụ nhờ thi hành chuẩn 3GPP cho sự truyền thông liên kết bên, phương tiện giao thông đến phương tiện giao thông (vehicle-to-vehicle, V2V), phương tiện giao thông đến cơ sở hạ tầng (vehicle-to-infrastructure, V2I), phương tiện giao thông đến mọi thứ (vehicle-to-everything, V2X) và có thể trong trường hợp này được tham chiếu đến như thiết bị truyền thông D2D. Như ví dụ đặc trưng khác nữa, trong kịch bản Internet vạn vật

(Internet of Things, IoT), WD có thể biểu diễn máy hoặc thiết bị khác mà thực hiện sự giám sát và/hoặc các sự đo, và truyền các kết quả của sự giám sát và/hoặc các sự đo như vậy đến WD khác và/hoặc nút mạng. WD có thể trong trường hợp này là thiết bị máy đến máy (machine-to-machine, M2M), mà có thể trong ngữ cảnh 3GPP được tham chiếu đến như thiết bị MTC. Như một ví dụ riêng, WD có thể là UE thi hành chuẩn internet vạn vật băng hẹp (narrow band internet of things, NB-IoT) 3GPP. Các ví dụ riêng của các máy hoặc các thiết bị như vậy là các cảm biến, các thiết bị đo như các máy đo công suất, máy móc công nghiệp, hoặc các dụng cụ gia đình hoặc cá nhân (ví dụ các tủ lạnh, các tivi, v.v.) các thiết bị có thể mang được cá nhân (ví dụ, các đồng hồ, các bộ theo dõi sức khỏe thể chất (fitness tracker), v.v.). Trong các kịch bản khác, WD có thể biểu diễn phương tiện giao thông hoặc thiết bị khác mà có khả năng của sự giám sát và/hoặc báo cáo về trạng thái hoạt động của nó hoặc các chức năng khác được kết hợp với hoạt động của nó. WD như được mô tả ở trên có thể biểu diễn điểm cuối của sự kết nối không dây, trong trường hợp mà thiết bị có thể được tham chiếu đến như thiết bị đầu cuối không dây. Hơn nữa, WD như được mô tả ở trên có thể là di động được, trong trường hợp mà nó có thể cũng được tham chiếu đến như thiết bị di động hoặc thiết bị đầu cuối di động.

Như được minh họa, thiết bị không dây 1110 gồm có anten 1111, giao diện 1114, hệ mạch xử lý 1120, phương tiện đọc được bởi thiết bị 1130, thiết bị giao diện người dùng 1132, thiết bị phụ 1134, nguồn công suất 1136 và hệ mạch công suất 1137. WD 1110 có thể gồm có nhiều tập hợp của một hoặc nhiều trong các thành phần được minh họa cho các công nghệ không dây khác nhau được hỗ trợ bởi WD 1110, như, ví dụ, các công nghệ không dây LTE, NR hoặc NB-IoT, chỉ để đề cập một vài. Các công nghệ không dây này có thể được tích hợp vào các chip hoặc tập hợp của các chip giống hoặc khác nhau như các thành phần khác trong WD 1110.

Anten 1111 có thể gồm có một hoặc nhiều anten hoặc mảng anten, được tạo kết cấu để gửi và/hoặc nhận các tín hiệu không dây, và được kết nối với giao diện 1114. Trong các phương án lựa chọn nhất định, anten 1111 có thể riêng rẽ khỏi WD 1110 và có thể kết nối được với WD 1110 qua giao diện hoặc cổng. Anten 1111, giao diện 1114, và/hoặc hệ mạch xử lý 1120 có thể được tạo kết cấu để thực hiện các hoạt động nhận hoặc truyền bất kỳ được mô tả ở đây như được thực hiện bởi WD. Thông tin, dữ liệu và/hoặc các tín hiệu bất kỳ có thể được nhận từ nút mạng và/hoặc WD khác. Trong một

số phương án, hệ mạch đầu trước radio và/hoặc anten 1111 có thể được xem xét như giao diện.

Như được minh họa, giao diện 1114 bao gồm hệ mạch đầu trước radio 1112 và anten 1111. Hệ mạch đầu trước radio 1112 bao gồm một hoặc nhiều bộ lọc 1118 và bộ khuếch đại 1116. Hệ mạch đầu trước radio 1114 được kết nối với anten 1111 và hệ mạch xử lý 1120, và được tạo kết cấu để tạo điều kiện các tín hiệu được truyền thông giữa anten 1111 và hệ mạch xử lý 1120. Hệ mạch đầu trước radio 1112 có thể được ghép với hoặc là một phần của anten 1111. Trong một số phương án, WD 1110 có thể không gồm có hệ mạch đầu trước radio 1112 riêng rẽ; đúng hơn, hệ mạch xử lý 1120 có thể bao gồm hệ mạch đầu trước radio và có thể được kết nối với anten 1111. Tương tự, trong một số phương án, một số hoặc tất cả của hệ mạch bộ truyền nhận RF 1122 có thể được xem xét như một phần của giao diện 1114. Hệ mạch đầu trước radio 1112 có thể nhận dữ liệu số mà để được gửi đi đến các nút mạng hoặc các WD khác qua sự kết nối không dây. Hệ mạch đầu trước radio 1112 có thể chuyển đổi dữ liệu số thành tín hiệu radio có các tham số băng thông và kênh thích hợp sử dụng sự phối hợp của các bộ lọc 1118 và/hoặc các bộ khuếch đại 1116. Tín hiệu radio có thể sau đó được truyền qua anten 1111. Tương tự, khi nhận dữ liệu, anten 1111 có thể tập hợp lại các tín hiệu radio mà sau đó được chuyển đổi thành dữ liệu số bởi hệ mạch đầu trước radio 1112. Dữ liệu số có thể được cho đi đến hệ mạch xử lý 1120. Trong các phương án khác, giao diện có thể bao gồm các thành phần khác nhau và/hoặc các sự phối hợp khác nhau của các thành phần.

Hệ mạch xử lý 1120 có thể bao gồm sự phối hợp của một hoặc nhiều trong bộ vi xử lý, bộ điều khiển, bộ vi điều khiển, bộ xử lý trung tâm, bộ xử lý tín hiệu số, mạch tích hợp đặc trưng ứng dụng, mảng cổng có thể lập trình được theo trường, hoặc thiết bị tính toán phù hợp khác bất kỳ, tài nguyên, hoặc sự phối hợp của phần cứng, phần mềm, và/hoặc logic được lập mã có thể hoạt động được để cung cấp, hoặc là một mình hoặc cùng chung với các thành phần WD 1110 khác, như phương tiện đọc được bởi thiết bị 1130, phần chức năng WD 1110. Phần chức năng như vậy có thể gồm có cung cấp bất kỳ trong các dấu hiệu hoặc các lợi ích không dây khác nhau được thảo luận ở đây. Ví dụ, hệ mạch xử lý 1120 có thể thực thi các lệnh được lưu trữ trong phương tiện đọc được

bởi thiết bị 1130 hoặc trong bộ nhớ trong hệ mạch xử lý 1120 để cung cấp phần chức năng được bộc lộ ở đây.

Như được minh họa, hệ mạch xử lý 1120 gồm có một hoặc nhiều trong hệ mạch bộ truyền nhận RF 1122, hệ mạch xử lý băng cơ sở 1124, và hệ mạch xử lý ứng dụng 1126. Trong các phương án khác, hệ mạch xử lý có thể bao gồm các thành phần khác nhau và/hoặc các sự phối hợp khác nhau của các thành phần. Trong các phương án nhất định hệ mạch xử lý 1120 của WD 1110 có thể bao gồm SOC. Trong một số phương án, hệ mạch bộ truyền nhận RF 1122, hệ mạch xử lý băng cơ sở 1124, và hệ mạch xử lý ứng dụng 1126 có thể ở trên các chip hoặc các tập hợp của các chip riêng rẽ. Trong các phương án lựa chọn, một phần hoặc tất cả của hệ mạch xử lý băng cơ sở 1124 và hệ mạch xử lý ứng dụng 1126 có thể được phối hợp vào một chip hoặc tập hợp của các chip, và hệ mạch bộ truyền nhận RF 1122 có thể ở trên chip hoặc tập hợp của các chip riêng rẽ. Trong các phương án lựa chọn nữa, một phần hoặc tất cả của hệ mạch bộ truyền nhận RF 1122 và hệ mạch xử lý băng cơ sở 1124 có thể ở trên cùng chip hoặc tập hợp của các chip, và hệ mạch xử lý ứng dụng 1126 có thể ở trên chip hoặc tập hợp của các chip riêng rẽ. Trong các phương án lựa chọn khác nữa, một phần hoặc tất cả của hệ mạch bộ truyền nhận RF 1122, hệ mạch xử lý băng cơ sở 1124, và hệ mạch xử lý ứng dụng 1126 có thể được phối hợp trong cùng chip hoặc tập hợp của các chip. Trong một số phương án, hệ mạch bộ truyền nhận RF 1122 có thể là một phần của giao diện 1114. Hệ mạch bộ truyền nhận RF 1122 có thể tạo điều kiện các tín hiệu RF cho hệ mạch xử lý 1120.

Trong các phương án nhất định, một số hoặc tất cả của phần chức năng được mô tả ở đây như được thực hiện bởi WD có thể được cung cấp bởi hệ mạch xử lý 1120 thực thi các lệnh được lưu trữ trên phương tiện đọc được bởi thiết bị 1130, mà trong các phương án nhất định có thể là phương tiện lưu trữ đọc được bởi máy tính. Trong các phương án lựa chọn, một số hoặc tất cả của phần chức năng có thể được cung cấp bởi hệ mạch xử lý 1120 mà không thực thi các lệnh được lưu trữ trên phương tiện lưu trữ đọc được bởi thiết bị riêng rẽ hoặc rời rạc, như theo cách được nêu ở trên. Trong phương án bất kỳ trong các phương án riêng đó, dù thực thi các lệnh được lưu trữ trên phương tiện lưu trữ đọc được bởi thiết bị hay không, hệ mạch xử lý 1120 có thể được tạo kết cấu để thực hiện phần chức năng được mô tả. Các lợi ích được cung cấp bởi phần chức năng

như vậy không bị giới hạn vào một mình hệ mạch xử lý 1120 hoặc vào các thành phần khác của WD 1110, mà được hưởng bởi toàn bộ WD 1110, và/hoặc bởi các người dùng cuối và mạng không dây nói chung.

Hệ mạch xử lý 1120 có thể được tạo kết cấu để thực hiện các hoạt động xác định, tính, hoặc tương tự bất kỳ (ví dụ, các hoạt động thu được nhất định) được mô tả ở đây như được thực hiện bởi WD. Các hoạt động này, như được thực hiện bởi hệ mạch xử lý 1120, có thể gồm có xử lý thông tin được thu được bởi hệ mạch xử lý 1120 nhờ, ví dụ, chuyển đổi thông tin được thu được thành thông tin khác, so sánh thông tin được thu được hoặc thông tin được chuyển đổi đối với thông tin được lưu trữ bởi WD 1110, và/hoặc thực hiện một hoặc nhiều hoạt động dựa trên thông tin được thu được hoặc thông tin được chuyển đổi, và như kết quả của sự xử lý này thực hiện sự xác định.

Phương tiện đọc được bởi thiết bị 1130 có thể là hoạt động được để lưu trữ chương trình máy tính, phần mềm, ứng dụng gồm có một hoặc nhiều trong logic, các quy tắc, mã, các bảng, v.v. và/hoặc các lệnh khác có khả năng được thực thi bởi hệ mạch xử lý 1120. Phương tiện đọc được bởi thiết bị 1130 có thể gồm có bộ nhớ máy tính (ví dụ, Bộ nhớ truy nhập ngẫu nhiên (Random Access Memory, RAM) hoặc Bộ nhớ chỉ đọc (Read Only Memory, ROM)), các phương tiện lưu trữ khối (ví dụ, đĩa cứng), các phương tiện lưu trữ có thể tháo lắp được (ví dụ, Đĩa Compact (Compact Disk, CD) hoặc Đĩa video số (Digital Video Disk, DVD)), và/hoặc các thiết bị nhớ không chuyển tiếp có thể thực thi được bởi máy tính và/hoặc đọc được bởi thiết bị, khả biến hoặc bất khả biến khác bất kỳ mà lưu trữ thông tin, dữ liệu, và/hoặc các lệnh mà có thể được sử dụng bởi hệ mạch xử lý 1120. Trong một số phương án, hệ mạch xử lý 1120 và phương tiện đọc được bởi thiết bị 1130 có thể được xem xét để được tích hợp.

Thiết bị giao diện người dùng 1132 có thể cung cấp các thành phần mà cho phép người dùng là con người tương tác với WD 1110. Sự tương tác như vậy có thể có nhiều dạng, như nhìn, nghe, xúc giác, v.v.. Thiết bị giao diện người dùng 1132 có thể là hoạt động được để tạo đầu ra đối với người dùng và để cho phép người dùng cung cấp đầu vào cho WD 1110. Loại của sự tương tác có thể biến đổi phụ thuộc vào loại của thiết bị giao diện người dùng 1132 được cài đặt trong WD 1110. Ví dụ, nếu WD 1110 là điện thoại thông minh, thì sự tương tác có thể là qua màn hình chạm; nếu WD 1110 là máy

đo thông minh, thì sự tương tác có thể là qua màn hình mà cung cấp cách sử dụng (ví dụ, số lượng của các galông được sử dụng) hoặc loa mà cung cấp báo động có thể nghe được (ví dụ, nếu khói được phát hiện). Thiết bị giao diện người dùng 1132 có thể gồm có các giao diện, các thiết bị và các mạch đầu vào, và các giao diện, các thiết bị và các mạch đầu ra. Thiết bị giao diện người dùng 1132 được tạo kết cấu để cho phép sự đưa thông tin vào WD 1110, và được kết nối với hệ mạch xử lý 1120 để cho phép hệ mạch xử lý 1120 xử lý thông tin đầu vào. Thiết bị giao diện người dùng 1132 có thể gồm có, ví dụ, micrô, cảm biến độ lân cận hoặc cảm biến khác, các phím/các nút bấm, bộ hiển thị chạm, một hoặc nhiều camera, cổng USB, hoặc hệ mạch đầu vào khác. Thiết bị giao diện người dùng 1132 cũng được tạo kết cấu để cho phép sự đưa thông tin ra từ WD 1110, và để cho phép hệ mạch xử lý 1120 đưa ra thông tin từ WD 1110. Thiết bị giao diện người dùng 1132 có thể gồm có, ví dụ, loa, bộ hiển thị, hệ mạch rung, cổng USB, giao diện ống nghe, hoặc hệ mạch đầu ra khác. Sử dụng một hoặc nhiều giao diện, thiết bị, và mạch đầu vào và đầu ra, của thiết bị giao diện người dùng 1132, WD 1110 có thể truyền thông với các người dùng cuối và/hoặc mạng không dây, và cho phép chúng được lợi từ phần chức năng được mô tả ở đây.

Thiết bị phụ 1134 là có thể hoạt động được để cung cấp phần chức năng đặc trưng hơn mà có thể nói chung là không được thực hiện bởi các WD. Điều này có thể bao gồm các cảm biến chuyên dụng để thực hiện các sự đo cho các mục đích khác nhau, các giao diện cho các loại bổ sung của sự truyền thông như các sự truyền thông có dây v.v.. Sự gồm có và loại của các thành phần của thiết bị phụ 1134 có thể biến đổi phụ thuộc vào phương án và/hoặc kịch bản.

Nguồn công suất 1136 có thể, trong một số phương án, ở dạng của ắcqui hoặc bộ ắcqui. Các loại khác của các nguồn công suất, như nguồn công suất bên ngoài (ví dụ, ổ cắm điện), các thiết bị quang voltaic hoặc các pin công suất (power cell), có thể cũng được sử dụng. WD 1110 có thể còn bao gồm hệ mạch công suất 1137 để phân phối công suất từ nguồn công suất 1136 đến các phần khác nhau của WD 1110 mà cần công suất từ nguồn công suất 1136 để tiến hành phần chức năng bất kỳ được mô tả hoặc được chỉ báo ở đây. Hệ mạch công suất 1137 có thể trong các phương án nhất định bao gồm hệ mạch quản lý công suất. Hệ mạch công suất 1137 có thể theo cách thêm vào hoặc như một sự lựa chọn là có thể hoạt động được để nhận công suất từ nguồn công suất bên

ngoài; trong trường hợp mà WD 1110 có thể là kết nối được với nguồn công suất bên ngoài (như ổ cắm điện) qua hệ mạch đầu vào hoặc giao diện như cáp công suất điện. Hệ mạch công suất 1137 có thể cũng trong các phương án nhất định là có thể hoạt động được để phân phối công suất từ nguồn công suất bên ngoài cho nguồn công suất 1136. Điều này có thể là, ví dụ, cho sự nạp của nguồn công suất 1136. Hệ mạch công suất 1137 có thể thực hiện sự định dạng, sự chuyển đổi, hoặc sự sửa đổi khác bất kỳ đối với công suất từ nguồn công suất 1136 để làm cho công suất phù hợp cho các thành phần tương ứng của WD 1110 mà công suất được cấp cho nó.

Fig.23 minh họa một phương án của UE phù hợp với các khía cạnh khác nhau được mô tả ở đây. Như được sử dụng ở đây, thiết bị người dùng hoặc UE có thể không nhất thiết có người dùng theo ý nghĩa người dùng là con người, người mà sở hữu và/hoặc làm hoạt động thiết bị có liên quan. Thay vào đó, UE có thể biểu diễn thiết bị mà được dự định để bán cho, hoặc hoạt động bởi, người dùng là con người nhưng mà có thể không, hoặc mà ban đầu có thể không, được kết hợp với người dùng là con người đặc trưng (ví dụ, bộ điều khiển vòi tưới thông minh). Như một sự lựa chọn, UE có thể biểu diễn thiết bị mà không được dự định để bán cho, hoặc hoạt động bởi, người dùng cuối nhưng mà có thể được kết hợp với hoặc được làm hoạt động cho lợi ích của người dùng (ví dụ, máy đo công suất thông minh). UE 1200 có thể là UE bất kỳ được nhận dạng bởi Dự án đối tác thế hệ thứ ba (3rd Generation Partnership Project, 3GPP), gồm có UE NB-IoT, UE truyền thông loại máy (machine type communication, MTC), và/hoặc UE MTC được nâng cao (enhanced MTC, eMTC). UE 1200, như được minh họa trên Fig.23, là một ví dụ của WD được tạo kết cấu cho sự truyền thông phù hợp với một hoặc nhiều chuẩn truyền thông được truyền bá bởi Dự án đối tác thế hệ thứ ba (3rd Generation Partnership Project, 3GPP), như LTE của 3GPP, và/hoặc các chuẩn 5G. Như được đề cập ở trước, thuật ngữ WD và UE có thể được sử dụng theo cách hoán đổi. Do đó, mặc dù Fig.23 là UE, các thành phần được thảo luận ở đây là có thể áp dụng được theo cách ngang nhau đối với WD, và ngược lại.

Trên Fig.23, UE 1200 gồm có hệ mạch xử lý 1201 mà được ghép theo cách hoạt động với giao diện đầu vào/đầu ra 1205, giao diện tần số radio (radio frequency, RF) 1209, giao diện kết nối mạng 1211, bộ nhớ 1215 gồm có bộ nhớ truy nhập ngẫu nhiên (random access memory, RAM) 1217, bộ nhớ chỉ đọc (read-only memory, ROM) 1219,

và phương tiện lưu trữ 1221 hoặc dạng tương tự, hệ thống con truyền thông 1231, nguồn công suất 1233, và/hoặc thành phần khác bất kỳ, hoặc sự phối hợp bất kỳ của chúng. Phương tiện lưu trữ 1221 gồm có hệ thống điều hành 1223, chương trình ứng dụng 1225, và dữ liệu 1227. Trong các phương án khác, phương tiện lưu trữ 1221 có thể gồm có các loại thông tin tương tự khác. Các UE nhất định có thể dùng tất cả của các thành phần được thể hiện trên Fig.23, hoặc chỉ tập hợp con của các thành phần. Mức tích hợp giữa các thành phần có thể biến đổi từ một UE đến UE khác. Thêm nữa, các UE nhất định có thể chứa nhiều phiên bản của thành phần, như nhiều bộ xử lý, bộ nhớ, bộ truyền nhận, bộ truyền, bộ nhận, v.v..

