



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0032658

(51)⁷ H04B 7/185; H04B 7/204

(13) B

(21) 1-2017-03974

(22) 13/01/2017

(86) PCT/US2017/013518 13/01/2017

(87) WO 2017/124004 20/07/2017

(30) 62/278,368 13/01/2016 US; 62/298,911 23/02/2016 US; 62/312,342 23/03/2016 US;
62/314,921 29/03/2016 US; PCT/US2016/026815 08/04/2016 US; 62/431,416
07/12/2016 US

(45) 25/07/2022 412

(43) 26/11/2018 368A

(73) VIASAT, INC. (US)

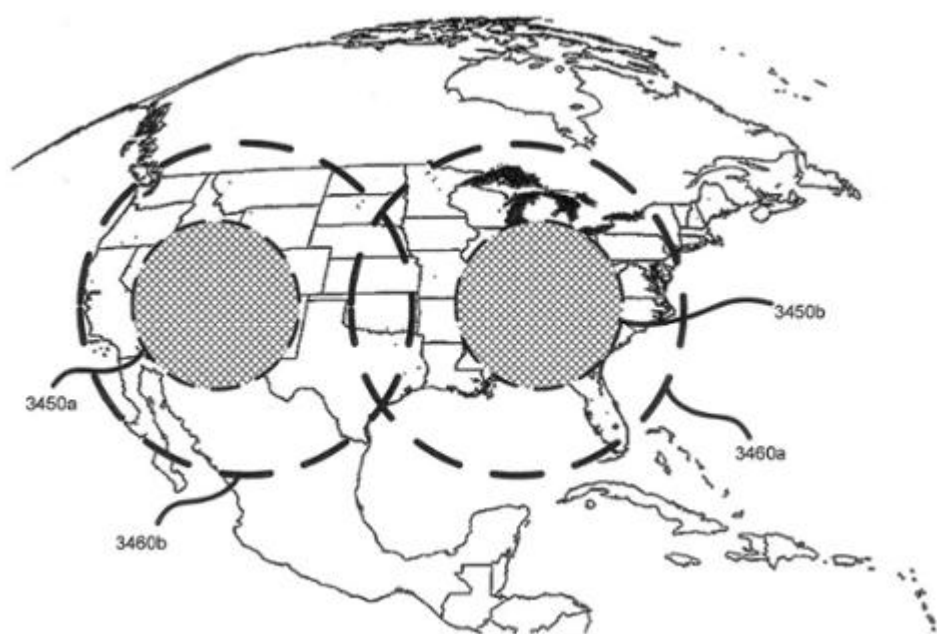
Viasat, Inc., Patent Department, 6155 El Camino Real, Carlsbad, California 92009,
United States of America

(72) CRONIN, Christopher (US); MILLER, Mark (US); DANKBERG, Mark (US);
BUER, Kenneth (US); RUNYON, Donald (US).

(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) HỆ THỐNG VÀ PHƯƠNG PHÁP CUNG CẤP DỊCH VỤ TRUYỀN THÔNG ĐẾN
CÁC THIẾT BỊ ĐẦU CUỐI NGƯỜI DÙNG ĐƯỢC PHÂN BỐ THEO ĐỊA LÝ
TRÊN VÙNG PHỦ SÓNG NGƯỜI DÙNG VÀ VỆ TINH

(57) Sáng chế đề cập đến các kỹ thuật tạo búp sóng đầu cuối trong hệ thống truyền thông không dây sử dụng các chùm nút truy cập mà tách biệt với vùng phủ sóng người dùng. Sự tạo búp sóng đầu cuối liên kết chuyển tiếp có thể bao gồm các nút truy cập trong một hoặc nhiều chùm nút truy cập truyền các tín hiệu mà, khi được chuyển tiếp bởi các đường tín hiệu phát/thu trong hệ chuyển tiếp đầu cuối, thì tạo ra các búp sóng người dùng trong vùng phủ sóng người dùng. Sự tạo búp sóng đầu cuối liên kết trở về bao gồm bước áp dụng các trọng số tạo búp sóng lên các tín hiệu được truyền bởi các thiết bị đầu cuối người dùng và được chuyển tiếp bởi các đường tín hiệu phát/thu trong hệ chuyển tiếp đầu cuối đến các nút truy cập để tạo ra các tín hiệu búp sóng trở về được kết hợp với các búp sóng người dùng trở về. Các chùm nút truy cập có thể trùng hoặc ở bên ngoài vùng phủ sóng người dùng, và các chùm nút truy cập có thể phục vụ một hoặc nhiều vùng phủ sóng người dùng một cách có lựa chọn hoặc đồng thời. Các băng tần liên kết đường dẫn sóng có thể được sử dụng bởi các chùm nút truy cập giống nhau hoặc khác nhau.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hệ thống, phương pháp và thiết bị liên quan tới việc tạo búp sóng đầu cuối trong hệ thống sử dụng hệ chuyển tiếp đầu cuối.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các hệ thống truyền thông không dây chẳng hạn như các hệ thống truyền thông vệ tinh, cung cấp phương tiện mà nhờ đó dữ liệu, bao gồm âm thanh, video và các dạng dữ liệu khác nhau khác, có thể được truyền thông từ vị trí này đến vị trí khác. Thông tin bắt nguồn ở vị trí thứ nhất, chẳng hạn như trạm mặt đất thứ nhất và được truyền đến hệ chuyển tiếp không dây, chẳng hạn như vệ tinh truyền thông. Thông tin được nhận bởi hệ chuyển tiếp không dây được truyền lại đến trạm thứ hai, chẳng hạn như trạm mặt đất thứ hai. Trong một số hệ thống truyền thông chuyển tiếp không dây, trạm thứ nhất hoặc trạm thứ hai (hoặc cả hai) được lắp trên phương tiện vận chuyển, chẳng hạn như máy bay, tàu thủy hoặc xe chạy trên đất liền. Thông tin có thể được truyền chỉ theo một hướng (ví dụ, chỉ từ trạm mặt đất thứ nhất đến trạm mặt đất thứ hai) hoặc có thể được truyền theo cả hai hướng (ví dụ, cũng từ trạm mặt đất thứ hai đến trạm mặt đất thứ nhất).

Trong hệ thống truyền thông chuyển tiếp không dây, trong đó hệ chuyển tiếp không dây là vệ tinh, vệ tinh này có thể là vệ tinh địa tĩnh, trong trường hợp này quỹ đạo của vệ tinh là đồng bộ với tốc độ quay của Trái Đất, duy trì vùng phủ sóng của vệ tinh hầu như tĩnh so với Trái Đất. Trong các trường hợp khác, vệ tinh nằm trên quỹ đạo quanh Trái Đất làm cho vùng phủ sóng của vệ tinh chuyển động phía trên bề mặt của Trái Đất khi vệ tinh đi ngang qua đường quỹ đạo của nó.

Các tín hiệu được định hướng đến hoặc từ trạm thứ nhất có thể được định hướng bằng cách sử dụng anten được định hình để có thể hội tụ tín hiệu thành một búp sóng hẹp. Các anten này thường có bộ phản xạ dạng parabol để hội tụ búp sóng.

Trong một số trường hợp, búp sóng có thể được tạo ra kiểu điện từ bằng cách điều chỉnh độ khuếch đại và pha (hoặc độ trễ thời gian) của các tín hiệu được truyền, nhận được hoặc cả hai từ một số phần tử của anten mảng điều pha. Bằng cách lựa chọn một cách hợp lý pha và độ khuếch đại tương đối được truyền và/hoặc được nhận bởi mỗi phần tử của anten mảng điều pha, búp sóng có thể được định hướng. Trong hầu hết các trường hợp, tất cả năng lượng đang được truyền từ trạm mặt đất nhằm mục đích được nhận bởi một hệ chuyển tiếp không dây. Tương tự, thông tin được nhận bởi trạm thứ hai thường nhận được từ một hệ chuyển tiếp không dây ở một thời điểm. Do đó, thường là búp sóng truyền được tạo ra để truyền thông tin tới hệ chuyển tiếp không dây (bằng cách sử dụng sự tạo búp sóng điện từ hoặc bằng cách sử dụng anten có bộ phản xạ được định hình) là tương đối hẹp để cho phép càng nhiều năng lượng được truyền

càng tốt để được định hướng đến hệ chuyển tiếp không dây. Tương tự, búp sóng nhận được tạo ra để nhận thông tin từ hệ chuyển tiếp không dây thường là hẹp để thu năng lượng từ hướng của hệ chuyển tiếp không dây có sự giao thoa tối thiểu từ các nguồn khác.

Trong nhiều trường hợp cần quan tâm, các tín hiệu được truyền từ hệ chuyển tiếp không dây đến các trạm thứ nhất và thứ hai không được định hướng đến một trạm duy nhất. Thay vào đó, hệ chuyển tiếp không dây có thể truyền các tín hiệu qua vùng địa lý tương đối lớn. Ví dụ, trong một hệ thống truyền thông vệ tinh, vệ tinh có thể cung cấp dịch vụ cho toàn bộ lục địa nước Mỹ. Trong trường hợp này, vệ tinh đã nêu có vùng phủ sóng vệ tinh bao gồm toàn bộ lục địa nước Mỹ. Tuy nhiên, để làm tăng lượng dữ liệu có thể được truyền qua vệ tinh, thì năng lượng được truyền bởi vệ tinh được hội tụ thành các búp sóng. Các búp sóng có thể được định hướng đến các vùng địa lý trên mặt đất.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất hệ thống cung cấp dịch vụ truyền thông đến các thiết bị đầu cuối người dùng được phân bố theo địa lý trên vùng phủ sóng người dùng bao gồm: giao diện tín hiệu búp sóng để thu các tín hiệu búp sóng chuyển tiếp bao gồm các luồng dữ liệu người dùng chuyển tiếp để truyền đến các thiết bị đầu cuối người dùng được nhóm bởi các vùng phủ sóng búp sóng người dùng chuyển tiếp; bộ tạo trọng số búp sóng để tạo ra ma trận trọng số búp sóng chuyển tiếp để tạo búp sóng đầu cuối đến các vùng phủ sóng búp sóng người dùng chuyển tiếp; bộ tạo búp sóng được ghép nối với giao diện tín hiệu búp sóng và bộ tạo trọng số búp sóng, bộ tạo búp sóng này bao gồm bộ nhân ma trận chuyển tiếp để thu các tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập dựa vào tích ma trận của ma trận trọng số búp sóng chuyển tiếp và vectơ của các tín hiệu búp sóng chuyển tiếp; các bộ phát tín hiệu mốc báo của nút truy cập để tạo ra các tín hiệu mốc báo của nút truy cập; các nút truy cập được phân bố theo địa lý trong vùng nút truy cập, trong đó các nút truy cập này bao gồm bộ phát để truyền một tín hiệu tương ứng trong số các tín hiệu mốc báo của nút truy cập và truyền tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp tương ứng trên khoảng tần số liên kết lên đường dẫn sóng dựa vào một tín hiệu tương ứng trong số các tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập, và trong đó các nút truy cập này bao gồm các bộ thu để nhận các tín hiệu liên kết xuống trở về trên khoảng tần số liên kết xuống đường dẫn sóng; hệ chuyển tiếp đầu cuối bao gồm các đường tín hiệu thu/phát để nhận các tín hiệu liên kết lên tổ hợp chuyển tiếp ở các đầu vào của các đường tín hiệu thu/phát và truyền các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp từ các đầu ra của các đường tín hiệu thu/phát trên khoảng tần số liên kết xuống người dùng mà không trùng với khoảng tần số liên kết xuống đường dẫn sóng, trong đó mỗi trong số các tín hiệu liên kết lên tổ hợp chuyển tiếp là sự chồng lên của ít nhất tập hợp con gồm các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp, và trong đó hệ chuyển tiếp đầu cuối bao gồm đường tín

hiệu vòng lại để chuyển tiếp các tín hiệu mốc báo của nút truy cập trong khoảng tần số liên kết xuống đường dẫn sóng; và các bộ bù thời điểm và pha truyền để hiệu chỉnh sơ bộ các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp tương ứng để bù các độ trễ đường và sự dịch pha tương ứng sinh ra giữa các nút truy cập và hệ chuyển tiếp đầu cuối dựa vào ít nhất một phần các tín hiệu mốc báo của nút truy cập được chuyển tiếp.

Một mục đích khác của sáng chế là đề xuất vệ tinh cung cấp sự truyền thông giữa các nút truy cập được phân bố theo địa lý trên vùng nút truy cập và các thiết bị đầu cuối người dùng được phân bố theo địa lý trên vùng phủ sóng người dùng, vệ tinh này bao gồm: hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng để chiếu đến vùng nút truy cập, trong đó hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng này bao gồm mảng phần tử liên kết đường dẫn sóng, mảng phần tử liên kết đường dẫn sóng này bao gồm mảng gồm các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng kết hợp và mảng gồm các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng kết hợp; hệ thống con anten liên kết người dùng để chiếu đến vùng phủ sóng người dùng, hệ thống con anten liên kết người dùng này bao gồm mảng phần tử liên kết người dùng, mảng phần tử liên kết người dùng này bao gồm mảng gồm các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng kết hợp và mảng gồm các phần tử thu cấu thành liên kết người dùng kết hợp; các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp, mỗi trong số các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp này nhận tín hiệu liên kết lên tổ hợp chuyển tiếp trên khoảng tần số thứ nhất qua một phần tử tương ứng trong số các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng và truyền tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp trên khoảng tần số thứ hai qua một phần tử tương ứng trong số các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng, trong đó tín hiệu liên kết lên tổ hợp chuyển tiếp là phản chồng lên nhau của ít nhất tập hợp con gồm các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp được truyền bởi các nút truy cập tương ứng trong số các nút truy cập và trong đó mỗi trong số các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp bao gồm tín hiệu mốc báo của nút truy cập tương ứng; các bộ phát đáp liên kết trở về, mỗi trong số các bộ phát đáp liên kết trở về này nhận tín hiệu liên kết lên tổ hợp trở về trên khoảng tần số thứ ba qua một phần tử tương ứng trong số các phần tử thu cấu thành liên kết người dùng và truyền tín hiệu liên kết xuống trở về trên khoảng tần số thứ tư qua một phần tử tương ứng trong số các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng, trong đó khoảng tần số thứ tư không trùng với khoảng tần số thứ hai; và bộ phát đáp vòng lại để chuyển tiếp các tín hiệu mốc báo của nút truy cập trên khoảng tần số thứ tư.

Một mục đích khác của sáng chế là đề xuất phương pháp cung cấp dịch vụ truyền thông đến các thiết bị đầu cuối người dùng được phân bố trên vùng phủ sóng người dùng qua hệ chuyển tiếp đầu cuối bao gồm các đường tín hiệu thu/phát chuyển tiếp, phương pháp này bao gồm các bước: thu các tín hiệu búp sóng chuyển tiếp bao gồm các luồng dữ liệu người dùng chuyển tiếp để truyền đến các thiết bị đầu cuối người dùng được nhóm bởi các vùng phủ sóng búp sóng người dùng chuyển tiếp; xác định ma trận trọng

số búp sóng chuyển tiếp để tạo búp sóng đầu cuối của các sự truyền từ các nút truy cập được phân bố theo địa lý trong vùng nút truy cập đến các vùng phủ sóng búp sóng người dùng chuyển tiếp qua hệ chuyển tiếp đầu cuối; tạo ra các tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập tương ứng để được truyền bởi các nút truy cập, mỗi trong số các tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập tương ứng bao gồm tổ hợp của các tín hiệu búp sóng chuyển tiếp tương ứng được tạo trọng số bởi các trọng số tạo búp sóng chuyển tiếp tương ứng của ma trận trọng số búp sóng chuyển tiếp; và truyền các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp tương ứng từ các nút truy cập đến hệ chuyển tiếp đầu cuối trên khoảng tần số thứ nhất, các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp tương ứng bao gồm tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập tương ứng và các tín hiệu mốc báo của nút truy cập tương ứng; nhận, ở các nút truy cập, các tín hiệu liên kết xuống trở về trên khoảng tần số thứ hai; nhận, ở hệ chuyển tiếp đầu cuối, các tín hiệu liên kết lên tổ hợp chuyển tiếp ở các đầu vào của các đường tín hiệu thu/phát trên khoảng tần số thứ nhất, trong đó mỗi trong số các tín hiệu liên kết lên tổ hợp chuyển tiếp là phần chồng lên của ít nhất tập hợp con gồm các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp; truyền, từ hệ chuyển tiếp đầu cuối, các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp từ các đầu ra của các đường tín hiệu thu/phát trên khoảng tần số thứ ba, chuyển tiếp, từ hệ chuyển tiếp đầu cuối, các tín hiệu mốc báo của nút truy cập trên khoảng tần số thứ hai, trong đó khoảng tần số thứ ba không trùng với khoảng tần số thứ hai; hiệu chỉnh sơ bộ các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp tương ứng để bù các độ trễ đường và sự dịch pha tương ứng giữa các nút truy cập và hệ chuyển tiếp đầu cuối dựa vào ít nhất một phần các tín hiệu mốc báo của nút truy cập được chuyển tiếp.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các hình vẽ được đưa ra với các mục đích chỉ để minh họa và chỉ để thể hiện các ví dụ, các hình vẽ này được đưa ra để hỗ trợ việc hiểu của người đọc phương pháp và thiết bị được bộc lộ. Chúng không hạn chế nghĩa rộng, phạm vi hoặc khả năng ứng dụng của sáng chế được bảo hộ. Để cho đơn giản và dễ minh họa, các hình vẽ này không nhất thiết phải đúng tỷ lệ.

Fig.1 minh họa ví dụ về hệ thống truyền thông vệ tinh;

Fig.2 là biểu đồ thể hiện sơ đồ của các búp sóng làm ví dụ để phủ sóng lục địa nước Mỹ;

Fig.3 minh họa ví dụ về liên kết chuyển tiếp của hệ thống truyền thông vệ tinh trong đó vệ tinh có khả năng tạo búp sóng tích hợp có đa đường dẫn sóng mỗi chùm dạng mảng điều pha;

Fig.4 minh họa ví dụ về liên kết chuyển tiếp của hệ thống truyền thông vệ tinh có sự tạo búp sóng trên mặt đất;

Fig.5 minh họa hệ thống tạo búp sóng đầu cuối làm ví dụ;

Fig.6 minh họa các đường tín hiệu làm ví dụ dành cho các tín hiệu theo hướng

trở về;

Fig.7 minh họa ví dụ về các đường tín hiệu theo hướng trở về từ thiết bị đầu cuối người dùng;

Fig.8 là hình vẽ được đơn giản hóa thể hiện ví dụ về thiết bị một mô hình ma trận kênh trở về đầu cuối;

Fig.9 minh họa ví dụ về các đường tín hiệu theo hướng chuyển tiếp;

Fig.10 minh họa ví dụ về các đường tín hiệu theo hướng chuyển tiếp đến thiết bị đầu cuối người dùng được định vị trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng;

Fig.11 là hình vẽ được đơn giản hóa thể hiện ví dụ về mô hình ma trận kênh chuyển tiếp đầu cuối;

Fig.12 minh họa ví dụ về vệ tinh hệ chuyển tiếp đầu cuối hỗ trợ dữ liệu chuyển tiếp và trở về;

Fig.13 minh họa ví dụ về khoảng tần số liên kết lên được phân chia thành hai phần;

Fig.14 minh họa ví dụ về hệ chuyển tiếp đầu cuối là thời gian được ghép kênh giữa dữ liệu chuyển tiếp và dữ liệu trở về;

Fig.15 là sơ đồ khối của các thành phần của hệ chuyển tiếp đầu cuối làm ví dụ được thực hiện dưới dạng vệ tinh;

Fig.16 sơ đồ khối của bộ phát đáp làm ví dụ bao gồm bộ dịch pha;

Fig.17 là ví dụ về đồ thị của các sơ đồ cường độ tín hiệu của một số phần tử anten;

Fig.18 minh họa ví dụ về các đường biên cường độ tín hiệu 3 db của một số phần tử anten;

Fig.19 minh họa ví dụ về các sơ đồ cường độ tín hiệu trùng nhau của một số phần tử anten;

Các hình vẽ từ Fig.20A đến Fig.20E thể hiện ví dụ về các đường biên cường độ tín hiệu 3 db trùng nhau của một số phần tử anten;

Fig.21 minh họa ví dụ về việc liệt kê 16 phần tử anten và các đường biên cường độ tín hiệu 3 db trùng nhau của chúng;

Fig.22 là bảng thể hiện các ánh xạ của các phần tử anten thu để truyền các phần tử anten phát qua 16 bộ phát đáp;

Fig.23 minh họa mặt cắt ngang của bộ phản xạ anten dạng paraboloid và mảng gồm các phần tử được định tâm ở tiêu điểm của đường parabol;

Fig.24 minh họa mặt cắt ngang của bộ phản xạ anten dạng paraboloid và mảng

gồm các phần tử được đặt xa khỏi tiêu điểm của parabôn;

Fig.25 minh họa ví dụ về vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp (được thể hiện với một đường gạch chéo) và vùng (được thể hiện với hai đường gạch chéo) được xác định bởi các điểm trong vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp cũng nằm trong phạm vi của sáu vùng phủ sóng của phần tử anten;

Fig.26 minh họa ví dụ về sơ đồ anten của hệ chuyển tiếp trong đó tất cả các điểm trong vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp cũng nằm trong phạm vi của ít nhất bốn vùng phủ sóng của phần tử anten;

Fig.27 minh họa ví dụ về sự phân bố của các nút truy cập (AN – Access node) và các vùng phủ sóng búp sóng người dùng;

Fig.28 là đồ thị làm ví dụ thể hiện công suất liên kết chuyển tiếp và trở về được chuẩn hóa là hàm của một số AN được triển khai;

Fig.29 sơ đồ khối của phân đoạn mặt đất làm ví dụ 502 dùng cho hệ thống tạo búp sóng đầu cuối;

Fig.30 sơ đồ khối của bộ tạo búp sóng chuyển tiếp/trở về làm ví dụ;

Fig.31 sơ đồ khối của bộ tạo búp sóng chuyển tiếp làm ví dụ bao gồm một số bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trở về có sự tách kênh và ghép kênh theo miền thời gian;

Fig.32 là hình vẽ phân đoạn mặt đất làm ví dụ được đơn giản hóa thể hiện sự vận hành của bộ tạo búp sóng theo lát thời gian chuyển tiếp;

Fig.33 sơ đồ khối của bộ tạo búp sóng trở về làm ví dụ bao gồm nhiều bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trở về có sự tách kênh và ghép kênh theo miền thời gian;

Fig.34 minh họa phân đoạn mặt đất làm ví dụ được đơn giản hóa thể hiện sự vận hành của bộ tạo búp sóng trở về sử dụng sự ghép kênh theo miền thời gian;

Fig.35 sơ đồ khối của bộ tạo búp sóng chuyển tiếp/trở về nhiều băng tần làm ví dụ sử dụng sự tách kênh và ghép kênh băng tần con;

Fig.36 và Fig.37 thể hiện ví dụ về sự căn chỉnh thời điểm trên liên kết chuyển tiếp;

Fig.38 sơ đồ khối của AN làm ví dụ;

Fig.39 sơ đồ khối thể hiện một phần của AN làm ví dụ;

Fig.40 sơ đồ khối của AN 515 làm ví dụ trong đó nhiều băng tần con được xử lý riêng rẽ;

Fig.41 minh họa một hệ thống tạo búp sóng đầu cuối làm ví dụ cho phép có các vùng phủ sóng liên kết người dùng và liên kết đường dẫn sóng riêng biệt;

Fig.42 minh họa một mô hình làm ví dụ của các đường tín hiệu dành cho các tín hiệu mang dữ liệu trở về trên liên kết trở về đầu cuối;

Fig.43 minh họa một mô hình làm ví dụ của các đường tín hiệu dành cho các tín hiệu mang dữ liệu chuyển tiếp trên liên kết chuyển tiếp đầu cuối;

Fig.44A và Fig.44B thể hiện ví dụ về đường tín hiệu chuyển tiếp và đường tín hiệu trở về tương ứng;

Fig.45A, Fig.45B, Fig.45C, Fig.45D, Fig.45E, Fig.45F và Fig.45G thể hiện các ví dụ về các vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp đầu cuối nhìn thấy được;

Fig.46A và Fig.46B thể hiện ví dụ về vùng phủ sóng mặt đất của hệ chuyển tiếp đầu cuối và vùng phủ sóng Bắc Mỹ tương ứng;

Fig.47A và Fig.47B là các hình vẽ sơ đồ khối thể hiện ví dụ về đường tín hiệu chuyển tiếp và đường tín hiệu trở về tương ứng, mỗi đường tín hiệu này có sự kích hoạt có lựa chọn của nhiều hệ thống con anten liên kết người dùng;

Fig.48A và Fig.48B thể hiện ví dụ về vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp đầu cuối bao gồm vùng phủ sóng người dùng được kích hoạt có lựa chọn;

Fig.49A và Fig.49B là các hình vẽ sơ đồ khối thể hiện ví dụ về các đường tín hiệu chuyển tiếp và trở về tương ứng, mỗi đường này có sự kích hoạt có lựa chọn của nhiều hệ thống con anten liên kết người dùng và nhiều hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng;

Fig.50A, Fig.50B và Fig.50C thể hiện các ví dụ về một hoặc nhiều vùng phủ sóng người dùng với các vùng phủ sóng nhiều nút truy cập;

Fig.51A và Fig.51B thể hiện ví dụ về các đường tín hiệu chuyển tiếp và trở về tương ứng, mỗi đường có sự kích hoạt có lựa chọn của nhiều mảng phần tử anten liên kết người dùng và nhiều mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng;

Fig.52A và Fig.52B thể hiện ví dụ về các đường tín hiệu thu/phát chuyển tiếp và trở về để sử dụng đồng thời nhiều chùm AN tương ứng;

Fig.53A và Fig.53B thể hiện ví dụ về các bộ phát đáp cho phép ghép nối có lựa chọn giữa các phần tử cấu thành liên kết đường dẫn sóng và một phần tử cấu thành liên kết người dùng;

Fig.54A và Fig.54B thể hiện các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp và trở về tương ứng;

Fig.55A, Fig.55B và Fig.55C minh họa các bộ phát đáp vòng lại làm ví dụ;

Fig.56A minh họa hệ chuyển tiếp đầu cuối bao gồm một hoặc nhiều bộ phản xạ;

Fig.56B minh họa hệ thống con anten có nhiều chùm dẫn sóng;

Fig.57 minh họa hệ thống con anten bao gồm bộ phản xạ phức hợp;

Fig.58 minh họa hệ thống hệ chuyển tiếp đầu cuối có các phần được bố trí trên một hoặc nhiều giàn khoan dầu khí ngoài khơi (ví dụ, cố định hoặc di động);

Fig.59A và Fig.59B thể hiện các ví dụ về các vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp đầu cuối nhìn thấy được hỗ trợ các khoảng tần số riêng biệt;

Fig.60A và Fig.60B thể hiện ví dụ về các đường tín hiệu thu/phát chuyển tiếp/trở về hỗ trợ một số băng tần;

Fig.61A và Fig.61B thể hiện ví dụ về các đường tín hiệu thu/phát chuyển tiếp/trở về hỗ trợ một số băng tần;

Fig.62 minh họa ví dụ về mảng phần tử anten có các tập hợp con được đan xen theo không gian gồm các phần tử anten cấu thành;

Fig.63A và Fig.63B thể hiện ví dụ về các sự cấp phát tần số;

Fig.64A và Fig.64B thể hiện ví dụ về các sự cấp phát tần số;

Fig.65A và Fig.65B thể hiện ví dụ về các sự cấp phát tần số; và

Fig.66A và Fig.66B thể hiện ví dụ về các đường tín hiệu thu/phát chuyển tiếp/trở về.

Các số chỉ dẫn (ví dụ, 100) được sử dụng ở đây để chỉ ra các khía cạnh của các hình vẽ. Các khía cạnh tương tự hoặc giống nhau thường được thể hiện sử dụng các số chỉ dẫn giống nhau. Nhóm phần tử tương tự hoặc giống nhau có thể được chỉ ra chung bởi một số chỉ dẫn (ví dụ, 200), trong khi các phần tử độc lập với một nhóm có thể được chỉ bởi số chỉ dẫn có chữ cái kèm theo (ví dụ, 200a, 200b).

Các hình vẽ không nhằm bao quát hết mọi khía cạnh hoặc giới hạn sáng chế được bảo hộ ở các phần được bộc lộ cụ thể. Phương pháp và thiết bị được bộc lộ có thể được thực hiện với các phương án cải biến và các phương án thay đổi và sáng chế bị chỉ bị giới hạn ở các điểm yêu cầu bảo hộ và các phần tương đương với chúng.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phần mô tả chi tiết này được sắp xếp như sau. Trước hết, phần giới thiệu các hệ thống truyền thông chuyển tiếp không dây sử dụng sự truyền thông vệ tinh và sự tạo búp sóng được mô tả. Thứ hai, sự tạo búp sóng đầu cuối được mô tả tổng quát và ở cấp độ hệ thống mà sử dụng sự tạo búp sóng đầu cuối bằng vệ tinh làm ví dụ, mặc dù việc ứng dụng của sự tạo búp sóng đầu cuối không bị giới hạn ở sự truyền thông vệ tinh. Thứ ba, sự vận hành của dữ liệu chuyển tiếp và trở về được mô tả trong trường hợp của sự tạo búp sóng đầu cuối. Thứ tư, các hệ chuyển tiếp đầu cuối và các anten của chúng được mô tả là sử dụng vệ tinh truyền thông làm ví dụ, Tiếp theo, các mạng trên mặt đất để tạo ra các búp sóng đầu cuối được mô tả, bao gồm khía cạnh liên quan chẳng hạn như sự cân bằng độ trễ, loại bỏ lỗi liên kết đường dẫn sóng và sự tính toán trọng số búp sóng.

Cuối cùng sự tạo búp sóng đầu cuối với các vùng phủ sóng liên kết người dùng và liên kết đường dẫn sóng riêng biệt được mô tả, cũng như các hệ thống với nhiều vùng phủ sóng.

Sự truyền thông vệ tinh

Fig.1 minh họa ví dụ về hệ thống truyền thông vệ tinh dạng trung tâm và nan hoa 100. Vệ tinh đóng vai trò làm ví dụ về hệ chuyển tiếp không dây. Mặc dù một số ví dụ được mô tả xuyên suốt sáng chế trong trường hợp của vệ tinh hoặc hệ thống truyền thông vệ tinh, nhưng các ví dụ này không nhằm bị giới hạn ở vệ tinh; hệ chuyển tiếp không dây thích hợp bất kỳ khác có thể được sử dụng và vận hành theo phương thức tương tự. Hệ thống 100 bao gồm trạm mặt đất 101, vệ tinh truyền thông 103 và nguồn phát ở Trái Đất, chẳng hạn như thiết bị đầu cuối người dùng 105. Vùng phủ sóng vệ tinh có thể được xác định một cách rộng rãi chẳng hạn như vùng mà nguồn phát trên Trái Đất hoặc bộ thu trên Trái Đất, chẳng hạn như trạm mặt đất trên Trái Đất hoặc thiết bị đầu cuối người dùng, có thể truyền thông qua vệ tinh từ và/hoặc đến vùng này. Trong một số hệ thống, vùng phủ sóng đối với mỗi liên kết (ví dụ, vùng phủ sóng liên kết lên chuyển tiếp, vùng phủ sóng liên kết xuống chuyển tiếp, vùng phủ sóng liên kết lên trở về và vùng phủ sóng liên kết xuống trở về) có thể là khác nhau. Vùng phủ sóng liên kết lên chuyển tiếp và vùng phủ sóng liên kết lên trở về được gọi chung là vùng phủ sóng vệ tinh liên kết lên. Tương tự, vùng phủ sóng liên kết xuống chuyển tiếp và vùng phủ sóng liên kết xuống trở về được gọi chung là vùng phủ sóng vệ tinh liên kết xuống. Trong khi vùng phủ sóng vệ tinh chỉ hoạt động cho vệ tinh đang cung cấp dịch vụ (ví dụ, trên quỹ đạo dịch vụ), vệ tinh có thể được coi là có (ví dụ, có thể được thiết kế để có) sơ đồ anten vệ tinh mà là độc lập với vị trí tương đối của vệ tinh so với Trái Đất. Tức là, sơ đồ anten vệ tinh là sơ đồ của phân phối năng lượng được truyền từ anten vệ tinh (hoặc được truyền từ hoặc được nhận bởi anten vệ tinh). Sơ đồ anten vệ tinh chiếu đến (truyền đến hoặc nhận từ) vùng phủ sóng vệ tinh cụ thể khi vệ tinh ở trên quỹ đạo dịch vụ. Vùng phủ sóng vệ tinh được xác định bởi sơ đồ anten vệ tinh, vị trí theo quỹ đạo và định hướng mà vệ tinh được thiết kế và ngưỡng khuếch đại của anten đã cho. Nói chung, sự giao nhau của sơ đồ anten (ở độ khuếch đại anten hiệu quả cụ thể, ví dụ 3 dB, 4 dB, 6 dB và 10 dB từ độ khuếch đại đỉnh) với một vùng vật lý cụ thể cần quan tâm (ví dụ, vùng ở trên hoặc ở gần bề mặt Trái Đất) xác định vùng phủ sóng đối với anten. Các anten có thể được thiết kế để tạo ra sơ đồ anten cụ thể (và/hoặc vùng phủ sóng) và các sơ đồ anten này có thể được xác định bằng cách tính toán (ví dụ, bằng sự phân tích hoặc sự mô phỏng) và/hoặc đo đạc thực nghiệm (ví dụ, đối với phạm vi thử nghiệm anten hoặc khi sử dụng thực tế).