Trên Fig.23, hệ mạch xử lý 1201 có thể được tạo kết cấu để xử lý các lệnh máy tính và dữ liệu. Hệ mạch xử lý 1201 có thể được tạo kết cấu để thi hành máy trạng thái tuần tự bất kỳ hoạt động để thực thi các lệnh máy được lưu trữ như các chương trình máy tính đọc được bởi máy trong bộ nhớ, như một hoặc nhiều máy trạng thái được thực thi bởi phần cứng (ví dụ, trong logic rời rạc, FPGA, ASIC, v.v.); logic có thể lập trình được cùng với phần sụn thích hợp; một hoặc nhiều chương trình được lưu trữ, bộ xử lý đa năng, như bộ vi xử lý hoặc Bộ xử lý tín hiệu số (Digital Signal Processor, DSP), cùng với phần mềm thích hợp; hoặc sự phối hợp bất kỳ của các thiết bị trên. Ví dụ, hệ mạch xử lý 1201 có thể gồm có hai bộ xử lý trung tâm (central processing unit, CPU). Dữ liệu có thể là thông tin dưới dạng phù hợp cho sự sử dụng bởi máy tính.

Trong phương án được miêu tả, giao diện đầu vào/đầu ra 1205 có thể được tạo kết cấu để cung cấp giao diện truyền thông cho thiết bị đầu vào, thiết bị đầu ra, hoặc thiết bị đầu vào và đầu ra. UE 1200 có thể được tạo kết cấu để sử dụng thiết bị đầu ra qua giao diện đầu vào/đầu ra 1205. Thiết bị đầu ra có thể sử dụng cùng loại cổng giao diện như thiết bị đầu vào. Ví dụ, cổng USB có thể được sử dụng để cung cấp đầu vào cho và đầu ra từ UE 1200. Thiết bị đầu ra có thể là loa, các âm thanh, các video, bộ hiển thị, màn hình, máy in, bộ dẫn động, bộ phát, thẻ thông minh (smartcard), thiết bị đầu ra khác, hoặc sự phối hợp bất kỳ của chúng. UE 1200 có thể được tạo kết cấu để sử dụng thiết bị đầu vào qua giao diện đầu vào/đầu ra 1205 để cho phép người dùng thu thập thông tin vào trong UE 1200. Thiết bị đầu vào có thể gồm có bộ hiển thị nhạy tiếp xúc hoặc nhạy với sự có mặt, camera (ví dụ, camera số, camera video số, camera web, v.v.), micrô, cảm biến, chuột, bóng xoay (trackball), đệm định hướng (directional pad), đệm

theo dõi (trackpad), bánh xe cuộn (scroll wheel), thẻ thông minh, và dạng tương tự. Bộ hiển thị nhạy với sự có mặt có thể gồm có cảm biến tiếp xúc điện dung hoặc điện trở để nhận biết đầu vào từ người dùng. Cảm biến có thể là, chẳng hạn, gia tốc kế, con quay hồi chuyển, cảm biến nghiêng, cảm biến lực, máy đo từ, cảm biến quang, cảm biến độ lân cận, cảm biến tương tự khác, hoặc sự phối hợp bất kỳ của chúng. Ví dụ, thiết bị đầu vào có thể là gia tốc kế, máy đo từ, camera số, micrô, và cảm biến quang.

Trên Fig.23, giao diện RF 1209 có thể được tạo kết cấu để cung cấp giao diện truyền thông cho các thành phần RF như bộ truyền, bộ nhận, và anten. Giao diện kết nối mạng 1211 có thể được tạo kết cấu để cung cấp giao diện truyền thông cho mạng 1243a. Mạng 1243a có thể bao hàm các mạng có dây và/hoặc không dây như mạng cục bộ (local-area network, LAN), mạng diện rộng (wide-area network, WAN), mạng máy tính, mạng không dây, mạng viễn thông, mạng tương tự khác hoặc sự phối hợp bất kỳ của chúng. Ví dụ, mạng 1243a có thể bao gồm mạng Wi-Fi. Giao diện kết nối mạng 1211 có thể được tạo kết cấu để gồm có bộ nhận và giao diện bộ truyền được sử dụng để truyền thông với một hoặc nhiều thiết bị khác qua mạng truyền thông theo một hoặc nhiều giao thức truyền thông, như Ethernet, TCP/IP, SONET, ATM, hoặc dạng tương tự. Giao diện kết nối mạng 1211 có thể thi hành phần chức năng bộ nhận và bộ truyền thích hợp cho các liên kết mạng truyền thông (ví dụ, quang học, điện, và dạng tương tự). Các chức năng bộ truyền và bộ nhận có thể chia sẻ các thành phần mạch, phần mềm hoặc phần sụn, hoặc như một sự lựa chọn có thể được thi hành theo cách riêng rẽ.

RAM 1217 có thể được tạo kết cấu để tạo giao diện qua bus 1202 đối với hệ mạch xử lý 1201 để cung cấp sự lưu trữ hoặc sự nhớ đệm (caching) của dữ liệu hoặc các lệnh máy tính trong sự thực thi của các chương trình phần mềm như hệ thống điều hành, các chương trình ứng dụng, và các bộ dẫn thiết bị (device driver). ROM 1219 có thể được tạo kết cấu để cung cấp các lệnh máy tính hoặc dữ liệu cho hệ mạch xử lý 1201. Ví dụ, ROM 1219 có thể được tạo kết cấu để lưu trữ mã hệ thống mức thấp bất biến hoặc dữ liệu cho các chức năng hệ thống cơ bản như đầu vào và đầu ra (input and output, I/O) cơ bản, khởi động, hoặc nhận các sự nhấn phím từ bàn phím mà được lưu trữ trong bộ nhớ bất khả biến. Phương tiện lưu trữ 1221 có thể được tạo kết cấu để gồm có bộ nhớ như RAM, ROM, bộ nhớ chỉ đọc lập trình được (programmable read-only memory, PROM), bộ nhớ chỉ đọc lập trình được xóa được (erasable programmable read-only

memory, EPROM), bộ nhớ chỉ đọc lập trình được xóa được bằng điện (electrically erasable programmable read-only memory, EEPROM), các đĩa từ, các đĩa quang, các đĩa mềm, các đĩa cứng, các hộp băng từ (cartridge) tháo lắp được, hoặc các ổ cực nhanh. Trong một ví dụ, phương tiện lưu trữ 1221 có thể được tạo kết cấu để gồm có hệ thống điều hành 1223, chương trình ứng dụng 1225 như ứng dụng trình duyệt web, widget hoặc động cơ phụ tùng (gadget engine) hoặc ứng dụng khác, và tệp dữ liệu 1227. Phương tiện lưu trữ 1221 có thể lưu trữ, cho sự sử dụng bởi UE 1200, bất kỳ trong sự đa dạng của các hệ thống điều hành khác nhau hoặc các sự phối hợp của các hệ thống điều hành.

Phương tiện lưu trữ 1221 có thể được tạo kết cấu để gồm có số lượng của các đơn vị ổ vật lý, như mảng đĩa độc lập dự phòng (redundant array of independent disks, RAID), ổ đĩa mềm, bộ nhớ cực nhanh, ổ cực nhanh USB, ổ đĩa cứng bên ngoài, ổ ngón tay cái (thumb drive), ổ bút (pen drive), ổ khóa (key drive), ổ đĩa quang đĩa đa năng số mật độ cao (high-density digital versatile disc, HD-DVD), ổ đĩa cứng bên trong, ổ đĩa quang Blu-Ray, ổ đĩa quang lưu trữ dữ liệu số ba chiều (holographic digital data storage, HDDS), môđun nhớ nội tuyến kép-nhỏ bên ngoài (external mini-dual in-line memory module, DIMM), bộ nhớ truy nhập ngẫu nhiên động đồng bộ (synchronous dynamic random access memory, SDRAM), SDRAM micro-DIMM bên ngoài, bộ nhớ thẻ thông minh như môđun nhận dạng thuê bao hoặc môđun nhận dạng người dùng tháo lắp được (subscriber identity module/removable user identity module, SIM/RUIM), bộ nhớ khác, hoặc sự phối hợp bất kỳ của chúng. Phương tiện lưu trữ 1221 có thể cho phép UE 1200 truy nhập các lệnh có thể thực thi được bởi máy tính, các chương trình ứng dụng hoặc dạng tương tự, được lưu trữ trên các phương tiện nhớ chuyển tiếp hoặc không chuyển tiếp, để dỡ tải dữ liệu, hoặc để tải lên dữ liệu. Vật phẩm sản xuất, như một vật phẩm dùng hệ thống truyền thông có thể được biểu hiện theo cách hữu hình trong phương tiện lưu trữ 1221, mà có thể bao gồm phương tiện đọc được bởi thiết bị.

Trên Fig.23, hệ mạch xử lý 1201 có thể được tạo kết cấu để truyền thông với mạng 1243b sử dụng hệ thống con truyền thông 1231. Mạng 1243a và mạng 1243b có thể là cùng mạng hoặc các mạng hoặc mạng hoặc các mạng khác nhau. Hệ thống con truyền thông 1231 có thể được tạo kết cấu để gồm có một hoặc nhiều bộ truyền nhận được sử dụng để truyền thông với mạng 1243b. Ví dụ, hệ thống con truyền thông 1231 có thể được tạo kết cấu để gồm có một hoặc nhiều bộ truyền nhận được sử dụng để

truyền thông với một hoặc nhiều bộ truyền nhận từ xa của thiết bị khác có khả năng của sự truyền thông không dây như WD, UE, hoặc trạm cơ sở khác của mạng truy nhập radio (radio access network, RAN) theo một hoặc nhiều giao thức truyền thông, như WCDMA, LTE, UTRAN, NR, hoặc dạng tương tự. Mỗi bộ truyền nhận có thể gồm có bộ truyền 1233 và/hoặc bộ nhận 1235 để thi hành phần chức năng bộ truyền hoặc bộ nhận, theo cách tương ứng, thích hợp với các liên kết RAN (ví dụ, các sự cấp phát tần số và dạng tương tự). Thêm nữa, bộ truyền 1233 và bộ nhận 1235 của mỗi bộ truyền nhận có thể chia sẻ các thành phần mạch, phần mềm hoặc phần sụn, hoặc như một sự lựa chọn có thể được thi hành theo cách riêng rẽ.

Trong phương án được minh họa, các chức năng truyền thông của hệ thống con truyền thông 1231 có thể gồm có sự truyền thông dữ liệu, sự truyền thông tiếng nói, sự truyền thông đa phương tiện, các sự truyền thông tầm ngắn như Bluetooth, sự truyền thông trường gần, sự truyền thông dựa trên vị trí như sự sử dụng của hệ thống định vị toàn cầu (global positioning system, GPS) để xác định vị trí, chức năng truyền thông tương tự khác, hoặc sự phối hợp bất kỳ của chúng. Ví dụ, hệ thống con truyền thông 1231 có thể gồm có sự truyền thông dạng ô, sự truyền thông Wi-Fi, sự truyền thông Bluetooth, và sự truyền thông GPS. Mạng 1243b có thể bao hàm các mạng có dây và/hoặc không dây như mạng cục bộ (local-area network, LAN), mạng diện rộng (wide-area network, WAN), mạng máy tính, mạng không dây, mạng viễn thông, mạng tương tự khác hoặc sự phối hợp bất kỳ của chúng. Ví dụ, mạng 1243b có thể là mạng dạng ô, mạng Wi-Fi, và/hoặc mạng trường gần. Nguồn công suất 1213 có thể được tạo kết cấu để cung cấp công suất dòng xoay chiều (alternating current, AC) hoặc dòng một chiều (direct current, DC) cho các thành phần của UE 1200.

Các dấu hiệu, các lợi ích và/hoặc các chức năng được mô tả ở đây có thể được thi hành trong một trong các thành phần của UE 1200 hoặc được phân chia qua nhiều thành phần của UE 1200. Thêm nữa, các dấu hiệu, các lợi ích, và/hoặc các chức năng được mô tả ở đây có thể được thi hành trong sự phối hợp bất kỳ của phần cứng, phần mềm hoặc phần sụn. Trong một ví dụ, hệ thống con truyền thông 1231 có thể được tạo kết cấu để gồm có thành phần bất kỳ trong các thành phần được mô tả ở đây. Thêm nữa, hệ mạch xử lý 1201 có thể được tạo kết cấu để truyền thông với thành phần bất kỳ trong các thành phần như vậy qua buýt 1202. Trong ví dụ khác, thành phần bất kỳ trong các

thành phần như vậy có thể được biểu diễn bởi các lệnh chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ mà khi được thực thi bởi hệ mạch xử lý 1201 thực hiện các chức năng tương ứng được mô tả ở đây. Trong ví dụ khác, phần chức năng của thành phần bất kỳ trong các thành phần như vậy có thể được phân chia giữa hệ mạch xử lý 1201 và hệ thống con truyền thông 1231. Trong ví dụ khác, các chức năng chuyên sâu không về mặt tính toán của thành phần bất kỳ trong các thành phần như vậy có thể được thi hành trong phần mềm hoặc phần sụn và các chức năng chuyên sâu về mặt tính toán có thể được thi hành trong phần cứng.

Fig.24 là sơ đồ khối giản lược minh họa môi trường ảo hóa 1300 trong đó các chức năng được thi hành bởi một số phương án có thể được ảo hóa. Trong ngữ cảnh này, phương tiện ảo hóa tạo ra các phiên bản ảo của các máy hoặc các thiết bị mà có thể gồm có các nền phần cứng ảo hóa, các thiết bị lưu trữ và các tài nguyên nối mạng. Như được sử dụng ở đây, sự ảo hóa có thể được áp dụng đối với nút (ví dụ, trạm cơ sở được ảo hóa hoặc nút truy nhập radio được ảo hóa) hoặc đối với thiết bị (ví dụ, UE, thiết bị không dây hoặc loại thiết bị truyền thông khác bất kỳ) hoặc các thành phần của chúng và đề cập đến sự thi hành trong đó ít nhất phần của phần chức năng được thi hành như một hoặc nhiều thành phần ảo (ví dụ, qua một hoặc nhiều ứng dụng, thành phần, chức năng, máy ảo hoặc bộ chứa thực thi trên một hoặc nhiều nút xử lý vật lý trong một hoặc nhiều mạng).

Fig.25 minh họa mạng viễn thông được kết nối qua mạng trung gian với máy tính chủ phù hợp với một số phương án. Nói riêng, với tham chiếu đến Fig.23, phù hợp với phương án, hệ thống truyền thông gồm có mạng viễn thông 1410, như mạng dạng ô loại 3GPP, mà bao gồm mạng truy nhập 1411, như mạng truy nhập radio, và mạng lõi 1414. Mạng truy nhập 1411 bao gồm nhiều trạm cơ sở 1412a, 1412b, 1412c, như các NB, eNB, gNB hoặc các loại khác của các điểm truy nhập không dây, mỗi trong số chúng định nghĩa vùng bao phủ 1413a, 1413b, 1413c tương ứng. Mỗi trạm cơ sở 1412a, 1412b, 1412c có thể kết nối được với mạng lõi 1414 qua sự kết nối có dây hoặc không dây 1415. UE thứ nhất 1491 được đặt vào vị trí trong vùng bao phủ 1413c được tạo kết cấu để kết nối theo cách không dây với, hoặc được nhắn tin (paged) bởi, trạm cơ sở 1412c tương ứng. UE thứ hai 1492 trong vùng bao phủ 1413a có thể kết nối được theo cách không dây với trạm cơ sở 1412a tương ứng. Trong khi nhiều UE 1491, 1492 được minh

họa trong ví dụ này, các phương án được bộc lộ có thể áp dụng được theo cách ngang nhau đối với tình huống tại đó UE duy nhất là ở trong vùng bao phủ hoặc tại đó UE duy nhất đang kết nối với trạm cơ sở 1412 tương ứng.

Mạng viễn thông 1410 được tự kết nối với máy tính chủ 1430, mà có thể được biểu hiện trong phần cứng và/hoặc phần mềm của máy chủ độc lập, máy chủ được thi hành-đám mây, máy chủ được phân tán hoặc như các tài nguyên xử lý trong trại máy chủ (server farm). Máy tính chủ 1430 có thể dưới quyền sở hữu hoặc điều khiển của nhà cung cấp dịch vụ, hoặc có thể được làm hoạt động bởi nhà cung cấp dịch vụ hoặc thay mặt cho nhà cung cấp dịch vụ. Các sự kết nối 1421 và 1422 giữa mạng viễn thông 1410 và máy tính chủ 1430 có thể mở rộng theo cách trực tiếp từ mạng lõi 1414 đến máy tính chủ 1430 hoặc có thể đi qua mạng trung gian 1420 tùy chọn. Mạng trung gian 1420 có thể là một trong, hoặc sự phối hợp của nhiều hơn một trong, mạng công cộng, riêng hoặc được đặt lên máy chủ (hosted); mạng trung gian 1420, nếu có, có thể là mạng xương sống hoặc Internet; nói riêng, mạng trung gian 1420 có thể bao gồm hai hoặc nhiều hơn hai mạng con (không được thể hiện).

Toàn bộ hệ thống truyền thông trên Fig.25 làm cho có thể có khả năng kết nối giữa các UE 1491, 1492 được kết nối và máy tính chủ 1430. Khả năng kết nối có thể được mô tả như sự kết nối quá mức (over-the-top, OTT) 1450. Máy tính chủ 1430 và các UE 1491, 1492 được kết nối được tạo kết cấu để truyền thông dữ liệu và/hoặc sự báo hiệu qua sự kết nối OTT 1450, sử dụng mạng truy nhập 1411, mạng lõi 1414, mạng trung gian 1420 bất kỳ và cơ sở hạ tầng thêm nữa có thể (không được thể hiện) như các trung gian. Sự kết nối OTT 1450 có thể là trong suốt theo ý nghĩa là các thiết bị truyền thông tham dự mà sự kết nối OTT 1450 đi qua không nhận biết sự định tuyến của các sự truyền thông liên kết lên và liên kết xuống. Ví dụ, trạm cơ sở 1412 có thể không hoặc không cần được báo về sự định tuyến trong quá khứ của sự truyền thông liên kết xuống đến với dữ liệu bắt nguồn từ máy tính chủ 1430 để được gửi chuyển tiếp (ví dụ, được chuyển giao) đến UE 1491 được kết nối. Tương tự, trạm cơ sở 1412 không cần nhận biết sự định tuyến trong tương lai của sự truyền thông liên kết lên đi bắt nguồn từ UE 1491 về phía máy tính chủ 1430.

Các sự thi hành ví dụ, phù hợp với phương án, của UE, trạm cơ sở và máy tính chủ được thảo luận trong các đoạn trước sẽ tiếp đây được mô tả với tham chiếu đến Fig.26. Fig.26 minh họa máy tính chủ truyền thông qua trạm cơ sở với thiết bị người dùng qua sự kết nối không dây một phần phù hợp với một số phương án. Trong hệ thống truyền thông 1500, máy tính chủ 1510 bao gồm phần cứng 1515 gồm có giao diện truyền thông 1516 được tạo kết cấu để thiết lập và duy trì sự kết nối có dây hoặc không dây với giao diện của thiết bị truyền thông khác nhau của hệ thống truyền thông 1500. Máy tính chủ 1510 còn bao gồm hệ mạch xử lý 1518, mà có thể có các khả năng lưu trữ và/hoặc xử lý. Nói riêng, hệ mạch xử lý 1518 có thể bao gồm một hoặc nhiều bộ xử lý có thể lập trình được, mạch tích hợp đặc trưng ứng dụng, mảng cổng có thể lập trình được theo trường hoặc các sự phối hợp của các thiết bị này (không được thể hiện) được làm thích ứng để thực thi các lệnh. Máy tính chủ 1510 còn bao gồm phần mềm 1511, mà được lưu trữ trong hoặc có thể truy nhập được bởi máy tính chủ 1510 và có thể thực thi được bởi hệ mạch xử lý 1518. Phần mềm 1511 gồm có ứng dụng chủ 1512. Ứng dụng chủ 1512 có thể là hoạt động được để cung cấp dịch vụ cho người dùng từ xa, như UE 1530 kết nối qua sự kết nối OTT 1550 kết thúc ở UE 1530 và máy tính chủ 1510. Trong cung cấp dịch vụ cho người dùng từ xa, ứng dụng chủ 1512 có thể cung cấp dữ liệu người dùng mà được truyền sử dụng sự kết nối OTT 1550.