Mặc dù chỉ một thiết bị đầu cuối người dùng 105 được thể hiện trên hình vẽ để đơn giản hóa, nhưng thường sẽ có nhiều thiết bị đầu cuối người dùng 105 trong hệ thống. Hệ thống truyền thông vệ tinh 100 vận hành như hệ thống từ một đến nhiều điểm. Tức là, trạm mặt đất 101 trong vùng phủ sóng vệ tinh có thể gửi thông tin đến và nhận

thông tin từ thiết bị đầu cuối người dùng bất kỳ 105 trong vùng phủ sóng vệ tinh. Tuy nhiên, thiết bị đầu cuối người dùng 105 chỉ truyền thông với trạm mặt đất 101. Trạm mặt đất 101 nhận dữ liệu chuyển tiếp từ mạng truyền thông 107, điều biến dữ liệu bằng cách sử dụng modem liên kết đường dẫn sóng 109 và truyền dữ liệu đến vệ tinh 103 trên liên kết lên đường dẫn sóng chuyển tiếp 111. Vệ tinh 103 chuyển tiếp dữ liệu chuyển tiếp này đến các thiết bị đầu cuối người dùng 105 trên liên kết xuống người dùng chuyển tiếp (đôi khi được gọi là liên kết xuống dịch vụ chuyển tiếp) 113. Trong một số trường hợp, sự truyền thông hướng chuyển tiếp từ trạm mặt đất 101 được chủ định cho một số thiết bị đầu cuối người dùng 105 (ví dụ, thông tin được truyền đa điểm đến các thiết bị đầu cuối người dùng 105). Trong một số trường hợp, sự truyền thông chuyển tiếp từ trạm mặt đất 101 được chủ định cho chỉ một thiết bị đầu cuối người dùng 105 (ví dụ, truyền đơn điểm đến một thiết bị đầu cuối người dùng cụ thể 105). Các thiết bị đầu cuối người dùng 105 truyền dữ liệu trở về đến vệ tinh 103 trên liên kết lên người dùng trở về (đôi khi được gọi là liên kết lên dịch vụ trở về) 115. Vệ tinh 103 chuyển tiếp dữ liệu trở về đến trạm mặt đất 101 trên liên kết xuống đường dẫn sóng trở về 117. Mô hình liên kết đường dẫn sóng 109 giải điều biến dữ liệu trở về được chuyển tiếp đến mạng truyền thông 107. Công suất liên kết trở về này thường được chia sẻ bởi một số thiết bị đầu cuối người dùng 105.

Fig.2 là biểu đồ thể hiện ví dụ về cấu hình của các vùng phủ sóng búp sóng của vệ tinh để cung cấp dịch vụ cho lục địa Mỹ. Bảy mươi búp sóng được thể hiện theo cấu hình làm ví dụ, búp sóng thứ nhất 201 phủ sóng gần hai phần ba bang Washington. Búp sóng thứ hai 203 liền kề với búp sóng thứ nhất 201 phủ sóng vùng ngay gần với phía đông của búp sóng thứ nhất 201. Búp sóng thứ ba 205 gần như phủ sóng bang Oregon đến phía nam của búp sóng thứ nhất 201. Búp sóng thứ tư 207 phủ sóng vùng gần như là phía đông nam của búp sóng thứ nhất 201. Thông thường, có vài sự trùng giữa các búp sóng lân cận. Trong một số trường hợp, sơ đồ đa màu (ví dụ, các sơ đồ hai, ba hoặc bốn màu được tái sử dụng) được sử dụng. Theo một ví dụ về sơ đồ bốn màu, các búp sóng 201, 203, 205, 207 được cấp phát độc lập kết hợp duy nhất của tần số (ví dụ, phạm vi hoặc các khoảng tần số hoặc một hoặc nhiều kênh) và/hoặc sự phân cực anten (ví dụ, trong một số trường hợp anten có thể được tạo kết cấu để truyền các tín hiệu với sự phân cực tròn xoay phải (RHCP – Right-Hand Circular Polarization) hoặc sự phân cực tròn xoay trái (LHCP - Left-Hand Circular Polarization); các kỹ thuật phân cực khác là khả dụng). Do đó, có thể có sự giao thoa tương hỗ tương đối nhỏ giữa các tín hiệu được truyền trên các búp sóng 201, 203, 205, 207 khác nhau. Các sự kết hợp này của tần số và sự phân cực anten có thể sau đó được tái sử dụng trong sơ đồ tái sử dụng “bốn màu” không trùng nhau lặp lại. Trong một số trường hợp, công suất truyền thông mong muốn có thể đạt được bằng cách sử dụng một màu. Trong một số trường hợp, kỹ thuật chia sẻ thời gian giữa các búp sóng và/hoặc các kỹ thuật làm giảm sự giao thoa khác có thể được sử dụng.

Trong một số giới hạn, việc hội tụ các búp sóng vào các vùng nhỏ hơn và do

đó làm tăng số lượng búp sóng sẽ làm tăng công suất dữ liệu của vệ tinh bằng cách cho phép tạo khả năng lớn hơn để tái sử dụng tần số. Tuy nhiên, việc làm tăng số lượng búp sóng có thể làm tăng độ phức tạp của hệ thống và trong nhiều trường hợp là độ phức tạp của vệ tinh.

Độ phức tạp trong thiết kế của vệ tinh thường dẫn đến việc vệ tinh có kích thước lớn hơn, khối lượng nặng hơn và mức tiêu thụ năng lượng lớn hơn. Các vệ tinh là đắt đỏ khi phóng lên quỹ đạo. Chi phí phóng vệ tinh được xác định một phần bởi khối lượng và kích thước của vệ tinh. Ngoài ra, có các giới hạn tuyệt đối đối với khối lượng và kích thước của vệ tinh nếu vệ tinh sẽ được phóng bằng cách sử dụng công nghệ tên lửa khả dụng hiện thời. Điều này dẫn đến sự dung hòa giữa các đặc điểm mà có thể được thiết kế để chế tạo thành vệ tinh. Hơn nữa, lượng năng lượng có thể được tạo ra cho các thành phần của vệ tinh bị giới hạn. Do đó, khối lượng, kích thước và mức tiêu thụ năng lượng là các tham số cần phải tính đến khi thiết kế vệ tinh.

Xuyên suốt sáng chế, thuật ngữ phân tử anten thu đề cập đến bộ chuyển đổi vật lý để chuyển đổi tín hiệu điện từ thành tín hiệu điện, và thuật ngữ phân tử anten phát đề cập đến bộ chuyển đổi vật lý để phát tín hiệu điện từ khi được kích hoạt bởi tín hiệu điện. Phân tử anten có thể bao gồm loa, loa được phân cực có vách ngăn (ví dụ, có thể thực hiện chức năng như hai phần tử được kết hợp có các sự phân cực khác nhau), loa nhiều băng tần nhiều cổng (ví dụ, hai băng tần 20 GHz/30 GHz có sự phân cực kép LHCP/RHCP), khe có hốc sau, F ngược, ống dẫn sóng có khe, Vivaldi, đường xoắn ốc, vòng lặp, bản nổi hoặc kết cấu bất kỳ khác của phân tử anten hoặc sự kết hợp của các phần tử nhỏ được ghép nối với nhau. Phân tử anten có sơ đồ anten tương ứng mô tả độ khuếch đại anten biến đổi như thế nào dưới dạng hàm của hướng (hoặc góc). Phân tử anten cũng có vùng phủ sóng tương ứng với vùng (ví dụ, một phần của bề mặt Trái Đất) hoặc thể tích (ví dụ, một phần của bề mặt Trái Đất cộng với vùng trời phía trên bề mặt) trên đó phân tử anten tạo ra mức độ khuếch đại mong muốn (ví dụ, trong phạm vi 3 dB, 6 dB, 10 dB hoặc giá trị khác so với độ khuếch đại đỉnh của phân tử anten). Vùng phủ sóng của phân tử anten có thể được cải biến bởi các kết cấu khác nhau chẳng hạn như bộ phản xạ, bề mặt lựa chọn tần số, thấu kính, vòm bọc anten và dạng tương tự. Một số vệ tinh bao gồm vệ tinh được mô tả ở đây, có thể có một số bộ phát đáp, mỗi bộ phát đáp này có công suất nhận và truyền các tín hiệu một cách độc lập. Mỗi bộ phát đáp được ghép nối với các phân tử anten (ví dụ, phân tử thu và phân tử phát) để tạo ra đường tín hiệu thu/phát có sơ đồ phát khác nhau (sơ đồ anten) từ các đường tín hiệu thu/phát khác để tạo ra các búp sóng duy nhất mà có thể được cấp phát cho các vùng phủ sóng búp sóng khác nhau. Thông thường, một đường tín hiệu thu/phát có thể được chia sẻ qua nhiều búp sóng bằng cách sử dụng các bộ ghép kênh đầu vào và/hoặc đầu ra. Trong cả hai trường hợp, số lượng búp sóng đồng thời có thể được tạo ra thường bị giới hạn bởi số lượng đường tín hiệu thu/phát được triển khai trên vệ tinh.

Sự tạo búp sóng

Sự tạo búp sóng dùng cho liên kết truyền thông có thể được thực hiện bằng cách điều chỉnh pha tín hiệu (hoặc độ trễ thời gian) và đôi khi biên độ tín hiệu của các tín hiệu được truyền và/hoặc được nhận bởi nhiều phần tử của một hoặc nhiều mảng anten có các vùng sóng trùng nhau. Trong một số trường hợp, một số hoặc tất cả các phần tử anten được sắp xếp dưới dạng mảng gồm phần tử cấu thành thu và/hoặc phát mà kết hợp để tạo có thể tạo ra búp sóng đầu cuối, như sẽ được mô tả sau đây. Đối với sự truyền (từ các phần tử phát của một hoặc nhiều mảng anten), các pha và đôi khi là các biên độ tương đối của các tín hiệu được truyền được điều chỉnh, sao cho năng lượng được truyền bởi các phần tử anten phát sẽ được chồng lên nhau về mặt kết cấu ở vị trí mong muốn. Bước điều chỉnh pha/biên độ này thường được gọi là “sự áp dụng các trọng số búp sóng” lên các tín hiệu được truyền. Để nhận (bởi các phần tử thu của một hoặc nhiều mảng anten), các pha và đôi khi là các biên độ tương đối của các tín hiệu nhận được được điều chỉnh (tức là, áp dụng cùng hoặc khác trọng số búp sóng) sao cho năng lượng nhận được từ vị trí mong muốn bởi các phần tử anten thu sẽ được chồng lên nhau về mặt kết cấu ở các phần tử anten thu này. Trong một số trường hợp, bộ tạo búp sóng tính toán các trọng số búp sóng của phần tử anten mong muốn. Trong một số trường hợp, thuật ngữ sự tạo búp sóng có thể đề cập đến việc áp dụng các trọng số búp sóng. Các bộ tạo búp sóng thích ứng bao gồm chức năng tính toán động các trọng số búp sóng. Việc tính toán các trọng số búp sóng có thể yêu cầu sự phát hiện trực tiếp hoặc gián tiếp các đặc tính của kênh truyền thông. Các quá trình tính toán trọng số búp sóng và việc áp dụng trọng số búp sóng có thể được thực hiện ở các phần tử hệ thống giống nhau hoặc khác nhau.

Các búp sóng anten có thể được lái, được tạo ra có lựa chọn và/hoặc ngoài ra được tái kết cấu bằng cách áp dụng các trọng số búp sóng khác nhau. Ví dụ, số lượng búp sóng hoạt động, vùng phủ sóng của các búp sóng, kích thước của các búp sóng, độ khuếch đại tương đối của các búp sóng và các tham số khác có thể được thay đổi theo thời gian. Khả năng thay đổi này là mong muốn trong một số hoàn cảnh nhất định. Việc tạo búp sóng các anten thường có thể tạo ra các búp sóng tương đối hẹp. Các búp sóng hẹp này có thể cho phép các tín hiệu được truyền trên một búp sóng để được phân biệt với các tín hiệu được truyền trên các búp sóng khác (ví dụ, để tránh sự giao thoa). Do đó, các búp sóng hẹp có thể cho phép tần số và sự phân cực được tái sử dụng ở mức độ cao mà không phải khi các búp sóng lớn hơn được tạo ra. Ví dụ, các búp sóng được tạo ra hẹp có thể cung cấp dịch vụ cho hai vùng phủ sóng không liên tục tức là không trùng nhau. Mỗi búp sóng có thể sử dụng cả sự phân cực bên phải và sự phân cực bên trái. Khả năng tái sử dụng nhiều hơn có thể làm tăng lượng dữ liệu được truyền và/hoặc nhận được.

Một số vệ tinh sử dụng sự tạo búp sóng tích hợp (OBBF - On-Board Beamforming) để lái bằng điện tử mảng gồm các phần tử anten. Fig.3 minh họa hệ thống vệ tinh 300 trong đó vệ tinh 302 có công suất tạo búp sóng tích hợp nhiều đường dẫn sóng mỗi búp sóng (MFPB - multi-feed per beam) dạng mảng điều pha. Theo ví dụ này,

các trọng số búp sóng được tính toán ở trung tâm tính toán trên mặt đất và sau đó được truyền đến vệ tinh hoặc được lưu trước ở vệ tinh để áp dụng (không được thể hiện). Liên kết chuyển tiếp được thể hiện trên Fig.3, mặc dù cấu trúc này có thể được sử dụng cho các liên kết chuyển tiếp, các liên kết trở về hoặc cả liên kết chuyển tiếp và liên kết trở về. Sự tạo búp sóng có thể được sử dụng trên liên kết người dùng, liên kết đường dẫn sóng hoặc cả hai. Liên kết chuyển tiếp được minh họa là đường tín hiệu từ một trong số các trạm cổng (GW - Gateway) 304 với một hoặc nhiều trong số các thiết bị đầu cuối người dùng trong phạm vi một hoặc nhiều vùng phủ sóng búp sóng nhỏ 306. Vệ tinh 302 có mảng anten thu 307, mảng anten phát 309, bộ đổi giảm (D/C) (D/C - Down-converter) và môđun khuếch đại 311, bộ tạo búp sóng nhận 313 và bộ tạo búp sóng truyền 315. Vệ tinh 302 có thể tạo ra các búp sóng trên cả liên kết đường dẫn sóng 308 và liên kết người dùng 310. Mỗi trong số L phần tử của mảng nhận 307 nhận K tín hiệu từ K trạm cổng 304. Đối với mỗi búp sóng trong số K búp sóng của liên kết đường dẫn sóng được tạo ra (ví dụ, một búp sóng mỗi GW 304), thì trọng số búp sóng khác nhau được áp dụng (ví dụ, sự điều chỉnh pha/biên độ được thực hiện) bởi bộ tạo búp sóng nhận 313 đến mỗi tín hiệu được nhận bởi mỗi trong số L phần tử mảng anten thu (của mảng anten thu 307). Do đó, với K búp sóng được tạo ra bằng cách sử dụng mảng anten thu 307 có L phần tử anten thu, K vector trọng số búp sóng khác nhau của độ dài L được áp dụng lên L tín hiệu được nhận bởi L phần tử mảng anten thu. Bộ tạo búp sóng nhận 313 bên trong vệ tinh 302 điều chỉnh pha/biên độ của các tín hiệu được nhận bởi L phần tử mảng anten thu để tạo K tín hiệu búp sóng nhận. Mỗi búp sóng trong số K búp sóng nhận được hội tụ để nhận tín hiệu từ một GW 304. Do đó, bộ tạo búp sóng nhận 313 kết xuất K tín hiệu búp sóng nhận đến D/C và môđun khuếch đại 311. Một tín hiệu búp sóng nhận này được tạo ra để tín hiệu nhận được từ mỗi GW truyền 304.

D/C và môđun khuếch đại 311 đổi giảm mỗi trong số K tín hiệu búp sóng nhận và điều chỉnh độ khuếch đại một cách thích hợp. K tín hiệu được kết xuất từ D/C và môđun khuếch đại 311 và được ghép nối với bộ tạo búp sóng truyền 315. Bộ tạo búp sóng truyền 315 áp dụng vector của L trọng số lên mỗi trong số K tín hiệu để có tổng số $L \times K$ trọng số búp sóng truyền để tạo ra K búp sóng trên liên kết xuống người dùng 310.

Trong một số trường hợp, có thể cần khả năng xử lý đáng kể trong vệ tinh để điều khiển pha và độ khuếch đại của mỗi phần tử anten được sử dụng để tạo ra các búp sóng. Khả năng xử lý này làm tăng độ phức tạp của vệ tinh. Trong một số trường hợp, các vệ tinh có thể vận hành bằng kỹ thuật tạo búp sóng trên mặt đất (GBBF - Ground-Based Beamforming) làm giảm độ phức tạp của vệ tinh trong khi vẫn cung cấp lợi ích của các búp sóng hẹp tạo điện từ.

Fig.4 minh họa một ví dụ về hệ thống truyền thông vệ tinh 400 có GBBF chuyển tiếp. GBBF được thực hiện trên liên kết người dùng chuyển tiếp 317 qua L mảng phần tử giống với mảng phần tử được mô tả ở trên. Các pha/các biên độ của các tín hiệu

được truyền trên liên kết người dùng 317 được tạo trọng số để các búp sóng được tạo ra. Liên kết đường dẫn sóng 319 sử dụng sơ đồ một đường dẫn sóng mỗi búp sóng (SFPB – Single Feed Per Beam) trong đó mỗi phần tử anten thu và phát của anten 324 được dành cho một búp sóng liên kết đường dẫn sóng.

Trước khi truyền từ một hoặc nhiều GW 304, đối với mỗi búp sóng trong số K búp sóng liên kết đường dẫn sóng chuyển tiếp, bộ tạo búp sóng truyền 321 áp dụng vector tương ứng trong số K vector trọng số búp sóng, mỗi vector có độ dài L, lên mỗi trong số K tín hiệu cần được truyền. Việc xác định K vector của L trọng số và áp dụng chúng lên các tín hiệu cho phép K búp sóng chuyển tiếp được tạo ra trên mặt đất cho liên kết xuống người dùng chuyển tiếp 317. Trên liên kết lên đường dẫn sóng 319, mỗi trong số L tín hiệu khác nhau được ghép kênh thành tín hiệu được ghép kênh phân chia tần số (FMD – Frequency Division Multiplexed) bởi bộ ghép kênh 323 (hoặc dạng tương tự). Mỗi tín hiệu FDM được truyền bởi các GW 304 đến một trong số các phần tử anten thu ở anten 324 trên liên kết đường dẫn sóng 319. Bộ nhận FDM 325 trên vệ tinh 327 nhận các tín hiệu từ anten 324. Bộ biến đổi tín hiệu tương tự sang tín hiệu số (A/D - Analog to Digital) 326 biến đổi các tín hiệu tương tự nhận được thành các tín hiệu số. Bộ xử lý kênh số 328 tách kênh các tín hiệu FDM, mỗi tín hiệu này được tạo trọng số một cách thích hợp bởi bộ tạo búp sóng 321 để truyền qua một trong số L phần tử của mảng các phần tử anten phát của anten phát 329. Bộ xử lý kênh số 328 kết xuất các tín hiệu ra bộ biến đổi tín hiệu số sang tín hiệu tương tự (D/A - digital to analog converter) 331 để được biến đổi ngược lại về tín hiệu tương tự. Các tín hiệu tương tự được đầu ra của bộ D/A 331 được đổi tăng tần số và được khuếch đại bởi bộ đổi tăng (U/C – Up – Converter) và tầng khuếch đại 330 và được truyền bởi phần tử kết hợp của anten phát 329. Quá trình bổ sung xảy ra ngược lại đối với các búp sóng trở về. Lưu ý rằng, đối với dạng hệ thống này, thì liên kết đường dẫn sóng FDM yêu cầu L lần băng thông giống như búp sóng người dùng làm cho, điều đó là không thực tế đối với các hệ thống có các băng thông dữ liệu rộng hoặc các hệ thống có số lượng phần tử L lớn.

Các hệ thống tạo búp sóng đầu cuối

Các hệ thống tạo búp sóng đầu cuối được mô tả ở đây tạo ra các búp sóng đầu cuối qua hệ chuyển tiếp đầu cuối. Hệ thống tạo búp sóng đầu cuối có thể kết nối các thiết bị đầu cuối người dùng với các nguồn/bộ góp dữ liệu. Khác với các hệ thống tạo búp sóng được mô tả ở trên, trong hệ thống tạo búp sóng đầu cuối, các trọng số búp sóng được tính toán ở hệ thống xử lý trung tâm (CPS – Central Processing System) và các trọng số búp sóng đầu cuối được áp dụng trong phạm vi mạng trên mặt đất (mà không phải ở trên vệ tinh). Các tín hiệu trong phạm vi các búp sóng đầu cuối được truyền và nhận được ở mảng các nút truy cập (AN – Access Node), mà có thể là nút truy cập vệ tinh (SAN – Satellite Access Node). Như được mô tả ở trên, có thể sử dụng dạng hệ chuyển tiếp đầu cuối thích hợp bất kỳ trong hệ thống tạo búp sóng đầu cuối, và có thể sử dụng các dạng AN khác để truyền thông với các dạng hệ chuyển tiếp đầu cuối khác.

Thuật ngữ “trung tâm” đề cập đến thực tế là CPS là có thể truy cập được đối với các AN có liên quan đến việc truyền và/hoặc nhận tín hiệu, và không đề cập đến vị trí địa lý cụ thể mà CPS nằm ở đó. Bộ tạo búp sóng bên trong CPS tính toán tập hợp các trọng số búp sóng đầu cuối mà có tính đến: (1) L đường liên kết lên tín hiệu không dây lên hệ chuyển tiếp đầu cuối; (2) các đường tín hiệu thu/phát qua hệ chuyển tiếp đầu cuối; và (3) đường liên kết xuống tín hiệu không dây đi xuống từ hệ chuyển tiếp đầu cuối. Các trọng số búp sóng có thể được biểu diễn toán học dưới dạng ma trận. Như được thảo luận ở trên, các hệ thống vệ tinh OBBF và GBBF có các kích thước vectơ trọng số búp sóng được thiết đặt theo số lượng phần tử anten trên vệ tinh. Trái lại, các vectơ trọng số búp sóng đầu cuối có các kích thước được thiết đặt theo số lượng AN, mà không phải số lượng phần tử trên hệ chuyển tiếp đầu cuối. Thông thường, số lượng AN không giống với số lượng phần tử anten trên hệ chuyển tiếp đầu cuối. Ngoài ra, các búp sóng đầu cuối được tạo ra không kết thúc ở các phần tử anten phát hoặc nhận của hệ chuyển tiếp đầu cuối. Thay vào đó, các búp sóng đầu cuối được tạo ra được chuyển tiếp một cách hiệu quả, do các búp sóng đầu cuối có các đường tín hiệu liên kết lên, các đường tín hiệu chuyển tiếp (thông qua vệ tinh hoặc hệ chuyển tiếp đầu cuối thích hợp khác) và các đường tín hiệu liên kết xuống.

Vì sự tạo búp sóng đầu cuối tính đến cả liên kết người dùng và liên kết đường dẫn sóng (cũng như hệ chuyển tiếp đầu cuối), nên chỉ cần tập hợp các trọng số búp sóng để tạo ra các búp sóng người dùng đầu cuối mong muốn theo một hướng cụ thể (ví dụ, các búp sóng người dùng chuyển tiếp hoặc các búp sóng người dùng trở về). Do đó, tập hợp các trọng số búp sóng đầu cuối chuyển tiếp (sau đây được gọi một cách đơn giản là các trọng số búp sóng chuyển tiếp) tạo ra các tín hiệu được truyền từ các AN, qua liên kết lên chuyển tiếp, qua hệ chuyển tiếp đầu cuối, và qua liên kết xuống chuyển tiếp để kết hợp để tạo ra các búp sóng người dùng chuyển tiếp đầu cuối (sau đây được gọi là các búp sóng người dùng chuyển tiếp). Ngược lại, các tín hiệu được truyền từ các người dùng trở về qua liên kết lên trở về, qua hệ chuyển tiếp đầu cuối và liên kết xuống trở về có các trọng số búp sóng trở về đầu cuối (sau đây được gọi là các trọng số búp sóng trở về) được áp dụng để tạo ra các búp sóng người dùng trở về đầu cuối (sau đây được gọi là các búp sóng người dùng trở về). Trong một số điều kiện, có thể là rất khó hoặc không thể phân biệt giữa các đặc tính của liên kết lên và liên kết xuống. Do đó, các búp sóng liên kết đường dẫn sóng được tạo ra, tính định hướng búp sóng người dùng được tạo ra và tỷ lệ giữa sóng mang với sự giao thoa (C/I – Carrier to Interference) của liên kết lên và liên kết xuống độc lập có thể không còn có vai trò truyền thống của chúng trong thiết kế hệ thống, trong khi các quan niệm về tỷ lệ giữa tín hiệu với nhiễu (Es/No) và C/I đầu cuối của liên kết lên và liên kết xuống vẫn có thể là phù hợp.

Fig.5 minh họa hệ thống tạo búp sóng đầu cuối ví dụ 500. Hệ thống 500 bao gồm: phân đoạn mặt đất 502; hệ chuyển tiếp đầu cuối 503; và nhiều thiết bị đầu cuối người dùng 517. Phân đoạn mặt đất 502 bao gồm M AN 515, phân tán theo địa lý trên vùng AN. Các AN 515 kết hợp khi truyền các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 để

tạo ra các búp sóng người dùng 519 và các tín hiệu liên kết xuống trở về 527 được xử lý chung để phục hồi các sự truyền liên kết lên trở về 525. Tập hợp các AN 515 mà ở trong vùng AN riêng biệt (ví dụ, tách biệt về địa lý hoặc ngoài ra được tạo kết cấu trực giao) và kết hợp để thực hiện sự tạo búp sóng đầu cuối đối với búp sóng người dùng chuyển tiếp và/hoặc trở về được đề cập đến ở đây chẳng hạn như “chùm AN.” Theo một số ví dụ, nhiều chùm AN trong các vùng AN khác nhau cũng có thể kết hợp. Các chùm AN cũng có thể được gọi là “các trại AN” hoặc “các trại SAN.” Các AN 515 và các thiết bị đầu cuối người dùng 517 có thể được gọi chung là các bộ thu mặt đất, các thiết bị truyền mặt đất hoặc các thiết bị thu phát mặt đất, phụ thuộc vào chức năng cụ thể ở lõi ra, do chúng được định vị trên hoặc gần Trái Đất và cả đều truyền và nhận tín hiệu. Trong một số trường hợp, các thiết bị đầu cuối người dùng 517 và/hoặc các AN 515 có thể được định vị trên máy bay, tàu thủy hoặc được lắp trên phương tiện đường bộ, v.v.. Trong một số trường hợp, các thiết bị đầu cuối người dùng 517 có thể được phân bố theo địa lý. Các AN 515 có thể được phân bố theo địa lý. Các AN 515 trao đổi các tín hiệu với CPS 505 trong phạm vi phân đoạn mặt đất 502 qua mạng phân bố 518. CPS 505 được kết nối với nguồn dữ liệu (không được thể hiện), chẳng hạn như, ví dụ, internet, cơ sở nhận video hoặc thực thể khác.

Các thiết bị đầu cuối người dùng 517 có thể được nhóm với các thiết bị đầu cuối người dùng 517 lân cận khác (ví dụ, như được minh họa bởi các thiết bị đầu cuối người dùng 517a và 517b). Trong một số trường hợp, các nhóm gồm các thiết bị đầu cuối người dùng 517 này được phục vụ bởi cùng búp sóng người dùng và do đó nằm trong cùng vùng phủ sóng búp sóng người dùng chuyển tiếp và/hoặc trở về về địa lý 519. Thiết bị đầu cuối người dùng 517 nằm trong phạm vi búp sóng người dùng nếu thiết bị đầu cuối người dùng 517 nằm trong vùng phủ sóng được cấp dịch vụ bởi búp sóng người dùng đó. Mặc dù chỉ có một vùng phủ sóng búp sóng người dùng này 519 được thể hiện trên Fig.5 có nhiều hơn một thiết bị đầu cuối người dùng 517, nhưng trong một số trường hợp, vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 có thể có số lượng thích hợp các thiết bị đầu cuối người dùng 517 bất kỳ. Hơn nữa, việc thể hiện trên Fig.5 là không chủ định chỉ ra kích thước tương quan của các vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 khác nhau. Tức là, các vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 có thể gần như đều có cùng kích thước. Theo cách khác, các vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 có thể có kích thước khác nhau, với một số vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 lớn hơn nhiều so với các vùng khác. Trong một số trường hợp, số lượng AN 515 là không bằng số lượng vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519.

Hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 chuyển tiếp các tín hiệu không dây giữa các thiết bị đầu cuối người dùng 517 và một số nút truy cập mạng chẳng hạn như các AN 515 được thể hiện trên Fig.5. Hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 có đa đường tín hiệu. Ví dụ, mỗi đường tín hiệu có thể bao gồm ít nhất một phần tử anten thu, ít nhất một phần tử anten phát và ít nhất một bộ phát đáp (như sẽ được thảo luận chi tiết dưới đây). Trong một số trường hợp, các phần tử anten thu được bố trí để nhận các tín hiệu được phản xạ bởi bộ

phản xạ thu để tạo ra mảng anten thu. Trong một số trường hợp, các phần tử anten phát được bố trí để truyền các tín hiệu và nhờ đó tạo ra mảng anten phát.

Trong một số trường hợp, hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 được trang bị trên vệ tinh. Trong các trường hợp khác, hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 được trang bị trên máy bay, khinh khí cầu, tháp, kết cấu dưới nước hoặc kết cấu thích hợp bất kỳ khác hoặc phương tiện giao thông trong đó hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 có thể được trang bị. Trong một số trường hợp, các hệ thống sử dụng các khoảng tần số khác nhau (trong cùng hoặc khác băng tần) cho các liên kết lên và các liên kết xuống. Trong một số trường hợp, các liên kết đường dẫn sóng và các liên kết người dùng nằm ở các khoảng tần số khác nhau. Trong một số trường hợp, hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 đóng vai trò làm bộ phản xạ thụ động hoặc chủ động.

Như được mô tả ở đây, các đặc điểm khác nhau của hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 cho phép tạo búp sóng đầu cuối. Một đặc điểm là hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 bao gồm nhiều bộ phát đáp mà, trong trường hợp của các hệ thống tạo búp sóng đầu cuối, tạo ra đa đường giữa các AN 515 và các thiết bị đầu cuối người dùng 517. Một đặc điểm khác là các anten (ví dụ, một hoặc nhiều hệ thống con anten) của hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 góp phần tạo búp sóng đầu cuối, sao cho các búp sóng người dùng chuyển tiếp và/hoặc trở về được tạo ra khi các tín hiệu búp sóng được tạo trọng số một cách thích hợp được truyền thông qua đa đường được tạo ra bởi hệ chuyển tiếp đầu cuối 503. Ví dụ, trong quá trình truyền thông chuyển tiếp, mỗi trong số nhiều bộ phát đáp nhận tổ hợp chồng nhau tương ứng gồm các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 (búp sóng được tạo trọng số) từ nhiều (ví dụ, tất cả) AN 515 (ở đây được đề cập đến là các tín hiệu chuyển tiếp đầu vào tổ hợp) và các bộ phát đáp tạo ra các tín hiệu tổ hợp tương ứng (ở đây được đề cập đến là các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp). Mỗi trong số các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp có thể là tổ hợp duy nhất gồm các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp búp sóng được tạo trọng số 521 mà khi được truyền bởi các phần tử anten phát của hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 thì trùng nhau để tạo ra các búp sóng người dùng 519 ở các vị trí mong muốn (ví dụ, các vị trí phục hồi trong phạm vi các búp sóng người dùng chuyển tiếp, trong trường hợp này). Sự tạo búp sóng đầu cuối trở về được thực hiện tương tự. Do đó, hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 có thể làm cho một số sự chồng lên xảy ra, nhờ đó cho phép tạo búp sóng đầu cuối trên các kênh đa đường được tạo ra.

Dữ liệu trở về

Fig.6 minh họa một mô hình làm ví dụ của các đường tín hiệu dành cho các tín hiệu mang dữ liệu trở về trên liên kết trở về đầu cuối. Dữ liệu trở về là dữ liệu đi từ các thiết bị đầu cuối người dùng 517 đến các AN 515. Các tín hiệu trên Fig.6 đi từ phải sang trái. Các tín hiệu bắt nguồn từ các thiết bị đầu cuối người dùng 517. Các thiết bị đầu cuối người dùng 517 truyền các tín hiệu liên kết lên trở về 525 (mà có các luồng dữ liệu người dùng trở về) lên hệ chuyển tiếp đầu cuối 503. Các tín hiệu liên kết lên trở về 525 từ các thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong K vùng phủ sóng búp sóng người

dùng 519 được nhận bởi mảng gồm L đường tín hiệu thu/phát 1702. Trong một số trường hợp, vùng phủ sóng liên kết lên đối với hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 được xác định bởi tập hợp các điểm mà từ đó tất cả trong số L phần tử anten thu 406 có thể nhận các tín hiệu. Trong các trường hợp khác, vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp được xác định bởi tập hợp các điểm này mà từ đó tập hợp con (ví dụ, tốt hơn là là lớn hơn 1, nhưng nhỏ hơn tất cả) của L phần tử anten thu 406 có thể nhận các tín hiệu. Tương tự, trong một số trường hợp, vùng phủ sóng liên kết xuống được xác định bởi một tập hợp các điểm mà tất cả trong số L phần tử anten phát 409 có thể gửi các tín hiệu đến đó một cách tin cậy. Trong các trường hợp khác, vùng phủ sóng liên kết xuống đối với hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 được xác định bởi tập hợp các điểm mà tập hợp con gồm các phần tử anten phát 409 có thể gửi các tín hiệu đến đó một cách tin cậy. Trong một số trường hợp, kích thước của tập hợp con hoặc các phần tử anten thu 406 hoặc các phần tử anten phát 409 là ít nhất bốn. Trong các trường hợp khác, kích thước của tập hợp con là 6, 10, 20, 100 hoặc số bất kỳ khác để tạo ra hiệu năng hệ thống mong muốn.

Để cho đơn giản, một số ví dụ được mô tả và/hoặc được minh họa là tất cả L phần tử anten thu 406 nhận các tín hiệu từ tất cả các điểm trong vùng phủ sóng liên kết xuống và/hoặc tất cả L phần tử anten phát 409 truyền đến tất cả các điểm trong vùng phủ sóng liên kết xuống. Các phần mô tả này không nhằm yêu cầu tất cả L tín hiệu nhận và/hoặc truyền của L phần tử đều phải ở mức tín hiệu đáng kể. Ví dụ, trong một số trường hợp, tập hợp con của L phần tử anten thu 406 nhận tín hiệu liên kết lên (ví dụ, tín hiệu liên kết lên trở về 525 từ thiết bị đầu cuối người dùng 517 hoặc tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 từ AN 515), sao cho tập hợp con gồm các phần tử anten thu 406 nhận tín hiệu liên kết lên ở mức tín hiệu gần với đỉnh của mức tín hiệu nhận được của tín hiệu liên kết lên (ví dụ, về cơ bản không nhỏ hơn mức tín hiệu tương ứng với tín hiệu liên kết lên có mức tín hiệu cao nhất); các phần tử còn lại trong số L phần tử anten thu 406 mà không ở trong tập hợp con nhận tín hiệu liên kết lên ở mức thấp hơn đáng kể (ví dụ, thấp hơn nhiều so với đỉnh của mức tín hiệu nhận được của tín hiệu liên kết lên). Trong một số trường hợp, tín hiệu liên kết lên được nhận bởi mỗi phần tử anten thu của tập hợp con ở mức tín hiệu trong phạm vi 10 dB so với mức tín hiệu tối đa được nhận bởi các phần tử anten thu 406 bất kỳ. Trong một số trường hợp, tập hợp con bao gồm ít nhất 10% của các phần tử anten thu 406. Trong một số trường hợp, tập hợp con bao gồm ít nhất 10 phần tử anten thu 406.

Tương tự, ở phía truyền, tập hợp con của L phần tử anten phát 409 truyền tín hiệu liên kết xuống bộ thu mặt đất (ví dụ, tín hiệu liên kết xuống trở về 527 đến AN 515 hoặc tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 522 đến thiết bị đầu cuối người dùng 517), sao cho tập hợp con gồm các phần tử anten phát 409 truyền tín hiệu liên kết xuống đến bộ nhận có mức tín hiệu nhận là gần với đỉnh của mức tín hiệu được truyền của tín hiệu liên kết xuống (ví dụ, về cơ bản không nhỏ hơn mức tín hiệu tương ứng với tín hiệu liên kết xuống có mức tín hiệu nhận được cao nhất); các mức tín hiệu còn lại của L phần tử anten phát 409 mà không ở trong tập hợp con truyền tín hiệu liên kết xuống sao cho nó

nhận được ở mức thấp hơn đáng kể (ví dụ, thấp hơn nhiều so với đỉnh của mức tín hiệu được truyền của tín hiệu liên kết xuống). Trong một số trường hợp, mức tín hiệu nằm trong phạm vi 3 dB so với mức tín hiệu tương ứng với độ khuếch đại đỉnh của L phần tử anten phát 409. Trong các trường hợp khác, mức tín hiệu nằm trong phạm vi 6 dB so với mức tín hiệu tương ứng với độ khuếch đại đỉnh của L phần tử anten phát 409. Theo các trường hợp khác nữa, mức tín hiệu nằm trong phạm vi 10 dB so với mức tín hiệu tương ứng với độ khuếch đại đỉnh của L phần tử anten phát 409.

Trong một số trường hợp, tín hiệu được nhận bởi mỗi phần tử anten thu 406 bắt nguồn từ cùng một nguồn (ví dụ, một trong số các thiết bị đầu cuối người dùng 517) do trùng nhau theo sơ đồ anten thu của mỗi phần tử anten thu. Tuy nhiên, trong một số trường hợp, có thể có các điểm trong vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp đầu cuối ở đó thiết bị đầu cuối người dùng được định vị và mà từ đó không phải tất cả các phần tử anten thu có thể nhận tín hiệu. Trong một số trường hợp này, có thể có một số lượng đáng kể các phần tử anten thu không (hoặc có thể không) nhận tín hiệu từ các thiết bị đầu cuối người dùng mà nằm trong vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp đầu cuối. Tuy nhiên, như được mô tả ở đây, việc tạo ra đa đường bởi hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 có thể phụ thuộc vào việc nhận tín hiệu bởi ít nhất hai phần tử thu.

Như được thể hiện trên Fig.6 và sẽ được thảo luận chi tiết hơn dưới đây, trong một số trường hợp, đường tín hiệu thu/phát 1702 bao gồm phần tử anten thu 406, bộ phát đáp 410 và phần tử anten phát 409. Trong các trường hợp này, các tín hiệu liên kết lên trở về 525 được nhận bởi mỗi trong số các bộ phát đáp 410 qua phần tử anten thu tương ứng 406. Đầu ra của mỗi đường tín hiệu thu/phát 1702 là tín hiệu liên kết xuống trở về 527 tương ứng với tổ hợp tương ứng của các tín hiệu liên kết lên trở về nhận được. Tín hiệu liên kết xuống trở về được tạo ra bởi đường tín hiệu thu/phát 1702. Tín hiệu liên kết xuống trở về 527 được truyền đến mảng gồm M AN 515. Trong một số trường hợp, các AN 515 được đặt ở các vị trí được phân bố theo địa lý (ví dụ, các vị trí nhận hoặc phục hồi) khắp vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp đầu cuối. Trong một số trường hợp, mỗi bộ phát đáp 410 ghép nối một phần tử tương ứng trong số các phần tử anten thu 406 với một phần tử tương ứng trong số các phần tử anten phát 409. Do đó, có L cách thức khác nhau để có thể lấy tín hiệu từ thiết bị đầu cuối người dùng 517 được định vị trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 đến AN cụ thể 515. Điều này tạo ra L đường giữa thiết bị đầu cuối người dùng 517 và AN 515. L đường giữa một thiết bị đầu cuối người dùng 517 và một AN 515 được gọi chung là kênh đa đường trở về đầu cuối 1908 (xem Fig.8). Do đó, việc nhận tín hiệu liên kết lên trở về 525 từ vị trí truyền trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519, qua L bộ phát đáp 410, tạo ra L tín hiệu liên kết xuống trở về 527, mỗi tín hiệu được truyền từ một trong số các bộ phát đáp 410 (tức là, qua L đường truyền thông được sắp xếp). Mỗi kênh đa đường trở về đầu cuối 1908 được kết hợp với vectơ trong ma trận phát liên kết lên A_r , ma trận tải hữu ích E và vectơ trong ma trận phát liên kết xuống C_t . Lưu ý rằng, nhờ các sơ đồ phủ sóng của phần tử anten, trong một số trường hợp, một số trong số L đường có thể có năng lượng tương

đôi nhỏ (ví dụ, 6 dB, 10 dB, 20 dB, 30 dB hoặc tỷ số công suất thích hợp bất kỳ khác nhỏ hơn các đường khác). Sự trùng nhau 1706 của tín hiệu liên kết xuống trở về 527 nhận được ở mỗi trong số các AN 515 (ví dụ, ở M vị trí nhận hoặc phục hồi được phân bố theo địa lý). Mỗi tín hiệu liên kết xuống trở về 527 bao gồm phần chồng lên nhau của các tín hiệu liên kết xuống trở về được truyền 527, tạo ra tín hiệu trở về tổ hợp tương ứng. Các tín hiệu trở về tổ hợp tương ứng được ghép nối với bộ tạo búp sóng trở về 531 (xem Fig.5 và Fig.29).

Fig.7 minh họa ví dụ về liên kết trở về đầu cuối 523 từ một thiết bị đầu cuối người dùng 517 được định vị trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 đến các AN 515. Tín hiệu liên kết lên trở về 525 được truyền từ thiết bị đầu cuối người dùng 517 được nhận bởi mảng gồm L phần tử anten thu 406 trên hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 (ví dụ, hoặc được nhận bởi tập hợp con của L phần tử anten thu 406).

A_r là ma trận phát liên kết lên trở về $L \times K$. Các giá trị của mô hình ma trận phát liên kết lên trở về mà đường tín hiệu từ vị trí tham chiếu trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 đến các phần tử anten thu hệ chuyển tiếp đầu cuối 406. Ví dụ, $A_{rL,1}$ là giá trị của một phần tử ma trận phát liên kết lên trở về (tức là biên độ và pha của đường) từ vị trí tham chiếu trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng thứ nhất 519 đến phần tử anten thu thứ L. Trong một số trường hợp, tất cả các giá trị trong ma trận phát liên kết lên trở về A_r có thể không phải là 0 (ví dụ, có đường tín hiệu đáng kể từ vị trí tham chiếu đến mỗi trong số các phần tử anten thu của mảng anten thu).

E (kích thước $L \times L$) là ma trận tải hữu ích và tạo ra mô hình (biên độ và pha) của các đường từ phần tử anten thu 406 đến các phần tử anten phát 409. Thuật ngữ "tải hữu ích" của hệ chuyển tiếp đầu cuối 503, như được sử dụng ở đây, thường bao gồm tập hợp các thành phần của hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 tác động và/hoặc bị tác động bởi, các sự truyền thông tín hiệu khi chúng được nhận bởi, được chuyển tiếp qua và được truyền từ hệ chuyển tiếp đầu cuối 503. Ví dụ, tải hữu ích của hệ chuyển tiếp đầu cuối có thể bao gồm phần tử anten, các bộ phản xạ, các bộ phát đáp, v.v.; nhưng hệ chuyển tiếp đầu cuối có thể còn bao gồm ắc quy, pin mặt trời, các cảm biến và/hoặc các thành phần khác mà ở đây không được xem là một phần của tải hữu ích (vì chúng không tác động đến các tín hiệu khi vận hành bình thường). Việc tính đến tập hợp các thành phần chẳng hạn như tải hữu ích có thể cho phép sự mô hình hóa toán học tác động tổng thể của hệ chuyển tiếp đầu cuối như một ma trận tải hữu ích E). Đường ưu tiên từ mỗi phần tử anten thu 406 đến mỗi phần tử anten phát 409 tương ứng được mô hình hóa bởi giá trị nằm trên đường chéo của ma trận tải hữu ích E . Giả sử rằng không có giao tiếp chéo giữa các đường tín hiệu thu/phát, thì các giá trị không nằm trên đường chéo của ma trận tải hữu ích là 0. Trong một số trường hợp, các giao tiếp chéo có thể không phải là 0. Sự cách ly các đường tín hiệu với nhau sẽ làm tối thiểu hóa các giao tiếp chéo. Trong một số trường hợp, vì các giao tiếp chéo là không đáng kể, nên ma trận tải hữu ích E có thể được ước lượng bởi ma trận chéo. Trong một số trường hợp, các giá trị không ở trên

đường chéo (hoặc các giá trị thích hợp bất kỳ khác) của ma trận tải hữu ích có thể được xử lý như giá trị 0, ngay cả khi ở đó có một số tác động đến tín hiệu tương ứng với các giá trị đó, để làm giảm độ phức tạp toán học và/hoặc vì các nguyên nhân khác.

Ct là ma trận phát liên kết xuống trở về $M \times L$. Các giá trị của mô hình ma trận phát liên kết xuống trở về mà các đường tín hiệu từ các phần tử anten phát 409 đến các AN 515. Ví dụ, $C_{t3,2}$ là giá trị của ma trận phát liên kết xuống trở về (ví dụ, độ khuếch đại và pha của đường) từ phần tử anten phát thứ hai 409_b đến AN 515_c thứ ba. Trong một số trường hợp, tất cả các giá trị của ma trận phát liên kết xuống Ct có thể không phải là 0. Trong một số trường hợp, một số giá trị của ma trận phát liên kết xuống Ct gần bằng 0 (ví dụ, sơ đồ anten được xác lập bởi các phần tử anten phát 409 tương ứng của mảng anten phát sao cho phần tử anten phát 409 không truyền các tín hiệu hữu ích đến một số AN 515).

Như có thể thấy trên Fig.7, kênh đa đường trở về đầu cuối từ thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 cụ thể đến AN cụ thể 515 là tổng của L đường khác nhau. Kênh đa đường trở về đầu cuối có đa đường được tạo ra bởi L đường duy nhất qua các bộ phát đáp 410 trong hệ chuyển tiếp đầu cuối. Với nhiều kênh đa đường, các biên độ và các pha của đường có thể được cộng dồn thích hợp (mang tính xây dựng) để tạo ra độ khuếch đại kênh đầu cuối lớn hoặc không thích hợp (không mang tính xây dựng) tạo ra độ khuếch đại kênh đầu cuối nhỏ. Khi số lượng L đường khác nhau giữa thiết bị đầu cuối người dùng và AN là lớn, thì độ khuếch đại kênh đầu cuối có thể có phân phối Rayleigh của biên độ. Với phân phối này, thường sẽ thấy được một số độ khuếch đại kênh đầu cuối từ thiết bị đầu cuối người dùng cụ thể 517 đến AN cụ thể 515 mà lớn hơn hoặc bằng 20 dB mà thấp hơn mức trung bình của độ khuếch đại kênh từ thiết bị đầu cuối người dùng 517 đến AN 515. Hệ thống tạo búp sóng đầu cuối này chủ định tạo ra môi trường đa đường cho đường đầu cuối từ thiết bị đầu cuối người dùng bất kỳ đến AN bất kỳ.

Fig.8 là hình vẽ đơn giản hóa minh họa mô hình làm ví dụ của tất cả các kênh đa đường trở về đầu cuối từ các vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 đến các AN 515. Có $M \times K$ kênh đa đường trở về đầu cuối này trong liên kết trở về đầu cuối (tức là, M từ mỗi trong số K vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519). Các kênh 1908 kết nối các thiết bị đầu cuối người dùng trong một vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 đến một AN 515 qua L đường tín hiệu thu/phát 1702 khác nhau, mỗi đường đi qua một đường khác trong số L đường tín hiệu thu/phát (và các bộ phát đáp được kết hợp) của hệ chuyển tiếp. Mặc dù kết quả này được gọi là “đa đường” ở đây, nhưng đa đường này khác với đa đường thông thường (ví dụ, trong hệ thống vô tuyến di động hoặc hệ thống nhiều đầu vào nhiều đầu ra (MIMO - Multiple-Input Multiple-Output), khi các đường ở đây được tạo ra có chủ ý (và như được mô tả ở đây, bị tác động) bởi L đường tín hiệu thu/phát. Mỗi trong số $M \times K$ kênh đa đường trở về đầu cuối mà bắt nguồn từ thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 cụ thể có thể

được mô hình hóa bởi kênh đa đường trở về đầu cuối. Mỗi kênh đa đường trở về đầu cuối này là từ vị trí tham chiếu (hoặc phục hồi) trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 đến một trong số các AN 515.

Mỗi trong số $M \times K$ kênh đa đường trở về đầu cuối 1908 có thể được mô hình hóa riêng biệt để tính toán phần tử tương ứng của ma trận kênh trở về $M \times K$ Hret. Ma trận kênh trở về Hret có K vector, mỗi vector có kích thước bằng M , sao cho mỗi vector mô hình hóa các độ khuếch đại kênh trở về đầu cuối đối với các sự truyền thông đa đường giữa vị trí tham chiếu trong số K vùng phủ sóng búp sóng người dùng tương ứng và M AN 515. Mỗi kênh đa đường trở về đầu cuối ghép nối mỗi trong số M AN 515 với vị trí tham chiếu trong phạm vi một trong số K búp sóng người dùng trở về qua L bộ phát đáp 410 (xem Fig.7). Trong một số trường hợp, chỉ tập hợp con của L bộ phát đáp 410 trên hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 được sử dụng để tạo ra kênh đa đường trở về đầu cuối (ví dụ, chỉ chỉ một tập hợp con được coi là trên đường tín hiệu nhờ việc đóng góp năng lượng đáng kể vào kênh đa đường trở về đầu cuối). Trong một số trường hợp, số lượng búp sóng người dùng K là lớn hơn số lượng bộ phát đáp L trên đường tín hiệu của kênh đa đường trở về đầu cuối. Hơn nữa, trong một số trường hợp, số lượng AN M là lớn hơn số lượng bộ phát đáp L trên đường tín hiệu của kênh đa đường trở về đầu cuối 1908. Theo một ví dụ, phần tử $Hret_{4,2}$ của ma trận kênh trở về Hret được kết hợp với kênh từ vị trí tham chiếu trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng thứ hai 1903 đến AN thứ tư 1901. Ma trận Hret mô hình hóa kênh đầu cuối là tích của các ma trận $Ct \times E \times Ar$ (xem Fig.6). Mỗi phần tử trong Hret mô hình hóa độ khuếch đại đầu cuối của một kênh đa đường trở về đầu cuối 1908. Do bản chất đa đường của kênh, kênh này có thể phải chịu sự suy giảm mạnh. Các búp sóng người dùng trở về có thể được tạo ra bởi CPS 505. CPS 505 tính toán các trọng số búp sóng trở về dựa vào mô hình của $M \times K$ đường tín hiệu này và tạo ra các búp sóng người dùng trở về bằng cách áp dụng các trọng số búp sóng trở về lên các tín hiệu trở về tổ hợp, mỗi trọng số được tính toán đối với mỗi kênh đa đường trở về đầu cuối mà ghép nối các thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong một vùng phủ sóng búp sóng người dùng với một trong số các AN 515. Trong một số trường hợp, các trọng số búp sóng trở về được tính toán trước khi nhận tín hiệu trở về tổ hợp. Có một liên kết trở về đầu cuối từ mỗi trong số K vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 đến M AN 515. Việc tạo trọng số (tức là, pha /biên độ tương đối phức hợp) của mỗi trong số các tín hiệu được nhận bởi M AN 515 cho phép các tín hiệu này được kết hợp để tạo búp sóng người dùng trở về sử dụng công suất tạo búp sóng của CPS 505 trong phạm vi phân đoạn mặt đất 502. Việc tính toán ma trận trọng số búp sóng được sử dụng để xác định cách thức để tạo trọng số mỗi kênh đa đường trở về đầu cuối 1908, để tạo ra các búp sóng người dùng trở về, như sẽ được thảo luận chi tiết hơn dưới đây. Các búp sóng người dùng không được tạo ra bằng cách điều chỉnh trực tiếp pha và biên độ tương đối của các tín hiệu được truyền bởi một phần tử anten của hệ chuyển tiếp đầu cuối theo pha và biên độ của các tín hiệu được truyền bởi các phần tử anten của hệ chuyển tiếp đầu cuối khác. Thay vào đó, các búp sóng người dùng được tạo ra bằng cách

áp dụng các trọng số được kết hợp với $M \times K$ ma trận kênh lên M tín hiệu AN. Chính các AN tạo ra sự đa dạng cho đường nhận, từ một bộ phát (thiết bị đầu cuối người dùng) đến nhiều bộ thu (các AN), cho phép truyền thành công thông tin từ thiết bị đầu cuối người dùng bất kỳ khi có mặt kênh đa đường được tạo ra có chủ ý.

Dữ liệu chuyển tiếp

Fig.9 minh họa một mô hình làm ví dụ của các đường tín hiệu dành cho các tín hiệu mang dữ liệu chuyển tiếp trên liên kết chuyển tiếp đầu cuối 501. Dữ liệu chuyển tiếp là dữ liệu đi từ các AN 515 đến các thiết bị đầu cuối người dùng 517. Các tín hiệu trên hình vẽ này đi từ phải sang trái. Các tín hiệu bắt nguồn từ M AN 515 được định vị trong vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp đầu cuối 503. Có K vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519. Các tín hiệu từ mỗi AN 515 được chuyển tiếp bởi L đường tín hiệu thu/phát 2001.

Các đường tín hiệu thu/phát 2001 truyền tín hiệu được chuyển tiếp đến các thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong các vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519. Do đó, có thể có L cách khác nhau để lấy tín hiệu từ AN cụ thể 515 đến thiết bị đầu cuối người dùng 517 được định vị trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519. Điều này tạo ra L đường giữa mỗi AN 515 và mỗi thiết bị đầu cuối người dùng 517. Lưu ý rằng, do các sơ đồ phủ sóng của phần tử anten mà một số L đường có thể có năng lượng thấp hơn các đường khác.

Fig.10 minh họa liên kết chuyển tiếp đầu cuối 501 làm ví dụ mà ghép nối các nút truy cập ở các vị trí được phân bố theo địa lý với thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong búp sóng người dùng (ví dụ, được định vị ở vị trí phục hồi trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519) qua hệ chuyển tiếp đầu cuối 503. Trong một số trường hợp, tín hiệu dữ liệu chuyển tiếp nhận được ở bộ tạo búp sóng trước khi tạo ra các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp. Các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp được phát ở bộ tạo búp sóng và được truyền thông đến các AN 515. Ví dụ, mỗi AN 515 nhận tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp duy nhất (búp sóng được tạo trọng số) được tạo theo các trọng số búp sóng tương ứng với AN 515 đó. Mỗi AN 515 có đầu ra truyền tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp qua một trong số M liên kết lên. Mỗi tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp bao gồm tín hiệu dữ liệu chuyển tiếp được kết hợp với búp sóng người dùng chuyển tiếp. Tín hiệu dữ liệu chuyển tiếp “được kết hợp với” búp sóng người dùng chuyển tiếp, do nó được chủ định để được nhận bởi các thiết bị đầu cuối người dùng 517 được cấp dịch vụ bởi búp sóng người dùng. Trong một số trường hợp, tín hiệu dữ liệu chuyển tiếp bao gồm hai hoặc nhiều hơn hai luồng dữ liệu người dùng. Các luồng dữ liệu người dùng có thể được ghép kênh cùng nhau bằng cách ghép kênh phân chia thời gian hoặc phân chia tần số, v.v.. Trong một số trường hợp, mỗi luồng dữ liệu người dùng để truyền đến một hoặc nhiều trong số các thiết bị đầu cuối người dùng trong phạm vi của cùng búp sóng người dùng chuyển tiếp.

Như sẽ được thảo luận chi tiết hơn dưới đây, mỗi tín hiệu liên kết lên chuyển

tiếp được truyền một cách đồng bộ thời gian bởi AN 515 truyền tương ứng của nó. Các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 được truyền từ các AN 515 được nhận bởi các bộ phát đáp 410 trên hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 qua phần tử anten thu 406 trên hệ chuyển tiếp đầu cuối 503. Phần chồng lên nhau 550 của các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 nhận được từ các vị trí được phân bố theo địa lý tạo ra tín hiệu chuyển tiếp đầu vào tổ hợp 545. Mỗi bộ phát đáp 410 đồng thời nhận tín hiệu chuyển tiếp đầu vào tổ hợp 545. Tuy nhiên, mỗi bộ phát đáp 410 sẽ nhận các tín hiệu ở các thời gian khác nhau một chút do các khác biệt về vị trí của phần tử anten thu 406 được kết hợp với mỗi bộ phát đáp 401.

Cr là ma trận phát liên kết lên chuyển tiếp $L \times M$. Các giá trị của ma trận phát liên kết lên chuyển tiếp mô hình hóa đường tín hiệu (biên độ và pha) từ các AN 515 đến phần tử anten thu 406. E là ma trận tải hữu ích $L \times L$ và cung cấp mô hình của các đường tín hiệu của bộ phát đáp từ các phần tử anten thu 406 đến các phần tử anten phát 409. Độ khuếch đại đường trực tiếp từ mỗi phần tử anten thu 406 qua một bộ phát đáp tương ứng trong số các bộ phát đáp tương ứng đến mỗi phần tử anten phát 409 tương ứng được mô hình hóa bởi các giá trị đường chéo của ma trận tải hữu ích. Như đã lưu ý ở trên về liên kết trở về, giả sử không có giao tiếp chéo giữa các phần tử anten, thì các phần tử không ở trên đường chéo của ma trận tải hữu ích là 0. Trong một số trường hợp, các giao tiếp chéo có thể không phải là 0. Sự cách ly các đường tín hiệu với nhau sẽ làm tối thiểu hóa các giao tiếp chéo. Theo ví dụ này, mỗi trong số các bộ phát đáp 410 ghép nối một phần tử tương ứng trong số các phần tử anten thu 406 với một phần tử tương ứng trong số các phần tử anten phát 409. Do đó, tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 522 kết xuất tín hiệu từ mỗi trong số các bộ phát đáp 410 được truyền bởi mỗi trong số các bộ phát đáp 410 (xem Fig.9) qua các phần tử anten phát 409, sao cho các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp K 522 tạo ra búp sóng người dùng chuyển tiếp (bởi sự trùng nhau theo cách có tính xây dựng và không có tính xây dựng ở các vị trí phục hồi địa lý mong muốn để tạo búp sóng). Trong một số trường hợp, nhiều búp sóng người dùng được tạo ra, mỗi búp sóng tương ứng với vùng phủ sóng búp sóng người dùng theo địa lý 519 cấp dịch vụ cho nhóm các thiết bị đầu cuối người dùng 517 tương ứng trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519. Đường từ phần tử anten phát thứ nhất 409a (xem Fig.10) đến vị trí tham chiếu (hoặc phục hồi) trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng thứ nhất 519 được cho theo giá trị At_{11} của ma trận phát liên kết xuống chuyển tiếp. Như đã lưu ý về liên kết trở về, hệ thống tạo búp sóng đầu cuối này chủ ý tạo ra môi trường đa đường đối với đường đầu cuối từ AN 515 bất kỳ đến thiết bị đầu cuối người dùng 517 bất kỳ. Trong một số trường hợp, tập hợp con gồm các phần tử anten phát 409 truyền các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 522 với năng lượng đáng kể đến thiết bị đầu cuối người dùng 517. Thiết bị đầu cuối người dùng 517 (hoặc tổng quát hơn, vị trí tham chiếu hoặc phục hồi trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 để nhận và/hoặc phục hồi) nhận các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 522 và phục hồi ít nhất một phần tín hiệu dữ liệu chuyển tiếp từ các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 522 nhận được. Các tín

hiệu liên kết xuống chuyển tiếp được truyền 522 có thể được nhận bởi thiết bị đầu cuối người dùng 517 ở mức tín hiệu nằm trong phạm vi 10 dB so với mức tín hiệu tối đa từ bất kỳ trong số các tín hiệu khác được truyền bởi các phần tử anten phát 409 trong phạm vi tập hợp con. Trong một số trường hợp, tập hợp con gồm các phần tử anten phát bao gồm ít nhất 10% của các phần tử anten phát có mặt trong hệ chuyển tiếp đầu cuối 503. Trong một số trường hợp, tập hợp con gồm các phần tử anten phát bao gồm ít nhất 10 phần tử anten phát, không phụ thuộc vào việc có bao nhiêu các phần tử anten phát 409 có mặt trong hệ chuyển tiếp đầu cuối 503. Trong một trường hợp, việc nhận các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp bao gồm việc nhận phản chồng lên nhau 551 của các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp.

Fig.11 là hình vẽ được đơn giản hóa thể hiện mô hình của tất cả các kênh đa đường chuyển tiếp đầu cuối 2208 từ M AN 515 đến K vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519. Như được thể hiện trên Fig.11, có kênh đa đường chuyển tiếp đầu cuối 2208 ghép nối mỗi AN 515 với mỗi vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519. Mỗi kênh 2208 từ một AN 515 đến một vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 có đa đường được tạo ra chẳng hạn là kết quả của L đường duy nhất từ AN 515 qua các bộ phát đáp đến vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519. Như vậy, các kênh đa đường K x M 2208 có thể được mô hình hóa riêng biệt và mô hình của mỗi kênh đóng vai trò làm phần tử của ma trận kênh chuyển tiếp K x M Hfwd. Ma trận kênh chuyển tiếp Hfwd có M vector, mỗi vector có kích thước bằng K, sao cho mỗi vector mô hình hóa các độ khuếch đại chuyển tiếp đầu cuối đối với các sự truyền thông đa đường giữa AN tương ứng trong số M AN 515 và các vị trí tham chiếu (hoặc phục hồi) trong K vùng phủ sóng búp sóng người dùng chuyển tiếp. Mỗi kênh đa đường chuyển tiếp đầu cuối ghép nối một trong số M AN 515 với các thiết bị đầu cuối người dùng 517 được cấp dịch vụ bởi một trong số K búp sóng người dùng chuyển tiếp qua L bộ phát đáp 410 (xem Fig.10). Trong một số trường hợp, chỉ tập hợp con của L bộ phát đáp 410 trên hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 được sử dụng để tạo kênh đa đường chuyển tiếp đầu cuối (tức là, trên đường tín hiệu của kênh đa đường chuyển tiếp đầu cuối). Trong một số trường hợp, số lượng của các búp sóng người dùng K là lớn hơn số lượng của các bộ phát đáp L mà trên đường tín hiệu của kênh đa đường chuyển tiếp đầu cuối. Hơn nữa, trong một số trường hợp, số lượng AN M là lớn hơn số lượng của bộ phát đáp L mà trên đường tín hiệu của kênh đa đường chuyển tiếp đầu cuối.

Hfwd có thể biểu diễn liên kết chuyển tiếp đầu cuối dưới dạng tích của các ma trận $A_t \times E \times C_r$. Mỗi phần tử trong Hfwd là độ khuếch đại chuyển tiếp đầu cuối do bản chất đa đường của đường và có thể phải chịu sự suy giảm mạnh. Trọng số búp sóng thích hợp có thể được tính toán đối với mỗi kênh trong số các kênh đa đường chuyển tiếp đầu cuối 2208 bởi CPS 505 trong phạm vi phân đoạn mặt đất 502 để tạo ra các búp sóng người dùng chuyển tiếp từ tập hợp M AN 515 đến mỗi vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519. Các AN 515 tạo ra độ đa dạng đường truyền, bằng cách sử dụng nhiều bộ phát (các AN) đến một bộ thu (thiết bị đầu cuối người dùng), tạo công suất truyền

thành công thông tin đến thiết bị đầu cuối người dùng 517 bất kỳ khi có sự có mặt của kênh đa đường được tạo ra có chủ ý.

Dữ liệu chuyển tiếp và trở về được kết hợp

Fig.12 minh họa hệ chuyển tiếp đầu cuối làm ví dụ hỗ trợ cả sự truyền thông chuyển tiếp và trở về. Trong một số trường hợp, cùng các đường tín hiệu của hệ chuyển tiếp đầu cuối (ví dụ, tập hợp gồm các phần tử anten thu, các bộ phát đáp và các phần tử anten phát) có thể được sử dụng cho cả liên kết chuyển tiếp đầu cuối 501 và liên kết trở về đầu cuối 523. Một số trường hợp khác bao gồm bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp và các bộ phát đáp liên kết trở về, có thể hoặc không thể chia sẻ các phần tử anten thu và phát. Trong một số trường hợp, hệ thống 1200 có nhiều AN và thiết bị đầu cuối người dùng được định vị trong cùng một vùng địa lý chung 1208 (mà có thể là, ví dụ, một bang cụ thể, toàn bộ một nước, một vùng, toàn bộ một vùng nhìn thấy hoặc vùng địa lý thích hợp bất kỳ khác 1208). Hệ chuyển tiếp đầu cuối 1202 (được bố trí trên vệ tinh hoặc hệ chuyển tiếp đầu cuối thích hợp bất kỳ khác) nhận các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 từ các AN và truyền các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 522 đến các thiết bị đầu cuối người dùng. Ở các thời điểm khác hoặc trên các tần số khác, hệ chuyển tiếp đầu cuối 1202 cũng nhận các tín hiệu liên kết lên trở về 525 từ các thiết bị đầu cuối người dùng và truyền các tín hiệu liên kết xuống trở về 527 đến các AN. Trong một số trường hợp, hệ chuyển tiếp đầu cuối 1202 được chia sẻ giữa dữ liệu chuyển tiếp và dữ liệu trở về bằng cách sử dụng các kỹ thuật chẳng hạn như song công miền thời gian, song công miền tần số và dạng tương tự. Trong một số trường hợp, song công miền thời gian giữa dữ liệu chuyển tiếp và dữ liệu trở về sử dụng cùng khoảng tần số: dữ liệu chuyển tiếp được truyền trong các khoảng thời gian (không trùng) khác so với các khoảng thời gian được sử dụng để truyền dữ liệu trở về. Trong một số trường hợp, với song công miền tần số, các tần số khác nhau được sử dụng cho dữ liệu chuyển tiếp và dữ liệu trở về, nhờ đó cho phép truyền đồng thời, không gián đoạn dữ liệu chuyển tiếp và dữ liệu trở về.