Hệ thống truyền thông 1500 còn gồm có trạm cơ sở 1520 được cung cấp trong hệ thống viễn thông và bao gồm phần cứng 1525 làm cho nó có thể truyền thông với máy tính chủ 1510 và với UE 1530. Phần cứng 1525 có thể gồm có giao diện truyền thông 1526 để thiết lập và duy trì sự kết nối có dây hoặc không dây với giao diện của thiết bị truyền thông khác nhau của hệ thống truyền thông 1500, cũng như giao diện radio 1527 để thiết lập và duy trì ít nhất sự kết nối không dây 1570 với UE 1530 được đặt vào vị trí trong vùng bao phủ (không được thể hiện trên Fig.26) được phục vụ bởi trạm cơ sở 1520. Giao diện truyền thông 1526 có thể được tạo kết cấu để làm thuận tiện cho sự kết nối 1560 với máy tính chủ 1510. Sự kết nối 1560 có thể là trực tiếp hoặc nó có thể đi qua mạng lõi (không được thể hiện trên Fig.26) của hệ thống viễn thông và/hoặc qua một hoặc nhiều mạng trung gian ở ngoài hệ thống viễn thông. Trong phương án được thể hiện, phần cứng 1525 của trạm cơ sở 1520 còn gồm có hệ mạch xử lý 1528, mà có thể bao gồm một hoặc nhiều bộ xử lý có thể lập trình được, mạch tích hợp đặc

trung ứng dụng, mảng cổng có thể lập trình được theo trường hoặc các sự phối hợp của các thiết bị này (không được thể hiện) được làm thích ứng để thực thi các lệnh. Trạm cơ sở 1520 còn có phần mềm 1521 được lưu trữ bên trong hoặc có thể truy nhập được qua sự kết nối bên ngoài.

Hệ thống truyền thông 1500 còn gồm có UE 1530 đã được tham chiếu đến. Phần cứng 1535 của nó có thể gồm có giao diện radio 1537 được tạo kết cấu để thiết lập và duy trì sự kết nối không dây 1570 với trạm cơ sở phục vụ vùng bao phủ trong đó UE 1530 hiện thời được đặt vào vị trí. Phần cứng 1535 của UE 1530 còn gồm có hệ mạch xử lý 1538, mà có thể bao gồm một hoặc nhiều bộ xử lý có thể lập trình được, mạch tích hợp đặc trưng ứng dụng, mảng cổng có thể lập trình được theo trường hoặc các sự phối hợp của các thiết bị này (không được thể hiện) được làm thích ứng để thực thi các lệnh. UE 1530 còn bao gồm phần mềm 1531, mà được lưu trữ trong hoặc có thể truy nhập được bởi UE 1530 và có thể thực thi được bởi hệ mạch xử lý 1538. Phần mềm 1531 gồm có ứng dụng khách 1532. Ứng dụng khách 1532 có thể là hoạt động được để cung cấp dịch vụ cho người dùng là con người hoặc không là con người qua UE 1530, với sự hỗ trợ của máy tính chủ 1510. Trong máy tính chủ 1510, ứng dụng chủ thực thi 1512 có thể truyền thông với ứng dụng khách thực thi 1532 qua sự kết nối OTT 1550 kết thúc ở UE 1530 và máy tính chủ 1510. Trong cung cấp dịch vụ cho người dùng, ứng dụng khách 1532 có thể nhận dữ liệu yêu cầu từ ứng dụng chủ 1512 và cung cấp dữ liệu người dùng đáp lại dữ liệu yêu cầu. Sự kết nối OTT 1550 có thể chuyển cả dữ liệu yêu cầu và dữ liệu người dùng. Ứng dụng khách 1532 có thể tương tác với người dùng để tạo ra dữ liệu người dùng mà nó cung cấp.

Cần lưu ý là máy tính chủ 1510, trạm cơ sở 1520 và UE 1530 được minh họa trên Fig.26 có thể tương tự hoặc giống hệt với máy tính chủ 1430, một trong các trạm cơ sở 1412a, 1412b, 1412c và một trong các UE 1491, 1492 trên Fig.25, theo cách tương ứng. Nói vậy tức là, các sự làm việc bên trong của các thực thể này có thể như được thể hiện trên Fig.26 và theo cách độc lập, tập ô mạng xung quanh có thể là tập ô trên Fig.25.

Trên Fig.26, sự kết nối OTT 1550 đã được vẽ theo cách trừu tượng để minh họa sự truyền thông giữa máy tính chủ 1510 và UE 1530 qua trạm cơ sở 1520, mà không tham chiếu rõ ràng đến các thiết bị trung gian bất kỳ và sự định tuyến chính xác của các

thông điệp qua các thiết bị này. Cơ sở hạ tầng mạng có thể xác định sự định tuyến, mà nó có thể được tạo kết cấu để giấu khỏi UE 1530 hoặc khỏi nhà cung cấp dịch vụ làm hoạt động máy tính chủ 1510, hoặc cả hai. Trong khi sự kết nối OTT 1550 là tích cực (active), cơ sở hạ tầng mạng có thể còn nắm lấy các quyết định nhờ đó nó thay đổi theo cách động sự định tuyến (ví dụ, trên cơ sở của sự xem xét cân bằng tải hoặc sự tạo kết cấu lại của mạng).

Sự kết nối không dây 1570 giữa UE 1530 và trạm cơ sở 1520 là phù hợp với các hướng dẫn của các phương án được mô tả trong toàn bộ sáng chế. Một hoặc nhiều trong các phương án khác nhau cải thiện hiệu năng của các dịch vụ OTT được cung cấp cho UE 1530 sử dụng sự kết nối OTT 1550, trong đó sự kết nối không dây 1570 tạo thành phân đoạn cuối cùng. Chính xác hơn, các hướng dẫn của các phương án này có thể cải thiện độ chờ của các sự truyền dữ liệu và theo cách đó cung cấp các lợi ích như thời gian đợi được giảm, nói riêng là cho các ứng dụng điều khiển máy.

Thủ tục đo có thể được cung cấp nhằm mục đích giám sát tốc độ dữ liệu, độ chờ và các hệ số khác trên đó một hoặc nhiều phương án cải thiện. Có thể còn có phần chức năng mạng tùy chọn để tạo kết cấu lại sự kết nối OTT 1550 giữa máy tính chủ 1510 và UE 1530, đáp lại các sự biến đổi trong các kết quả đo. Thủ tục đo và/hoặc phần chức năng mạng để tạo kết cấu lại sự kết nối OTT 1550 có thể được thi hành trong phần mềm 1511 và phần cứng 1515 của máy tính chủ 1510 hoặc trong phần mềm 1531 và phần cứng 1535 của UE 1530, hoặc cả hai. Trong các phương án, các cảm biến (không được thể hiện) có thể được triển khai trong hoặc kết hợp với các thiết bị truyền thông mà sự kết nối OTT 1550 đi qua; các cảm biến có thể tham gia thủ tục đo nhờ cấp các trị số của các số lượng được giám sát được lấy làm ví dụ ở trên, hoặc cấp các trị số của các số lượng vật lý khác từ đó phần mềm 1511, 1531 có thể tính toán hoặc ước lượng các số lượng được giám sát. Việc tạo kết cấu lại của sự kết nối OTT 1550 có thể gồm có định dạng thông điệp, các sự đặt truyền lại, sự định tuyến được ưu tiên v.v.; việc tạo kết cấu lại không cần ảnh hưởng đến trạm cơ sở 1520, và nó có thể không được biết hoặc không thể nhận thấy đối với trạm cơ sở 1520. Các thủ tục và phần chức năng như vậy có thể được biết và được thực hành trong lĩnh vực. Trong các phương án nhất định, các sự đo có thể bao hàm sự báo hiệu UE độc quyền làm thuận tiện cho các sự đo thông lượng, các thời gian lan truyền, độ chờ và dạng tương tự của máy tính chủ 1510. Các sự đo có

thể được thi hành trong đó phần mềm 1511 và 1531 làm cho các thông điệp được truyền, nói riêng là các thông điệp trống (empty) hoặc ‘giả’ (dummy), sử dụng sự kết nối OTT 1550 trong khi nó giám sát các thời gian lan truyền, các lỗi v.v..

Fig.27 là biểu đồ tiến trình minh họa phương pháp được thi hành trong hệ thống truyền thông, phù hợp với một phương án. Hệ thống truyền thông gồm có máy tính chủ, trạm cơ sở và UE mà có thể là các thiết bị được mô tả với tham chiếu đến Fig.14 và Fig.15. Cho tính đơn giản của sáng chế, chỉ các tham chiếu hình vẽ đến Fig.16 sẽ được gồm có trong đoạn này. Trong bước 1610, máy tính chủ cung cấp dữ liệu người dùng. Trong bước con 1611 (mà có thể là tùy chọn) của bước 1610, máy tính chủ cung cấp dữ liệu người dùng nhờ thực thi ứng dụng chủ. Trong bước 1620, máy tính chủ khởi đầu sự truyền mang dữ liệu người dùng đến UE. Trong bước 1630 (mà có thể là tùy chọn), trạm cơ sở truyền đến UE dữ liệu người dùng mà đã được mang trong sự truyền mà máy tính chủ đã khởi đầu, phù hợp với các hướng dẫn của các phương án được mô tả trong toàn bộ sáng chế. Trong bước 1640 (mà có thể cũng là tùy chọn), UE thực thi ứng dụng khách được kết hợp với ứng dụng chủ được thực thi bởi máy tính chủ.

Fig.28 là biểu đồ tiến trình minh họa phương pháp được thi hành trong hệ thống truyền thông, phù hợp với một phương án. Hệ thống truyền thông gồm có máy tính chủ, trạm cơ sở và UE mà có thể là các thiết bị được mô tả với tham chiếu đến Fig.14 và Fig.15. Cho tính đơn giản của sáng chế, chỉ các tham chiếu hình vẽ đến Fig.17 sẽ được gồm có trong đoạn này. Trong bước 1710 của phương pháp, máy tính chủ cung cấp dữ liệu người dùng. Trong bước con tùy chọn (không được thể hiện) máy tính chủ cung cấp dữ liệu người dùng nhờ thực thi ứng dụng chủ. Trong bước 1720, máy tính chủ khởi đầu sự truyền mang dữ liệu người dùng đến UE. Sự truyền có thể đi qua trạm cơ sở, phù hợp với các hướng dẫn của các phương án được mô tả trong toàn bộ sáng chế. Trong bước 1730 (mà có thể là tùy chọn), UE nhận dữ liệu người dùng được mang trong sự truyền.

Fig.29 là biểu đồ tiến trình minh họa phương pháp được thi hành trong hệ thống truyền thông, phù hợp với một phương án. Hệ thống truyền thông gồm có máy tính chủ, trạm cơ sở và UE mà có thể là các thiết bị được mô tả với tham chiếu đến Fig.25 và Fig.26. Cho tính đơn giản của sáng chế, chỉ các tham chiếu hình vẽ đến Fig.27 sẽ được gồm có trong đoạn này. Trong bước 1810 (mà có thể là tùy chọn), UE nhận dữ liệu đầu

vào được cung cấp bởi máy tính chủ. Thêm vào hoặc như một sự lựa chọn, trong bước 1820, UE cung cấp dữ liệu người dùng. Trong bước con 1821 (mà có thể là tùy chọn) của bước 1820, UE cung cấp dữ liệu người dùng nhờ thực thi ứng dụng khách. Trong bước con 1811 (mà có thể là tùy chọn) của bước 1810, UE thực thi ứng dụng khách mà cung cấp dữ liệu người dùng phản ứng lại dữ liệu đầu vào được nhận được cung cấp bởi máy tính chủ. Trong cung cấp dữ liệu người dùng, ứng dụng khách được thực thi có thể còn xem xét đầu vào người dùng được nhận từ người dùng. Không quan tâm đến cách đặc trưng trong đó dữ liệu người dùng đã được cung cấp, UE khởi đầu, trong bước con 1830 (mà có thể là tùy chọn), sự truyền của dữ liệu người dùng đến máy tính chủ. Trong bước 1840 của phương pháp, máy tính chủ nhận dữ liệu người dùng được truyền từ UE, phù hợp với các hướng dẫn của các phương án được mô tả trong toàn bộ sáng chế.

Fig.30 là biểu đồ tiến trình minh họa phương pháp được thi hành trong hệ thống truyền thông, phù hợp với một phương án. Hệ thống truyền thông gồm có máy tính chủ, trạm cơ sở và UE mà có thể là các thiết bị được mô tả với tham chiếu đến Fig.25 và Fig.26. Cho tính đơn giản của sáng chế, chỉ các tham chiếu hình vẽ đến Fig.28 sẽ được gồm có trong đoạn này. Trong bước 1910 (mà có thể là tùy chọn), phù hợp với các hướng dẫn của các phương án được mô tả trong toàn bộ sáng chế, trạm cơ sở nhận dữ liệu người dùng từ UE. Trong bước 1920 (mà có thể là tùy chọn), trạm cơ sở khởi đầu sự truyền của dữ liệu người dùng được nhận đến máy tính chủ. Trong bước 1930 (mà có thể là tùy chọn), máy tính chủ nhận dữ liệu người dùng được mang trong sự truyền được khởi đầu bởi trạm cơ sở.

Các bước, các phương pháp, các dấu hiệu, các chức năng, hoặc các lợi ích thích hợp bất kỳ được bộc lộ ở đây có thể được thực hiện qua một hoặc nhiều bộ phận hoặc môđun chức năng của một hoặc nhiều máy ảo. Mỗi máy ảo có thể bao gồm số lượng của các bộ phận chức năng này. Các bộ phận chức năng này có thể được thi hành qua hệ mạch xử lý, mà có thể gồm có một hoặc nhiều bộ vi xử lý hoặc bộ vi điều khiển, cũng như phần cứng số khác, mà có thể gồm có các bộ xử lý tín hiệu số (digital signal processor, DSP), logic số chuyên dụng, và dạng tương tự. Hệ mạch xử lý có thể được tạo kết cấu để thực thi mã chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ, mà có thể gồm có một hoặc vài loại của bộ nhớ như bộ nhớ chỉ đọc (read-only memory, ROM), bộ nhớ truy nhập ngẫu nhiên (RAM), bộ nhớ cache, các thiết bị nhớ cực nhanh, các thiết bị lưu

trữ quang học, v.v.. Mã chương trình được lưu trữ trong bộ nhớ gồm có các lệnh chương trình để thực thi một hoặc nhiều giao thức truyền thông dữ liệu và/hoặc viễn thông cũng như các lệnh để tiến hành một hoặc nhiều trong các kỹ thuật được mô tả ở đây. Trong một số sự thi hành, hệ mạch xử lý có thể được sử dụng để làm cho bộ phận chức năng tương ứng thực hiện các chức năng tương ứng theo một hoặc nhiều phương án của sáng chế.

Nói chung, tất cả các thuật ngữ được sử dụng ở đây là để được diễn dịch theo ý nghĩa thông thường của chúng trong lĩnh vực kỹ thuật có liên quan, trừ khi ý nghĩa khác được đưa ra một cách rõ ràng và/hoặc được ngụ ý từ ngữ cảnh trong đó nó được sử dụng. Tất cả các tham chiếu đến phần tử, máy, thành phần, phương tiện, bước, v.v. là để được diễn dịch theo cách mở như tham chiếu đến ít nhất một phiên bản của phần tử, máy, thành phần, phương tiện, bước, v.v., trừ khi được trình bày rõ ràng theo cách khác. Các bước của các phương pháp bất kỳ được bộc lộ ở đây không phải được thực hiện theo thứ tự chính xác được bộc lộ, trừ khi bước được mô tả theo cách rõ ràng là theo sau hoặc đứng trước bước khác và/hoặc tại đó nó ngầm chỉ là bước phải theo sau hoặc đứng trước bước khác. Dấu hiệu bất kỳ của phương án bất kỳ trong các phương án được bộc lộ ở đây có thể được áp dụng đối với phương án khác bất kỳ, ở bất cứ nơi nào thích hợp. Cũng như vậy, ưu điểm bất kỳ của phương án bất kỳ trong các phương án có thể áp dụng đối với các phương án khác bất kỳ, và ngược lại. Các mục tiêu, các dấu hiệu và ưu điểm khác của các phương án được bao gồm sẽ rõ ràng từ phần mô tả.

Thuật ngữ bộ phận có thể có ý nghĩa thông thường trong lĩnh vực của điện tử, các thiết bị điện và/hoặc các thiết bị điện tử và có thể gồm có, ví dụ, hệ mạch điện và/hoặc điện tử, các thiết bị, các môđun, các bộ xử lý, các bộ nhớ, các thiết bị rời rạc và/hoặc trạng thái rắn logic, các chương trình máy tính hoặc các lệnh để tiến hành các nhiệm vụ, các thủ tục, các sự tính toán, các đầu ra, và/hoặc các chức năng hiển thị tương ứng, và vân vân, như là những gì được mô tả ở đây.

Một số trong các phương án được dự tính ở đây được mô tả đầy đủ hơn với tham chiếu đến các hình vẽ kèm theo. Tuy nhiên, các phương án khác nằm trong phạm vi của đối tượng được bộc lộ ở đây. Đối tượng được bộc lộ sẽ không được hiểu là bị giới hạn vào chỉ các phương án được trình bày ở đây; đúng hơn, các phương án này được cung

cấp theo cách ví dụ để truyền đạt phạm vi của đối tượng cho những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực.

Sáng chế có thể, đương nhiên, được tiến hành theo các cách khác với các cách được trình bày theo cách đặc trưng ở đây mà không lệch khỏi các đặc tính về bản chất của sáng chế. Các phương án này cần được xem xét trong tất cả các khía cạnh là nhằm minh họa và không nhằm giới hạn, và tất cả các thay đổi đến trong ý nghĩa và phạm vi tương đương của các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo được dự tính là được bao hàm trong đó.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp được thi hành bởi thiết bị người dùng (user equipment, UE) để nhận sự chỉ báo ma trận tiền mã hóa từ trạm cơ sở trong mạng truyền thông không dây, UE được tạo kết cấu để truyền qua nhiều cổng anten, phương pháp này bao gồm các bước:

nhận thông điệp điều khiển từ trạm cơ sở gồm có trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa có thể tạo kết cấu đối với ít nhất sự tạo kết cấu thứ nhất và thứ hai, trong đó:

sự tạo kết cấu thứ nhất của trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa nhận dạng các ma trận tiền mã hóa trong cả tập hợp thứ nhất và tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa, tại đó tập hợp thứ nhất và thứ hai của các ma trận tiền mã hóa tương ứng với sự yêu cầu cho sự nhất quán truyền thứ nhất và thứ hai của UE, theo cách tương ứng;

sự tạo kết cấu thứ hai của trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa nhận dạng các ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa, nhưng không phải tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa;

trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa còn có thể tạo kết cấu đối với sự tạo kết cấu thứ ba;

sự tạo kết cấu thứ ba của trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa nhận dạng các ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ ba của các ma trận tiền mã hóa, thêm vào các tập hợp thứ nhất và thứ hai của các ma trận tiền mã hóa, tập hợp thứ ba của các ma trận tiền mã hóa tương ứng với sự yêu cầu cho sự nhất quán truyền thứ ba của UE; và

cho cực đại là bốn lớp không gian, các sự tạo kết cấu thứ nhất, thứ hai và thứ ba của trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa chiếm 5, 4 và 6 bit thông tin, theo cách tương ứng.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó sự nhất quán truyền thứ nhất, thứ hai và thứ ba biểu diễn sự nhất quán một phần, sự không nhất quán và sự nhất quán hoàn toàn, theo cách tương ứng.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó sự nhất quán truyền thứ nhất biểu diễn sự nhất quán một phần và tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa gồm có

$$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & j \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & j \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \text{ và } \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}.$$

4. Phương pháp theo điểm 3, trong đó tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa còn gồm có

$$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ j \\ 0 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -j \\ 0 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ j \end{bmatrix}, \text{ và } \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ -j \end{bmatrix}.$$

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

ban đầu khuyến nghị tập hợp thứ nhất hoặc thứ hai của các ma trận tiền mã hóa nhờ chỉ báo đối với trạm cơ sở sự nhất quán truyền thứ nhất hoặc thứ hai như khả năng nhất quán của UE.

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

truyền dữ liệu qua hai hoặc nhiều hơn hai cổng anten theo ma trận tiền mã hóa được chỉ báo bởi phần tử chỉ báo ma trận tiền mã hóa được chứa trong trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa.

7. Phương pháp được thi hành bởi trạm cơ sở trong mạng truyền thông không dây để chỉ báo đối với thiết bị người dùng (user equipment, UE), ma trận tiền mã hóa cho sự truyền liên kết lên từ UE đến trạm cơ sở, phương pháp này bao gồm các bước:

truyền thông điệp điều khiển đến UE, thông điệp điều khiển này gồm có trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa có thể tạo kết cấu đối với ít nhất sự tạo kết cấu thứ nhất và thứ hai,

trong đó:

sự tạo kết cấu thứ nhất của trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa nhận dạng các ma trận tiền mã hóa trong cả tập hợp thứ nhất và tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa, tại đó tập hợp thứ nhất và thứ hai của các ma trận tiền mã hóa tương ứng với sự yêu cầu cho sự nhất quán truyền thứ nhất và thứ hai của UE, theo cách tương ứng;

sự tạo kết cấu thứ hai của trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa nhận dạng các ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa, nhưng không phải tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa;

trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa còn có thể tạo kết cấu đối với sự tạo kết cấu thứ ba;

sự tạo kết cấu thứ ba của trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa nhận dạng các ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ ba của các ma trận tiền mã hóa, thêm vào các tập hợp thứ nhất và thứ hai của các ma trận tiền mã hóa, tập hợp thứ ba của các ma trận tiền mã hóa tương ứng với sự yêu cầu cho sự nhất quán truyền thứ ba của UE; và

cho cực đại là bốn lớp không gian, các sự tạo kết cấu thứ nhất, thứ hai và thứ ba của trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa chiếm 5, 4 và 6 bit thông tin, theo cách tương ứng.

8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó sự nhất quán truyền thứ nhất, thứ hai và thứ ba biểu diễn sự nhất quán một phần, sự không nhất quán và sự nhất quán hoàn toàn, theo cách tương ứng.

9. Phương pháp theo điểm 7, trong đó sự nhất quán truyền thứ nhất biểu diễn sự nhất quán một phần và tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa gồm có

$$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & j \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & j \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \text{ và } \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}.$$

10. Phương pháp theo điểm 9, trong đó tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa còn gồm có

$$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ j \\ 0 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -j \\ 0 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ j \\ 0 \end{bmatrix}, \text{ và } \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ -j \end{bmatrix}.$$

11. Thiết bị người dùng (user equipment, UE) có thể hoạt động được trong mạng truyền thông không dây, UE này được tạo kết cấu để truyền qua nhiều cổng anten, UE này bao gồm:

mạch giao diện; và

mạch xử lý được tạo kết cấu để làm cho UE:

nhận thông điệp điều khiển từ trạm cơ sở gồm có trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa có thể tạo kết cấu đối với ít nhất sự tạo kết cấu thứ nhất và thứ hai, trong đó:

sự tạo kết cấu thứ nhất của trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa nhận dạng các ma trận tiền mã hóa trong cả tập hợp thứ nhất và tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa, tại đó các tập hợp thứ nhất và thứ hai của các ma trận tiền mã hóa tương ứng với sự yêu cầu cho sự nhất quán truyền thứ nhất và thứ hai của UE, theo cách tương ứng;

sự tạo kết cấu thứ hai của trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa nhận dạng các ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa, nhưng không phải tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa

trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa còn có thể tạo kết cấu đối với sự tạo kết cấu thứ ba;

sự tạo kết cấu thứ ba của trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa nhận dạng các ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ ba của các ma trận tiền mã hóa, thêm vào các tập hợp thứ nhất và thứ hai của các ma trận tiền mã hóa, tập hợp thứ ba của các ma trận tiền mã hóa tương ứng với sự yêu cầu cho sự nhất quán truyền thứ ba của UE; và

cho cục đại là bốn lớp không gian, các sự tạo kết cấu thứ nhất, thứ hai và thứ ba của trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa chiếm 5, 4 và 6 bit thông tin, theo cách tương ứng.

12. UE theo điểm 11, trong đó sự nhất quán truyền thứ nhất, thứ hai và thứ ba biểu diễn sự nhất quán một phần, sự không nhất quán và sự nhất quán hoàn toàn, theo cách tương ứng.

13. UE theo điểm 11, trong đó sự nhất quán truyền thứ nhất biểu diễn sự nhất quán một phần và tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa gồm có

$$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & j \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & j \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \text{ và } \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}.$$

14. UE theo điểm 13, trong đó tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa còn gồm có

$$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ j \\ 0 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -j \\ 0 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ j \end{bmatrix}, \text{ và } \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ -j \end{bmatrix}.$$

15. UE theo điểm 11, trong đó mạch xử lý còn được tạo kết cấu để làm cho UE:

ban đầu khuyến nghị tập hợp thứ nhất hoặc thứ hai của các ma trận tiền mã hóa nhờ chỉ báo đối với trạm cơ sở sự nhất quán truyền thứ nhất hoặc thứ hai như khả năng nhất quán của UE.

16. UE theo điểm 11, trong đó mạch xử lý còn được tạo kết cấu để làm cho UE:

truyền dữ liệu qua hai hoặc nhiều hơn hai cổng anten theo ma trận tiền mã hóa được chỉ báo bởi phần tử chỉ báo ma trận tiền mã hóa được chứa trong trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa.

17. Trạm cơ sở có thể hoạt động được trong mạng truyền thông không dây, trạm cơ sở này bao gồm:

mạch giao diện; và

mạch xử lý được tạo kết cấu để làm cho trạm cơ sở:

truyền thông điệp điều khiển đến thiết bị người dùng (user equipment, UE), thông điệp điều khiển này gồm có trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa có thể tạo kết cấu đối với ít nhất sự tạo kết cấu thứ nhất và thứ hai;

trong đó:

sự tạo kết cấu thứ nhất của trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa nhận dạng các ma trận tiền mã hóa trong cả tập hợp thứ nhất và tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa, tại đó tập hợp thứ nhất và thứ hai của các ma trận tiền mã hóa

tương ứng với sự yêu cầu cho sự nhất quán truyền thứ nhất và thứ hai của UE, theo cách tương ứng;

sự tạo kết cấu thứ hai của trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa nhận dạng các ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ hai của các ma trận tiền mã hóa, nhưng không phải tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa;

trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa còn có thể tạo kết cấu đối với sự tạo kết cấu thứ ba;

sự tạo kết cấu thứ ba của trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa nhận dạng các ma trận tiền mã hóa trong tập hợp thứ ba của các ma trận tiền mã hóa, thêm vào các tập hợp thứ nhất và thứ hai của các ma trận tiền mã hóa, tập hợp thứ ba của các ma trận tiền mã hóa tương ứng với sự yêu cầu cho sự nhất quán truyền thứ ba của UE; và

cho cực đại là bốn lớp không gian, các sự tạo kết cấu thứ nhất, thứ hai và thứ ba của trường chỉ báo ma trận tiền mã hóa chiếm 5, 4 và 6 bit thông tin, theo cách tương ứng.

18. Trạm cơ sở theo điểm 17, trong đó sự nhất quán truyền thứ nhất, thứ hai và thứ ba biểu diễn sự nhất quán một phần, sự không nhất quán và sự nhất quán hoàn toàn, theo cách tương ứng.

19. Trạm cơ sở theo điểm 17, trong đó sự nhất quán truyền thứ nhất biểu diễn sự nhất quán một phần và tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa gồm có

$$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & j \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -j & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & -j \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ -1 & 0 \\ 0 & j \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \text{ và } \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ j & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}.$$

20. Trạm cơ sở theo điểm 17, trong đó tập hợp thứ nhất của các ma trận tiền mã hóa còn gồm có

$$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ j \\ 0 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ -j \\ 0 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ -1 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ j \\ 0 \end{bmatrix}, \text{ và } \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ -j \end{bmatrix}.$$