Fig.13 minh họa khoảng tần số liên kết lên được phân chia thành hai phần. Phần tần số thấp hơn (bên trái) của phạm vi được cấp phát cho liên kết lên chuyển tiếp và phần tần số cao hơn (bên phải) của phạm vi được cấp phát cho liên kết lên trở về. Khoảng liên kết lên có thể được phân chia thành nhiều phần của dữ liệu chuyển tiếp hoặc dữ liệu trở về.

Fig.14 minh họa dữ liệu chuyển tiếp và dữ liệu trở về đang được ghép kênh phân chia thời gian. Chu kỳ khung dữ liệu được thể hiện trong đó dữ liệu chuyển tiếp được chuyển đi trong khoảng thời gian thứ nhất của khung, trong khi dữ liệu trở về được chuyển đi trong khoảng thời gian cuối cùng của khung. Hệ chuyển tiếp đầu cuối nhận từ một hoặc nhiều nút truy cập trong khoảng thời gian nhận (chuyển tiếp) thứ nhất và từ một hoặc nhiều thiết bị đầu cuối người dùng trong khoảng thời gian nhận (trở về) thứ hai không trùng với khoảng thời gian nhận thứ nhất. Hệ chuyển tiếp đầu cuối truyền đến một hoặc nhiều thiết bị đầu cuối người dùng trong khoảng thời gian truyền (chuyển tiếp)

thứ nhất và đến một hoặc nhiều nút truy cập trong khoảng thời gian truyền (trở về) thứ hai không trùng với khoảng thời gian nhận thứ nhất. Dữ liệu khung có thể được lặp lại hoặc có thể thay đổi động. Khung có thể được phân chia thành nhiều phần (ví dụ, không liên tục) đối với dữ liệu chuyển tiếp và dữ liệu trở về.

Các vệ tinh tạo búp sóng đầu cuối

Trong một số trường hợp, hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 được ứng dụng trên vệ tinh, sao cho vệ tinh được sử dụng để chuyển tiếp các tín hiệu từ các AN (mà có thể được gọi là các nút truy cập vệ tinh (các SAN) trong các trường hợp này) đến các thiết bị đầu cuối người dùng và ngược lại. Trong một số trường hợp, vệ tinh ở trên quỹ đạo địa tĩnh. Một ví dụ về vệ tinh vận hành như là hệ chuyển tiếp đầu cuối có mảng gồm các phần tử anten thu, mảng gồm các phần tử anten phát và một số bộ phát đáp kết nối các phần tử anten thu với các phần tử anten phát. Các mảng này có một lượng lớn các phần tử anten với các vùng phủ sóng trùng nhau của phần tử anten, tương tự với các anten mảng điều pha liên kết đơn truyền thống. Đây là các vùng phủ sóng trùng nhau của phần tử anten trên cả các phần tử anten thu và các phần tử anten phát mà tạo ra môi trường đa đường như được mô tả ở trên. Trong một số trường hợp, các sơ đồ anten được xác lập bởi các phần tử anten tương ứng và điều đó tạo ra các vùng phủ sóng trùng nhau của phần tử anten (ví dụ, các sơ đồ anten búp sóng thành phần trùng nhau), là giống nhau. Nhằm phục vụ mục đích của sáng chế, thuật ngữ “giống nhau” có nghĩa là chúng về cơ bản tuân theo cùng một phân phối năng lượng trên một tập hợp các điểm cho trước trong không gian, cho phần tử anten như là một điểm tham chiếu để định vị các điểm trong không gian. Sẽ là khó để hoàn toàn giống nhau. Do đó, các sơ đồ có các độ lệch tương đối nhỏ so với nhau ở trong phạm vi của các sơ đồ “giống nhau”. Trong các trường hợp khác, các sơ đồ anten búp sóng thành phần thu có thể không giống nhau, mà thực tế là có thể khác nhau một cách đáng kể. Các sơ đồ anten này có thể vẫn tạo ra các vùng phủ sóng trùng nhau của phần tử anten, tuy nhiên, các vùng phủ sóng thu được đó sẽ không giống nhau.

Các dạng anten bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở, các bộ phản xạ được cấp mảng, các mảng đồng tiêu, các mảng phát trực tiếp và các dạng mảng anten khác. Mỗi anten có thể là hệ thống bao gồm thành phần quang học bổ sung để hỗ trợ việc nhận và/hoặc truyền các tín hiệu, chẳng hạn như một hoặc nhiều bộ phản xạ. Trong một số trường hợp, vệ tinh bao gồm các thành phần hỗ trợ việc căn chỉnh thời gian hệ thống và hiệu chỉnh sự tạo búp sóng.

Fig.15 là sơ đồ minh họa vệ tinh làm ví dụ 1502 có thể được sử dụng làm hệ chuyển tiếp đầu cuối 503. Trong một số trường hợp, vệ tinh 1502 có anten phát có bộ phản xạ được dẫn sóng bằng mảng 401 và anten thu có bộ phản xạ được dẫn sóng bằng mảng 402. Anten thu 402 bao gồm bộ phản xạ thu (không được thể hiện) và mảng gồm các phần tử anten thu 406. Các phần tử anten thu 406 được chiếu bởi bộ phản xạ thu. Anten phát 401 bao gồm bộ phản xạ phát (không được thể hiện) và mảng gồm các phần

từ anten phát 409. Các phần tử anten phát 409 được sắp xếp để chiếu bộ phản xạ phát. Trong một số trường hợp, cùng một bộ phản xạ được sử dụng cho cả việc thu và phát. Trong một số trường hợp, một cổng của phần tử anten được sử dụng để thu và cổng khác là để phát. Một số anten có công suất phân biệt giữa các tín hiệu của các sự phân cực khác nhau. Ví dụ, phần tử anten có thể bao gồm bốn cổng dẫn sóng cho sự phân cực tròn xoay phải (RHCP – Right-Hand Circular Polarization) nhận, sự phân cực tròn xoay trái (LHCP – Left-Hand Circular Polarization) nhận, RHCP truyền và LHCP truyền tương ứng. Trong một số trường hợp, các sự phân cực kép có thể được sử dụng để tăng công suất của hệ thống; trong các trường hợp khác, một sự phân cực có thể được sử dụng làm giảm sự giao thoa (ví dụ, với hệ thống khác sử dụng sự phân cực khác).

Vệ tinh làm ví dụ 1502 còn bao gồm nhiều bộ phát đáp 410. Bộ phát đáp 410 kết nối đầu ra từ một phần tử anten thu 406 với đầu vào của phần tử anten phát 409. Trong một số trường hợp, bộ phát đáp 410 khuếch đại tín hiệu nhận được. Mỗi phần tử anten thu kết xuất tín hiệu nhận được duy nhất. Trong một số trường hợp, tập hợp con gồm các phần tử anten thu 406 nhận tín hiệu từ bộ phát mặt đất, như hoặc là thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong trường hợp là tín hiệu liên kết trở về hoặc AN 515 trong trường hợp là tín hiệu liên kết chuyển tiếp. Trong một số trường hợp này, độ khuếch đại của mỗi phần tử anten thu trong tập hợp con đối với tín hiệu nhận được nằm trong phạm vi tương đối nhỏ. Trong một số trường hợp, phạm vi là 3 dB. Trong các trường hợp khác, phạm vi là 6 dB. Trong các trường hợp khác nữa, phạm vi là 10 dB. Theo đó, vệ tinh sẽ nhận tín hiệu ở mỗi trong số các phần tử anten thu 406 của vệ tinh, tín hiệu truyền thông bắt nguồn từ bộ phát mặt đất, sao cho tập hợp con gồm các phần tử anten thu 406 nhận tín hiệu truyền thông ở mức tín hiệu mà về cơ bản không nhỏ hơn mức tín hiệu tương ứng với độ khuếch đại đỉnh của phần tử anten thu 406.

Trong một số trường hợp, ít nhất 10 bộ phát đáp 410 được trang bị trong vệ tinh 1502. Trong trường hợp khác, ít nhất 100 bộ phát đáp 410 được trang bị trong vệ tinh 1502. Trong trường hợp khác nữa, số lượng các bộ phát đáp mỗi phân cực có thể nằm trong khoảng 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024 hoặc các số lượng ở giữa hoặc lớn hơn. Trong một số trường hợp, bộ phát đáp 410 bao gồm bộ khuếch đại nhiễu thấp (LNA - Low Noise Amplifier) 412, bộ biến đổi tần số và các bộ lọc kết hợp 414 và bộ khuếch đại công suất (PA – Power Amplifier) 420. Trong một số trường hợp trong đó tần số liên kết lên và tần số liên kết xuống là như nhau, thì bộ phát đáp không bao gồm bộ biến đổi tần số. Trong các trường hợp khác, các phần tử anten thu vận hành ở tần số thứ nhất. Mỗi phần tử anten thu 406 được kết hợp với một bộ phát đáp 410. Phần tử anten thu 406 được ghép nối với đầu vào của LNA 412. Do đó, LNA khuếch đại một cách độc lập tín hiệu nhận được duy nhất được tạo ra bởi phần tử anten thu được kết hợp với bộ phát đáp 410. Trong một số trường hợp, đầu ra của LNA 412 được ghép nối với bộ biến đổi tần số 414. Bộ biến đổi tần số 414 biến đổi tín hiệu được khuếch đại sang tần số thứ hai.

Đầu ra của bộ phát đáp được ghép nối với một trong số các phần tử anten phát kết hợp. Trong các ví dụ này, có sự tương quan một-một giữa bộ phát đáp 410, phần tử anten thu kết hợp 406 và phần tử anten phát được kết hợp 409, sao cho đầu ra của mỗi phần tử anten thu 406 được kết nối với đầu vào của một và chỉ một bộ phát đáp và đầu ra của bộ phát đáp đó được kết nối với đầu vào của một và chỉ một phần tử anten phát.

Fig.16 minh họa bộ phát đáp làm ví dụ 410. Bộ phát đáp 410 có thể là một ví dụ về bộ phát đáp của hệ chuyển tiếp đầu cuối 503, như được mô tả ở trên (ví dụ, vệ tinh 1502 trên Fig.15). Theo ví dụ này, bộ phát đáp bao gồm bộ dịch pha 418 ngoài LNA 412, bộ biến đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 414 và bộ khuếch đại công suất (PA) của bộ phát đáp 410. Như được thể hiện trên Fig.16, bộ phát đáp làm ví dụ 410 có thể cũng được ghép nối với bộ điều khiển dịch pha 427. Ví dụ, bộ điều khiển dịch pha 427 có thể được ghép nối (trực tiếp hoặc gián tiếp) với mỗi trong số một số hoặc tất cả các bộ phát đáp của hệ chuyển tiếp đầu cuối 503, sao cho bộ điều khiển dịch pha 427 có thể thiết đặt độc lập các pha đối với mỗi bộ phát đáp. Các bộ dịch pha có thể là hữu ích để hiệu chỉnh, ví dụ, như sẽ được thảo luận dưới đây.

Anten

Để tạo ra môi trường đa đường, các vùng phủ sóng của phần tử anten có thể trùng với các vùng phủ sóng của phần tử anten của ít nhất một phần tử anten khác có cùng độ phân cực, tần số và loại (phát hoặc thu tương ứng). Trong một số trường hợp, nhiều sơ đồ anten búp sóng thành phần thu, vận hành được ở cùng sự phân cực thu và tần số thu (ví dụ, có chung ít nhất một phần của tần số thu), trùng với nhau. Ví dụ, trong một số trường hợp, ít nhất 25% của các sơ đồ anten búp sóng thành phần thu, vận hành được ở cùng sự phân cực thu và tần số thu (ví dụ, có chung ít nhất một phần của tần số thu), trùng với ít nhất năm sơ đồ anten búp sóng thành phần thu khác. Tương tự, trong một số trường hợp, ít nhất 25% của các sơ đồ anten búp sóng thành phần phát, vận hành được ở cùng sự phân cực phát và tần số phát (ví dụ, có chung ít nhất một phần của tần số phát), trùng với ít nhất năm sơ đồ anten búp sóng thành phần phát khác. Mức độ trùng sẽ thay đổi từ hệ thống này đến hệ thống khác. Trong một số trường hợp, ít nhất một trong số các phần tử anten thu 406 có các sơ đồ anten búp sóng thành phần trùng với các sơ đồ anten của các phần tử anten thu 406 khác vận hành được ở cùng tần số thu (ví dụ, có chung ít nhất một phần của tần số thu) và cùng sự phân cực thu. Do đó, ít nhất một số trong số các phần tử anten thu có công suất nhận cùng các tín hiệu từ cùng một nguồn. Tương tự, ít nhất một trong số các phần tử anten phát 409 có sơ đồ anten búp sóng thành phần trùng với các sơ đồ anten của các phần tử anten phát 409 khác vận hành được ở cùng tần số phát (ví dụ, có chung ít nhất một phần của tần số phát) và sự phân cực phát. Do đó, ít nhất một số trong số các phần tử anten phát có công suất truyền các tín hiệu có cùng tần số ở cùng sự phân cực với cùng thiết bị thu. Trong một số trường hợp, các sơ đồ anten búp sóng thành phần trùng nhau có thể có các độ khuếch đại chênh lệch nhau dưới 3 dB (hoặc giá trị thích hợp bất kỳ khác) trên một vùng địa lý chung.

Các phần tử anten, dù là thu hoặc phát, có thể có sơ đồ anten búp sóng thành phần rộng và do đó có vùng phủ sóng của phần tử anten tương đối rộng. Trong một số trường hợp, các tín hiệu được truyền bởi bộ phát mặt đất, chẳng hạn như thiết bị đầu cuối người dùng 517 hoặc nút truy cập 515, được nhận bởi tất cả các phần tử anten thu 406 của hệ chuyển tiếp đầu cuối (ví dụ, vệ tinh). Trong một số trường hợp, tập hợp con gồm các phần tử 406 nhận các tín hiệu từ bộ phát mặt đất. Trong một số trường hợp, tập hợp con bao gồm ít nhất 50% của các phần tử anten thu. Trong các trường hợp khác, tập hợp con bao gồm ít nhất 75% của các phần tử anten thu. Trong các trường hợp khác nữa, tập hợp con bao gồm ít nhất 90% (ví dụ, lên đến và bao gồm tất cả) của các phần tử anten thu. Các tập hợp con khác nhau gồm các phần tử anten thu 406 có thể nhận các tín hiệu từ các thiết bị truyền tín hiệu mặt đất khác nhau. Tương tự, trong một số trường hợp, tập hợp con gồm các phần tử 409 truyền các tín hiệu có thể được nhận bởi thiết bị đầu cuối người dùng 517. Trong một số trường hợp, tập hợp con bao gồm ít nhất 50% của các phần tử anten phát. Trong các trường hợp khác, tập hợp con bao gồm ít nhất 75% của các phần tử anten phát. Trong các trường hợp khác nữa, tập hợp con bao gồm ít nhất 90% (ví dụ, lên đến và bao gồm tất cả) của các phần tử anten phát. Các tập hợp con khác nhau gồm các phần tử 409 có thể truyền các tín hiệu được nhận bởi các thiết bị đầu cuối người dùng khác nhau. Hơn nữa, các thiết bị đầu cuối người dùng có thể trong phạm vi của một số vùng phủ sóng búp sóng người dùng được tạo ra 519. Nhằm phục vụ mục đích của sáng chế, sơ đồ anten là sơ đồ phân phối năng lượng được truyền đến hoặc nhận được từ anten. Trong một số trường hợp, năng lượng có thể được phát trực tiếp từ/đến phần tử anten. Trong các trường hợp khác, năng lượng từ một hoặc nhiều phần tử anten phát có thể được phản xạ bởi một hoặc nhiều bộ phản xạ mà tạo ra hình dạng sơ đồ phần tử anten. Tương tự, phần tử thu có thể nhận năng lượng trực tiếp hoặc sau khi năng lượng được phản xạ khỏi một hoặc nhiều bộ phản xạ. Trong một số trường hợp, các anten có thể được tạo ra từ một số phần tử, mỗi phần tử có sơ đồ anten búp sóng thành phần thiết lập vùng phủ sóng của phần tử anten tương ứng. Tương tự, tất cả hoặc tập hợp con gồm các phần tử anten thu và phát nhận và truyền các tín hiệu đến các AN 515 có thể trùng nhau, sao cho các phần tử anten thu nhận các tín hiệu từ cùng AN 515 và/hoặc các phần tử anten phát truyền các tín hiệu đến cùng AN 515.

Fig.17 minh họa các sơ đồ anten búp sóng thành phần được tạo ra bởi một số phần tử anten (các phần tử anten thu 406 hoặc các phần tử anten phát 409) giao nhau ở các điểm 3 dB. Sơ đồ anten búp sóng thành phần 1301 của phần tử anten thứ nhất có độ khuếch đại anten búp sóng thành phần đỉnh theo hướng trục 1303. Sơ đồ anten búp sóng thành phần 1301 được thể hiện là suy giảm khoảng 3 dB trước khi nó giao nhau với sơ đồ anten búp sóng thành phần 1305. Vì mỗi cặp hai sơ đồ anten búp sóng thành phần liền kề trùng nhau chỉ một phần tương đối nhỏ của sơ đồ anten búp sóng thành phần quanh đường 3 dB 1307, nên các phần tử anten mà tạo ra các sơ đồ anten búp sóng thành phần này được coi là không trùng nhau.

Fig.18 minh họa các đường biên anten 3 dB lý tưởng 3901, 3902, 3903 của

một số phần tử 406, 409 với độ khuếch đại đỉnh được ký hiệu với chữ cái ‘x’. Các đường biên 3901, 3902, 3903 được đề cập ở đây là “lý tưởng” vì các đường biên được thể hiện dưới dạng đường tròn để đơn giản hóa. Tuy nhiên, các đường biên 3901, 3902, 3903 không nhất thiết phải là dạng đường tròn. Mỗi đường biên chỉ báo vị trí ở đó tín hiệu được truyền hoặc nhận được là dưới mức đỉnh 3 dB. Bên ngoài đường biên, tín hiệu là dưới đỉnh nhiều hơn 3 dB. Bên trong đường biên, tín hiệu là dưới đỉnh ít hơn 3 dB (tức là, trong phạm vi 3 dB so với đỉnh). Trong hệ thống trong đó vùng phủ sóng của sơ đồ anten búp sóng thành phần thu là tất cả các điểm mà độ khuếch đại anten búp sóng thành phần thu nằm trong phạm vi 3 dB so với độ khuếch đại anten búp sóng thành phần thu đỉnh, vùng bên trong đường biên được gọi là vùng phủ sóng của phần tử anten. Đường biên anten 3 dB đối với mỗi thành phần 406, 409 là không trùng nhau. Tức là, chỉ một phần tương đối nhỏ của vùng bên trong đường biên anten 3 dB 3901 trùng với vùng ở bên trong các sơ đồ anten 3 dB liên kế 3902, 3903.

Fig.19 minh họa các sơ đồ anten 1411, 1413, 1415 của một số phần tử anten (các phần tử anten thu 406 hoặc các phần tử anten phát 409). Khác với các sơ đồ anten búp sóng thành phần trên Fig.17, các sơ đồ anten búp sóng thành phần được thể hiện trên Fig.19 giao nhau 1417 phía trên đường 3 dB 1307.

Từ Fig.20A đến Fig.20E là các hình vẽ minh họa các đường viền anten 3 dB đối với một số phần tử anten 406, 409 với tâm búp sóng (độ khuếch đại đỉnh) được ký hiệu với chữ cái ‘x’. Fig.20A thể hiện đường biên anten cụ thể 1411 của phần tử anten thứ nhất 406. Fig.20B thể hiện đường biên anten 3 dB 1411, 1413 đối với hai phần tử cụ thể 406. Fig.20C thể hiện đường biên anten 3 dB đối với ba phần tử 406. Fig.20D thể hiện đường biên anten 3 dB đối với bốn phần tử anten 406. Fig.20E thể hiện đường biên anten 3 dB đối với mảng gồm 16 phần tử anten 406. Đường biên anten 3 dB được thể hiện là trùng nhau 1418 (ví dụ, 16 đường biên anten 3 dB này được thể hiện). Các phần tử anten trong anten thu hoặc phát có thể được sắp xếp theo một số cấu hình khác nhau bất kỳ. Ví dụ, nếu các phần tử có loa cấp dạng gần như hình tròn, thì các phần tử này có thể được sắp xếp theo cấu hình dạng tổ ong để sắp xếp đủ các phần tử này trong một không gian hẹp. Trong một số trường hợp, các phần tử anten được được căn thẳng theo các hàng nằm ngang và các cột thẳng đứng.

Fig.21 là một ví dụ minh họa các vị trí tương đối của các đường biên anten 3 dB của anten thu kết hợp với các phần tử anten thu 406. Các tâm búp sóng của phần tử 406 được đánh số từ 1 đến 16, với phần tử 406₄ được xác định bởi số ‘4’ đến phía trên bên trái của ký hiệu tâm búp sóng ‘x’. Trong một số trường hợp, có thể có nhiều hơn 16 phần tử anten thu 406. Tuy nhiên, để đơn giản hóa, chỉ 16 phần tử được thể hiện trên Fig.21. Mảng tương ứng của các phần tử anten phát 409 và các đường biên anten 3 dB được kết hợp của chúng sẽ nhìn giống với Fig.21. Do đó, để đơn giản hóa, chỉ mảng gồm các phần tử anten thu 406 được thể hiện. Vùng 2101 ở tâm ở đó tất cả các vùng phủ sóng của phần tử anten trùng nhau.

Trong một số trường hợp, ít nhất một điểm trong vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp (ví dụ, vùng phủ sóng của vệ tinh) nằm trong các đường biên anten 3 dB của các búp sóng thành phần của một số phần tử anten 406. Trong trường hợp này, ít nhất một điểm nằm trong các đường biên anten 3 dB của ít nhất 100 phần tử anten 406 khác nhau. Trong trường hợp khác, ít nhất 10% của vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp nằm trong các đường biên anten 3 dB của ít nhất 30 phần tử anten khác nhau. Trong trường hợp khác, ít nhất 20% vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp nằm trong các đường biên anten 3 dB của ít nhất 20 phần tử anten khác nhau. Trong trường hợp khác, ít nhất 30% vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp nằm trong các đường biên anten 3 dB của ít nhất 10 phần tử anten khác nhau. Trong trường hợp khác, ít nhất 40% vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp nằm trong các đường biên anten 3 dB của ít nhất tám phần tử anten khác nhau. Trong trường hợp khác, ít nhất 50% vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp nằm trong các đường biên anten 3 dB của ít nhất bốn phần tử anten khác nhau. Tuy nhiên, trong một số trường hợp, nhiều hơn một trong số các tương quan này cũng có thể đúng.

Trong một số trường hợp, hệ chuyển tiếp đầu cuối có vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp (ví dụ, vùng phủ sóng của vệ tinh) trong đó ít nhất 25% của các điểm trong vùng phủ sóng liên kết xuống của hệ chuyển tiếp nằm trong phạm vi (ví dụ, bề rộng) các vùng phủ sóng trùng nhau của ít nhất sáu phần tử anten thu 406. Trong một số trường hợp, 25% của các điểm trong khoảng liên kết trong vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp nằm trong phạm vi (ví dụ, bề rộng) các vùng phủ sóng trùng nhau của ít nhất bốn phần tử anten thu 406. Trong một số trường hợp, hệ chuyển tiếp đầu cuối có vùng phủ sóng trong đó ít nhất 25% của các điểm trong vùng phủ sóng liên kết xuống của hệ chuyển tiếp nằm trong phạm vi (ví dụ, bề rộng) các vùng phủ sóng trùng nhau của ít nhất sáu phần tử anten phát 409. Trong một số trường hợp, 25% của các điểm trong vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp liên kết xuống nằm trong phạm vi (ví dụ, bề rộng) các vùng phủ sóng trùng nhau của ít nhất bốn phần tử anten phát 409.

Trong một số trường hợp, anten thu 402 có thể hướng đến gần như cùng vùng phủ sóng với anten phát 401, sao cho một số vùng phủ sóng của phần tử anten thu có thể tương ứng một cách tự nhiên với các vùng phủ sóng của phần tử anten phát cụ thể. Trong các trường hợp này, các phần tử anten thu 406 có thể được ánh xạ tới các phần tử anten phát tương ứng của chúng 409 qua các bộ phát đáp 410, tạo ra các vùng phủ sóng của phần tử anten phát và thu tương tự đối với mỗi đường tín hiệu thu/phát. Tuy nhiên, trong một số trường hợp, có thể là có lợi khi ánh xạ các phần tử anten thu 406 đến các phần tử anten phát 409 mà không tương ứng với cùng vùng phủ sóng búp sóng thành phần. Do đó, việc ánh xạ các phần tử 406 của anten thu 402 đến các phần tử 409 của anten phát 401 có thể được hoán vị một cách ngẫu nhiên (hoặc theo cách khác). Sự hoán vị này bao gồm trường hợp dẫn đến việc các phần tử anten thu 406 không được ánh xạ đến các phần tử anten phát 409 ở cùng vị trí tương đối trong phạm vi mảng hoặc có cùng vùng phủ sóng. Ví dụ, mỗi phần tử anten thu 406 trong phạm vi mảng phần tử anten thu có thể được kết hợp với cùng bộ phát đáp 410 khi phần tử anten phát 409 được định vị

ở vị trí đối xứng của mảng phần tử anten phát. Sự hoán vị bất kỳ khác có thể được sử dụng để ánh xạ các phần tử anten thu 406 đến các phần tử anten phát 409 theo sự hoán vị (ví dụ, ghép cặp mỗi phần tử anten thu 406 với cùng bộ phát đáp mà phần tử anten phát được kết hợp 409 được ghép nối vào đó theo sự hoán vị cụ thể của phần tử anten thu 406 và phần tử anten phát 409).

Fig.22 là bảng 4200 thể hiện các ánh xạ làm ví dụ của các phần tử anten thu 406 đến các phần tử anten phát 409 qua 16 bộ phát đáp 410. Mỗi bộ phát đáp 410 có đầu vào được ghép nối riêng với phần tử anten thu được kết hợp 406 và đầu ra ghép nối riêng với phần tử anten phát được kết hợp 409 (ví dụ, có sự tương quan một-một giữa mỗi phần tử anten thu 406, bộ phát đáp 410 và phần tử anten phát 409). Trong một số trường hợp, các phần tử anten thu, các bộ phát đáp và các phần tử anten phát khác có thể có mặt trên hệ chuyển tiếp đầu cuối (ví dụ, vệ tinh) mà không được tạo cấu hình theo sự tương quan một - một (và không vận hành như một phần của hệ thống tạo búp sóng đầu cuối).

Cột thứ nhất 4202 của bảng 4200 xác định bộ phát đáp 410. Cột thứ hai 4204 xác định phần tử anten thu 406 mà bộ phát đáp 410 của cột thứ nhất được ghép nối vào đó. Cột thứ ba 4206 của bảng 4200 xác định phần tử anten phát được kết hợp 409 mà đầu ra của bộ phát đáp 410 được ghép nối vào đó. Mỗi phần tử anten thu 406 được ghép nối với đầu vào của bộ phát đáp 410 được xác định trên cùng một hàng của bảng 4200. Tương tự, mỗi phần tử anten phát 409 được ghép nối với đầu ra của bộ phát đáp 410 được xác định trên cùng một hàng của bảng 4200. Cột thứ ba của bảng 4200 thể hiện ví dụ về sự ánh xạ trực tiếp trong đó mỗi phần tử anten thu 406 của mảng anten thu được ghép nối với cùng bộ phát đáp 410 làm phần tử anten phát 409 ở cùng vị trí tương đối trong phạm vi mảng anten phát. Cột thứ tư 4208 của bảng 4200 thể hiện ví dụ về sự ánh xạ đan xen trong đó phần tử anten thu thứ nhất 406 được ghép nối với bộ phát đáp thứ nhất 410 và với phần tử anten phát thứ mười 409. Phần tử anten thu thứ hai 406 được ghép nối với bộ phát đáp thứ hai 410 và với phần tử anten phát thứ chín 409 và v.v.. Một số trường hợp có các sự hoán vị khác, bao gồm việc ánh xạ ngẫu nhiên trong đó việc tạo cặp cụ thể của phần tử anten thu 406 và phần tử phát 409 với bộ phát đáp 410 được lựa chọn một cách ngẫu nhiên.

Sự ánh xạ trực tiếp, mà cố gắng duy trì vùng phủ sóng của phần tử anten phát và thu càng giống nhau càng tốt đối với mỗi đường tín hiệu thu/phát, thường tạo ra tổng công suất cao nhất của hệ thống. Các sự hoán vị ngẫu nhiên và đan xen thường tạo ra công suất nhỏ hơn một chút nhưng lại tạo ra hệ thống mạnh mẽ hơn khi đối mặt với sự cố ngừng AN, sự cố đứt cáp trong mạng trên mặt đất hoặc sự hao tổn của các đường tín hiệu thu/phát do hồng học về điện từ trên hệ chuyển tiếp đầu cuối (ví dụ, trong một hoặc nhiều bộ phát đáp). Các sự hoán vị ngẫu nhiên và đan xen cho phép các AN không dư thừa có giá thành thấp hơn được sử dụng. Các sự hoán vị ngẫu nhiên và đan xen cũng tạo ra sự chênh lệch ít hơn giữa công suất trong búp sóng thực hiện tốt nhất và công suất

trong búp sóng thực hiện kém nhất. Các sự hoán vị ngẫu nhiên và đan xen cũng có thể là hữu ích hơn khi bắt đầu vận hành hệ thống với chỉ một phần nhỏ của các AN dẫn đến chỉ một phần nhỏ của tổng công suất là khả dụng mà không có sự hao tổn trong vùng phủ sóng. Một ví dụ về việc này là sự triển khai gia tăng của các AN, trong đó hệ thống được bắt đầu vận hành với chỉ 50% của các AN được triển khai. Điều này có thể tạo ra công suất nhỏ hơn công suất toàn phần, trong khi vẫn cho phép sự vận hành trên toàn bộ vùng phủ sóng. Khi nhu cầu tăng lên, các AN có thể được triển khai thêm làm tăng công suất cho đến khi công suất toàn phần đạt được với tất cả các AN được kích hoạt. Trong một số trường hợp, sự thay đổi về thành phần của các AN dẫn đến phải tính toán lại các trọng số búp sóng. Sự thay đổi về thành phần có thể bao gồm sự thay đổi số lượng hoặc các đặc tính của một hoặc nhiều AN. Điều này có thể đòi hỏi sự tái ước lượng các độ khuếch đại chuyển tiếp và/hoặc trở về đầu cuối.

Trong một số trường hợp, anten là anten bộ phản xạ được dẫn sóng bằng mảng với bộ phản xạ dạng parabolit. Trong các trường hợp khác, bộ phản xạ không có dạng parabolit. Mảng gồm các phần tử anten thu 406 có thể được bố trí để nhận các tín hiệu được phản xạ bởi bộ phản xạ. Tương tự, mảng gồm các phần tử anten phát 409 có thể được bố trí để tạo ra mảng để chiếu bộ phản xạ. Một phương thức để tạo ra các phần tử với các sơ đồ anten búp sóng thành phần trùng nhau là phải có các phần tử 406, 409 phân kỳ (ra khỏi tiêu điểm) là kết quả của tiêu diện của bộ phản xạ nằm ở phía sau (hoặc ở phía trước của) mảng gồm các phần tử 406, 409 (tức là, mảng anten thu được định vị bên ngoài tiêu diện của bộ phản xạ thu).

Fig.23 minh họa mặt cắt ngang của bộ phản xạ dạng parabolit được cấp theo tâm 1521. Tiêu điểm 1523 nằm trên tiêu diện 1525 trục giao với trục tâm 1527 của bộ phản xạ 1521. Các tín hiệu nhận được đi vào bộ phản xạ 1521 song song với trục tâm 1527 được hội tụ vào tiêu điểm 1523. Tương tự, các tín hiệu được truyền từ phần tử anten được định vị ở tiêu điểm và đi vào bộ phản xạ 1521 sẽ được phản xạ dưới dạng búp sóng hội tụ từ bộ phản xạ 1521 song song với trục tâm 1527. Sự bố trí như vậy thường được sử dụng trong hệ thống một đường dẫn sóng mỗi búp sóng để tối đa hóa tính định hướng của mỗi búp sóng và tối thiểu hóa sự trùng nhau của các búp sóng được tạo ra bởi các đường dẫn sóng liền kề nhau.