1/29

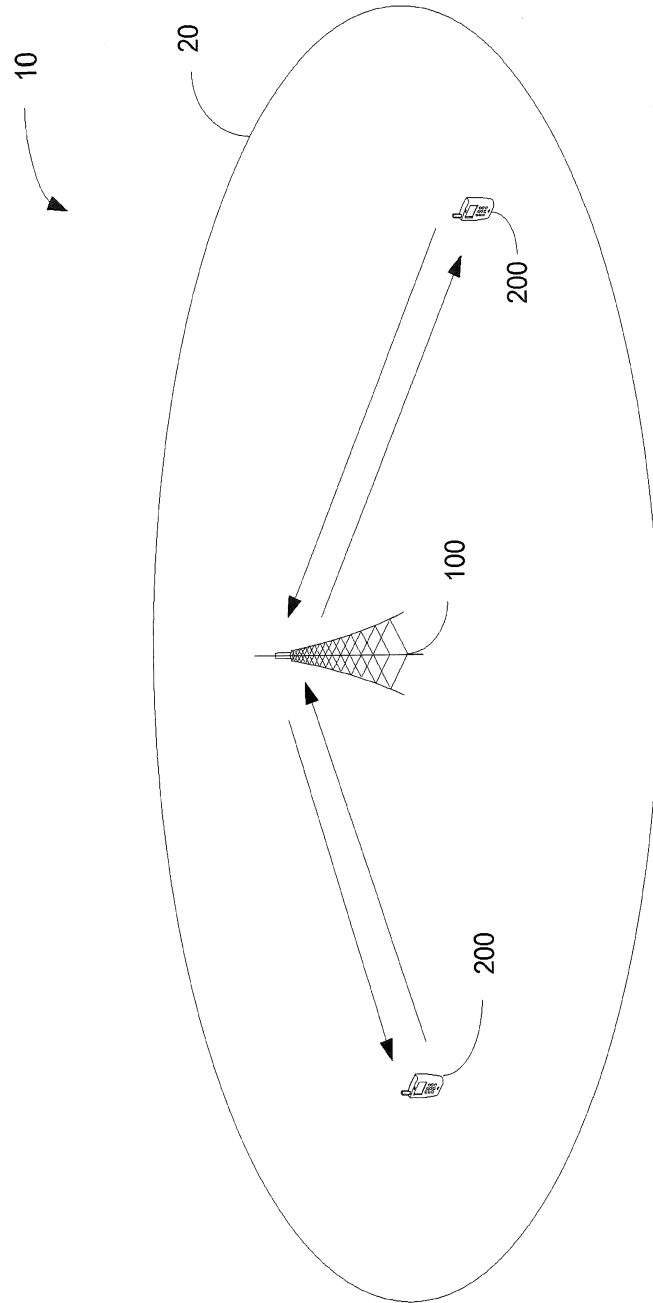


FIG. 1

2/29

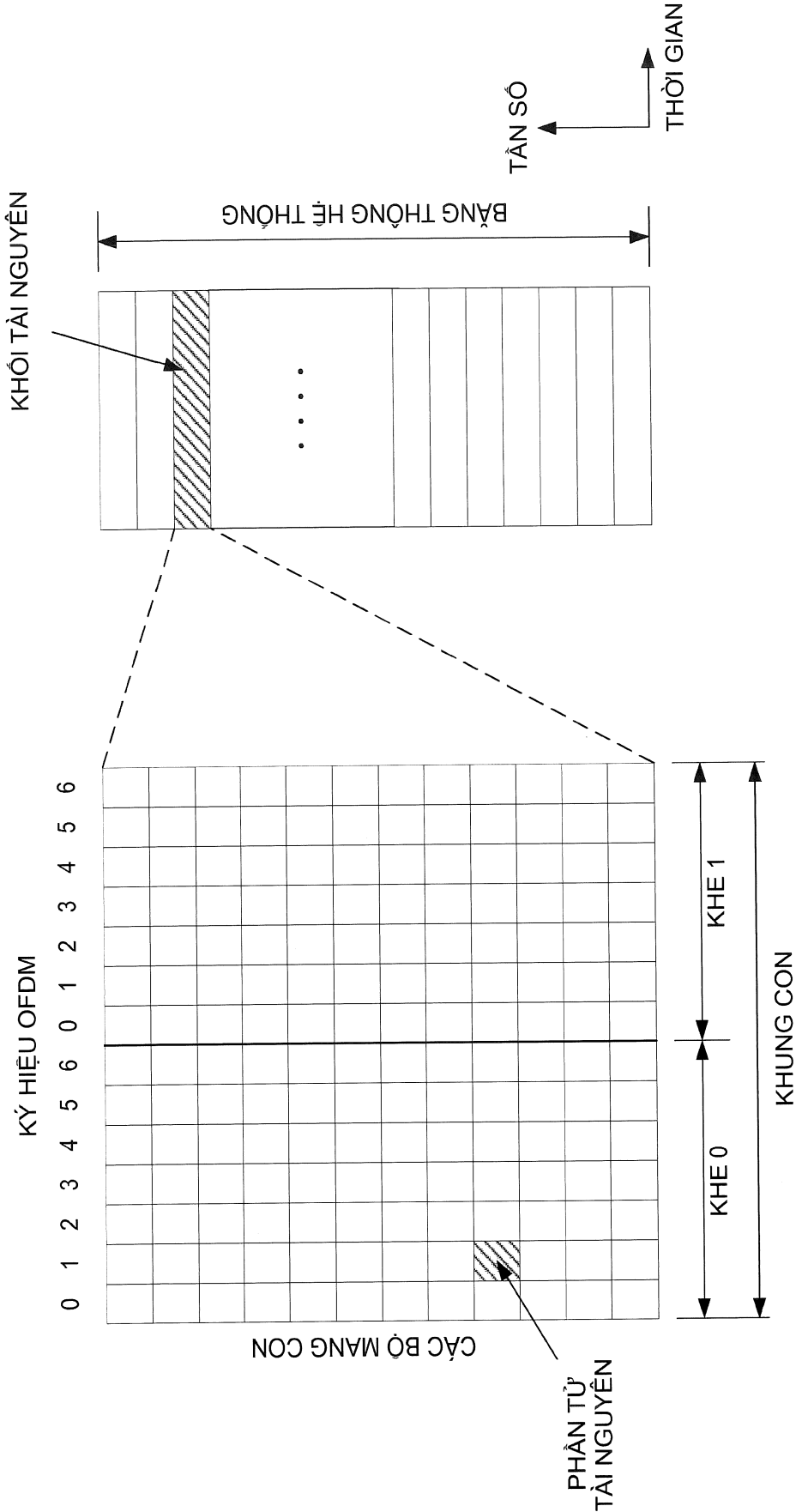


FIG. 2

3/29

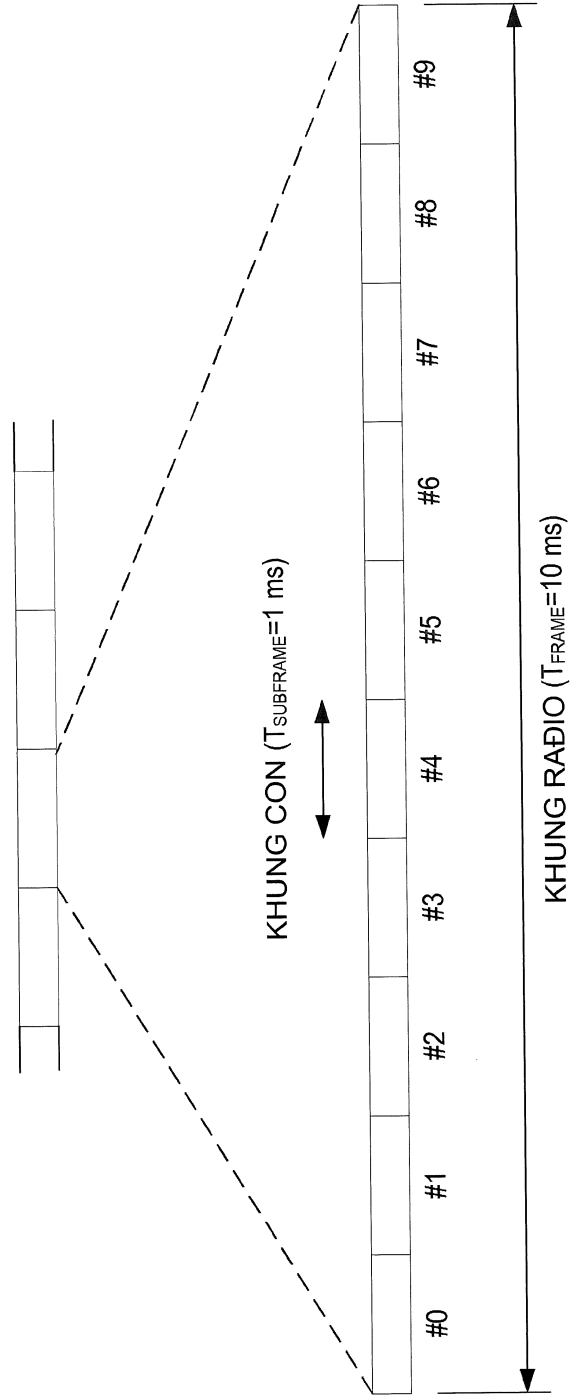


FIG. 3

4/29

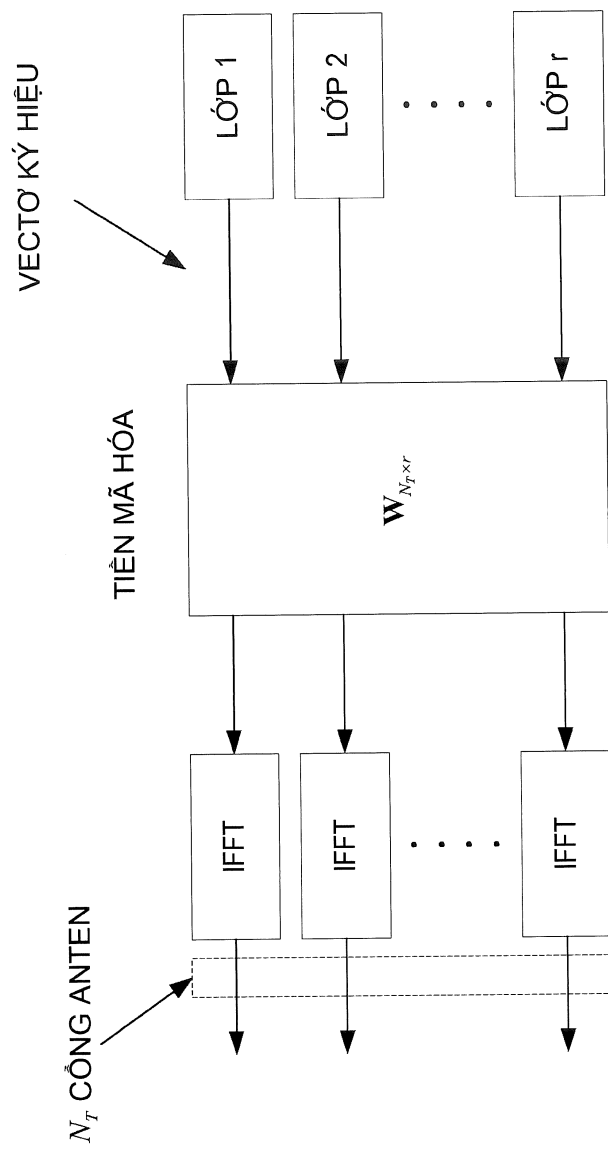
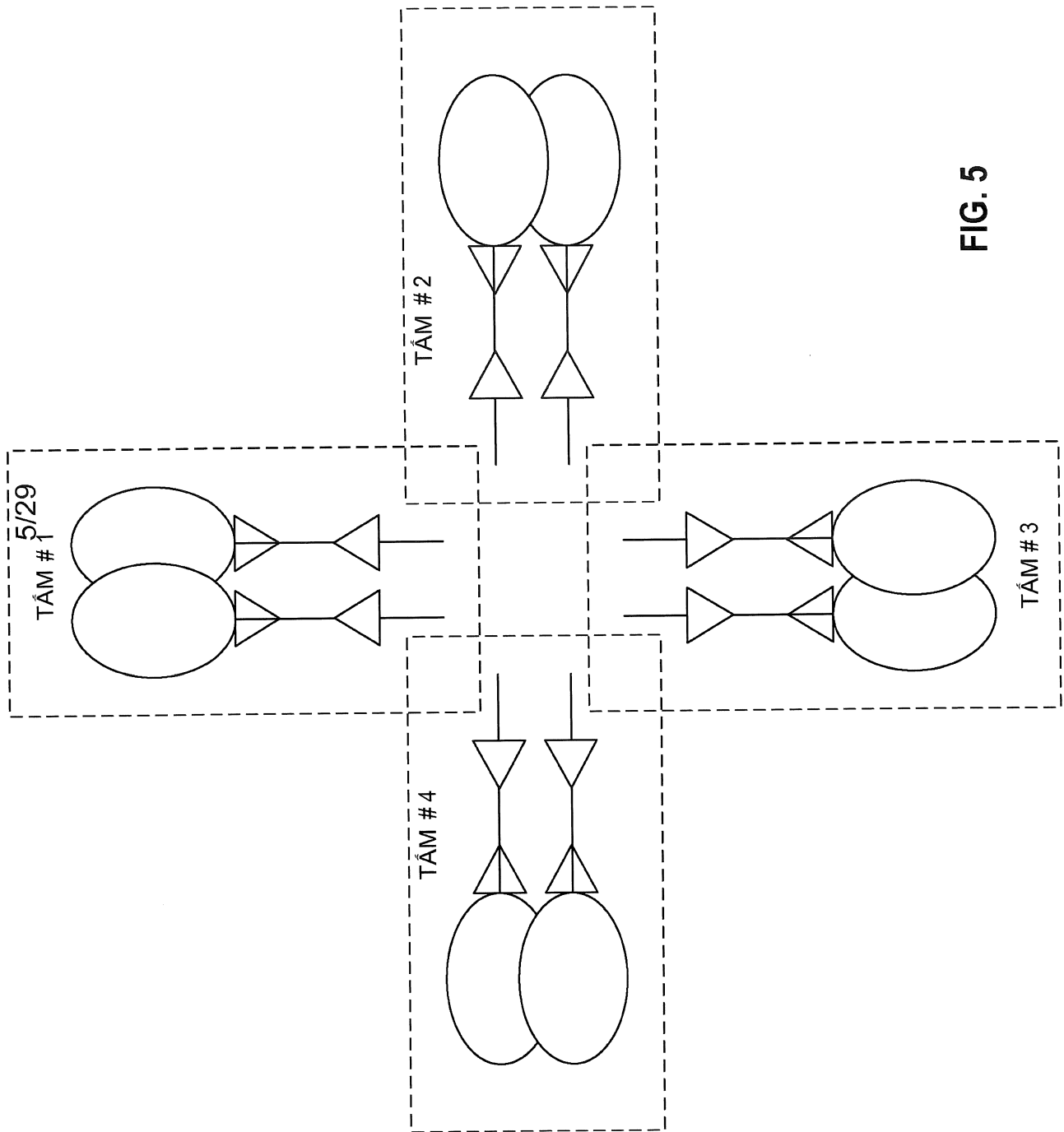