Fig.24 minh họa bộ phản xạ dạng parabolit 1621 khác. Bằng cách định vị các phần tử anten 1629 (các phần tử anten thu hoặc các phần tử anten phát 406, 409, 3416, 3419, 3426, 3429,) bên ngoài tiêu diện (ví dụ, phía trước tiêu diện 1625 của bộ phản xạ 1621), đường gồm các tín hiệu được truyền 1631 đi vào bộ phản xạ 1621 sẽ không song song với nhau khi chúng phản xạ ra từ bộ phản xạ 1621, tạo ra búp sóng có bề rộng rộng hơn so với trường hợp hội tụ. Trong một số trường hợp, các bộ phản xạ có các hình dạng khác với dạng parabolit được sử dụng. Các bộ phản xạ này cũng có thể tạo ra sự phân kỳ anten. Hệ thống tạo búp sóng đầu cuối có thể sử dụng loại anten phân kỳ này để tạo ra sự trùng nhau ở vùng phủ sóng của các phần tử anten liền kề và như vậy tạo ra số

lượng lớn các đường nhận/truyền hữu ích đối với các vị trí búp sóng cho trước trong vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp.

Trong một trường hợp, vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp được xác lập, trong đó 25% của các điểm trong vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp nằm trong các vùng phủ sóng của phần tử anten của ít nhất sáu sơ đồ anten búp sóng thành phần khi hệ chuyển tiếp đầu cuối được triển khai (ví dụ, hệ chuyển tiếp vệ tinh đầu cuối là trên quỹ đạo dịch vụ). Theo cách khác, 25% của các điểm trong vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp nằm trong các vùng phủ sóng của phần tử anten của ít nhất bốn phần tử anten thu. Fig.25 minh họa vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp làm ví dụ (đối với hệ chuyển tiếp vệ tinh đầu cuối, còn được gọi là vùng phủ sóng của vệ tinh) 3201 (được thể hiện bằng đường gạch chéo đơn) và vùng 3203 (được thể hiện bằng đường gạch chéo đôi) được xác định bởi các điểm trong vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp 320 cũng nằm trong phạm vi sáu vùng phủ sóng của phần tử anten 3205, 3207, 3209, 3211, 3213, 3215. Vùng phủ sóng 3201 và các vùng phủ sóng của phần tử anten 3205, 3207, 3209, 3211, 3213, 3215 có thể là các vùng phủ sóng của phần tử anten thu hoặc các vùng phủ sóng của phần tử anten phát và có thể được kết hợp chỉ với liên kết chuyển tiếp hoặc chỉ với liên kết trở về. Kích thước của các vùng phủ sóng của phần tử anten 3205, 3207, 3209, 3211, 3213, 3215 được xác định bởi hiệu suất mong muốn cần được tạo ra bởi hệ thống. Hệ thống mà có thể chấp thuận các lỗi nhiều hơn có thể có các vùng phủ sóng của phần tử anten lớn hơn hệ thống ít chấp thuận các lỗi hơn. Trong một số trường hợp, mỗi vùng phủ sóng của phần tử anten 3205, 3207, 3209, 3211, 3213, 3215 là tất cả các điểm mà độ khuếch đại anten búp sóng thành phần nằm trong phạm vi 10 dB so với độ khuếch đại anten búp sóng thành phần đỉnh để phần tử anten thiết lập lập sơ đồ anten búp sóng thành phần. Trong các trường hợp khác, mỗi vùng phủ sóng của phần tử anten 3205, 3207, 3209, 3211, 3213, 3215 là tất cả các điểm mà độ khuếch đại anten búp sóng thành phần nằm trong phạm vi 6 dB so với độ khuếch đại anten búp sóng thành phần đỉnh. Trong các trường hợp khác nữa, mỗi vùng phủ sóng của phần tử anten 3205, 3207, 3209, 3211, 3213, 3215 là tất cả các điểm mà độ khuếch đại anten búp sóng thành phần nằm trong phạm vi 3 dB so với độ khuếch đại anten búp sóng thành phần đỉnh. Ngay cả khi hệ chuyển tiếp đầu cuối chưa được triển khai (ví dụ, hệ chuyển tiếp vệ tinh đầu cuối không ở trên quỹ đạo dịch vụ), thì hệ chuyển tiếp đầu cuối vẫn có các sơ đồ anten búp sóng thành phần tương thích với định nghĩa nêu trên. Tức là, các vùng phủ sóng của phần tử anten tương ứng với hệ chuyển tiếp đầu cuối trên quỹ đạo có thể được tính toán từ các sơ đồ anten búp sóng thành phần ngay cả khi hệ chuyển tiếp đầu cuối không ở trên quỹ đạo dịch vụ. Hệ chuyển tiếp đầu cuối có thể bao gồm các phần tử anten phụ không góp phần vào việc tạo búp sóng và do đó có thể không có các đặc tính nêu trên.

Fig.26 minh họa sơ đồ anten của hệ chuyển tiếp đầu cuối (ví dụ, vệ tinh) 3300, trong đó tất cả các điểm trong vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp 3301 (ví dụ vùng phủ sóng vệ tinh) cũng nằm trong phạm vi ít nhất bốn vùng phủ sóng của phần tử anten 3303, 3305, 3307, 3309. Các phần tử anten khác có thể có mặt trên hệ chuyển tiếp đầu cuối và

có thể có các vùng phủ sóng của phần tử anten 3311 chứa ít hơn tất cả các điểm trong vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp 3301.

Hệ thống có thể vận hành theo phổ thích hợp bất kỳ. Ví dụ, hệ thống tạo búp sóng đầu cuối có thể vận hành trong băng tần C, L, S, X, V, Ka, Ku hoặc trong một hoặc nhiều băng tần thích hợp khác. Trong một số hệ thống này, cơ cấu nhận vận hành trong băng tần C, L, S, X, V, Ka, Ku hoặc trong một hoặc nhiều băng tần thích hợp khác. Trong một số trường hợp, liên kết lên chuyển tiếp và liên kết lên trở về có thể vận hành trong cùng khoảng tần số (ví dụ, ở lân cận 30 GHz); và liên kết xuống trở về và liên kết xuống chuyển tiếp có thể vận hành trong khoảng tần số không trùng nhau (ví dụ, ở lân cận 20 GHz). Hệ thống đầu cuối có thể sử dụng băng thông thích hợp bất kỳ (ví dụ, 500 MHz, 1 GHz, 2 GHz, 3,5 GHz, v.v.). Trong một số trường hợp, các liên kết chuyển tiếp và các liên kết trở về sử dụng cùng các bộ phát đáp.

Để hỗ trợ việc căn chỉnh định thời hệ thống, các độ dài của đường giữa L bộ phát đáp được thiết đặt để ăn khớp với các độ trễ thời gian đường tín hiệu trong một số trường hợp, chẳng hạn qua sự lựa chọn chiều dài dây cáp thích hợp. Hệ chuyển tiếp đầu cuối (ví dụ, vệ tinh) trong một số trường hợp có bộ phát tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp 426 (ví dụ, tín hiệu mốc báo vệ tinh) trong môđun hỗ trợ hiệu chỉnh 424 (xem Fig.15). Bộ phát tín hiệu mốc báo 426 tạo ra tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp. Hệ chuyển tiếp đầu cuối phát rộng tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp để tiếp tục hỗ trợ việc căn chỉnh định thời hệ thống cũng như hỗ trợ hiệu chỉnh liên kết đường dẫn sóng. Trong một số trường hợp, tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp là chuỗi giả ngẫu nhiên (được biết đến là PN), chẳng hạn như tín hiệu phổ truyền theo chuỗi trực tiếp PN chạy ở tốc độ chip cao (ví dụ, 100, 200, 400 hoặc 800 triệu chip một giây (Mcps – Million chips per second) hoặc giá trị thích hợp bất kỳ khác). Trong một số trường hợp, tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp phân cực tuyến tính (ví dụ, vệ tinh), được nhận bởi cả anten RHCP và LHCP, được phát rộng trên vùng phủ sóng rộng bởi anten, chẳng hạn như loa anten (không được thể hiện) hoặc được ghép nối thành một hoặc nhiều bộ phát đáp 410 để truyền qua phần tử anten phát được kết hợp 409. Theo một hệ thống ví dụ, các búp sóng được tạo ra ở nhiều kênh băng thông 500 MHz trên băng tần Ka và mã PN 400 Mcps được lọc hoặc được định hình xung thích hợp để phù hợp với kênh băng thông 500 MHz. Khi nhiều kênh được sử dụng, thì cùng một mã PN có thể được truyền trên mỗi trong số các kênh. Hệ thống có thể sử dụng một tín hiệu mốc báo đối với mỗi kênh hoặc một tín hiệu mốc báo đối với hai hoặc nhiều hơn hai kênh.

Vì có thể có một lượng lớn các đường tín hiệu thu/phát trong hệ chuyển tiếp đầu cuối, nên việc có các đường tín hiệu thu/phát độc lập dư thừa có thể không cần thiết. Khi có sự cố đường tín hiệu thu/phát, hệ thống có thể vẫn thực hiện rất gần một lượng bằng hiệu suất trước của nó, mặc dù các cải biến về các hệ số tạo búp sóng có thể được sử dụng để tính đến sự hao tổn.

Mạng trên mặt đất

Mạng trên mặt đất của một hệ thống tạo búp sóng đầu cuối làm ví dụ chứa các trạm mặt đất nút truy cập (AN) được phân bố theo địa lý được hướng đến hệ chuyển tiếp đầu cuối chung. Trước tiên, ở liên kết chuyển tiếp, hệ thống xử lý trung tâm (CPS - Central Processing System) tính toán các trọng số búp sóng để truyền dữ liệu người dùng và các giao diện đến các AN qua mạng phân bố. CPS cũng giao tiếp với các nguồn dữ liệu được cung cấp cho các thiết bị đầu cuối người dùng. Mạng phân bố có thể được triển khai theo cách khác nhau, chẳng hạn sử dụng cơ sở hạ tầng cáp quang. Sự định thời giữa CPS và các SAN có thể là tất định (ví dụ, bằng cách sử dụng các kênh chuyển mạch) hoặc không tất định (ví dụ, bằng cách sử dụng mạng chuyển gói). Trong một số trường hợp, CPS được triển khai ở một vị trí, chẳng hạn như bằng cách sử dụng các mạch điện tích hợp chuyên cho ứng dụng (ASIC - Application Specific Integrated Circuit) tùy biến để điều khiển việc xử lý tín hiệu. Trong một số trường hợp, CPS được triển khai theo phương thức phân bố, chẳng hạn bằng cách sử dụng các kỹ thuật điện toán đám mây.

Trở về ví dụ trên Fig.5, CPS 505 có thể bao gồm nhiều modem liên kết đường dẫn sóng 507. Đối với liên kết chuyển tiếp, mỗi trong số các modem liên kết đường dẫn sóng 507 nhận các luồng dữ liệu người dùng chuyển tiếp 509 từ các nguồn dữ liệu khác nhau, chẳng hạn như internet, cơ sở nhận video (không được thể hiện), v.v.. Các luồng dữ liệu người dùng chuyển tiếp nhận được 509 được điều biến bởi các modem 507 thành K tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511. Trong một số trường hợp, K có thể nằm trong số 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024 hoặc các số ở giữa hoặc lớn hơn. Mỗi trong số K tín hiệu búp sóng chuyển tiếp mang các luồng dữ liệu người dùng chuyển tiếp cần truyền lên một trong số K búp sóng người dùng chuyển tiếp. Theo đó, nếu $K = 400$, thì sẽ có 400 tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511, mỗi tín hiệu này sẽ được truyền trên một trong số 400 búp sóng người dùng chuyển tiếp kết hợp đến vùng phủ sóng búp sóng người dùng chuyển tiếp 519. K tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511 được ghép nối với bộ tạo búp sóng chuyển tiếp.

Nếu M AN 515 có mặt ở phân đoạn mặt đất 502, thì đầu ra của bộ tạo búp sóng chuyển tiếp là M tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập 516, mỗi tín hiệu này bao gồm các tín hiệu búp sóng chuyển tiếp được tạo trọng số tương ứng với một số hoặc tất cả trong số K tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511. Bộ tạo búp sóng chuyển tiếp có thể tạo ra M tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập 516 dựa vào tích ma trận của ma trận trọng số búp sóng chuyển tiếp $K \times M$ với K tín hiệu dữ liệu chuyển tiếp. Mạng phân bố 518 phân bố mỗi trong số M tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập đến một AN tương ứng trong số M AN 515. Mỗi AN 515 truyền tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 bao gồm tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập tương ứng 516. Mỗi AN 515 truyền tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 tương ứng của nó đối với hệ chuyển tiếp đến một hoặc nhiều (ví dụ, lên đến và bao gồm tất cả) trong số các vùng phủ sóng búp sóng người dùng chuyển tiếp qua một hoặc nhiều (ví dụ, lên đến và bao gồm tất cả) trong số các đường tín hiệu thu/phát chuyển tiếp của hệ chuyển tiếp đầu cuối. Các bộ phát đáp 410,

411 trong hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 nhận tín hiệu chuyển tiếp đầu vào tổ hợp bao gồm phần chồng lên nhau 550 của K tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 được truyền bởi (ví dụ, lên đến và bao gồm tất cả) các AN 515. Mỗi bộ phát đáp (ví dụ, mỗi đường tín hiệu thu/phát qua the hệ chuyển tiếp) chuyển tiếp tín hiệu chuyển tiếp đầu vào tổ hợp làm tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp tương ứng đến các thiết bị đầu cuối người dùng 517 trên toàn bộ liên kết xuống chuyển tiếp.

Fig.27 minh họa một cách phân bố làm ví dụ của các AN 515. Mỗi trong số các vòng tròn nhỏ hơn biểu diễn vị trí của AN 515. Mỗi trong số các vòng tròn lớn hơn chỉ vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519. Trong một số trường hợp, các AN 515 được đặt cách gần như đều nhau trên vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp đầu cuối 503. Trong các trường hợp khác, các AN 515 có thể được phân bố không đồng đều trên toàn bộ vùng phủ sóng. Theo các trường hợp khác nữa, các AN 515 có thể được phân bố một cách đồng đều hoặc không đồng đều trên một hoặc nhiều vùng con của vùng phủ sóng của hệ chuyển tiếp. Thông thường, hiệu suất hệ thống là tốt nhất khi các AN 515 được phân bố một cách đồng đều trên toàn bộ vùng phủ sóng. Tuy nhiên, các xem xét có thể tạo ra các điều chỉnh trong việc bố trí AN. Ví dụ, AN 515 có thể được bố trí dựa vào mức độ sự giao thoa, các điều kiện mưa hoặc các điều kiện môi trường khác, chi phí bất động sản, khả năng truy cập vào mạng phân bố, v.v.. Ví dụ, đối với hệ thống hệ chuyển tiếp đầu cuối dựa vào vệ tinh mà nhạy cảm đối với mưa, sẽ phải bố trí nhiều AN 515 hơn trên các vùng ít phải chịu sự suy giảm do mưa hơn (ví dụ, các bang miền đông của Mỹ)). Ví dụ khác, các AN 515 có thể được bố trí một cách dày đặc hơn ở các vùng có lượng mưa lớn (ví dụ, các bang miền Nam của Mỹ) để tạo ra một số độ khuếch đại đa dạng chống lại các hiệu ứng làm suy giảm do mưa. Các AN 515 có thể được định vị dọc theo các đường cáp làm giảm chi phí phân bố liên quan với các AN 515.

Số lượng AN 515, M, là tham số lựa chọn được mà có thể được lựa chọn dựa vào vài tiêu chuẩn. Số lượng AN ít hơn có thể dẫn đến có phân đoạn mặt đất đơn giản hơn, chi phí thấp hơn và làm giảm các chi phí vận hành đối với mạng phân bố. Số lượng AN nhiều hơn có thể dẫn đến công suất hệ thống lớn hơn. Fig.28 thể hiện mô phỏng công suất liên kết chuyển tiếp và trở về được chuẩn hóa dưới dạng hàm của các AN được triển khai trong hệ thống làm ví dụ. Công suất được chuẩn hóa là công suất có M AN được phân chia bởi công suất thu được với số lượng lớn nhất của các AN trong mô phỏng. Công suất tăng lên khi số lượng AN tăng lên, nhưng nó không tăng không có giới hạn. Cả công suất của liên kết chuyển tiếp và liên kết trở về tiếp cận giới hạn tiệm cận khi số lượng AN được tăng lên. Sự mô phỏng này được thực hiện với $L = 517$ phần tử anten phát và thu và với các AN được phân bố một cách đồng đều trên vùng phủ sóng, nhưng trạng thái tiệm cận này của công suất có thể thấy được với các giá trị khác đối với L và cách phân bố AN theo không gian khác. Các đường cong như được thể hiện trên Fig.28 có thể hữu ích trong việc lựa chọn số lượng AN, M, cần được triển khai và để hiểu cách thức công suất hệ thống có thể được điều pha khi các AN được triển khai tăng dần, như đã thảo luận ở trên.

Fig.29 sơ đồ khối thể hiện phân đoạn mặt đất ví dụ 502 dành cho hệ thống tạo búp sóng đầu cuối. Fig.29 có thể minh họa, ví dụ, phân đoạn mặt đất 502 trên Fig.5. Phân đoạn mặt đất 502 bao gồm CPS 505, mạng phân bố 518 và các AN 515. CPS 505 bao gồm giao diện tín hiệu búp sóng 524, bộ tạo búp sóng chuyển tiếp/trở về 513, giao diện phân bố 536 và bộ tạo trọng số búp sóng 910.

Đối với liên kết chuyển tiếp, giao diện tín hiệu búp sóng 524 thu các tín hiệu búp sóng chuyển tiếp (FBS – Forward Beam Signal) 511 được kết hợp với mỗi trong số các búp sóng người dùng chuyển tiếp. Giao diện tín hiệu búp sóng 524 có thể bao gồm bộ ghép kênh dữ liệu búp sóng chuyển tiếp 526 và bộ điều biến luồng dữ liệu búp sóng chuyển tiếp 528. Bộ ghép kênh dữ liệu búp sóng chuyển tiếp 526 có thể nhận các luồng dữ liệu người dùng chuyển tiếp 509 bao gồm dữ liệu chuyển tiếp để truyền đến các thiết bị đầu cuối người dùng 517. Các luồng dữ liệu người dùng chuyển tiếp 509 có thể bao gồm, ví dụ, các gói dữ liệu (ví dụ, các gói TCP, các gói UDP, v.v.) để truyền đến các thiết bị đầu cuối người dùng 517 qua hệ thống tạo búp sóng đầu cuối 500 trên Fig.5. Bộ ghép kênh dữ liệu búp sóng chuyển tiếp 526 nhóm (ví dụ, ghép kênh) các luồng dữ liệu người dùng chuyển tiếp 509 theo các vùng phủ sóng búp sóng người dùng chuyển tiếp tương ứng của chúng để thu được các luồng dữ liệu búp sóng chuyển tiếp 532. Bộ ghép kênh dữ liệu búp sóng chuyển tiếp 526 có thể sử dụng, ví dụ, sự ghép kênh theo miền thời gian, sự ghép kênh miền tần số hoặc sự kết hợp của các kỹ thuật ghép kênh để tạo ra các luồng dữ liệu búp sóng chuyển tiếp 532. Bộ điều biến luồng dữ liệu búp sóng chuyển tiếp 528 có thể điều biến các luồng dữ liệu búp sóng chuyển tiếp 532 theo một hoặc nhiều phương pháp điều biến (ví dụ, ánh xạ các bit dữ liệu đến các ký hiệu điều biến) để tạo ra các tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511, mà đi qua bộ tạo búp sóng chuyển tiếp/trở về 513. Trong một số trường hợp, bộ điều biến 528 có thể ghép kênh tần số nhiều tín hiệu được điều biến để tạo ra tín hiệu búp sóng đa sóng mang 511. Giao diện tín hiệu búp sóng 524 có thể, ví dụ, ứng dụng chức năng của các modem liên kết đường dẫn sóng 507, đã được thảo luận tham chiếu đến Fig.5.

Bộ tạo búp sóng chuyển tiếp/trở về 513 có thể bao gồm bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 và bộ tạo búp sóng trở về 531. Bộ tạo trọng số búp sóng 910 tạo ra ma trận trọng số búp sóng chuyển tiếp $M \times K$ 918. Các kỹ thuật để tạo ra ma trận trọng số búp sóng chuyển tiếp $M \times K$ 918 sẽ được thảo luận chi tiết hơn dưới đây. Bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 có thể bao gồm bộ nhân ma trận mà tính toán Các tín hiệu chuyển tiếp riêng cho M nút truy cập 516. Ví dụ, việc tính toán này có thể dựa vào tích ma trận của ma trận trọng số búp sóng chuyển tiếp $M \times K$ 918 và vector của K tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511. Theo một số ví dụ, mỗi trong số K tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511 có thể được kết hợp với một trong số F băng tần con chuyển tiếp. Trong trường hợp này, bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 có thể tạo ra các mẫu đối với M tín hiệu chuyển tiếp riêng cho nút truy cập 516 đối với mỗi trong số F băng tần con chuyển tiếp (ví dụ, việc sử dụng một cách hiệu quả phép tính tích ma trận đối với mỗi trong số F băng tần con đối với các tập hợp con tương ứng của K tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511. Giao diện

phân bố 536 phân bố (ví dụ, qua mạng phân bố 518) M tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập 516 đến các AN tương ứng 515 .

Đối với liên kết trở về, giao diện phân bố 536 thu được các tín hiệu trở về tổ hợp 907 từ các AN 515 (ví dụ, qua mạng phân bố 518). Mỗi tín hiệu dữ liệu trở về từ các thiết bị đầu cuối người dùng 517 có thể được bao gồm trong nhiều (ví dụ, lên đến và bao gồm tất cả) tín hiệu trở về tổ hợp 907. Bộ tạo trọng số búp sóng 910 tạo ra ma trận trọng số búp sóng trở về $K \times M$ 937. Các kỹ thuật để tạo ra ma trận trọng số búp sóng trở về $K \times M$ 937 sẽ được thảo luận chi tiết hơn dưới đây. Bộ tạo búp sóng trở về 531 tính toán K tín hiệu búp sóng trở về 915 đối với K vùng phủ sóng búp sóng người dùng trở về. Ví dụ, việc tính toán này có thể dựa vào tích ma trận của ma trận trọng số búp sóng trở về 937 và vector của các tín hiệu trở về tổ hợp tương ứng 907. Giao diện tín hiệu búp sóng 524 có thể bao gồm bộ giải điều biến tín hiệu búp sóng trở về 552 và bộ tách kênh dữ liệu búp sóng trở về 554. Bộ giải điều biến tín hiệu búp sóng trở về 552 có thể giải điều biến mỗi trong số các tín hiệu búp sóng trở về để thu được K luồng dữ liệu búp sóng trở về 534 được kết hợp với K vùng phủ sóng búp sóng người dùng trở về. Bộ tách kênh dữ liệu búp sóng trở về 554 có thể tách kênh mỗi trong số K luồng dữ liệu búp sóng trở về 534 thành các luồng dữ liệu người dùng trở về tương ứng 535 được kết hợp với các tín hiệu dữ liệu trở về được truyền từ các thiết bị đầu cuối người dùng 517. Theo một số ví dụ, mỗi trong số các búp sóng người dùng trở về có thể được kết hợp với một trong số R băng tần con trở về. Trong trường hợp này, bộ tạo búp sóng trở về 531 có thể tạo ra các tập hợp con tương ứng của các tín hiệu búp sóng trở về 915 được kết hợp với mỗi trong số R băng tần con trở về (ví dụ, bằng cách sử dụng một cách hiệu quả phép tính tích ma trận đối với mỗi trong số R băng tần con trở về để tạo ra các tập hợp con tương ứng của các tín hiệu búp sóng trở về 915).

Fig.30 là sơ đồ khối của bộ tạo búp sóng chuyển tiếp/trở về làm ví dụ 513. Bộ tạo búp sóng chuyển tiếp/trở về 513 bao gồm bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529, môđun định thời chuyển tiếp 945, bộ tạo búp sóng trở về 531 và môđun định thời 947. Môđun định thời chuyển tiếp 945 kết hợp mỗi trong số M tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập 516 với dấu thời gian (ví dụ, ghép kênh dấu thời gian với tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập trong tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập được ghép kênh) chỉ báo khi nào tín hiệu được mong muốn để đi đến hệ chuyển tiếp đầu cuối. Theo cách này, dữ liệu của K tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511 được phân chia trong môđun phân chia 904 trong bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 có thể được truyền ở thời điểm thích hợp bởi mỗi trong số các AN 515. Môđun định thời 947 căn chỉnh các tín hiệu nhận dựa vào các dấu thời gian. Các mẫu của các tín hiệu trở về tổ hợp (CRS - composite return signal) 907 của M AN được kết hợp với các dấu thời gian chỉ báo thời điểm các mẫu cụ thể được truyền từ hệ chuyển tiếp đầu cuối. Sự cân nhắc về thời điểm và việc tạo ra các dấu thời gian sẽ được thảo luận chi tiết hơn dưới đây.

Bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 có đầu vào dữ liệu 925, đầu vào các trọng số

búp sóng 920 và đầu ra nút truy cập 923. Bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 áp dụng các giá trị của ma trận trọng số búp sóng $M \times K$ lên mỗi trong số K tín hiệu dữ liệu chuyển tiếp 511 để tạo ra M tín hiệu chuyển tiếp riêng cho nút truy cập 521, mỗi bộ tạo búp sóng chuyển tiếp có K tín hiệu búp sóng chuyển tiếp được tạo trọng số. Bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 có thể bao gồm môđun phân chia 904 và M môđun tạo trọng số và cộng chuyển tiếp 533. Môđun phân chia 904 phân chia (ví dụ, sao lại) mỗi trong số K tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511 thành M nhóm 906 của K tín hiệu búp sóng chuyển tiếp, một nhóm 906 đối với mỗi trong số M môđun tạo trọng số và cộng chuyển tiếp 533. Do đó, mỗi môđun tạo trọng số và cộng chuyển tiếp 533 nhận tất cả K tín hiệu dữ liệu chuyển tiếp 511.

Bộ tạo trọng số búp sóng chuyển tiếp 917 tạo ra ma trận trọng số búp sóng chuyển tiếp $M \times K$ 918. Trong một số trường hợp, ma trận trọng số búp sóng chuyển tiếp 918 được tạo ra dựa vào ma trận kênh trong đó các phần tử là các ước lượng của các độ khuếch đại chuyển tiếp đầu cuối đối với mỗi trong số $K \times M$ kênh đa đường chuyển tiếp đầu cuối để tạo ra ma trận kênh chuyển tiếp, như sẽ được thảo luận thêm dưới đây. Các ước lượng của độ khuếch đại chuyển tiếp đầu cuối được thực hiện trong môđun ước lượng kênh 919. Trong một số trường hợp, bộ ước lượng kênh có bộ nhớ dữ liệu kênh 921 để lưu dữ liệu liên quan đến các tham số khác nhau của các kênh đa đường đầu cuối, như sẽ được thảo luận chi tiết hơn dưới đây. Bộ ước lượng kênh 919 kết xuất tín hiệu khuếch đại đầu cuối được ước lượng để cho phép bộ tạo trọng số búp sóng chuyển tiếp 917 tạo ra ma trận trọng số búp sóng chuyển tiếp 918. Mỗi trong số các môđun tạo trọng số và cộng 533 được ghép nối để nhận các vector tương ứng của các trọng số tạo búp sóng của ma trận trọng số búp sóng chuyển tiếp 918 (chỉ một kết nối này được thể hiện trên Fig.30 để đơn giản hóa). Môđun tạo trọng số và cộng thứ nhất 533 áp dụng trọng số bằng giá trị của 1,1 phần tử của ma trận trọng số búp sóng chuyển tiếp $M \times K$ 918 lên tín hiệu thứ nhất trong số K tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511 (sẽ được thảo luận chi tiết hơn dưới đây). Trọng số bằng giá trị của 1,2 phần tử của ma trận trọng số búp sóng chuyển tiếp $M \times K$ 918 được áp dụng lên tín hiệu thứ hai của K tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511. Các trọng số khác của ma trận được áp dụng theo kiểu tương tự, qua tín hiệu búp sóng chuyển tiếp thứ K 511 được tạo trọng số với giá trị bằng 1, K phần tử của ma trận trọng số búp sóng chuyển tiếp $M \times K$ 918. Mỗi trong số K tín hiệu búp sóng chuyển tiếp được tạo trọng số 903 sau đó được cộng và kết xuất từ môđun tạo trọng số và cộng thứ nhất 533 làm tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập 516. Tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập 516 được kết xuất bởi môđun tạo trọng số và cộng thứ nhất 533 sau đó được ghép nối với môđun định thời 945. Môđun định thời 945 kết xuất tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập 516 đến AN 515 thứ nhất qua mạng phân bố 518 (xem Fig.5). Tương tự, mỗi trong số các môđun tạo trọng số và cộng 533 khác nhận K tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511 và trọng số và cộng K tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511. Các đầu ra từ mỗi trong số M môđun tạo trọng số và cộng 533 được ghép nối qua mạng phân bố 518 đến M AN 515 được kết hợp sao cho đầu ra từ

môđun tạo trọng số và cộng thứ m được ghép nối với AN 515 thứ m. Trong một số trường hợp, sự rung biến động và độ trễ không đồng đều qua mạng phân bố, cũng như các sự cân nhắc về thời điểm khác, được xử lý bởi môđun định thời 945 bằng cách kết hợp dấu thời gian với dữ liệu. Các chi tiết về kỹ thuật định thời làm ví dụ được nêu dưới đây theo Fig.36 và Fig.37.

Là kết quả của các trọng số búp sóng được áp dụng bởi các bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 ở phân đoạn mặt đất 502, các tín hiệu mà được truyền từ các AN 515 qua hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 tạo ra các búp sóng người dùng. Kích thước và vị trí của các búp sóng mà có thể được tạo ra có thể là hàm của số lượng các AN 515 được triển khai, số lượng và các sơ đồ anten của các phần tử anten của hệ chuyển tiếp mà tín hiệu đi qua, vị trí của hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 và/hoặc khoảng cách theo địa lý của các AN 515.

Bây giờ đề cập đến liên kết trở về đầu cuối 523 được thể hiện trên Fig.5, thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong phạm vi một trong số các vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 truyền các tín hiệu lên hệ chuyển tiếp đầu cuối 503. Các tín hiệu sau đó được chuyển tiếp xuống phân đoạn mặt đất 502. Các tín hiệu được nhận bởi các AN 515.

Đề cập một lần nữa đến Fig.30, M tín hiệu liên kết xuống trở về 527 được nhận bởi M AN 515 và được ghép nối, là các tín hiệu trở về tổ hợp 907, từ M AN 515 qua mạng phân bố 518 và nhận được trong đầu vào nút truy cập 931 của bộ tạo búp sóng trở về 531. Môđun định thời 947 căn chỉnh các tín hiệu trở về tổ hợp từ M AN 515 với nhau và kết xuất các tín hiệu căn chỉnh theo thời gian đến bộ tạo búp sóng trở về 531. Bộ tạo trọng số búp sóng trở về 935 tạo ra các trọng số búp sóng trở về làm ma trận trọng số búp sóng trở về $K \times M$ 937 dựa vào thông tin được lưu trong bộ nhớ dữ liệu kênh 941 trong bộ ước lượng kênh 943. Bộ tạo búp sóng trở về 531 có đầu vào các trọng số búp sóng 939 mà qua bộ tạo búp sóng trở về 531 nhận ma trận trọng số búp sóng trở về 937. Mỗi trong số các tín hiệu trở về tổ hợp 907 của M AN được ghép nối với một môđun kết hợp trong số M môđun phân chia và tạo trọng số 539 trong bộ tạo búp sóng trở về 531. Mỗi môđun phân chia và tạo trọng số 539 phân chia tín hiệu căn chỉnh theo thời gian thành K bản sao 909. Môđun phân chia và tạo trọng số 539 tạo trọng số mỗi trong số K bản sao 909 bằng cách sử dụng phần tử k, m của ma trận trọng số búp sóng trở về $K \times M$ 937. Chi tiết thêm về ma trận trọng số búp sóng trở về $K \times M$ sẽ được mô tả dưới đây. Mỗi tập hợp gồm K tín hiệu trở về tổ hợp được tạo trọng số 911 sau đó được ghép nối với môđun kết hợp 913. Trong một số trường hợp, môđun kết hợp 913 kết hợp tín hiệu trở về tổ hợp được tạo trọng số thứ k 911 được kết xuất từ mỗi môđun phân chia và tạo trọng số 539. Bộ tạo búp sóng trở về 531 có đầu ra dữ liệu trở về 933 mà kết xuất K tín hiệu búp sóng trở về 915, mỗi tín hiệu này có các mẫu được kết hợp với một trong số K búp sóng người dùng trở về 519 (ví dụ, các mẫu nhận được qua mỗi trong số M AN). Mỗi trong số K tín hiệu búp sóng trở về 915 có thể có các mẫu từ một hoặc nhiều

thiết bị đầu cuối người dùng 517. K tín hiệu búp sóng trở về được tạo búp sóng, được kết hợp và được căn chỉnh 915 được ghép nối với các modem liên kết đường dẫn sóng 507 (xem Fig.5). Lưu ý rằng, sự điều chỉnh thời điểm trở về có thể được thực hiện sau khi phân chia và tạo trọng số. Tương tự, đối với liên kết chuyển tiếp, sự điều chỉnh thời điểm chuyển tiếp có thể được thực hiện trước khi tạo búp sóng.

Như được mô tả ở trên, bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 có thể thực hiện các phép tính tích ma trận trên các mẫu đầu vào của K tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511 để tính toán M tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập 516 theo thời gian thực. Khi băng thông búp sóng tăng lên (ví dụ, để hỗ trợ thời lượng ký hiệu ngắn hơn) và/hoặc K và M lớn lên, thì phép tính tích ma trận sẽ có cường độ tính toán cao và có thể vượt quá khả năng của một nút tính toán (ví dụ, một máy chủ tính toán, v.v.). Các phép tính của bộ tạo búp sóng trở về 531 có cường độ tính toán tương tự. Các phương pháp khác nhau có thể được sử dụng để phân chia các nguồn tính toán của nhiều nút tính toán trong bộ tạo búp sóng chuyển tiếp/trở về 513. Theo một ví dụ, bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 trên Fig.30 có thể được phân chia thành các môđun tạo trọng số và cộng 533 riêng rẽ đối với mỗi trong số M AN, mà có thể được phân bổ vào các nút tính toán khác nhau. Thông thường, các sự cân nhắc đối với việc ứng dụng bao gồm chi phí, mức tiêu thụ năng lượng, khả năng mở rộng liên quan đến K, M và băng thông, tính khả dụng của hệ thống (ví dụ, do sự cố của nút, v.v.), khả năng nâng cấp và độ trễ của hệ thống. Ví dụ ở trên là đối với mỗi một chuỗi (hoặc một cột), có thể là ngược lại. Các phương thức khác để nhóm phép tính ma trận có thể được cân nhắc (ví dụ, chia thành bốn với $[1,1$ đến $K/2, M/2]$, [...], được tính toán riêng và được cộng lại).

Trong một số trường hợp, bộ tạo búp sóng chuyển tiếp/trở về 513 có thể bao gồm cấu trúc ghép kênh theo miền thời gian để xử lý các phép tính tạo trọng số bởi các bộ tạo búp sóng theo lát thời gian. Fig.31 là sơ đồ khối của bộ tạo búp sóng chuyển tiếp làm ví dụ 529 bao gồm nhiều bộ tạo búp sóng theo lát thời gian có sự tách kênh và ghép kênh theo miền thời gian. Bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 bao gồm bộ tách kênh tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 3002, N bộ tạo búp sóng theo lát thời gian 3006 và bộ ghép kênh tín hiệu nút truy cập chuyển tiếp 3010.

Bộ tách kênh tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 3002 nhận các tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511 và tách kênh K tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511 vào các đầu vào lát thời gian chuyển tiếp 3004 để nhập vào N bộ tạo búp sóng theo lát thời gian chuyển tiếp 3006. Ví dụ, bộ tách kênh tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 3002 gửi tập hợp con theo miền thời gian thứ nhất của các mẫu đối với K tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511 đến bộ tạo búp sóng theo lát thời gian chuyển tiếp thứ nhất 3006, tạo ra các mẫu được kết hợp với M tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập tương ứng với tập hợp con theo miền thời gian thứ nhất của các mẫu. Bộ tạo búp sóng theo lát thời gian chuyển tiếp 3006 kết xuất các mẫu kết hợp với M tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập đối với tập hợp con theo miền thời gian thứ nhất của các mẫu qua đầu ra lát thời gian chuyển tiếp 3008 của

nó đến bộ ghép kênh tín hiệu nút truy cập chuyển tiếp 3010. Bộ tạo búp sóng theo lát thời gian chuyển tiếp 3006 có thể kết xuất các mẫu được kết hợp với mỗi trong số M tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập với thông tin thời điểm đồng bộ (ví dụ, chỉ số lát thời gian tương ứng, v.v.) được sử dụng bởi các nút truy cập làm cho (ví dụ, bằng cách hiệu chỉnh sơ bộ) các tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập tương ứng được đồng bộ hóa khi được nhận bởi hệ chuyển tiếp đầu cuối. Bộ ghép kênh tín hiệu nút truy cập chuyển tiếp 3010 ghép kênh các tập hợp con theo miền thời gian gồm các mẫu đối với M tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập nhận được qua N đầu ra lát thời gian chuyển tiếp 3008 để tạo ra M tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập 516. Mỗi trong số các bộ tạo búp sóng theo lát thời gian 3006 có thể bao gồm bộ đệm dữ liệu, bộ đệm ma trận búp sóng và bộ xử lý trọng số búp sóng sử dụng phép tính tích ma trận. Tức là, mỗi trong số các bộ tạo búp sóng theo lát thời gian 3006 có thể sử dụng các tính toán toán học tương đương với môđun phân chia 904 và các môđun tạo trọng số và cộng chuyển tiếp 533 được thể hiện cho bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 trên Fig.30 trong quá trình xử lý các mẫu của một chỉ số lát thời gian. Việc cập nhật ma trận trọng số búp sóng có thể được thực hiện nhiều lần dần. Ví dụ, các bộ đệm ma trận trọng số búp sóng dành cho các bộ tạo búp sóng theo lát thời gian có thể được cập nhật trong thời gian chờ trong quá trình quay vòng các chỉ số lát thời gian t qua N bộ tạo búp sóng theo lát thời gian chuyển tiếp 3006. Theo cách khác, mỗi bộ tạo búp sóng theo lát thời gian chuyển tiếp có thể có hai bộ đệm mà có thể được sử dụng theo cấu hình dạng bóng bàn (ví dụ, một bộ đệm có thể được cập nhật trong khi bộ đệm còn lại được sử dụng). Trong một số trường hợp, nhiều bộ đệm có thể được sử dụng để lưu các trọng số búp sóng tương ứng với nhiều sơ đồ búp sóng người dùng (ví dụ, nhiều vùng phủ sóng người dùng). Các bộ đệm trọng số búp sóng và các bộ đệm dữ liệu dành cho bộ tạo búp sóng theo lát thời gian chuyển tiếp 3006 có thể được sử dụng làm loại bộ nhớ hoặc bộ lưu trữ bất kỳ bao gồm bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên (RAM – Random Access Memory) động hoặc tĩnh. Việc xử lý trọng số búp sóng có thể được sử dụng trong mạch tích hợp chuyên dụng (ASIC - Specific Integrated Circuit) và/hoặc mảng cổng lập trình được dạng trường (FPGA - Field Programmable Gate Array) và có thể bao gồm một hoặc nhiều lõi xử lý (ví dụ, trong môi trường điện toán đám mây). Ngoài ra hoặc theo cách khác, bộ đệm trọng số búp sóng, bộ đệm dữ liệu và bộ xử lý trọng số búp sóng có thể được tích hợp trong một thành phần.

Fig.32 minh họa phân đoạn mặt đất ví dụ được đơn giản hóa thể hiện sự vận hành của bộ tạo búp sóng theo lát thời gian chuyển tiếp 529. Theo ví dụ trên Fig.32, bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 nhận bốn tín hiệu búp sóng chuyển tiếp (ví dụ, $K=4$), tạo ra các tín hiệu chuyển tiếp dành cho năm AN (ví dụ, $M=5$) và có ba bộ tạo búp sóng theo lát thời gian (ví dụ, $N=3$). Các tín hiệu búp sóng chuyển tiếp được biểu thị bởi $FBk:t$, trong đó k là chỉ số tín hiệu búp sóng chuyển tiếp và t là chỉ số lát thời gian (ví dụ, tương ứng với tập hợp con theo miền thời gian gồm các mẫu). Bộ tách kênh tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 3002 nhận bốn tập hợp con theo miền thời gian gồm các mẫu của

các tín hiệu búp sóng chuyển tiếp được kết hợp với bốn búp sóng người dùng chuyển tiếp và tách kênh mỗi tín hiệu búp sóng chuyển tiếp sao cho một đầu vào tín hiệu lát thời gian chuyển tiếp 3004 bao gồm, đối với chỉ số lát thời gian cụ thể t , các tập hợp con theo miền thời gian gồm các mẫu từ mỗi trong số các tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511. Ví dụ, tập hợp con theo miền thời gian có thể là một mẫu, một khối gồm các mẫu liên tục hoặc khối gồm các mẫu không liên tục (ví dụ, bị đan xen), như sẽ được mô tả sau. Bộ tạo búp sóng theo lát thời gian 3006 tạo ra (ví dụ, dựa vào các tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511 và ma trận trọng số búp sóng chuyển tiếp 918) mỗi trong số M tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập đối với chỉ số lát thời gian t , được biểu thị bởi $AF_m:t$. Ví dụ, các tập hợp con theo miền thời gian gồm các mẫu $FB1:0$, $FB2:0$, $FB3:0$ và $FB4:0$ đối với chỉ số lát thời gian $t=0$ được nhập vào bộ tạo búp sóng theo lát thời gian chuyển tiếp thứ nhất TSBF[1] 3006, mà tạo ra các mẫu tương ứng của các tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập $AF1:0$, $AF2:0$, $AF3:0$, $AF4:0$ và $AF5:0$ ở đầu ra lát thời gian chuyển tiếp 3008. Đối với các giá trị chỉ số lát thời gian tiếp theo $t=1, 2$, các tập hợp con theo miền thời gian gồm các mẫu của các tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511 được tách kênh bởi bộ tách kênh tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 3002 để nhập vào các bộ tạo búp sóng theo lát thời gian chuyển tiếp thứ hai và thứ ba 3006 mà tạo ra các tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập được kết hợp với các chỉ số lát thời gian tương ứng t ở các đầu ra lát thời gian chuyển tiếp 3008. Fig.32 còn thể hiện rằng ở giá trị chỉ số lát thời gian $t=3$, bộ tạo búp sóng theo lát thời gian chuyển tiếp thứ nhất tạo ra các tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập được kết hợp với chỉ số lát thời gian tương ứng 3. Phép tính tích ma trận được thực hiện bởi mỗi bộ tạo búp sóng theo lát thời gian chuyển tiếp 3006 đối với một giá trị chỉ số lát thời gian t có thể mất nhiều thời gian hơn thời gian thực của tập hợp con theo miền thời gian gồm các mẫu (ví dụ, số lượng các sơ đồ S được nhân với tốc độ lấy mẫu t_s). Tuy nhiên, mỗi bộ tạo búp sóng theo lát thời gian chuyển tiếp 3006 có thể chỉ xử lý một tập hợp con theo miền thời gian gồm các mẫu mỗi N chỉ số lát thời gian t . Bộ ghép kênh tín hiệu nút truy cập chuyển tiếp 3010 nhận các đầu ra lát thời gian chuyển tiếp 3030 từ mỗi trong số các bộ tạo búp sóng theo lát thời gian chuyển tiếp 3006 và ghép kênh các tập hợp con theo miền thời gian gồm các mẫu để tạo ra M tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập 516 để phân bố đến các AN tương ứng.

Fig.33 là sơ đồ khối của bộ tạo búp sóng trở về 531 bao gồm nhiều bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trở về có sự tách kênh và ghép kênh theo miền thời gian. Bộ tạo búp sóng trở về 531 bao gồm bộ tách kênh tín hiệu tổ hợp trở về 3012, N bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trở về 3016 và bộ ghép kênh tín hiệu búp sóng trở về 3020. Bộ tách kênh tín hiệu tổ hợp trở về 3012 nhận M tín hiệu trở về tổ hợp 907 (ví dụ, từ M AN) và tách kênh M tín hiệu trở về tổ hợp 907 vào các đầu vào tín hiệu lát thời gian trở về 3014 để nhập vào N bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trở về 3016. Mỗi trong số các bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trở về 3016 kết xuất các mẫu được kết hợp với K tín hiệu búp sóng trở về 915 đối với các tập hợp con theo miền thời gian tương ứng gồm các mẫu qua các đầu ra lát thời gian trở về 3018 tương ứng đến bộ ghép kênh tín hiệu

búp sóng trở về 3020. Bộ ghép kênh tín hiệu búp sóng trở về 3020 ghép kênh các tập hợp con theo miền thời gian gồm các mẫu đối với K tín hiệu búp sóng trở về nhận được qua K N đầu ra lát thời gian trở về 3018 để tạo K tín hiệu búp sóng trở về 915. Mỗi trong số các bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trở về 3016 có thể bao gồm bộ đệm dữ liệu, bộ đệm ma trận búp sóng và bộ xử lý trọng số búp sóng sử dụng phép tính tích ma trận. Tức là, mỗi trong số các bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trở về 3016 có thể sử dụng các tính toán toán học tương đương với mô đun phân chia và tạo trọng số 539 và mô đun kết hợp 913 được thể hiện cho bộ tạo búp sóng trở về 531 trên Fig.30 trong quá trình xử lý của các mẫu của một chỉ số lát thời gian. Như được thảo luận ở trên, với các bộ tạo búp sóng theo lát thời gian, việc cập nhật của ma trận trọng số búp sóng có thể được thực hiện nhiều lần dần bằng cách sử dụng cấu hình bộ đệm trọng số búp sóng dạng bóng bàn (ví dụ, một bộ đệm có thể được cập nhật trong khi bộ đệm còn lại được sử dụng). Trong một số trường hợp, nhiều bộ đệm có thể được sử dụng để lưu các trọng số búp sóng tương ứng với nhiều sơ đồ búp sóng người dùng (ví dụ, nhiều vùng phủ sóng người dùng). Các bộ đệm trọng số búp sóng và các bộ đệm dữ liệu dành cho các bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trở về 3016 có thể được sử dụng làm loại bộ nhớ hoặc bộ lưu trữ bất kỳ bao gồm bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên động hoặc tĩnh. Việc xử lý trọng số búp sóng có thể được sử dụng trong mạch tích hợp chuyên dụng (ASIC) và/hoặc mảng công lập trình được dạng trường (FPGA) và có thể bao gồm một hoặc nhiều lõi xử lý. Ngoài ra hoặc theo cách khác, bộ đệm trọng số búp sóng, bộ đệm dữ liệu và bộ xử lý trọng số búp sóng có thể được tích hợp trong một thành phần.

Fig.34 là hình vẽ phân đoạn mặt đất làm ví dụ được đơn giản hóa thể hiện sự vận hành của bộ tạo búp sóng trở về 531 sử dụng sự ghép kênh theo miền thời gian. Theo ví dụ trên Fig.33, bộ tạo búp sóng trở về 531 nhận năm tín hiệu trở về tổ hợp (ví dụ, $M=5$), tạo ra các tín hiệu búp sóng trở về đối với bốn búp sóng người dùng trở về (ví dụ, $K=5$) và có ba bộ tạo búp sóng theo lát thời gian (ví dụ, $N=3$). Các tín hiệu trở về tổ hợp được biểu thị bởi $RC_m:t$, trong đó m là chỉ số AN và t là chỉ số lát thời gian (ví dụ, tương ứng với tập hợp con theo miền thời gian gồm các mẫu). Bộ tách kênh tín hiệu tổ hợp trở về 3012 nhận bốn tập hợp con theo miền thời gian gồm các mẫu của các tín hiệu trở về tổ hợp từ năm AN và tách kênh mỗi tín hiệu trở về tổ hợp sao cho một đầu vào tín hiệu lát thời gian trở về 3014 bao gồm, đối với chỉ số lát thời gian cụ thể t , các tập hợp con theo miền thời gian tương ứng gồm các mẫu từ mỗi trong số các tín hiệu trở về tổ hợp 907. Ví dụ, các tập hợp con theo miền thời gian có thể là một mẫu, khối gồm các mẫu liên tục hoặc khối gồm các mẫu không liên tục (ví dụ, được đan xen, như sẽ được mô tả sau). Bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trở về 3016 tạo ra (ví dụ, dựa vào các tín hiệu trở về tổ hợp 907 và ma trận trọng số búp sóng trở về 937) mỗi trong số K tín hiệu búp sóng trở về đối với chỉ số lát thời gian t , được ký hiệu bởi $RB_k:t$. Ví dụ, các tập hợp con theo miền thời gian gồm các mẫu $RC1:0$, $RC2:0$, $RC3:0$, $RC4:0$ và $RC5:0$ đối với chỉ số lát thời gian $t=0$ được nhập vào bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trở về thứ nhất 3016, mà tạo ra các sơ đồ tương ứng của các tín hiệu búp sóng trở về $RB1:0$,

RB2:0, RB3:0 và RB4:0 ở đầu ra lát thời gian trở về 3018. Đối với các giá trị chỉ số lát thời gian tiếp theo $t=1, 2$, các tập hợp con theo miền thời gian gồm các mẫu của các tín hiệu trở về tổ hợp 907 được tách kênh bởi bộ tách kênh tín hiệu tổ hợp trở về 3012 để nhập vào bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trở về thứ hai và thứ ba 3016 tương ứng, mà tạo ra các mẫu dành cho các tín hiệu búp sóng trở về được kết hợp với các chỉ số lát thời gian tương ứng t ở các đầu ra lát thời gian trở về 3018. Fig.34 cũng thể hiện rằng ở giá trị chỉ số lát thời gian $t=3$, bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trở về tạo ra các mẫu của các tín hiệu búp sóng trở về được kết hợp với chỉ số lát thời gian tương ứng 3. Phép tính tích ma trận được thực hiện bởi mỗi bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trở về 3016 đối với một giá trị chỉ số lát thời gian t có thể mất nhiều thời gian hơn thời gian thực của tập hợp con theo miền thời gian gồm các mẫu (ví dụ, số lượng các mẫu S được nhân với tốc độ lấy mẫu t_s). Tuy nhiên, mỗi bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trở về 3016 có thể chỉ xử lý một tập hợp con theo miền thời gian gồm các mẫu mỗi N chỉ số lát thời gian t . Bộ ghép kênh tín hiệu búp sóng trở về 3020 nhận các đầu ra lát thời gian trở về 3018 từ mỗi trong số các bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trở về 3016 và ghép kênh các tập hợp con theo miền thời gian gồm các mẫu để tạo ra K tín hiệu búp sóng trở về 915.

Mặc dù các hình vẽ từ Fig.31 đến Fig.34 minh họa cùng số lượng N bộ tạo búp sóng theo lát thời gian 3006 là các bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trở về 3016, nhưng một số phương án thực hiện có thể có nhiều hoặc ít hơn các bộ tạo búp sóng theo lát thời gian 3006 so với các bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trở về 3016. Theo một số ví dụ, bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 và/hoặc bộ tạo búp sóng trở về 531 có thể có công suất dự phòng để đảm bảo độ ổn định khi có sự cố nút. Ví dụ, nếu mỗi bộ tạo búp sóng theo lát thời gian chuyển tiếp 3006 chọn t_{FTS} để xử lý một tập hợp gồm các mẫu đối với chỉ số lát thời gian t có thời lượng theo lát thời gian thời gian thực t_D , trong đó $t_{FTS}=N \cdot t_D$, bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 có thể có $N+E$ bộ tạo búp sóng theo lát thời gian 3006. Theo một số ví dụ, mỗi trong số $N + E$ các bộ tạo búp sóng theo lát thời gian chuyển tiếp 3006 được sử dụng trong vận hành, với mỗi trong số các bộ tạo búp sóng theo lát thời gian chuyển tiếp 3006 có công suất dư hiệu quả là E/N . Nếu một bộ tạo búp sóng theo lát thời gian chuyển tiếp 3006 gặp sự cố, thì quá trình vận hành có thể được chuyển sang bộ tạo búp sóng theo lát thời gian chuyển tiếp 3006 khác (ví dụ, bằng cách điều chỉnh cách thức các mẫu theo miền thời gian (hoặc các nhóm gồm các mẫu) được định tuyến qua sự tách kênh và ghép kênh theo miền thời gian.). Do đó, bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 có thể có chịu được lên đến E lần bộ tạo búp sóng theo lát thời gian 3006 gặp sự cố trước khi hiệu suất hệ thống bị ảnh hưởng. Ngoài ra, công suất dư cho phép bảo dưỡng và cập nhật hệ thống của bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trong khi hệ thống đang vận hành. Ví dụ, sự cập nhật của bộ tạo búp sóng theo lát thời gian có thể được thực hiện nhiều lần dần vì hệ thống trải qua hiệu suất khác nhau giữa các bộ tạo búp sóng theo lát thời gian. Các mẫu dữ liệu được kết hợp với chỉ số lát thời gian t có thể được đan xen. Ví dụ, chỉ số lát thời gian thứ nhất t_0 có thể được kết hợp với các mẫu $0, P, 2P, \dots (S-1) \cdot P$, trong khi chỉ số lát thời gian thứ hai t_1 có thể được kết hợp với các

mẫu 1, $P+1$, $2P+1 \dots (S-1)*P+1$, v.v., trong đó S là số lượng các mẫu trong mỗi tập hợp gồm các mẫu và P là khoảng thời gian đan xen. Việc đan xen cũng có thể làm cho hệ thống ổn định hơn khi đối mặt với các sự cố của bộ tạo búp sóng theo lát thời gian, vì mỗi khối bộ tạo búp sóng theo lát thời gian của các mẫu là tách biệt theo thời gian sao cho các lỗi do thiếu khối sẽ được phân bố theo thời gian, tương tự với lợi ích từ việc đan xen khi hiệu chỉnh lỗi chuyển tiếp. Trong thực tế, các lỗi được phân bố gây ra bởi sự cố của bộ tạo búp sóng theo lát thời gian có thể tạo ra các hiệu ứng giống với nhiễu và không tạo ra các lỗi bất kỳ đối với dữ liệu người dùng, đặc biệt là nếu việc lập mã lỗi chuyển tiếp được sử dụng. Mặc dù các ví dụ trong đó $N = 3$ đã được thể hiện, các giá trị khác của N có thể được sử dụng và N không cần có sự tương quan cụ thể bất kỳ với K hoặc M .

Như được mô tả ở trên, bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 và bộ tạo búp sóng trở về 531 được minh họa trên Fig.31 và Fig.33 tương ứng, có thể thực hiện sự tách kênh và sự ghép kênh theo miền thời gian để tạo búp sóng theo lát thời gian cho một kênh hoặc băng tần con. Nhiều băng tần con có thể được xử lý một cách độc lập bằng cách sử dụng lớp chuyển ghép kênh/tách kênh băng tần con bổ sung. Fig.35 là sơ đồ khối của bộ tạo búp sóng chuyển tiếp/trở về nhiều băng tần 513 sử dụng sự tách kênh và ghép kênh băng tần con. Bộ tạo búp sóng chuyển tiếp/trở về nhiều băng tần 513 có thể hỗ trợ F băng tần con chuyển tiếp và R băng tần con trở về.

Bộ tạo búp sóng chuyển tiếp/trở về nhiều băng tần 513 bao gồm F bộ tạo búp sóng băng tần con chuyển tiếp, R bộ tạo búp sóng băng tần con trở về và bộ ghép kênh/tách kênh băng tần con 3030. Ví dụ, các tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511 có thể được phân chia thành F băng tần con chuyển tiếp. Mỗi trong số F băng tần con chuyển tiếp có thể được kết hợp với tập hợp con của K vùng phủ sóng búp sóng người dùng chuyển tiếp. Tức là, K vùng phủ sóng búp sóng người dùng chuyển tiếp có thể bao gồm nhiều tập hợp con gồm các vùng phủ sóng búp sóng người dùng chuyển tiếp được kết hợp với các băng tần con khác nhau (ví dụ, tần số và/hoặc sự phân cực khác nhau, v.v.), trong đó các vùng phủ sóng búp sóng người dùng chuyển tiếp trong mỗi trong số các tập hợp con có thể không trùng nhau (ví dụ, ở các đường biên tín hiệu 3 dB, v.v.). Do đó, mỗi trong số các đầu vào của bộ tạo búp sóng băng tần con chuyển tiếp 3024 có thể bao gồm tập hợp con K_1 gồm các tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511. Mỗi trong số F bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 3026 có thể bao gồm chức năng của bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529, tạo ra các đầu ra của bộ tạo búp sóng băng tần con chuyển tiếp 3028 bao gồm M tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập được kết hợp với tập hợp con gồm các tín hiệu búp sóng chuyển tiếp 511 (ví dụ, tích ma trận của K_1 tín hiệu búp sóng chuyển tiếp với ma trận trọng số búp sóng chuyển tiếp $M \times K_1$). Do đó, mỗi trong số các AN 515 có thể nhận nhiều tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập được kết hợp với các băng tần con khác nhau (ví dụ, đối với mỗi trong số F băng tần con chuyển tiếp). Các AN có thể kết hợp (ví dụ, cộng) các tín hiệu ở các băng tần con khác nhau trong các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp, như sẽ được thảo luận chi tiết hơn dưới đây. Tương tự, các AN 515

có thể tạo ra nhiều tín hiệu trở về tổ hợp 907 cho R băng tần con trở về khác nhau. Mỗi trong số R băng tần con trở về có thể được kết hợp với tập hợp con của K vùng phủ sóng búp sóng người dùng trở về. Tức là, K vùng phủ sóng búp sóng người dùng trở về có thể bao gồm nhiều tập hợp con gồm các vùng phủ sóng búp sóng người dùng trở về được kết hợp với các băng tần con khác nhau, trong đó các vùng phủ sóng búp sóng người dùng trở về trong phạm vi mỗi trong số các tập hợp con có thể không trùng nhau (ví dụ, ở các đường biên tín hiệu 3 dB, v.v.). Bộ ghép kênh/bộ tách kênh băng tần con 3030 có thể phân chia các tín hiệu trở về tổ hợp 907 thành R đầu vào của bộ tạo búp sóng băng tần con trở về 3034. Mỗi trong số các bộ tạo búp sóng băng tần con trở về 3036 có thể sau đó tạo ra đầu ra của bộ tạo búp sóng băng tần con trở về 3038, mà có thể bao gồm tín hiệu búp sóng trở về 915 đối với tập hợp con gồm các búp sóng người dùng trở về (ví dụ, đến các modem liên kết đường dẫn sóng 507 hoặc bộ giải điều biến tín hiệu búp sóng trở về, v.v.). Theo một số ví dụ, bộ tạo búp sóng chuyển tiếp/trở về nhiều băng tần 513 có thể hỗ trợ nhiều sự phân cực (ví dụ, sự phân cực tròn xoay phải (RHCP), sự phân cực tròn xoay trái (LHCP), v.v.), trong một số trường hợp có thể làm gấp đôi một cách hiệu quả số lượng các băng tần con.

Trong một số trường hợp, việc ghép kênh và tách kênh theo lát thời gian đối với bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 và bộ tạo búp sóng trở về 531 (ví dụ, bộ tách kênh tín hiệu búp sóng 3002, bộ ghép kênh tín hiệu nút truy cập chuyển tiếp 3010, bộ tách kênh tín hiệu tổ hợp trở về 3012, bộ ghép kênh tín hiệu búp sóng trở về 3020) và sự ghép kênh/tách kênh băng tần con (bộ ghép kênh/bộ tách kênh băng tần con 3030) có thể được thực hiện bằng cách chuyển gói (ví dụ, chuyển Ethernet, v.v.). Trong một số trường hợp, việc chuyển lát thời gian và băng tần con có thể được thực hiện trong cùng các nút chuyển hoặc theo thứ tự khác. Ví dụ, cấu trúc chuyển dạng Fabric có thể được sử dụng trong đó mỗi nút Fabric chuyển có thể được ghép nối với tập hợp con gồm các AN 515, bộ tạo búp sóng theo lát thời gian 3006, các bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trở về 3016 hoặc các modem liên kết đường dẫn sóng 507. Cấu trúc chuyển dạng Fabric có thể cho phép, ví dụ, AN bất kỳ kết nối (ví dụ, qua các bộ chuyển và/hoặc liên kết nối Fabric chuyển) với bộ tạo búp sóng theo lát thời gian chuyển tiếp hoặc bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trở về bất kỳ trong cấu trúc có độ trễ thấp, phẳng theo thứ bậc. Theo một ví dụ, hệ thống hỗ trợ $K \leq 600$, $M \leq 600$ và băng thông 500 MHz (ví dụ, mỗi băng tần con) với mười bốn băng tần con dành cho các liên kết chuyển tiếp hoặc trở về có thể được sử dụng bởi nền tảng chuyển liên kết nối có sẵn trên thị trường có các cổng 2048 10GigE.

Sự cân bằng độ trễ

Trong một số trường hợp, sự khác nhau về độ trễ truyền trên mỗi trong số các đường giữa hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 và CPS 505 là không đáng kể. Ví dụ, trên liên kết trở về, khi cùng tín hiệu (ví dụ, dữ liệu đến hoặc từ người dùng cụ thể) được nhận bởi nhiều AN 515, thì mỗi thực thể tín hiệu có thể đi đến CPS về cơ bản được căn chỉnh với thực thể tín hiệu khác. Tương tự, khi cùng tín hiệu được truyền đến thiết bị đầu cuối

người dùng 517 qua một số AN 515, thì mỗi thực thể tín hiệu có thể đi đến thiết bị đầu cuối người dùng 517 về cơ bản được căn chỉnh với thực thể tín hiệu khác. Nói cách khác, các tín hiệu có thể được căn chỉnh theo pha và thời gian với độ chính xác đủ để các tín hiệu có thể kết hợp một cách nhất quán, sao cho các độ trễ đường và các hiệu ứng tạo búp sóng là nhỏ so với tốc độ ký hiệu được truyền. Ví dụ được minh họa, nếu sự khác nhau về độ trễ đường là 10 microgiây, thì băng thông tạo búp sóng có thể là ở mức hàng chục kHz và băng thông có thể sử dụng tín hiệu băng thông hẹp, ví dụ là khoảng ≈ 10 ksps có khả năng suy giảm hiệu năng nhỏ. Tốc độ tín hiệu 10 ksps có thời lượng ký hiệu là 100 microgiây và độ trễ lan truyền 10 micro giây chỉ bằng một phần mười của thời lượng ký hiệu. Trong các trường hợp này, nhằm mục đích phân tích hệ thống, có thể giả định rằng, các tín hiệu được nhận bởi hệ chuyển tiếp đầu cuối ở một thời điểm sẽ được chuyển tiếp và được truyền gần như cùng lúc, như được mô tả ở trên.

Trong các trường hợp khác, có thể có sự khác nhau đáng kể về độ trễ truyền liên quan đến khoảng thời gian kết xuất tín hiệu (thời lượng ký hiệu được truyền) của các tín hiệu được truyền từ các phần tử anten phát 409 đến các AN 515. Đường mà các tín hiệu chọn từ mỗi AN 515 qua mạng phân bố 518 có thể có các biến thiên về độ trễ đáng kể. Trong các trường hợp này, sự cân bằng độ trễ có thể được sử dụng để ăn khớp với các độ trễ đường.

Đối với các tín hiệu liên kết trở về đầu cuối nhận được qua mạng phân bố 518 bởi CPS 505, các tín hiệu có thể được căn chỉnh theo thời gian bằng cách sử dụng tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp được truyền từ hệ chuyển tiếp đầu cuối, chẳng hạn tín hiệu mốc báo PN như được mô tả ở trên. Mỗi AN 515 có thể đánh dấu thời gian tín hiệu trở về tổ hợp bằng cách sử dụng tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp làm tham chiếu. Do đó, các AN 515 khác nhau có thể nhận cùng tín hiệu ở các thời điểm khác nhau, nhưng các tín hiệu nhận được trong mỗi AN 515 có thể được đánh dấu thời gian để cho phép CPS 505 căn chỉnh chúng theo thời gian. CPS 505 có thể đệm tín hiệu sao cho sự tạo búp sóng được thực hiện bằng cách kết hợp các tín hiệu có cùng dấu thời gian.

Tham chiếu đến Fig.33 và Fig.34, sự cân bằng độ trễ đối với liên kết trở về có thể được thực hiện bằng cách tách kênh các tín hiệu trở về tổ hợp đến bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trở về 3016. Ví dụ, mỗi AN có thể phân chia tín hiệu trở về tổ hợp thành các tập hợp con gồm các mẫu được kết hợp với các chỉ số lát thời gian t , mà có thể bao gồm các mẫu được đan xen của tín hiệu trở về tổ hợp. Các chỉ số lát thời gian t có thể được xác định dựa vào tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp. Các AN có thể gửi các tập hợp con gồm các mẫu được ghép kênh với các chỉ số lát thời gian t tương ứng (ví dụ, làm tín hiệu trở về tổ hợp được ghép kênh) đến bộ tạo búp sóng trở về 531, mà có thể đóng vai trò như thông tin thời điểm đồng bộ trên liên kết trở về. Các tập hợp con gồm các mẫu từ mỗi AN có thể được tách kênh (ví dụ, qua sự chuyển mạch) và một bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trở về 3016 có thể nhận các tập hợp con gồm các mẫu từ mỗi AN đối với chỉ số lát thời gian t (đối với một trong số các băng tần con, trong một

số trường hợp). Bằng cách thực hiện tích ma trận của ma trận trọng số búp sóng trở về và các tập hợp con gồm các mẫu từ mỗi trong số M tín hiệu trở về tổ hợp được kết hợp với chỉ số lát thời gian t , bộ tạo búp sóng theo lát thời gian trở về 3016 có thể căn chỉnh các tín hiệu được chuyển tiếp bởi hệ chuyển tiếp đầu cuối cùng lúc để áp dụng ma trận trọng số búp sóng trở về.