FIG. 4



6/29

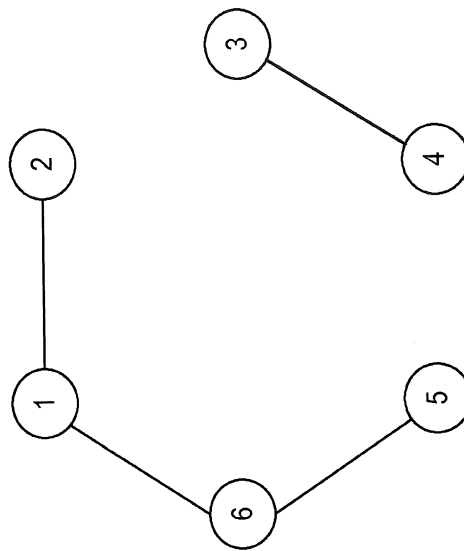


FIG. 6

7/29

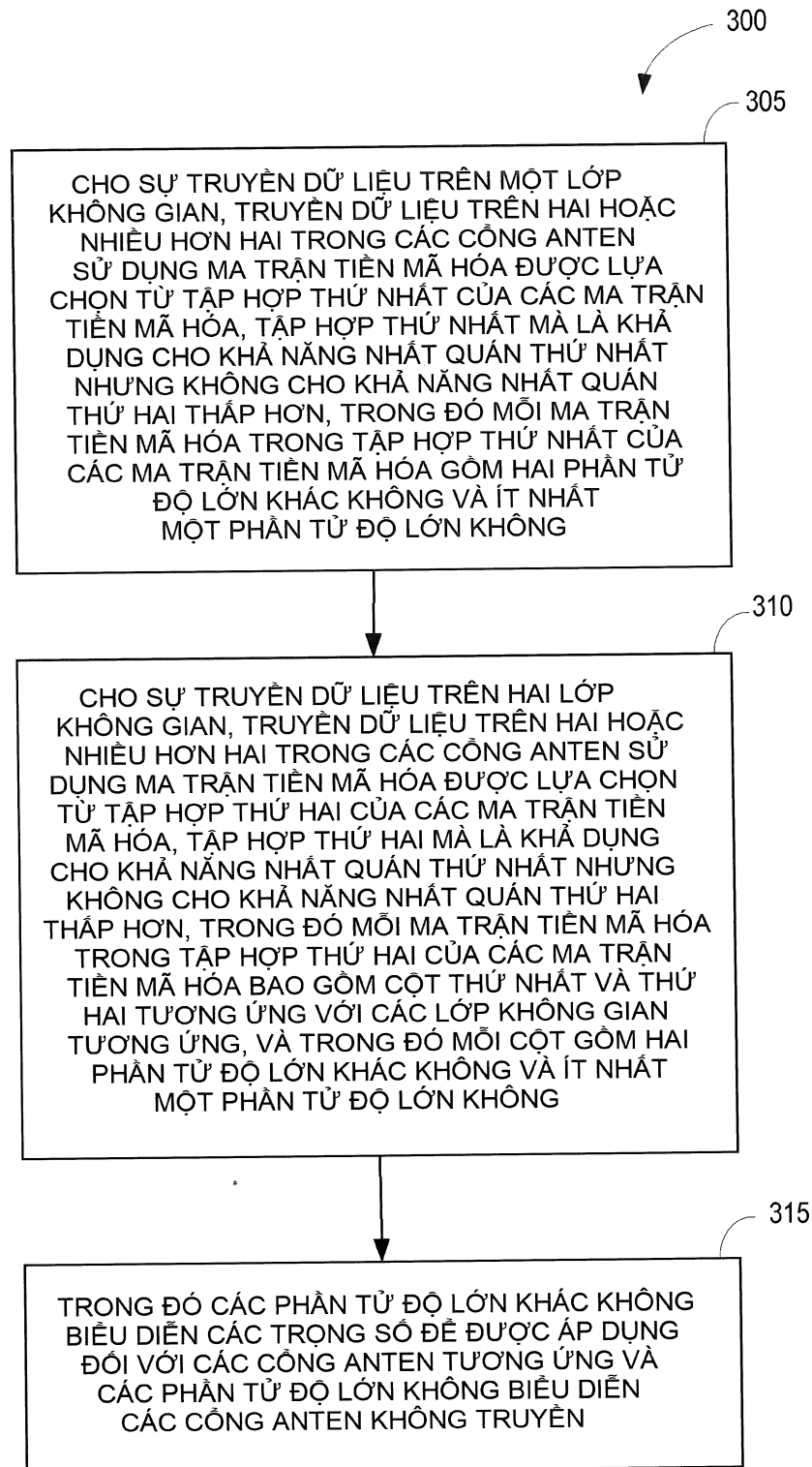


FIG. 7

8/29

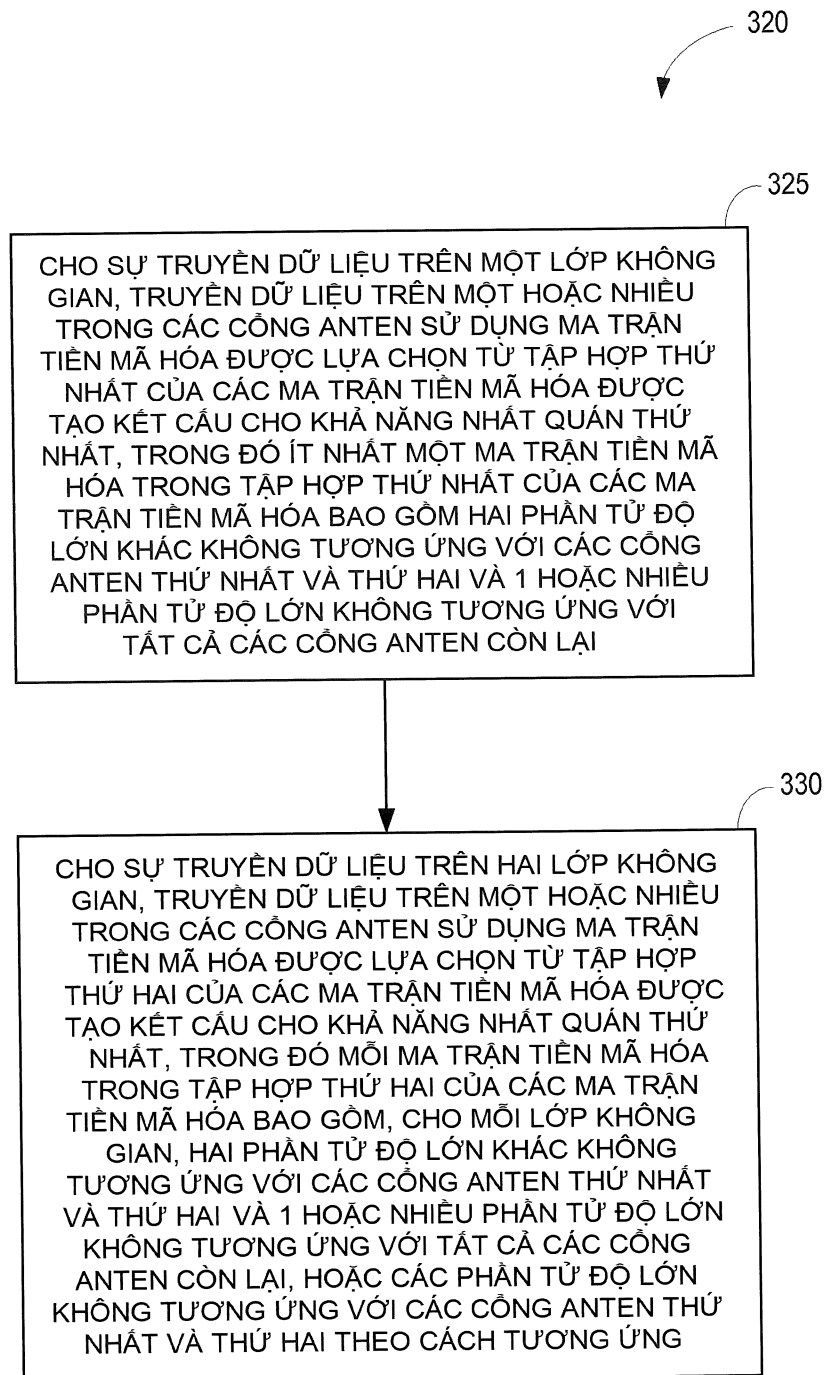


FIG. 8

9/29

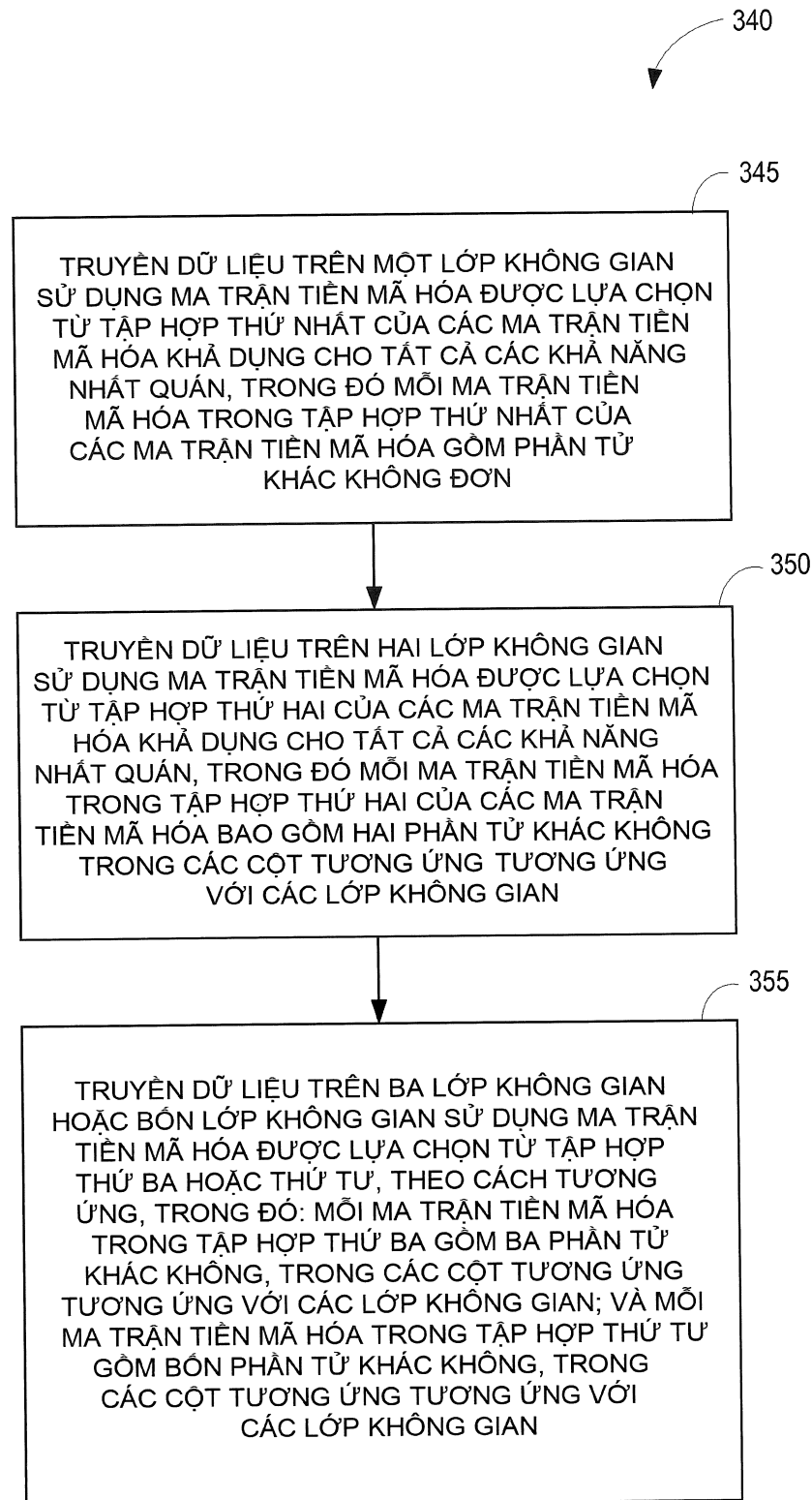


FIG. 9

10/29

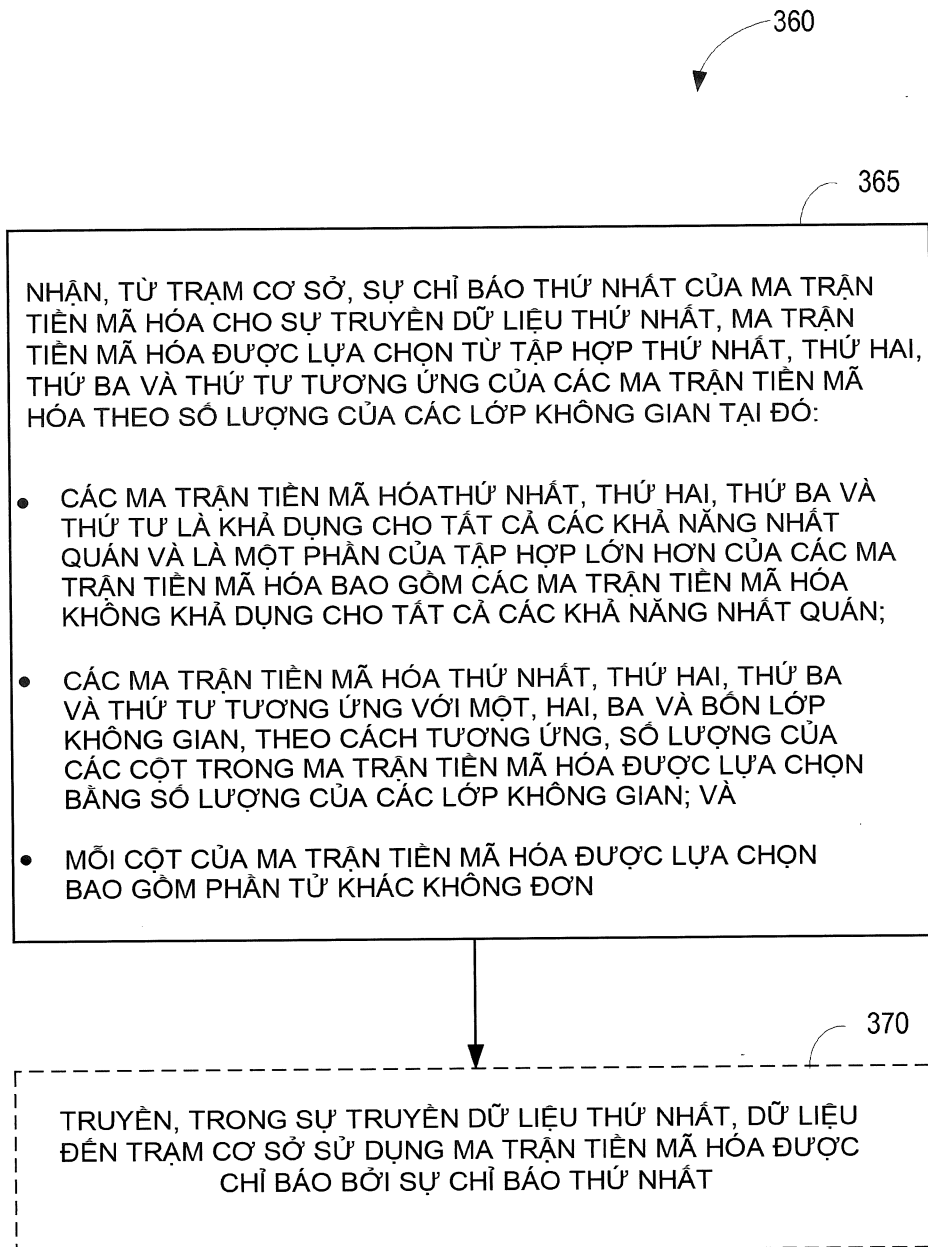


FIG. 10

11/29

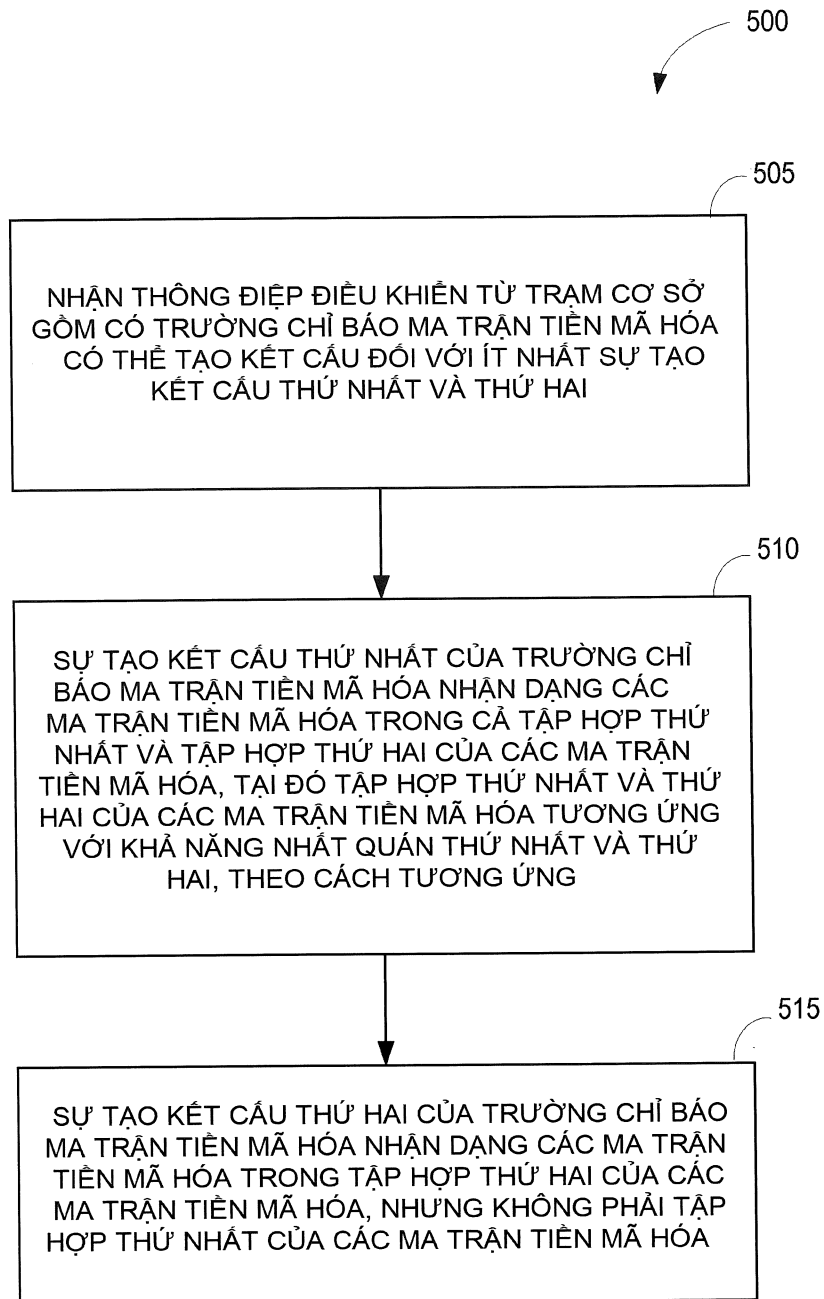


FIG. 11

12/29

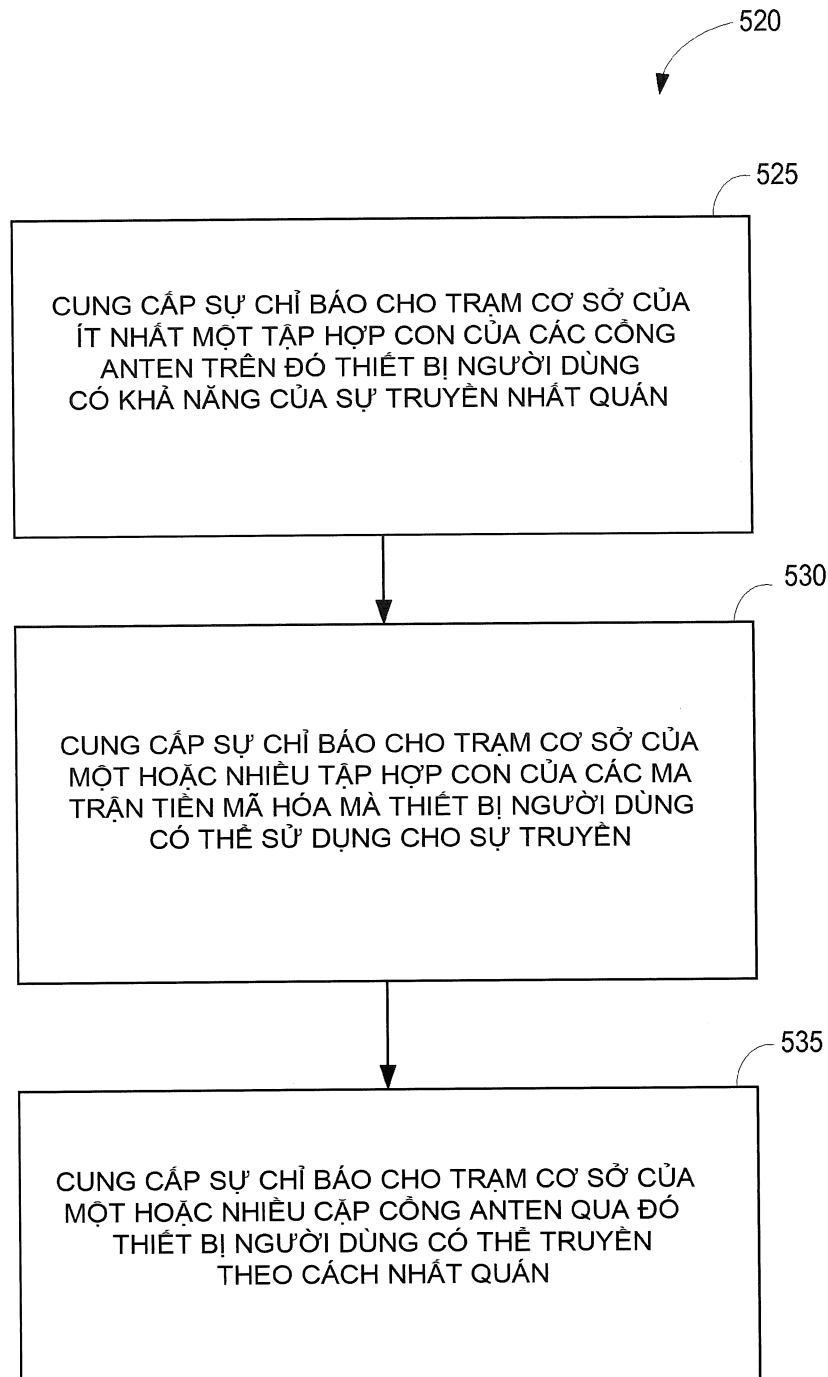


FIG. 12

13/29

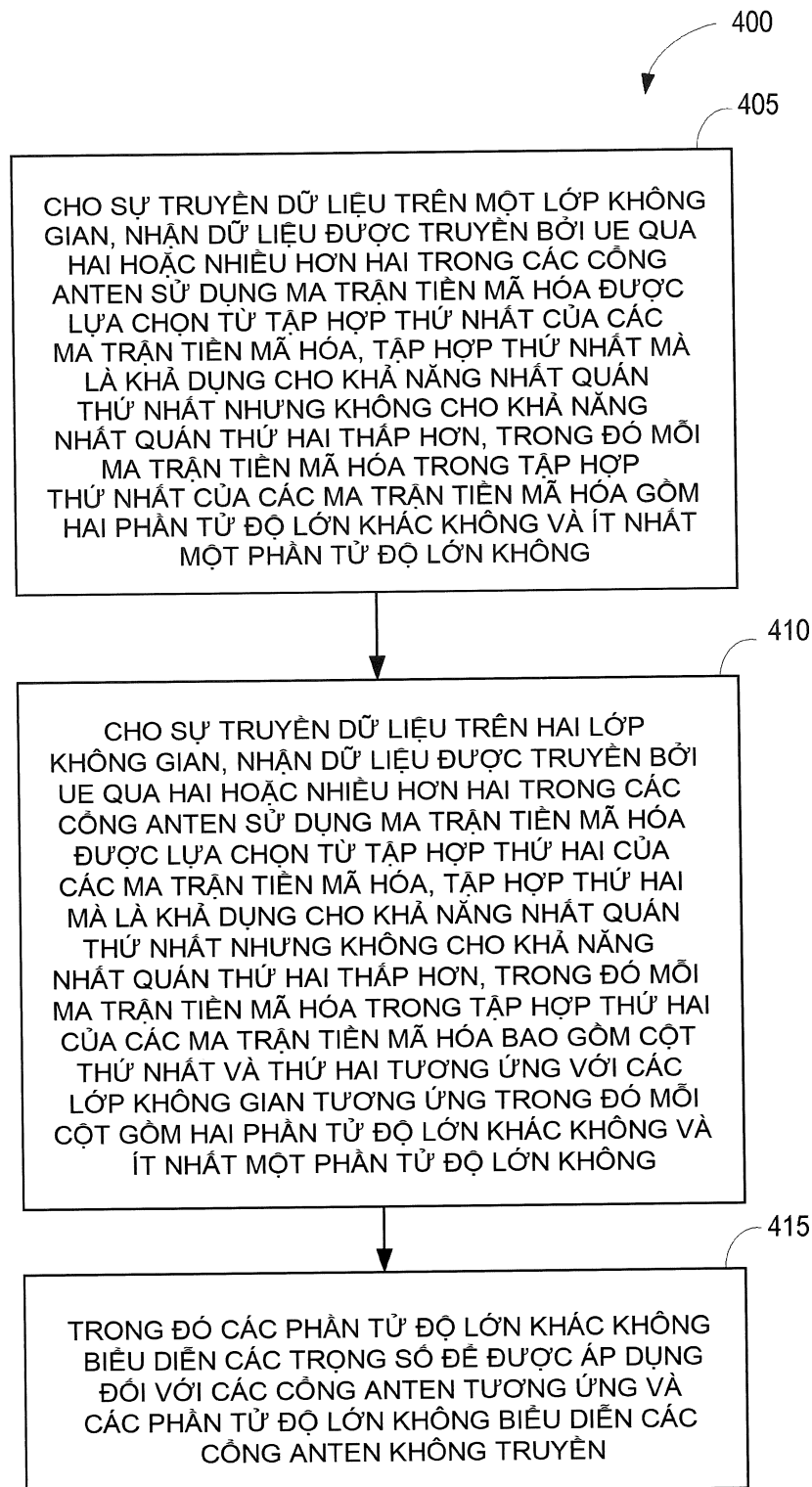


FIG. 13

14/29

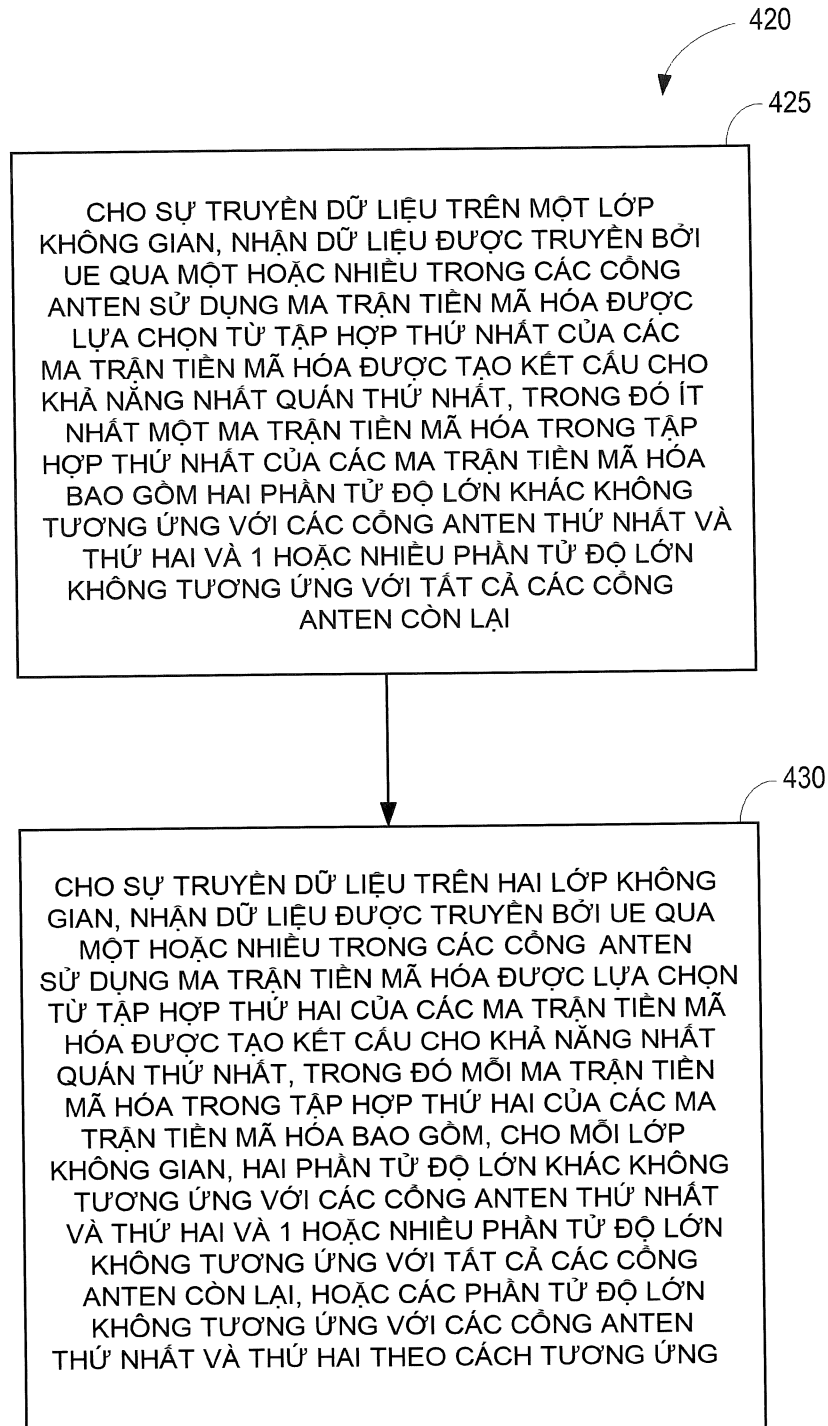


FIG. 14

15/29

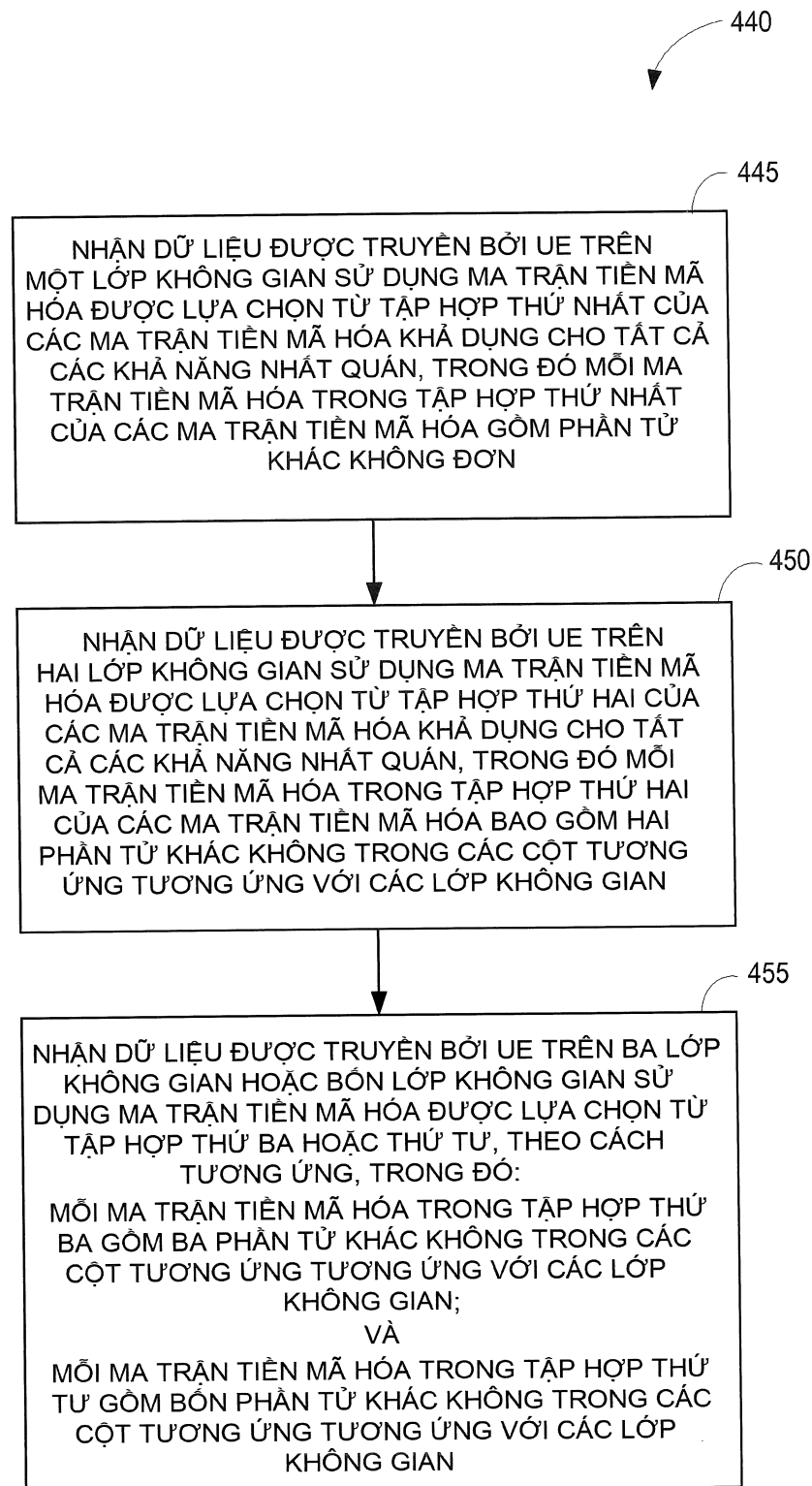


FIG. 15

16/29

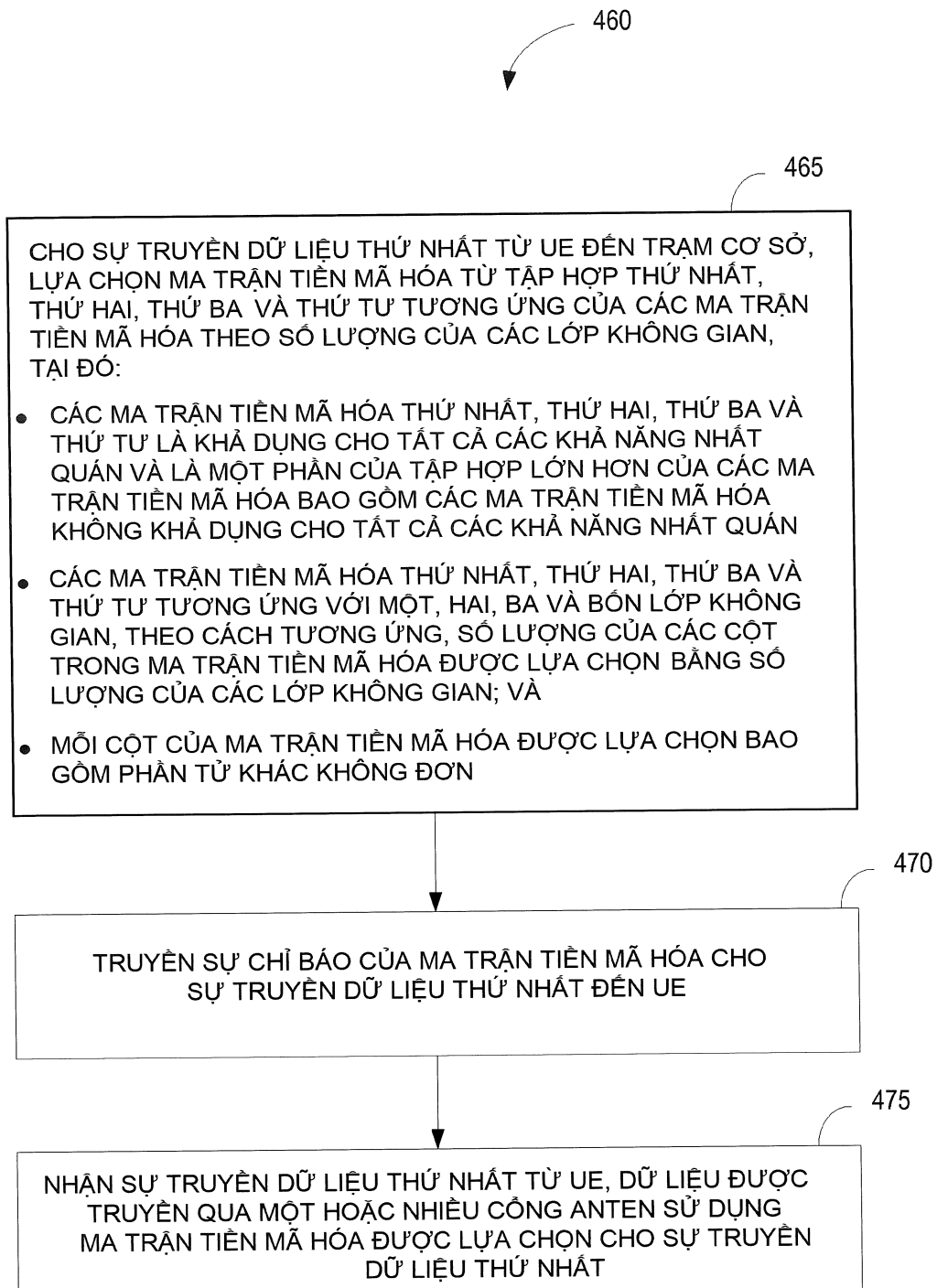


FIG. 16

17/29

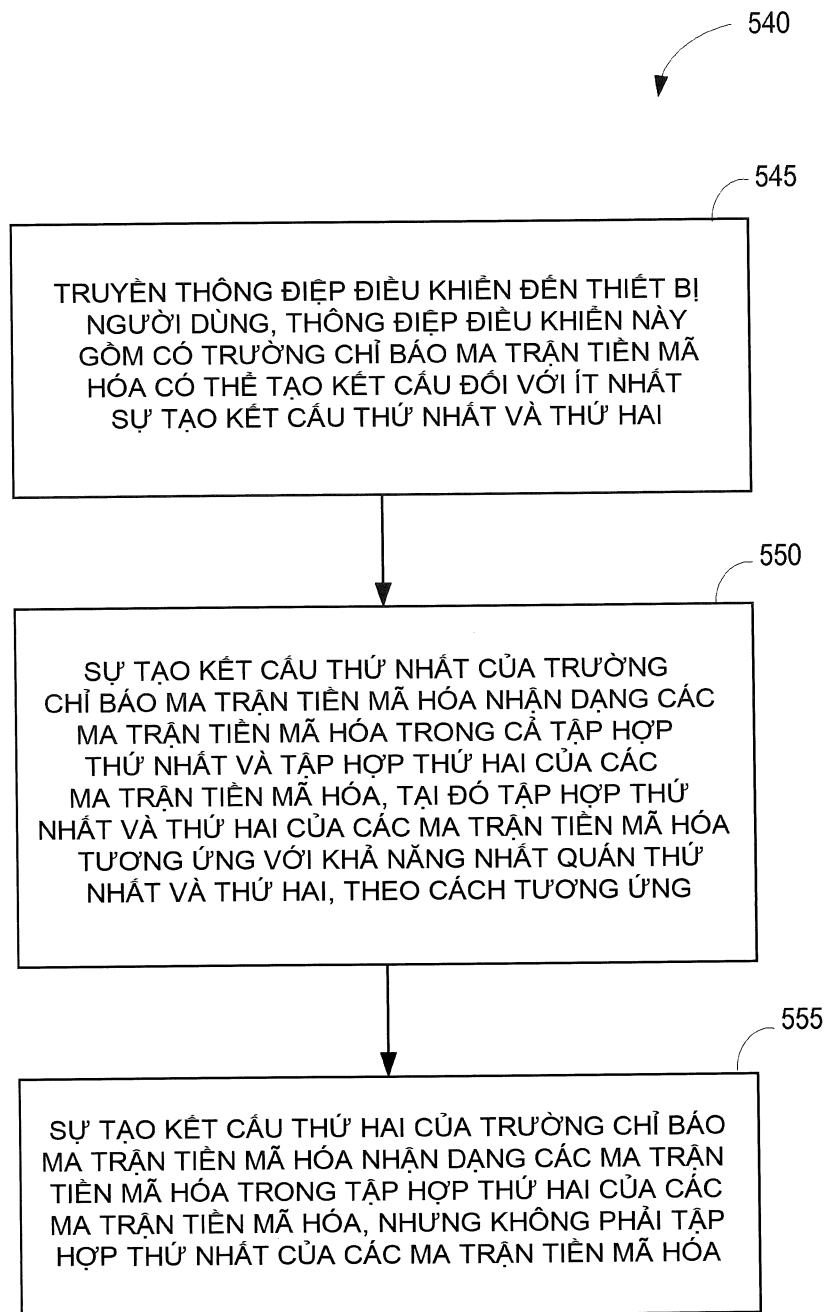


FIG. 17

18/29

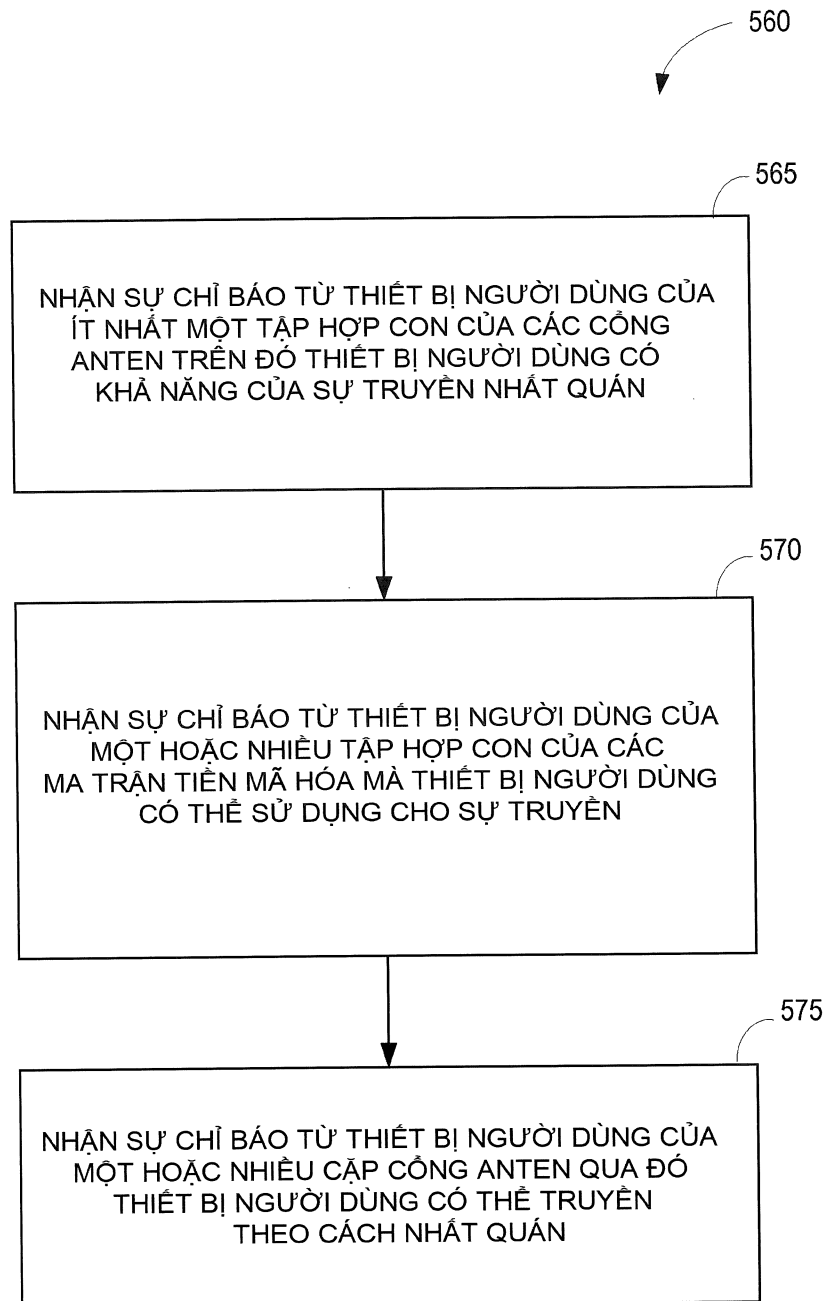


FIG. 18

19/29

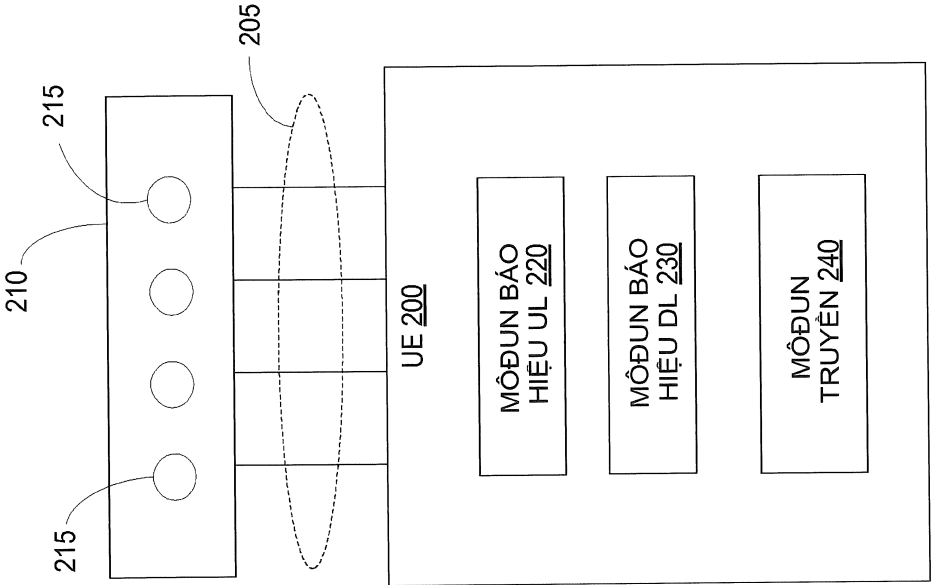


FIG. 19

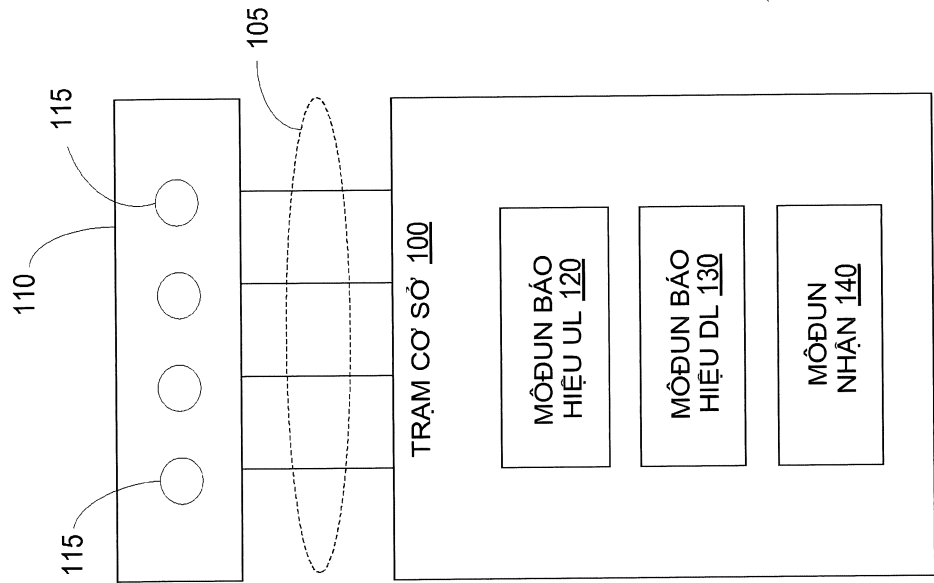


FIG. 20

20/29

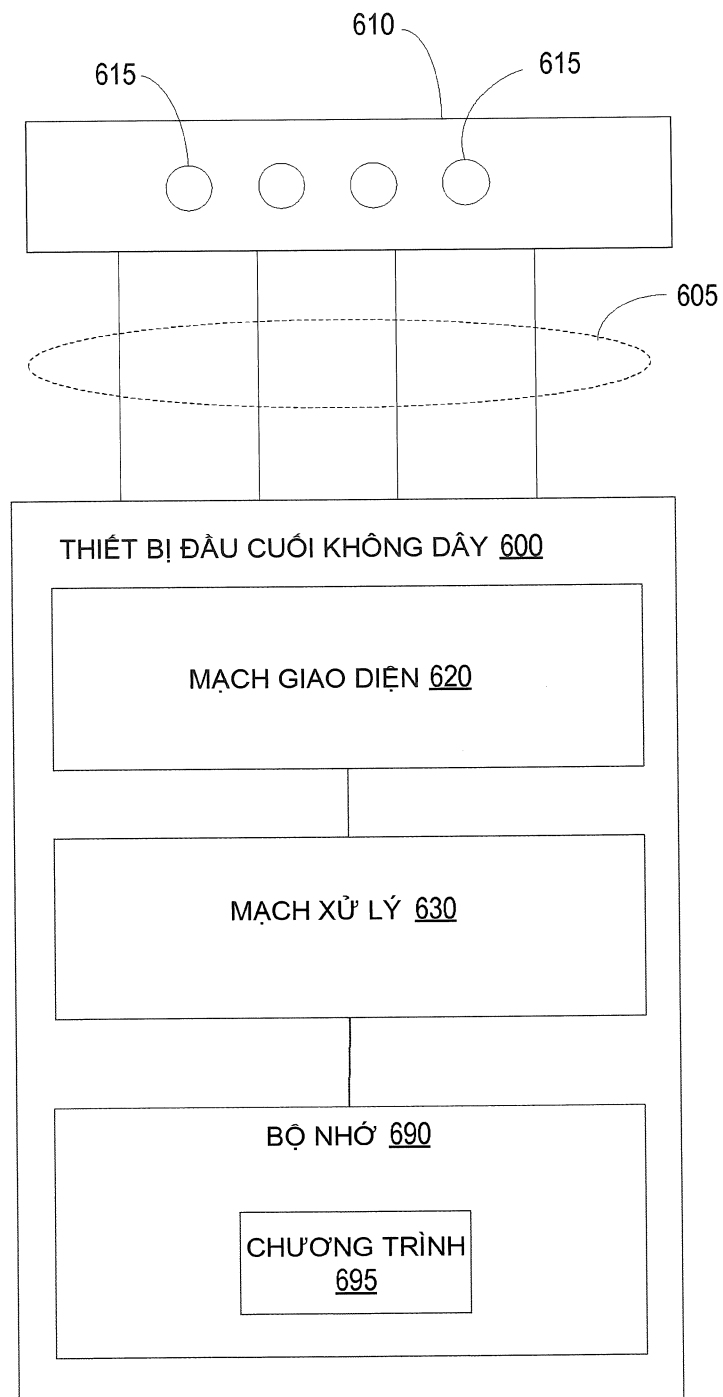