Đối với liên kết chuyển tiếp, bộ tạo búp sóng 513 trong CPS 505 có thể tạo ra dấu thời gian mà chỉ báo thời điểm mỗi tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập được truyền bởi các AN 515 được mong muốn để đi đến hệ chuyển tiếp đầu cuối 503. Mỗi AN 515 có thể truyền tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2530, chẳng hạn tín hiệu PN vòng lại. Mỗi tín hiệu này có thể được vòng lại và được truyền ngược trở về các AN 515 bởi hệ chuyển tiếp đầu cuối 503. Các AN 515 có thể nhận cả tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp và các tín hiệu mốc báo của nút truy cập được chuyển tiếp (vòng lại) từ bất kỳ hoặc tất cả các AN. Thời điểm nhận của tín hiệu mốc báo của nút truy cập liên quan đến thời điểm nhận của tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp chỉ báo thời điểm tín hiệu mốc báo của nút truy cập đi đến hệ chuyển tiếp đầu cuối. Việc điều chỉnh thời điểm của tín hiệu mốc báo của nút truy cập sao cho, sau khi được chuyển tiếp bởi sự chuyển tiếp đầu cuối, thì nó đi đến AN ở cùng thời điểm tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp đi đến AN, buộc tín hiệu mốc báo của nút truy cập đi đến hệ chuyển tiếp đầu cuối được đồng bộ hóa với tín hiệu mốc báo chuyển tiếp. Việc có tất cả các AN thực hiện chức năng này cho phép tất cả các tín hiệu mốc báo của nút truy cập đi đến hệ chuyển tiếp đầu cuối được đồng bộ hóa với tín hiệu mốc báo chuyển tiếp. Bước cuối cùng trong quá trình là có mỗi AN truyền các tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập của nó được đồng bộ hóa với tín hiệu mốc báo của nút truy cập của nó. Điều này có thể được thực hiện bằng cách sử dụng các dấu thời gian, như sẽ được mô tả sau. Theo cách khác, CPS có thể quản lý sự cân bằng độ trễ bằng cách gửi độ lệch các tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập tương ứng theo các độ lệch theo miền thời gian tương ứng đến các AN (ví dụ, trong đó thời điểm qua mạng phân bố là tất định). Trong một số trường hợp, khoảng tần số liên kết đường dẫn sóng có thể là khác với khoảng tần số liên kết người dùng. Khi khoảng tần số liên kết xuống liên kết đường dẫn sóng (ví dụ, khoảng tần số trong băng tần V) không trùng với khoảng tần số liên kết xuống liên kết người dùng (ví dụ, khoảng tần số trong băng tần Ka) và các AN nằm trong vùng phủ sóng người dùng, thì các AN có thể bao gồm anten và bộ thu vận hành được trên khoảng tần số liên kết xuống liên kết người dùng để nhận các tín hiệu mốc báo của nút truy cập được chuyển tiếp qua các đường tín hiệu thu/phát của hệ chuyển tiếp đầu cuối. Trong trường hợp này, hệ chuyển tiếp đầu cuối có thể bao gồm bộ phát tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp thứ nhất mà tạo ra tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp thứ nhất trong khoảng tần số liên kết xuống liên kết người dùng để hỗ trợ sự đồng bộ liên kết đường dẫn sóng. Hệ chuyển tiếp đầu cuối có thể còn bao gồm bộ phát tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp thứ hai tạo ra tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp thứ hai trong khoảng tần số liên kết xuống liên kết đường dẫn sóng để hỗ trợ việc loại bỏ sự lỗi của liên kết đường dẫn sóng từ các tín hiệu

liên kết xuống trở về.

Fig.36 minh họa các chuỗi PN được sử dụng để căn chỉnh thời điểm của hệ thống. Trục nằm ngang trên hình vẽ thể hiện thời gian. Chuỗi PN AN₁ 2301 của các chip 2303 được truyền trong tín hiệu mốc báo của nút truy cập từ AN thứ nhất. Thời gian tương đối đến chuỗi này đi đến hệ chuyển tiếp đầu cuối được thể hiện bởi chuỗi PN 2305. Có sự dịch thời gian của chuỗi PN 2305 theo chuỗi PN AN₁ 2301, do độ trễ truyền từ AN đến hệ chuyển tiếp đầu cuối. Chuỗi tín hiệu mốc báo PN của hệ chuyển tiếp 2307 được tạo ra trong, và được truyền từ hệ chuyển tiếp đầu cuối trong tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp. Chip PN của chuỗi tín hiệu mốc báo PN của hệ chuyển tiếp 2307 ở thời điểm T₀ 2315 được căn chỉnh với chip PN 2316 của tín hiệu nhận được PN AN₁ 2305 ở thời điểm T₀. Chip PN 2316 của tín hiệu nhận được PN AN₁ 2305 được căn chỉnh với chip PN 2315 của tín hiệu mốc báo PN của hệ chuyển tiếp 2307 khi thời điểm truyền AN₁ được điều chỉnh theo một mức thích hợp. Chuỗi PN 2305 được vòng lại từ hệ chuyển tiếp đầu cuối và chuỗi PN 2317 nhận được ở AN₁. Chuỗi PN 2319 được truyền từ hệ chuyển tiếp đầu cuối trong tín hiệu mốc báo PN của hệ chuyển tiếp nhận được ở AN₁. Lưu ý rằng, các chuỗi PN 2317, 2319 được căn chỉnh ở AN₁ chỉ báo rằng chúng được căn chỉnh ở hệ chuyển tiếp đầu cuối.

Fig.37 thể hiện ví dụ về AN₂ không được điều chỉnh một cách thích hợp thời điểm của chuỗi PN được tạo ra trong AN₂. Lưu ý rằng, chuỗi PN 2311 được tạo ra bởi AN₂ nhận được ở hệ chuyển tiếp đầu cuối được thể hiện là chuỗi 2309 với độ lệch một lượng bằng dt từ chuỗi PN tín hiệu mốc báo PN của hệ chuyển tiếp 2307. Độ lệch này là do lỗi của sự định thời được sử dụng để tạo ra chuỗi trong AN₂. Cũng lưu ý rằng, thời điểm chuỗi PN AN₂ 2321 đi đến AN₂ lệch với thời điểm chuỗi PN tín hiệu mốc báo PN của hệ chuyển tiếp đi đến AN₂ 2323 cũng một lượng bằng dt. Việc xử lý tín hiệu trong AN₂ sẽ thấy lỗi này và có thể thực hiện hiệu chỉnh thời điểm truyền bằng cách điều chỉnh thời điểm một lượng bằng dt để căn chỉnh các chuỗi PN 2321, 2323.

Trên Fig.36 và Fig.37, cùng một tốc độ chip PN được sử dụng cho tín hiệu mốc báo PN của hệ chuyển tiếp và tất cả các tín hiệu PN AN (vòng lại) để dễ dàng thể hiện ý tưởng. Các ý tưởng về sự định thời có thể được áp dụng với các tốc độ chip PN khác nhau. Quay trở lại Fig.31 và Fig.32, các chỉ số lát thời gian t có thể được sử dụng để đồng bộ hóa các tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập nhận được từ mỗi trong số các AN ở hệ chuyển tiếp đầu cuối. Ví dụ, các chỉ số lát thời gian t có thể được ghép kênh với các tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập 516. Mỗi AN có thể truyền các mẫu của các tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập với chỉ số lát thời gian cụ thể t được căn chỉnh với thông tin thời điểm tương ứng trong chuỗi PN của các chip được truyền trong các tín hiệu mốc báo của nút truy cập tương ứng. Vì các tín hiệu mốc báo của nút truy cập tương ứng đã được điều chỉnh để bù lại các độ trễ đường và các sự dịch pha tương ứng giữa các AN và hệ chuyển tiếp đầu cuối, nên các mẫu được kết hợp với chỉ số lát thời gian t sẽ đi đến hệ chuyển tiếp đầu cuối với sự định thời được đồng bộ

hóa và pha được căn chỉnh một cách tương đối phù hợp với nhau.

Trong các trường hợp trong đó các AN nhận các tín hiệu mốc báo của nút truy cập riêng của chúng, có thể vòng lại các tín hiệu mốc báo của nút truy cập bằng cách sử dụng cùng phần cứng truyền thông của hệ chuyển tiếp đầu cuối mà cũng mang dữ liệu truyền thông hướng chuyển tiếp. Trong các trường hợp này, các độ khuếch đại và/hoặc các pha liên quan của các bộ phát đáp trong hệ chuyển tiếp đầu cuối có thể được điều chỉnh, như sẽ được mô tả sau.

Fig.38 là sơ đồ khối của AN 515. AN 515 bao gồm bộ nhận 4002, bộ điều chỉnh thời điểm và pha nhận 4024, bộ giải điều biến tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp 2511, bộ ghép kênh 4004, giao diện mạng 4006, bộ điều khiển 2523, bộ tách kênh 4060, bộ bù thời điểm và pha truyền 4020 và thiết bị truyền 4012. Giao diện mạng 4006 có thể được kết nối với, ví dụ, CPS 505 qua cổng mạng 4008.

Trên liên kết trở về, bộ nhận 4002 nhận tín hiệu liên kết xuống trở về 527. Tín hiệu liên kết xuống trở về 527 có thể bao gồm, ví dụ, tổ hợp gồm các tín hiệu liên kết lên trở về được chuyển tiếp bởi hệ chuyển tiếp đầu cuối (ví dụ, qua nhiều đường tín hiệu thu/phát, v.v.) và tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp. Bộ nhận 4002 có thể thực hiện, ví dụ, đổi giảm và lấy mẫu. Bộ giải điều biến tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp 2511 có thể giải điều biến tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp trong tín hiệu trở về tổ hợp được số hóa 907 để thu được thông tin thời điểm của hệ chuyển tiếp 2520. Ví dụ, bộ giải điều biến tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp 2511 có thể thực hiện sự giải điều biến để phục hồi sự định thời chip được kết hợp với mã PN của hệ chuyển tiếp và tạo ra các dấu thời gian tương ứng với thời gian truyền từ hệ chuyển tiếp đầu cuối đối với các mẫu của tín hiệu trở về tổ hợp được số hóa 527. Bộ ghép kênh 4004 có thể ghép kênh thông tin thời điểm của hệ chuyển tiếp 2520 với các mẫu của tín hiệu trở về tổ hợp được số hóa (ví dụ, để tạo ra tín hiệu trở về tổ hợp được ghép kênh) được gửi đến CPS 505 (ví dụ, qua giao diện mạng 4006). Sự ghép kênh thông tin thời điểm của hệ chuyển tiếp 2520 có thể bao gồm việc tạo ra các tập hợp con gồm các mẫu tương ứng với các chỉ số lát thời gian t để gửi đến CPS 505. Ví dụ, bộ ghép kênh 4004 có thể kết xuất các tập hợp con gồm các mẫu được kết hợp với mỗi chỉ số lát thời gian t để nhập vào cấu trúc tạo búp sóng theo lát thời gian trở về, được mô tả ở trên tham chiếu đến Fig.33, Fig.34 và Fig.35. Bộ ghép kênh 4004 có thể bao gồm bộ đan xen 4044 để đan xen các mẫu đối với mỗi tập hợp con gồm các mẫu, trong một số trường hợp.

Trên liên kết chuyển tiếp, giao diện mạng 4006 có thể thu tín hiệu đầu vào AN 4014 (ví dụ, qua cổng mạng 4008). Bộ tách kênh 4060 có thể tách kênh tín hiệu đầu vào AN 4014 để thu được tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập 516 và thông tin thời điểm truyền tín hiệu chuyển tiếp 4016 chỉ báo thời điểm truyền đối với tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập 516. Ví dụ, tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập 516 có thể bao gồm thông tin thời điểm truyền tín hiệu chuyển tiếp (ví dụ, được ghép kênh với các mẫu dữ liệu, v.v.). Theo một ví dụ, tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập 516

bao gồm tập hợp gồm các mẫu (ví dụ, trong các gói dữ liệu), trong đó mỗi tập hợp gồm các mẫu được kết hợp với chỉ số lát thời gian t . Ví dụ, mỗi tập hợp gồm các mẫu có thể là các mẫu của tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập 516 được tạo ra theo cấu trúc tạo búp sóng theo lát thời gian chuyển tiếp, được mô tả ở trên tham chiếu đến Fig.31, Fig.32 và Fig.35. Bộ tách kênh 4060 có thể bao gồm bộ khử đan xen 4050 để khử đan xen các mẫu được kết hợp với các chỉ số lát thời gian t .

Bộ bù thời điểm và pha truyền 4020 có thể nhận và đệm tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập 516 và kết xuất các mẫu tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 4022 để truyền bởi thiết bị truyền 4012 ở thời điểm thích hợp làm tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521. Thiết bị truyền 4012 có thể thực hiện biến đổi từ tín hiệu số sang tương tự và đổi tăng tần số để kết xuất tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521. Các mẫu tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 4022 có thể bao gồm tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập 516 và tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2530 (ví dụ, tín hiệu PN vòng lại), mà có thể bao gồm thông tin thời điểm truyền (ví dụ, thông tin thời điểm chip mã PN, thông tin thời điểm khung, v.v.). Bộ bù thời điểm và pha truyền 4020 có thể ghép kênh tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập 516 với tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2530 sao cho thời điểm truyền tín hiệu chuyển tiếp và thông tin pha 4016 được đồng bộ với thông tin thời điểm và pha truyền tương ứng trong tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2530.

Theo một số ví dụ, sự tạo ra tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2530 được thực hiện cục bộ ở AN 515 (ví dụ, trong thiết bị tạo tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2529). Theo cách khác, sự tạo ra tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2530 có thể được thực hiện ở một thành phần riêng rẽ (ví dụ, CPS 505) và được gửi đến AN 515 (ví dụ, qua giao diện mạng 4006). Như được thảo luận ở trên, tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2530 có thể được sử dụng để bù tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 đối với khác biệt về đường và các sự dịch pha giữa AN và hệ chuyển tiếp đầu cuối. Ví dụ, tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2530 có thể được truyền trong tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 và được chuyển tiếp bởi hệ chuyển tiếp đầu cuối để nhận được lại ở bộ nhận 4002. Bộ điều khiển 2523 có thể so sánh thông tin thời điểm và pha truyền được chuyển tiếp 4026 thu được (ví dụ, nhờ sự giải điều biến, v.v.) từ tín hiệu mốc báo của nút truy cập được chuyển tiếp với thông tin thời điểm và pha nhận 4028 thu được (ví dụ, nhờ sự giải điều biến, v.v.) từ tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp. Bộ điều khiển 2523 có thể tạo ra sự điều chỉnh thời điểm và pha 2524 để nhập vào bộ bù thời điểm và pha truyền 4020 để điều chỉnh tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2530 để bù độ trễ đường và các sự dịch pha. Ví dụ, tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2530 có thể bao gồm thông tin mã PN và định thời khung (ví dụ, một hoặc nhiều bit của số khung, v.v.). Bộ bù thời điểm và pha truyền 4020 có thể, ví dụ, điều chỉnh thông tin thời điểm khung để bù độ trễ đường (ví dụ, kết xuất thông tin thời điểm khung trong tín hiệu mốc báo của nút truy cập sao cho tín hiệu mốc báo của nút truy cập được chuyển tiếp sẽ có thông tin thời điểm khung truyền được chuyển tiếp được căn chỉnh thô với thông tin thời điểm khung tương ứng trong tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp, thay đổi chip nào của mã PN được coi là LSB, v.v.). Ngoài

ra hoặc theo cách khác, bộ bù thời điểm và pha truyền 4020 có thể thực hiện điều chỉnh thời điểm và pha đến các mẫu tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 4022 để bù các sự chênh lệch thời điểm hoặc pha giữa thông tin thời điểm và pha truyền được chuyển tiếp 4026 và thông tin thời điểm và pha nhận 4028. Ví dụ, trong đó tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2530 được tạo ra dựa vào bộ dao động cục bộ, các sự chênh lệch thời điểm hoặc pha giữa bộ dao động cục bộ và tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp nhận được có thể được hiệu chỉnh nhờ các sự điều chỉnh thời điểm và pha đối với các mẫu tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 4022. Theo một số ví dụ, sự giải điều biến của tín hiệu mốc báo của nút truy cập được thực hiện cục bộ ở AN 515 (ví dụ, trong bộ giải điều biến tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2519). Theo cách khác, sự giải điều biến của tín hiệu mốc báo của nút truy cập có thể được thực hiện ở một thành phần riêng rẽ (ví dụ, CPS 505) và thông tin thời điểm và pha truyền được chuyển tiếp 4026 có thể thu được trong đường tín hiệu khác (ví dụ, qua giao diện mạng 4006). Ví dụ, sự suy giảm sâu có thể gây khó khăn trong việc nhận và giải điều biến của tín hiệu mốc báo của nút truy cập được chuyển tiếp của chính AN mà không có sự truyền ở công suất cao hơn so với đường tín hiệu khác, mà có thể làm giảm quỹ công suất cho các tín hiệu truyền thông. Do đó, việc kết hợp việc nhận tín hiệu mốc báo của nút truy cập được chuyển tiếp từ nhiều AN 515 có thể làm tăng công suất hữu ích nhận được và độ chính xác của sự giải điều biến đối với tín hiệu mốc báo của nút truy cập được chuyển tiếp. Như vậy, sự giải điều biến của tín hiệu mốc báo của nút truy cập từ một AN 515 có thể được thực hiện bằng cách sử dụng các tín hiệu liên kết xuống nhận được ở nhiều AN 515. Sự giải điều biến của tín hiệu mốc báo của nút truy cập có thể được thực hiện ở CPS 505 dựa vào các tín hiệu trở về tổ hợp 907, mà có thể còn bao gồm thông tin tín hiệu đối với các tín hiệu mốc báo của nút truy cập từ hầu hết hoặc tất cả các AN 515. Nếu mong muốn, sự tạo búp sóng đầu cuối đối với các tín hiệu mốc báo của nút truy cập có thể được thực hiện tính đến các liên kết lên mốc báo của nút truy cập (ví dụ, C_r), vòng lại chuyển tiếp (ví dụ, E) và/hoặc các liên kết xuống mốc báo của nút truy cập (ví dụ, C_t).

Loại bỏ lỗi liên kết đường dẫn sóng

Ngoài sự cân bằng độ trễ của các đường tín hiệu đối với hệ chuyển tiếp đầu cuối từ tất cả các AN, các sự dịch pha được tạo ra bởi các liên kết đường dẫn sóng có thể được loại bỏ trước khi sự tạo búp sóng. Sự dịch pha của mỗi trong số các liên kết giữa hệ chuyển tiếp đầu cuối và M AN sẽ là khác nhau. Nguyên nhân của các sự dịch pha khác nhau đối với mỗi liên kết bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở, độ dài đường lan truyền, các điều kiện môi trường chẳng hạn như sự nhấp nháy, sự dịch tần số Doppler và các lỗi dao động AN khác nhau. Các sự dịch pha này thường là khác nhau đối với mỗi AN và biến đổi theo thời gian (do sự nhấp nháy, dịch chuyển Doppler và sự khác nhau về các lỗi dao động AN). Bằng cách loại bỏ các lỗi liên kết đường dẫn sóng động, tốc độ mà ở đó sự thích ứng các trọng số búp sóng có thể là chậm hơn so với phương án thay thế trong đó sự thích nghi các trọng số búp sóng đủ nhanh để bám sát độ động của liên kết đường dẫn sóng.

Ở hướng trở về, các lỗi liên kết xuống đường dẫn sóng đối với AN là thông thường đối với cả tín hiệu mốc báo PN của hệ chuyển tiếp và các tín hiệu dữ liệu người dùng (ví dụ, các tín hiệu liên kết xuống trở về). Trong một số trường hợp, sự giải điều biến nhất quán của tín hiệu mốc báo PN của hệ chuyển tiếp tạo ra thông tin kênh được sử dụng để loại bỏ hầu hết hoặc tất cả các lỗi này khỏi tín hiệu dữ liệu trở về. Trong một số trường hợp, tín hiệu mốc báo PN của hệ chuyển tiếp là chuỗi PN đã biết mà được truyền và được định vị ở trong băng tần với dữ liệu truyền thông. Công suất phát đẳng hướng tương đương (hoặc hiệu quả) (EIRP) (EIRP - Equivalent (or Effective) Isotropically Radiated Power - Công suất phát đẳng hướng tương đương (hoặc hiệu quả)) của tín hiệu PN trong băng tần này được thiết đặt sao cho sự giao thoa với dữ liệu truyền thông không lớn hơn mức chấp thuận được tối đa. Trong một số trường hợp, quá trình loại bỏ lỗi liên kết đường dẫn sóng đối với liên kết trở về bao gồm việc giải điều biến nhất quán và bám sát pha và thời điểm nhận được của tín hiệu mốc báo PN của hệ chuyển tiếp. Ví dụ, bộ giải điều biến tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp 2511 có thể xác định các sự điều chỉnh về pha và thời điểm nhận 2512 để bù các lỗi liên kết đường dẫn sóng dựa vào sự so sánh tín hiệu mốc báo PN của hệ chuyển tiếp với tín hiệu tham chiếu cục bộ (ví dụ, bộ dao động cục bộ hoặc PLL). Khác biệt về thời điểm và pha được phục hồi sau đó được loại bỏ khỏi tín hiệu liên kết xuống trở về (ví dụ, nhờ bộ điều chỉnh pha và thời điểm nhận 4024), nhờ đó loại bỏ các lỗi liên kết đường dẫn sóng từ tín hiệu truyền thông (ví dụ, các tín hiệu liên kết xuống trở về 527). Sau khi loại bỏ lỗi liên kết đường dẫn sóng, các tín hiệu liên kết trở về từ búp sóng sẽ có lỗi tần số chung ở tất cả các AN và do đó thích hợp để sự tạo búp sóng. Lỗi tần số chung có thể bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở, kết hợp của lỗi tần số thiết bị đầu cuối người dùng, Doppler liên kết lên thiết bị đầu cuối người dùng, lỗi tần số dịch tần số hệ chuyển tiếp đầu cuối và lỗi tần số tín hiệu mốc báo PN của hệ chuyển tiếp.

Ở hướng chuyển tiếp, tín hiệu mốc báo của nút truy cập từ mỗi AN có thể được sử dụng để giúp loại bỏ các lỗi liên kết lên đường dẫn sóng. Các lỗi liên kết lên đường dẫn sóng sẽ được đặt lên dữ liệu truyền thông liên kết chuyển tiếp (ví dụ, tín hiệu dành cho nút truy cập) cũng như tín hiệu mốc báo của nút truy cập. Sự giải điều biến nhất quán của tín hiệu mốc báo của nút truy cập có thể được sử dụng để phục hồi các sự khác biệt về thời điểm và pha của tín hiệu mốc báo của nút truy cập (ví dụ, liên quan đến tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp). Các sự khác biệt về thời điểm và pha được phục hồi sau đó được loại bỏ khỏi tín hiệu mốc báo của nút truy cập được truyền sao cho tín hiệu mốc báo của nút truy cập đi đồng pha với tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp.

Trong một số trường hợp, quá trình loại bỏ liên kết đường dẫn sóng chuyển tiếp là vòng lặp khóa pha (PLL – Phase Locked Loop) với độ trễ đường từ AN đến hệ chuyển tiếp đầu cuối và ngược lại trong cấu trúc vòng lặp. Trong một số trường hợp, độ trễ đi và về từ AN đến hệ chuyển tiếp đầu cuối và trở về AN có thể là đáng kể. Ví dụ, vệ tinh địa tĩnh thực hiện chức năng như hệ chuyển tiếp đầu cuối sẽ tạo ra độ trễ đi và về là khoảng 250 miligiây (ms). Để duy trì vòng lặp này ổn định khi có độ trễ lớn, băng

thông vòng lặp rất thấp có thể được sử dụng. Đối với độ trễ 250 ms, băng thông vòng lặp kín PLL thông thường có thể nhỏ hơn một Hz. Trong các trường hợp này, các bộ dao động độ ổn định cao có thể được sử dụng trên cả vệ tinh và AN để duy trì sự khóa pha tín cậ, như được chỉ ra bởi khối 2437 trên Fig.39 (xem phía dưới).

Trong một số trường hợp, tín hiệu mốc báo của nút truy cập là tín hiệu chớp mà chỉ được truyền trong các khoảng thời gian hiệu chỉnh. Trong khoảng thời gian hiệu chỉnh, dữ liệu truyền thông không được truyền để loại trừ sự giao thoa này với tín hiệu mốc báo của nút truy cập. Do không có dữ liệu truyền thông được truyền trong khoảng thời gian hiệu chỉnh, nên công suất được truyền của tín hiệu mốc báo của nút truy cập có thể là lớn, so với công suất yêu cầu nếu nó được phát rộng trong quá trình truyền thông dữ liệu. Sở dĩ như vậy là vì không cần quan tâm đến việc tạo ra giao thoa với dữ liệu truyền thông (dữ liệu truyền thông không có mặt ở thời điểm này). Kỹ thuật này cho phép tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu (SNR – Signal-to-Noise Ratio) mạnh đối với tín hiệu mốc báo của nút truy cập khi nó được truyền trong khoảng thời gian hiệu chỉnh. Tần số xảy ra các khoảng thời gian hiệu chỉnh là nghịch đảo của thời gian trôi qua giữa các khoảng thời gian hiệu chỉnh. Vì mỗi khoảng thời gian hiệu chỉnh tạo mẫu của pha đối với PLL, tần số hiệu chỉnh này là tốc độ lấy mẫu của thời gian rời rạc PLL này. Trong một số trường hợp, tốc độ lấy mẫu là đủ cao để hỗ trợ băng thông vòng lặp khép kín của PLL với lượng răng cưa không đáng kể. Tích của tần số hiệu chỉnh (tốc độ lấy mẫu vòng lặp) và khoảng thời gian hiệu chỉnh biểu diễn một phần thời gian hệ chuyển tiếp đầu cuối không thể sử dụng được đối với dữ liệu truyền thông mà không có sự giao thoa bổ sung từ tín hiệu dò âm thanh kênh. Trong một số trường hợp, các giá trị nhỏ hơn 0,1 được sử dụng và trong một số trường hợp, các giá trị nhỏ hơn 0,01 được sử dụng.

Fig.39 là sơ đồ khối bộ thu phát AN làm ví dụ 2409. Đầu vào 2408 đến bộ thu phát AN 2409 nhận các tín hiệu liên kết trở về đầu cuối được nhận bởi AN 515 (ví dụ, đối với một trong các băng tần con). Đầu vào 2408 được ghép nối với đầu vào 2501 của bộ đổi giảm (D/C - Down Converter) 2503. Đầu ra của D/C 2503 được ghép nối với bộ biến đổi từ tín hiệu tương tự sang tín hiệu số (A/D) (A/D - Analog to Digital converter) 2509. Đầu ra của A/D 2509 được ghép nối với bộ điều chỉnh thời gian Rx 2515 và/hoặc bộ điều chỉnh pha Rx 2517. Bộ điều chỉnh thời gian Rx 2515 và bộ điều chỉnh pha Rx 2517 có thể minh họa các khía cạnh của bộ điều chỉnh thời điểm và pha nhận 4024 trên Fig.38. D/C 2503 là bộ đổi giảm vuông góc. Theo đó, D/C 2503 kết xuất đầu ra đồng pha vuông góc với A/D 2509. Các tín hiệu nhận được có thể bao gồm tín hiệu truyền thông (ví dụ, tổ hợp của các tín hiệu liên kết lên trở về được truyền bởi các thiết bị đầu cuối người dùng), các tín hiệu mốc báo của nút truy cập (ví dụ, được truyền từ cùng AN và/hoặc khác AN) và tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp. Các mẫu số hóa được ghép nối với bộ giải điều biến tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp 2511. Bộ giải điều biến tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp 2511 giải điều biến tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp. Ngoài ra, bộ giải điều biến tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp 2511 tạo ra tín hiệu điều khiển thời gian 2513 và tín hiệu điều khiển pha 2514 để loại bỏ các lỗi liên kết

đường dẫn sóng dựa vào tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp nhận được. Các suy giảm này bao gồm Doppler, lỗi tần số AN, các hiệu ứng nhấp nháy, các sự thay đổi độ dài đường, v.v. Bằng cách thực hiện giải điều biến nhất quán tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp, vòng lặp khóa pha (PLL) có thể được sử dụng để hiệu chỉnh hầu hết hoặc tất cả các lỗi. Bằng cách hiệu chỉnh các lỗi trong tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp, các lỗi tương ứng trong các tín hiệu truyền thông và các tín hiệu mốc báo của nút truy cập trên liên kết đường dẫn sóng cũng được hiệu chỉnh (ví dụ, vì các lỗi này là chung đối với tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp, các tín hiệu mốc báo của nút truy cập và các tín hiệu truyền thông). Sau khi loại bỏ lỗi liên kết đường dẫn sóng, tín hiệu truyền thông liên kết trở về đầu cuối từ thiết bị đầu cuối người dùng 517 về lý thuyết có cùng lỗi tần số ở mỗi M AN. Lỗi chung này bao gồm lỗi tần số thiết bị đầu cuối người dùng, Doppler liên kết người dùng, lỗi dịch tần số hệ chuyển tiếp đầu cuối và lỗi tần số tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp.

Các mẫu số hóa, với các lỗi liên kết đường dẫn sóng được loại bỏ, được ghép nối với bộ ghép kênh 2518, mà có thể là một ví dụ về bộ ghép kênh 4004 trên Fig.38. Bộ ghép kênh 2518 kết hợp (ví dụ, các dấu thời gian) các mẫu với thông tin thời điểm của hệ chuyển tiếp 2520 từ bộ giải điều biến tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp 2511. Đầu ra của bộ ghép kênh 2518 được ghép nối với cổng kết xuất 2410 của bộ thu phát AN 2409. Cổng kết xuất 2410 được ghép nối với bộ ghép kênh 2413 và qua giao diện 2415 (xem Fig.40) với CPS 505. CPS 505 có thể sau đó sử dụng các dấu thời gian được kết hợp với các mẫu số hóa nhận được để căn chỉnh các mẫu số hóa nhận được từ mỗi AN 515. Ngoài ra hoặc theo cách khác, việc loại bỏ lỗi liên kết đường dẫn sóng có thể được thực hiện ở CPS 505. Ví dụ, các mẫu số hóa của các tín hiệu liên kết trở về đầu cuối với tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp được nhúng có thể được chuyển từ AN 515 đến CPS 505 và CPS 505 có thể sử dụng thông tin thời điểm đồng bộ (ví dụ, tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp được nhúng) theo mỗi trong số các tín hiệu trở về tổ hợp để xác định các sự điều chỉnh tương ứng đối với các tín hiệu trở về tổ hợp tương ứng để bù lỗi kênh liên kết xuống.

Tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2530 có thể được tạo ra cục bộ bởi thiết bị tạo tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2529. Bộ giải điều biến tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2519 giải điều biến tín hiệu mốc báo của nút truy cập được nhận bởi AN 515 (ví dụ, sau khi được chuyển tiếp bởi hệ chuyển tiếp đầu cuối và nhận được ở đầu vào 2408). Bộ giải điều biến tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp 2511 cung cấp tín hiệu thông tin thời điểm và pha chuyển tiếp nhận được 2521 đến bộ điều khiển 2523. Bộ điều khiển 2523 còn nhận tín hiệu thông tin thời điểm và pha truyền được chuyển tiếp 2525 từ bộ giải điều biến tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2519. Bộ điều khiển 2523 so sánh thông tin thời điểm và pha chuyển tiếp nhận được với thông tin thời điểm và pha truyền được chuyển tiếp và tạo ra tín hiệu điều chỉnh thời gian thô 2527. Tín hiệu điều chỉnh thời gian thô 2527 được ghép nối với thiết bị tạo tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2529. Thiết bị tạo tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2529 tạo ra tín hiệu mốc báo của nút truy

cập 2530 với thông tin thời điểm truyền được nhúng để được truyền từ AN 515 đến hệ chuyển tiếp đầu cuối 503. Như được lưu ý trong phần mô tả ở trên, sự khác nhau giữa thông tin thời điểm và pha của hệ chuyển tiếp (được nhúng trong tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp) và thông tin thời gian và pha truyền (được nhúng trong tín hiệu mốc báo của nút truy cập) được sử dụng để điều chỉnh thông tin thời điểm và pha truyền để đồng bộ hóa thông tin thời điểm và pha truyền được chuyển tiếp với thông tin thời điểm và pha chuyển tiếp nhận được. Thời gian thô được điều chỉnh bởi tín hiệu 2527 đối với thiết bị tạo tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2529 và thời gian tinh được điều chỉnh bởi tín hiệu 2540 đối với bộ điều chỉnh thời gian Tx 2539. Với thông tin thời điểm và pha truyền được chuyển tiếp 2525 từ bộ giải điều biến tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2519 được đồng bộ hóa với thông tin thời điểm và pha chuyển tiếp nhận được 2521, thiết bị tạo tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2529 tạo ra các dấu thời gian 2531 hỗ trợ việc đồng bộ hóa tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2530 và tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập từ CPS 505 mà được truyền. Tức là, các mẫu dữ liệu từ CPS 505 nhận được trên cổng tín hiệu 2423 cùng với các dấu thời gian 2535 chỉ báo thời điểm các mẫu dữ liệu kết hợp được mong muốn để đi đến hệ chuyển tiếp đầu cuối 503. Mô đun đệm, căn chỉnh thời gian và cộng 2537 đệm các mẫu dữ liệu được ghép nối từ CPS 505 và cộng chúng với các mẫu từ thiết bị tạo tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2529 dựa vào các dấu thời gian 2535, 2531. Các mẫu PN và các mẫu dữ liệu truyền thông có các thời gian tương đồng, như được chỉ báo bởi các dấu thời gian, được cộng với nhau. Theo ví dụ này, nhiều tín hiệu búp sóng ($x_k(n) * b_k$) được cộng với nhau trong CPS 505 và tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập bao gồm tổ hợp của nhiều tín hiệu búp sóng được gửi đến AN bởi CPS 505.