FIG. 21

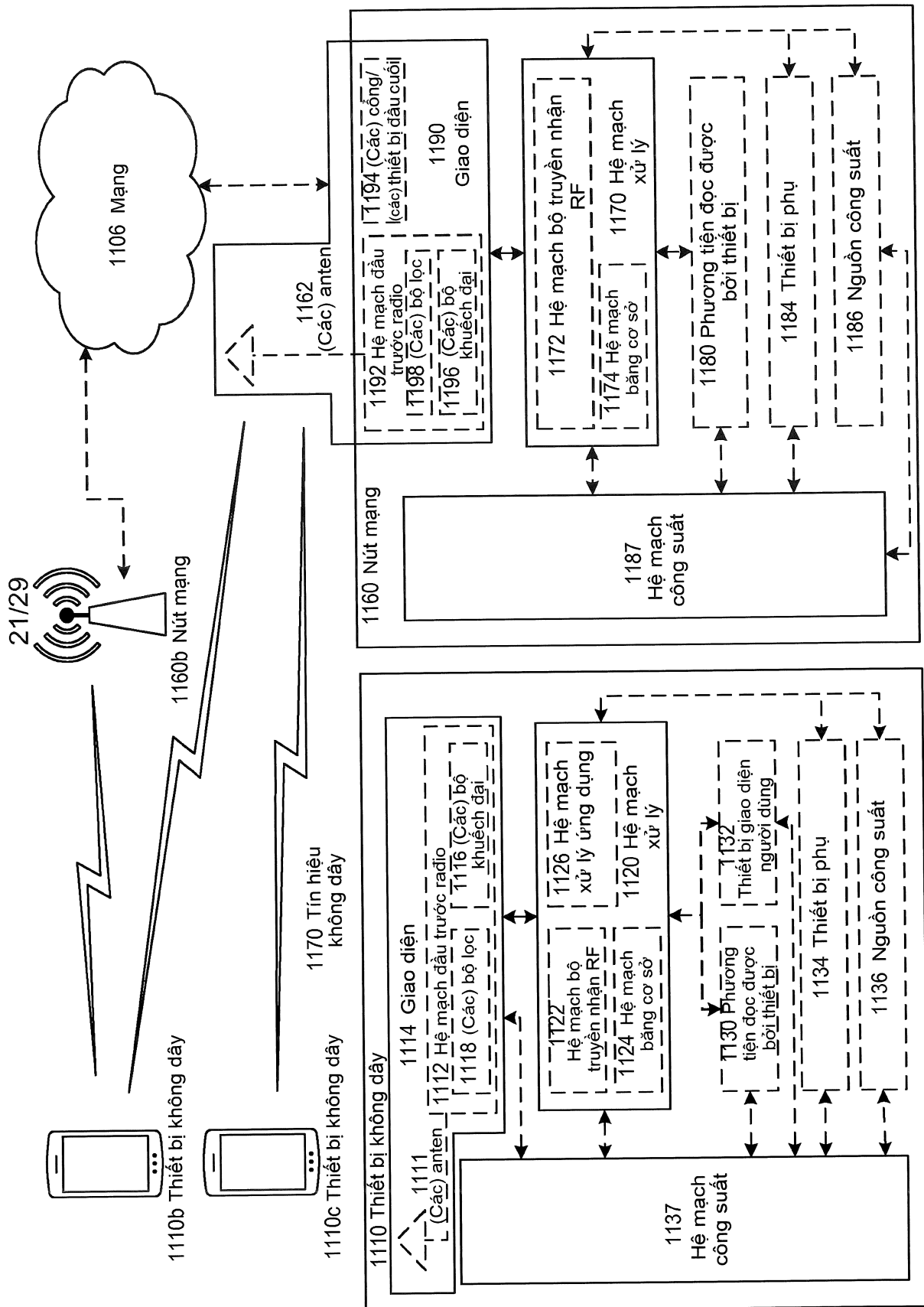


FIG. 22

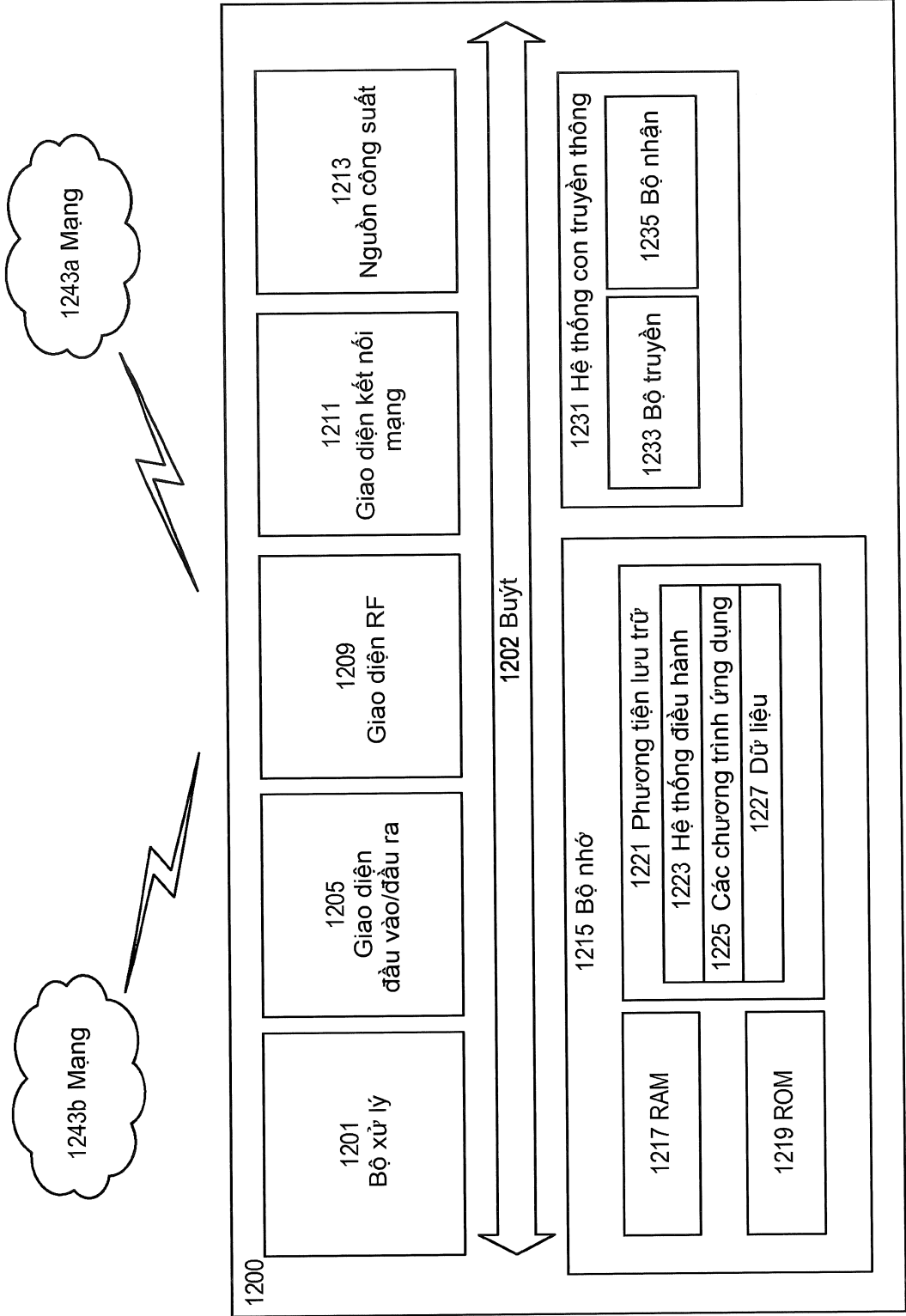


FIG. 23

23/29

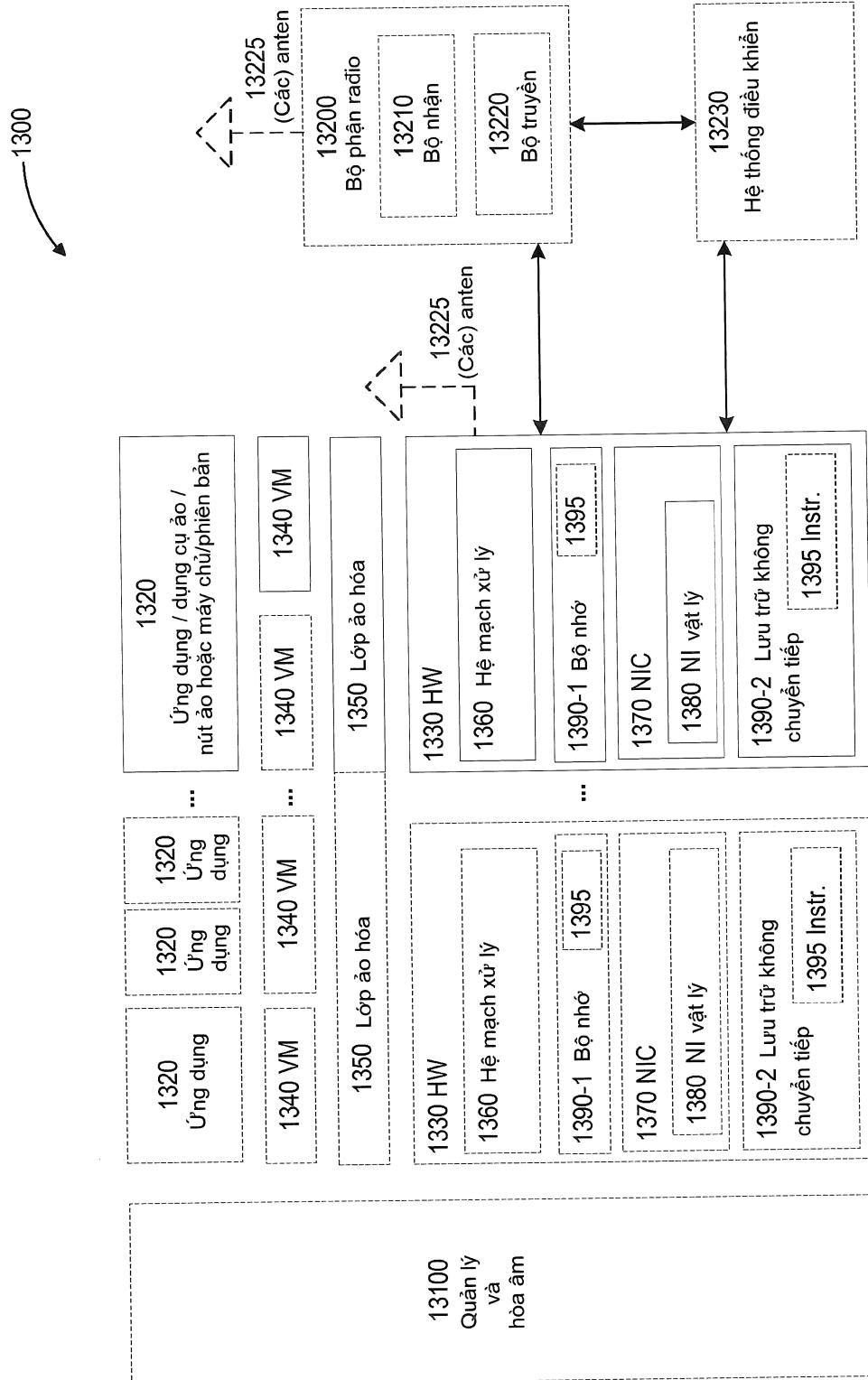


FIG. 24

25/29

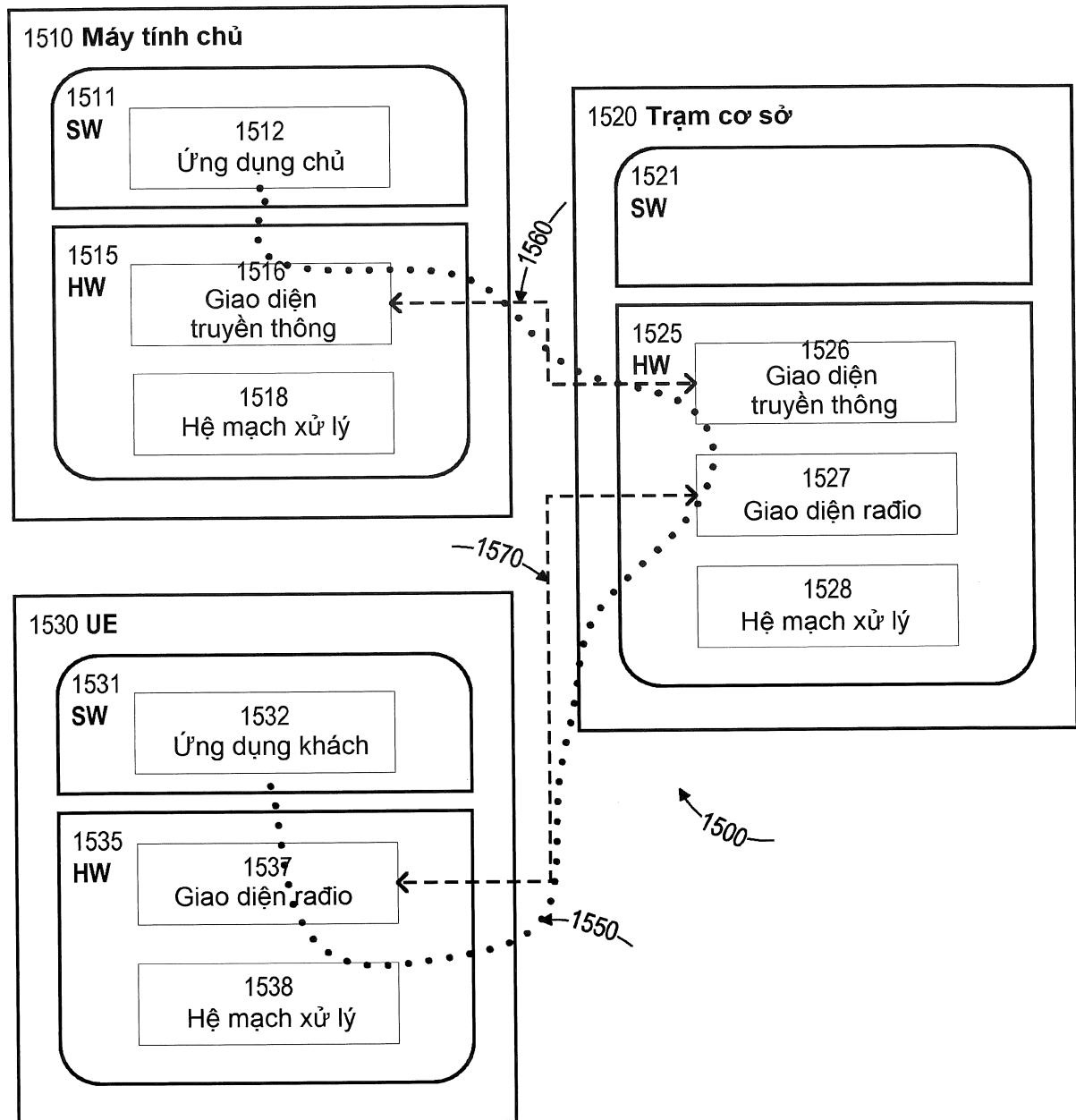


FIG. 26

26/29

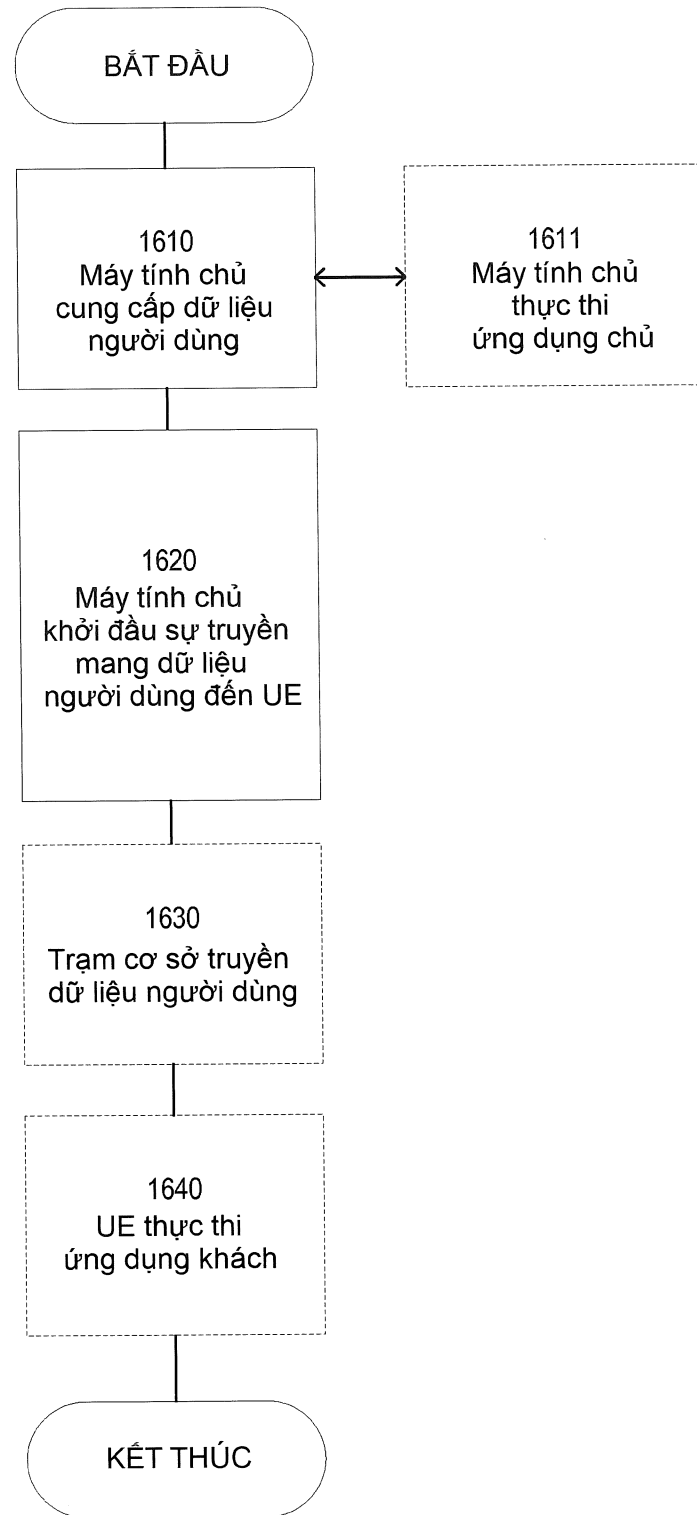
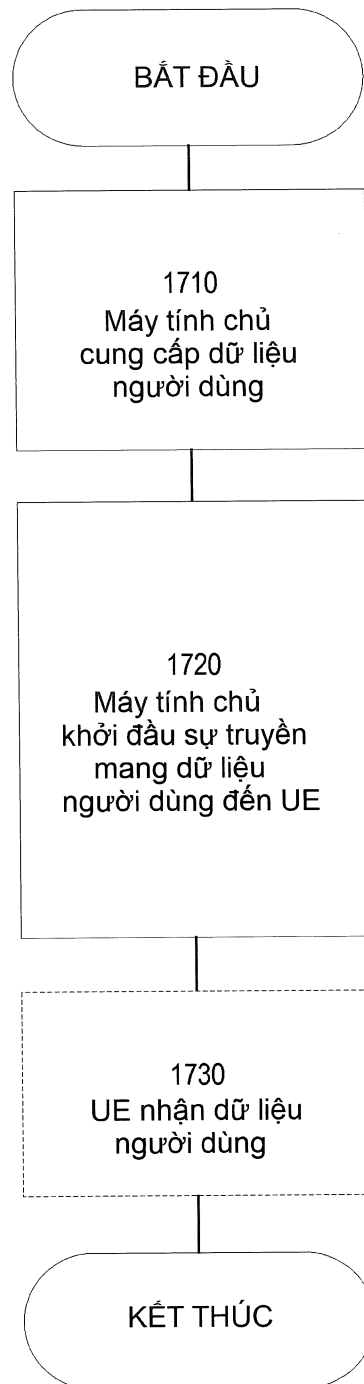


FIG. 27

27/29

**FIG. 28**

28/29

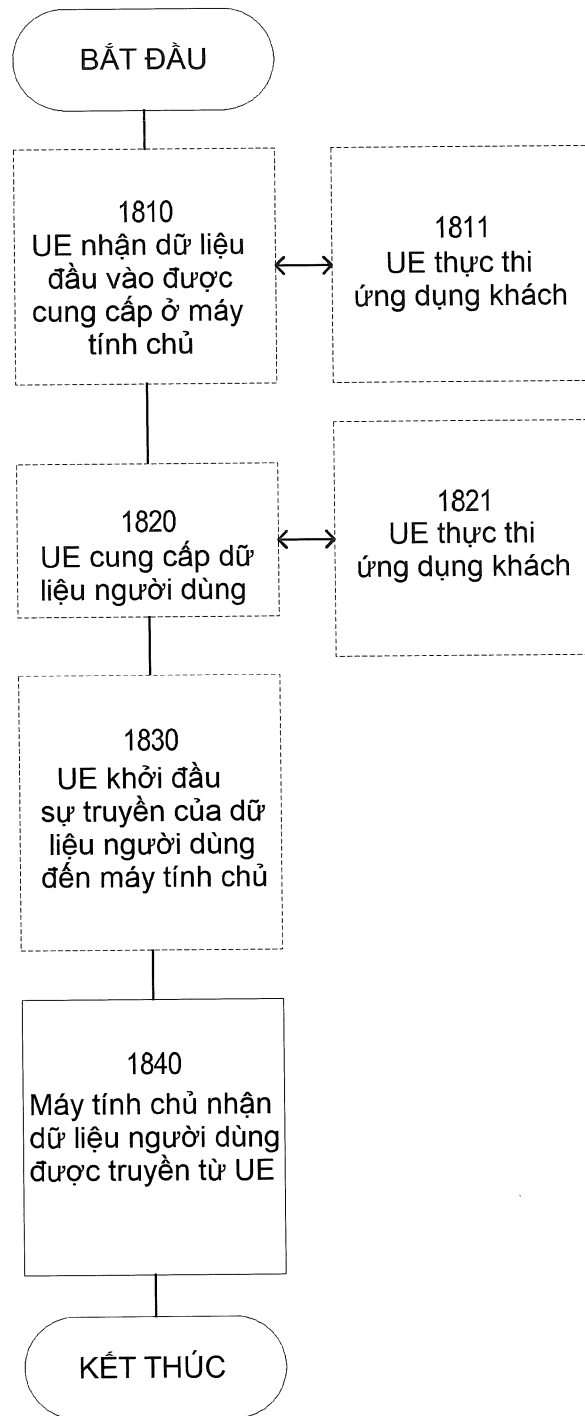


FIG. 29

29/29

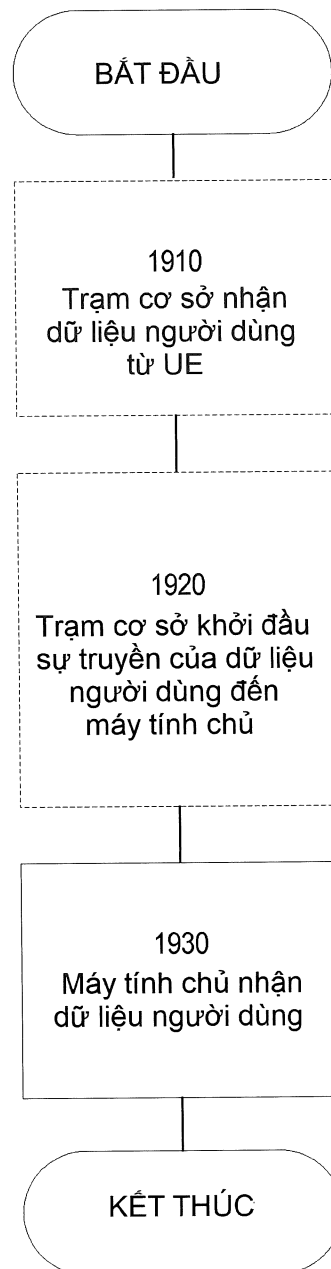


FIG. 30