Khi được căn chỉnh phù hợp bởi các AN, các mẫu dữ liệu đi đến hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 ở thời gian mong muốn (ví dụ, ở cùng thời gian mà cùng các mẫu dữ liệu từ các AN khác đi đến). Bộ điều chỉnh thời gian truyền 2539 thực hiện điều chỉnh thời gian tinh dựa vào tín hiệu đầu ra điều khiển thời gian tinh 2540 từ mô đun điều khiển thời gian 2523. Bộ điều chỉnh pha truyền 2541 thực hiện điều chỉnh pha đối với tín hiệu đáp lại tín hiệu điều khiển pha 2542 được tạo ra bởi bộ giải điều biến tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2519. Bộ điều chỉnh thời gian truyền 2539 và bộ điều chỉnh pha truyền 2541 có thể minh họa, ví dụ, các khía cạnh của bộ bù thời điểm và pha truyền 4020 trên Fig.38.

Đầu ra của bộ điều chỉnh pha truyền 2541 được ghép nối với đầu vào của bộ biến đổi tín hiệu số sang tín hiệu tương tự (D/A) 2543. Đầu ra tín hiệu tương tự vuông góc từ D/A 2543 được ghép nối với bộ đổi tăng (U/C) 2545 để được truyền bởi HPA 2433 (xem Fig.40) đến hệ chuyển tiếp đầu cuối 503. Tín hiệu kiểm soát biên độ 2547 được tạo ra bởi bộ giải điều biến tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2519 tạo ra sự hồi tiếp biên độ đối với U/C 2545 để bù các đối tượng chẳng hạn như các suy giảm liên kết lên do mưa.

Trong một số trường hợp, mã PN được sử dụng bởi mỗi AN cho tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2530 là khác với mã PN được sử dụng bởi mỗi AN khác. Trong một số trường hợp, mỗi trong số các mã PN trong các tín hiệu mốc báo của nút truy cập là khác với mã PN của hệ chuyển tiếp được sử dụng trong tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp. Theo đó, mỗi AN 515 có thể phân biệt được tín hiệu mốc báo của nút truy cập của chính nó với các tín hiệu của các AN 515 khác. Các AN 515 này có thể phân biệt các tín hiệu mốc báo của nút truy cập của chính chúng với tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp.

Như được mô tả ở trên, độ khuếch đại đầu cuối từ điểm bất kỳ trong vùng phủ sóng đến điểm bất kỳ khác trong vùng là kênh đa đường với L đường khác nhau mà có thể tạo ra các suy giảm rất sâu đối với một số kênh điểm với điểm. Sự đa dạng truyền (liên kết chuyển tiếp) và sự đa dạng nhận (liên kết trở về) là rất hiệu quả để làm giảm nhẹ các suy giảm sâu này và cho phép hệ thống truyền thông làm việc. Tuy nhiên, đối với các tín hiệu mốc báo của nút truy cập, sự đa dạng truyền và nhận là không có mặt. Kết quả là, liên kết điểm với điểm của tín hiệu vòng lại, mà là sự truyền từ AN trở về cùng AN đó, có thể có độ khuếch đại đầu cuối thấp hơn nhiều so với giá trị trung bình. Các giá trị thấp hơn mức trung bình 20 dB có thể xảy ra với một số lượng lớn các đường tín hiệu thu/phát (L). Một số kênh đa đường đầu cuối thấp này tạo ra SRN thấp hơn đối với các AN đó và có thể tạo ra thách thức trong việc đóng kín liên kết. Do đó, trong một số trường hợp, các anten có độ khuếch đại cao hơn được sử dụng ở các AN. Theo cách khác, đề cập đến một bộ phát đáp làm ví dụ trên Fig.16, bộ điều chỉnh pha 418 có thể nằm trong mỗi trong số các đường tín hiệu thu/phát. Bộ điều chỉnh pha 418 có thể được điều chỉnh một cách độc lập bởi bộ điều khiển dịch pha 427 (ví dụ, dưới sự điều khiển của liên kết đo đặc từ xa, căn chỉnh và ra lệnh (TT&C - Telemetry, Tracking & Command) từ trung tâm điều khiển trên mặt đất). Việc điều chỉnh các pha liên quan có thể hiệu quả trong việc làm tăng độ khuếch đại đầu cuối của các đường vòng lại có độ khuếch đại thấp. Ví dụ, mục đích có thể là lựa chọn các thiết đặt dịch pha để tăng giá trị của độ khuếch đại vòng lại trong trường hợp xấu nhất (độ khuếch đại từ AN trở về chính nó). Lưu ý rằng, sự lựa chọn các pha thường không làm thay đổi sự phân bố của các độ khuếch đại khi được ước lượng đối với tất cả các điểm trong vùng phủ sóng đến tất cả các điểm khác trong vùng phủ sóng, nhưng nó có thể làm tăng các độ khuếch đại của các đường vòng lại có độ khuếch đại thấp.

Chi tiết hơn, cho rằng tập hợp các độ khuếch đại từ mỗi trong số M AN 515 đến tất cả các AN 515 khác. Có M^2 độ khuếch đại, trong đó, chỉ M trong số chúng là các đường vòng lại. Cho rằng hai phân phối độ khuếch đại, phân phối thứ nhất là phân phối tổng của tất cả các đường (M^2) mà có thể được ước lượng bằng cách biên dịch biểu đồ của tất cả M^2 các đường. Đối với các AN được phân bố một cách đồng đều trên toàn bộ vùng phủ sóng, sự phân bố này có thể biểu diễn phân phối của độ khuếch đại đầu cuối từ điểm bất kỳ đến điểm bất kỳ khác trong vùng phủ sóng. Phân phối thứ hai là phân phối độ khuếch đại vòng lại (phân phối vòng lại) có thể được ước lượng bằng cách

biên dịch biểu đồ của chỉ M đường vòng lại. Trong nhiều trường hợp, sự lựa chọn tùy biến các thiết đặt pha đường tín hiệu thu/phát (và các thiết đặt độ khuếch đại tùy ý) không tạo ra sự thay đổi đáng kể đối với toàn bộ phân phối. Đây là trường hợp đặc biệt với các ánh xạ ngẫu nhiên hoặc được đan xen của các phần tử phát đến phần tử thu. Tuy nhiên, trong hầu hết các trường hợp, phân phối vòng lại có thể được cải thiện với sự lựa chọn (khác với các giá trị ngẫu nhiên) tùy biến các thiết đặt pha (và độ khuếch đại tùy ý). Sở dĩ như vậy là vì tập hợp các độ khuếch đại vòng lại bao gồm M đường (khác với toàn bộ M^2 đường) và mức tự do trong việc điều chỉnh pha và độ khuếch đại là L. Thông thường số lần L là cùng bậc như M cho phép cải thiện đáng kể về độ khuếch đại vòng lại thấp với sự lựa chọn pha tùy biến. Nói cách khác, sự lựa chọn pha tùy biến không không nhất thiết loại trừ các khuếch đại đầu cuối thấp, mà dịch chuyển chúng từ tập hợp các độ khuếch đại vòng lại (M thành phần trong tập hợp) đến tập hợp các độ khuếch đại không vòng lại (M^2 -M thành phần). Đối với các giá trị không thông thường của M, tập hợp lớn hơn thường là lớn hơn nhiều so với tập hợp trước.

AN 515 có thể xử lý một hoặc nhiều băng tần con. Fig.40 là sơ đồ khối của AN làm ví dụ 515 trong đó nhiều băng tần con được xử lý riêng rẽ. Trên liên kết trở về đầu cuối 523 (xem Fig.5), AN 515 nhận các tín hiệu liên kết xuống trở về K 527 từ hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 qua LNA 2401. Các tín hiệu khuếch đại được ghép nối từ LNA 2401 vào bộ chia công suất 2403. Bộ chia công suất 2403 phân chia tín hiệu thành nhiều tín hiệu đầu ra. Mỗi tín hiệu được kết xuất trên một công trong số các cổng kết xuất tín hiệu 2405, 2407 của bộ chia công suất 2403. Một trong số các cổng kết xuất 2407 có thể được trang bị làm cổng kiểm tra. Các cổng khác 2405 được ghép nối với đầu vào 2408 của một bộ thu phát tương ứng trong số nhiều bộ thu phát AN 2409 (chỉ một bộ thu phát được thể hiện). Các bộ thu phát AN 2409 xử lý các tín hiệu nhận được trên các băng tần con tương ứng. Bộ thu phát AN 2409 thực hiện một số chức năng, như được thảo luận chi tiết trên. Các đầu ra 2410 của các bộ thu phát AN 2409 được ghép nối với các cổng đầu vào 2411 của các bộ ghép kênh băng tần con 2413. Các đầu ra được kết hợp trong bộ ghép kênh băng tần con 2413 và kết xuất đến giao diện mạng phân bố 2415. Giao diện 2415 tạo ra giao diện để dữ liệu đi từ/đến AN 515 đến/từ CPS 505 trên mạng phân bố (xem Fig.5). Việc xử lý các băng tần con có thể là có lợi trong việc giảm yêu cầu hiệu suất trên các thành phần RF được sử dụng để triển khai hệ chuyển tiếp đầu cuối và AN. Ví dụ, bằng cách phân chia băng thông 3,5 GHz (ví dụ, như có thể được sử dụng trong hệ thống băng tần Ka) thành bảy băng tần con, mỗi băng tần con chỉ rộng 500 MHz. Tức là, mỗi trong số các tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập có thể bao gồm tín hiệu con được kết hợp với các băng tần con khác nhau (ví dụ, được kết hợp với các tập hợp con khác nhau của các vùng phủ sóng búp sóng người dùng chuyển tiếp), và các bộ thu phát AN 2409 có thể biến đổi tăng các tín hiệu con sang các tần số sóng mang khác nhau. Sự phân chia băng thông này có thể cho phép các thành phần có dung sai thấp hơn được sử dụng vì các sự thay đổi về biên độ và pha giữa các băng tần con khác nhau có thể được bù bởi các trọng số, sự hiệu chỉnh tạo búp sóng riêng rẽ, v.v. đối

với các băng tần con khác nhau. Tất nhiên, các hệ thống khác có thể sử dụng các băng tần con và/hoặc các cổng kiểm tra khác nhau. Một số trường hợp có thể sử dụng một băng tần con và có thể không bao gồm tất cả các thành phần được thể hiện ở đây (ví dụ, bỏ qua bộ chia công suất 2403 và bộ ghép kênh 2413).

Trên liên kết chuyển tiếp đầu cuối 501, dữ liệu nhận được từ CPS 505 bởi giao diện 2415. Dữ liệu nhận được ghép nối với đầu vào 2417 của bộ tách kênh băng tần con 2419. Bộ tách kênh băng tần con 2419 phân chia dữ liệu thành nhiều tín hiệu dữ liệu. Các tín hiệu dữ liệu này được ghép nối từ các cổng đầu ra 2421 của bộ tách kênh băng tần con 2419 đến các cổng đầu vào 2423 của các bộ thu phát AN 2409. Các cổng đầu ra 2425 của các bộ thu phát AN 2409 được ghép nối với các cổng đầu vào 2427 của môđun cộng 2429. Môđun cộng 2429 cộng các tín hiệu được kết xuất từ bảy bộ thu phát AN 2409. Cổng kết xuất 2431 của môđun cộng 2429 liên kết đầu ra của môđun cộng 2429 với cổng đầu vào 2433 của bộ khuếch đại công suất cao (HPA – High Power Amplifier) 2435. Đầu ra của HPA 2435 được ghép nối với anten (không được thể hiện) để truyền các tín hiệu được kết xuất vào hệ chuyển tiếp đầu cuối 503. Trong một số trường hợp, bộ dao động siêu ổn định 2437 được ghép nối với các bộ thu phát AN 2409 để tạo ra nguồn tần số tham chiếu ổn định.

Tính toán trọng số búp sóng

Trở về Fig.8 minh họa ví dụ về các tín hiệu trên liên kết trở về, mô hình toán học của liên kết trở về đầu cuối có thể được sử dụng để thể hiện liên kết như sau:

$$\begin{aligned} \mathbf{y} &= \mathbf{Bret}[\mathbf{Ct} \mathbf{E}(\mathbf{Ar} \mathbf{x} + \mathbf{n}_{ul}) + \mathbf{n}_{dl}] \\ &= \mathbf{Bret}[\mathbf{Hret} \mathbf{x} + \mathbf{Ct} \mathbf{E} \mathbf{n}_{ul} + \mathbf{n}_{dl}] \end{aligned} \quad \text{EQ. 1}$$

trong đó,

$\mathbf{x}$ là vector cột $K \times 1$ của tín hiệu được truyền. Trong một số trường hợp, bình phương độ lớn của mỗi phần tử trong $\mathbf{x}$ được xác định là thống nhất (bằng công suất truyền). Trong một số trường hợp, điều này có thể không luôn luôn đúng.

$\mathbf{y}$ là vector cột $K \times 1$ của tín hiệu nhận được sau khi tạo búp sóng.

$\mathbf{Ar}$ là ma trận phát liên kết lên trở về $L \times K$. Phần tử a_{lk} chứa độ khuếch đại và pha của đường từ vị trí tham chiếu được định vị trong búp sóng K đến phần tử anten thứ l (chữ cái “l”) 406 trên mảng Rx. Trong một số trường hợp, các giá trị của ma trận phát liên kết lên trở về được lưu trong bộ nhớ dữ liệu kênh 941 (xem Fig.30).

$\mathbf{E}$ là ma trận tải hữu ích $L \times L$. Phần tử e_{ij} xác định độ khuếch đại và pha của tín hiệu từ phần tử anten thứ j 406 trên mảng nhận đến phần tử anten thứ i 409 trên mảng truyền. Trong một số trường hợp, ngoài các giao tiếp chéo ngẫu nhiên giữa các đường (do sự cách ly không hoàn toàn của các thiết bị điện tử), ma trận $\mathbf{E}$ là ma trận chéo. Ma trận $\mathbf{E}$ có thể được chuẩn hóa sao cho tổng của bình phương độ lớn của tất cả các phần

tử trong ma trận là L . Trong một số trường hợp, các giá trị của ma trận tải hữu ích được lưu trong bộ nhớ dữ liệu kênh 941 (xem Fig.29).

C_t là ma trận phát liên kết xuống trở về $M \times L$. Phần tử c_{ml} chứa độ khuếch đại và pha của đường từ phần tử anten thứ l (chữ cái “l”) trên mảng Tx đến AN 515 thứ m từ trong số M AN 515. Trong một số trường hợp, các giá trị của ma trận phát liên kết xuống trở về được lưu trong bộ nhớ dữ liệu kênh 941 (xem Fig.29).

Hret là ma trận kênh trở về $M \times K$, mà bằng tích $C_t \times E \times A_r$.

n_{ul} là vectơ nhiễu $L \times 1$ của nhiễu Gaussian phức. Hiệp phương sai của nhiễu liên kết lên là $E[n_{ul}n_{ul}^H] = 2\sigma_{ul}^2 I_L$. I_L là ma trận đơn vị $L \times L$.

σ^2 là phương sai nhiễu. σ_{ul}^2 được áp dụng trên liên kết lên, trong khi σ_{dl}^2 được áp dụng trên liên kết xuống.

n_{dl} là vectơ nhiễu $M \times 1$ của nhiễu Gaussian phức. Hiệp phương sai của nhiễu liên kết xuống là $E[n_{dl}n_{dl}^H] = 2\sigma_{dl}^2 I_M$. I_M là ma trận đơn vị $M \times M$.

Bret là ma trận $K \times M$ của các trọng số búp sóng liên kết trở về đầu cuối.

Các ví dụ được mô tả tổng quát ở trên (ví dụ, tham chiếu đến các hình vẽ từ Fig.6 đến Fig.11) theo phương thức giả định một số sự tương đồng nhất định giữa các kênh đa đường đầu cuối chuyển tiếp và trở về. Ví dụ, các ma trận kênh chuyển tiếp và trở về được mô tả ở trên với tham chiếu chung đến M , K , E và các mô hình khác. Tuy nhiên, các phần mô tả này chỉ nhằm đơn giản hóa phần mô tả cho rõ ràng thêm và không nhằm hạn chế các ví dụ chỉ cho các trường hợp có các cấu hình giống nhau ở các hướng chuyển tiếp và trở về. Ví dụ, trong một số trường hợp, các bộ phát đáp giống nhau được sử dụng cho cả lưu lượng chuyển tiếp và trở về và ma trận tải hữu ích E có thể là như nhau đối với cả sự tạo búp sóng đầu cuối chuyển tiếp và trở về tương ứng (và các sự tính toán trọng số búp sóng tương ứng). Trong các trường hợp khác, các bộ phát đáp khác nhau được sử dụng cho lưu lượng chuyển tiếp và trở về và ma trận tải hữu ích chuyển tiếp (E_{fwd}) và ma trận tải hữu ích trở về (E_{ret}) khác nhau có thể được sử dụng để mô hình hóa các kênh đa đường đầu cuối tương ứng và để tính toán các trọng số búp sóng tương ứng. Tương tự, trong một số trường hợp, cùng M AN 515 và K thiết bị đầu cuối người dùng 517 được xem như một phần của cả kênh đa đường đầu cuối chuyển tiếp và trở về. Trong các trường hợp khác, M và K có thể đề cập đến các tập hợp con khác nhau gồm các AN 515 và/hoặc các thiết bị đầu cuối người dùng 517 và/hoặc số lượng khác nhau của các AN 515 và/hoặc các thiết bị đầu cuối người dùng 517, ở các hướng chuyển tiếp và trở về.

Các trọng số búp sóng có thể được tính toán theo một số phương thức để đáp ứng các yêu cầu hệ thống. Trong một số trường hợp, chúng được tính toán sau khi triển khai hệ chuyển tiếp đầu cuối. Trong một số trường hợp, ma trận tải hữu ích E được xác định trước khi triển khai. Trong một số trường hợp, các trọng số búp sóng được tính

toán với mục đích làm tăng tỷ số tín hiệu trên nhiễu và giao thoa (SINR – Signal to Interference plus Noise) của mỗi búp sóng và có thể được tính toán như sau:

$$\mathbf{Bret} = (\mathbf{R}^{-1} \mathbf{H})^H$$

$$\mathbf{R} = 2\sigma_{dl}^2 \mathbf{I}_M + 2\sigma_{ul}^2 \mathbf{C}_t \mathbf{E} \mathbf{E}^H \mathbf{C}_t^H + \mathbf{H} \mathbf{H}^H \quad \text{EQ. 2, 3}$$

trong đó $\mathbf{R}$ là hiệp phương sai của tín hiệu nhận được và $(*)^H$ là toán tử chuyển vị liên hợp (Hermetian).

Phần tử k, m của ma trận trọng số búp sóng trở về $K \times M$ Bret tạo ra các trọng số để tạo ra búp sóng đối với AN 515 thứ m từ thiết bị đầu cuối người dùng trong búp sóng người dùng thứ k . Theo đó, trong một số trường hợp, mỗi trong số các trọng số búp sóng trở về được sử dụng để tạo ra các búp sóng người dùng trở về được tính toán bằng cách ước lượng các độ khuếch đại trở về đầu cuối (tức là, các phần tử của ma trận kênh Hret) đối với mỗi trong số các kênh đa đường đầu cuối (ví dụ, mỗi trong số các kênh đa đường trở về đầu cuối).

EQ. 2 vẫn đúng khi $\mathbf{R}$ là hiệp phương sai của tín hiệu nhận được như được đưa ra trong EQ. 3. Do đó, khi tất cả các ma trận của EQ. 1, 2 và 3 là đã biết, thì các trọng số búp sóng được sử dụng để tạo ra các búp sóng đầu cuối có thể được xác định một cách trực tiếp.

Tập hợp gồm các trọng số búp sóng này làm giảm lỗi bình phương trung bình giữa x và y . Nó cũng làm tăng tỷ lệ tỷ số tín hiệu trên nhiễu và giao thoa đầu cuối (SINR) đối với mỗi trong số K tín hiệu liên kết trở về đầu cuối 525 (bắt đầu từ mỗi trong số các búp sóng K).

Số hạng thứ nhất $2\sigma_{dl}^2 \mathbf{I}_M$ trong EQ. 3 là hiệp phương sai của nhiễu liên kết xuống (không được tạo tương quan). Số hạng thứ hai $2\sigma_{ul}^2 \mathbf{C}_t \mathbf{E} \mathbf{E}^H \mathbf{C}_t^H$ trong EQ. 3 là hiệp phương sai của nhiễu liên kết lên (được tạo tương quan ở các AN). Số hạng thứ ba $\mathbf{H} \mathbf{H}^H$ trong EQ. 3 là hiệp phương sai của tín hiệu. Việc thiết đặt phương sai của nhiễu liên kết lên về 0 và bỏ qua số hạng cuối cùng ($\mathbf{H} \mathbf{H}^H$) tạo ra tập hợp các trọng số làm tăng tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu liên kết xuống bằng cách căn chỉnh pha các tín hiệu nhận được trên mỗi trong số M AN 515. Việc thiết đặt phương sai nhiễu liên kết xuống về 0 và bỏ qua số hạng thứ ba tạo ra tập hợp các trọng số làm tăng SINR liên kết lên. Việc thiết đặt cả phương sai nhiễu liên kết lên và liên kết xuống về 0 tạo ra bộ nhận khứ tương quan làm tăng tỷ lệ sóng mang trên nhiễu (C/I - Carrier to Interference).

Trong một số trường hợp, các trọng số búp sóng được chuẩn hóa để làm cho tổng của bình phương độ lớn chuỗi của hàng bất kỳ của Bret cộng để thống nhất.

Trong một số trường hợp, phép giải đối với EQ. 2 được xác định bởi kiến thức tiên nghiệm của các ma trận $\mathbf{A}_r$, $\mathbf{C}_t$ và $\mathbf{E}$ cũng như các phương sai của các vectơ nhiễu $\mathbf{n}_{ul}$ và $\mathbf{n}_{dl}$. Kiến thức của các giá trị phần tử của các ma trận có thể thu được trong quá

trình đo được thực hiện trong quá trình chế tạo và kiểm tra thành phần liên quan của hệ chuyển tiếp đầu cuối. Điều này có thể có hiệu quả tốt với các hệ thống trong đó hệ thống không dự tính các giá trị trong các ma trận thay đổi một cách đáng kể trong quá trình vận hành hệ thống. Tuy nhiên, đối với một số hệ thống, đặc biệt là các hệ thống vận hành ở các băng tần cao hơn, thì các sự dự tính này có thể không hiện hữu. Trong các trường hợp này, các ma trận A_r , C_t và E có thể được ước lượng sau khi triển khai thiết bị bay (chẳng hạn như vệ tinh) trên đó hệ chuyển tiếp đầu cuối được bố trí.

Trong một số trường hợp, trong đó thông tin tiên nghiệm không sử dụng để thiết đặt các trọng số, phép giải đối với EQ. 2 có thể được xác định bằng cách ước lượng các giá trị của R và H . Trong một số trường hợp, các thiết bị đầu cuối người dùng được chỉ định 517 trong trung tâm của mỗi vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 truyền các tín hiệu đã biết x trong các khoảng thời gian hiệu chỉnh. Vector nhận được ở AN 515 là:

$$u = Hx + C_t E n_{ul} + n_{dl} \quad \text{EQ. 4}$$

Theo một ví dụ, CPS 505 ước lượng các giá trị R và H dựa vào các quan hệ như sau:

$$\hat{R} = \sum u u^H \quad \text{EQ. 5}$$

$$\hat{H} = [\hat{p}_1, \hat{p}_2, \dots, \hat{p}_K] \quad \text{EQ. 6}$$

$$\hat{p}_K = \sum u \tilde{x}_k^* \quad \text{EQ. 7}$$

$\hat{R}$ là giá trị ước tính của ma trận hiệp phương sai, $\hat{H}$ là giá trị ước tính của ma trận kênh, H và $\hat{p}_k$ là giá trị ước tính của vector hiệu chỉnh, $\tilde{x}_k^*$ là liên hợp của thành phần thứ k của vector được truyền với lỗi tần số được đưa vào bởi sự truyền liên kết lên. Trong một số trường hợp, không có dữ liệu truyền thông trở về được truyền trong khoảng thời gian hiệu chỉnh. Tức là, chỉ các tín hiệu hiệu chỉnh mà các AN đã biết được truyền trên liên kết trở về đầu cuối trong quá trình hiệu chỉnh để cho phép giá trị $\hat{p}_k$ được xác định từ vector u nhận được bằng cách sử dụng biểu thức nêu trên. Do đó, việc này cho phép giá trị $\hat{H}$ được xác định. Cả giá trị ước lượng ma trận hiệp phương sai $\hat{R}$ và giá trị ước lượng ma trận kênh $\hat{H}$ được xác định dựa vào các tín hiệu nhận được trong khoảng thời gian hiệu chỉnh.

Trong một số trường hợp, CPS 505 có thể ước lượng ma trận hiệp phương sai $\hat{R}$ trong khi dữ liệu truyền thông có mặt (ví dụ, ngay cả khi x là chưa biết). Điều này có thể thấy được từ thực tế rằng $\hat{R}$ được xác định chỉ dựa vào tín hiệu nhận được u . Tuy nhiên, giá trị $\hat{H}$ được ước lượng dựa vào các tín hiệu nhận được trong khoảng thời gian hiệu chỉnh trong đó chỉ các tín hiệu hiệu chỉnh được truyền trên liên kết trở về.

Trong một số trường hợp, các ước lượng của cả ma trận kênh $\hat{H}$ và ma trận hiệp phương sai $\hat{R}$ được thực hiện trong khi dữ liệu truyền thông đang được truyền trên

liên kết trở về. Trong trường hợp này, ma trận hiệp phương sai $\hat{R}$ được ước lượng như đã lưu ý ở trên. Tuy nhiên, giá trị x được xác định bằng cách giải điều biên tín hiệu nhận được. Một khi giá trị x là đã biết, ma trận kênh có thể được ước lượng như đã lưu ý ở trên trong EQ. 6 và EQ. 7.

Tín hiệu và các thành phần giao thoa của tín hiệu sau khi tạo búp sóng được chứa trong vector Bret H x. Các công suất tín hiệu và giao thoa đối với mỗi trong số các búp sóng được chứa trong ma trận $K \times K$ Bret H. Công suất trong phần tử đường chéo thứ K của Bret H là công suất tín hiệu mong muốn từ búp sóng k. Tổng bình phương độ lớn của tất cả các phần tử trong hàng k ngoại trừ phần tử đường chéo là khả năng giao thoa trong búp sóng k. Do đó, C/I đối với búp sóng k là:

$$\left(\frac{C}{I} \right)_k = \frac{|s_{kk}|^2}{\sum_{j \neq k} |s_{kj}|^2} \quad \text{EQ. 8}$$

trong đó, s_{kj} là các phần tử của Bret H. Nhiều liên kết lên nằm trong vector Bret $Ct E_{ul}$, có ma trận hiệp phương sai là $2\sigma_{ul}^2 \text{Bret } Ct E E^H Ct^H \text{Bret}^H$. Phần tử đường chéo thứ k của ma trận hiệp phương sai chứa công suất nhiều liên kết lên trong búp sóng k. Tỷ số tín hiệu trên nhiều liên kết lên đối với búp sóng k sau đó được tính toán là:

$$\left(\frac{S}{N_{ul}} \right)_k = \frac{|s_{kk}|^2}{t_{kk}} \quad \text{EQ. 9}$$

trong đó t_{kk} là phần tử đường chéo thứ k của ma trận hiệp phương sai liên kết lên. Nhiều liên kết xuống nằm trong vector Bret n_{dl} , có hiệp phương sai là $2\sigma_{dl}^2 \mathbf{I}_K$ nhờ các trọng số búp sóng được chuẩn hóa. Do đó, tỷ lệ tín hiệu trên nhiều liên kết xuống là:

$$\left(\frac{S}{N_{dl}} \right)_k = \frac{|s_{kk}|^2}{2\sigma_{dl}^2} \quad \text{EQ. 10}$$

SINR đầu cuối là sự kết hợp của EQ. 8 - 10:

$$\text{SINR}_k = \left[\left(\frac{C}{I} \right)_k^{-1} + \left(\frac{S}{N_{ul}} \right)_k^{-1} + \left(\frac{S}{N_{dl}} \right)_k^{-1} \right]^{-1} \quad \text{EQ. 11}$$

Các biểu thức nêu trên mô tả cách thức tính toán SINR đầu cuối cho trước ma trận tải hữu ích E. Ma trận tải hữu ích có thể được tạo ra bởi sự lựa chọn thông minh độ khuếch đại và các pha của mỗi trong số các phần tử E. Độ khuếch đại và pha của các

phần tử đường chéo của E tối ưu hóa một số chỉ số hữu ích (mà thường là hàm của K búp sóng SINR như được tính toán ở trên) có thể được lựa chọn và được sử dụng bằng cách thiết đặt bộ dịch pha 418 trong mỗi trong số L bộ phát đáp 411. Các hàm hữu ích ứng viên bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở, tổng của SINR_k (tổng SINR), tổng của $\text{Log}(1+\text{SINR}_k)$ (tỷ lệ với tổng lưu lượng) hoặc tổng công suất trong ma trận kênh H . Trong một số trường hợp, sự cải thiện theo hàm hữu ích bằng cách tùy biến các độ khuếch đại và các pha là rất nhỏ và không đáng kể. Điều này đôi khi là trường hợp khi các ánh xạ ngẫu nhiên hoặc được đan xen của các phần tử anten được sử dụng. Trong một số trường hợp, hàm hữu ích có thể được cải thiện theo một lượng không thông thường nhờ sự lựa chọn tùy biến độ khuếch đại tín hiệu và pha nhận/truyền.

Trở về Fig.9, mô hình toán học của liên kết chuyển tiếp đầu cuối 501 có thể được sử dụng để mô tả liên kết 501 như sau:

$$\begin{aligned} y &= \mathbf{A} \mathbf{t} \mathbf{E} \left[\mathbf{C} \mathbf{r} \mathbf{B} \mathbf{f} \mathbf{w} \mathbf{d} \mathbf{x} + \mathbf{n}_{ul} \right] + \mathbf{n}_{dl} \\ &= \mathbf{H} \mathbf{f} \mathbf{w} \mathbf{d} \mathbf{B} \mathbf{f} \mathbf{w} \mathbf{d} \mathbf{x} + \mathbf{A} \mathbf{E} \mathbf{n}_{ul} + \mathbf{n}_{dl} \end{aligned} \quad \text{EQ. 12}$$

trong đó,

$\mathbf{x}$ là vector cột $K \times 1$ của tín hiệu được truyền. Bình phương độ lớn của mỗi phần tử trong $\mathbf{x}$ được xác định là thống nhất (bằng công suất tín hiệu). Trong một số trường hợp, công suất truyền không bằng nhau có thể có được bằng cách lựa chọn các trọng số búp sóng chuyển tiếp.

$\mathbf{y}$ là vector cột $K \times 1$ của tín hiệu nhận được.

$\mathbf{C} \mathbf{r}$ là ma trận phát liên kết lên chuyển tiếp $L \times M$. Phần tử c_{lm} chứa độ khuếch đại và pha của đường 2002 từ AN 515 thứ m đến phần tử anten thu 406 thứ l (chữ cái “l”) của mảng Rx của anten trên hệ chuyển tiếp đầu cuối 503. Trong một số trường hợp, các giá trị của ma trận phát liên kết lên chuyển tiếp được lưu trong bộ nhớ dữ liệu kênh 921 (xem Fig.29).

$\mathbf{E}$ là ma trận tải hữu ích $L \times L$. Phần tử e_{ij} xác định độ khuếch đại và pha của tín hiệu từ phần tử anten mảng nhận thứ j đến phần tử anten thứ i của mảng truyền. Ngoài các giao tiếp chéo ngẫu nhiên giữa các đường (do sự cách ly không hoàn toàn của các thiết bị điện tử), ma trận $\mathbf{E}$ là ma trận chéo. Trong một số trường hợp, ma trận $\mathbf{E}$ được chuẩn hóa sao cho tổng bình phương độ lớn của tất cả các phần tử trong ma trận là L . Trong một số trường hợp, các giá trị của ma trận tải hữu ích được lưu trong bộ nhớ dữ liệu kênh 921 (xem Fig.29).

$\mathbf{A} \mathbf{t}$ là ma trận phát liên kết xuống chuyển tiếp $K \times L$. Phần tử a_{kl} chứa độ khuếch đại và pha của đường từ phần tử anten L (chữ cái “l”) trên mảng Tx của hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 đến vị trí tham chiếu trong búp sóng người dùng k . Trong một số trường

hợp, các giá trị của ma trận phát liên kết xuống chuyển tiếp được lưu trong bộ nhớ dữ liệu kênh 921 (xem Fig.29).

Hfwd là ma trận kênh chuyển tiếp $K \times M$, là bằng tích $AtEC_r$.

n_{ul} là vectơ nhiễu $L \times 1$ của nhiễu Gauss phức. Hiệp phương sai của nhiễu liên kết lên là:

$$E[n_{ul} n_{ul}^H] = 2\sigma_{ul}^2 I_L,$$

trong đó I_L là ma trận đơn vị $L \times L$.

n_{dl} là vectơ nhiễu $K \times 1$ của nhiễu Gauss phức. Hiệp phương sai của nhiễu liên kết xuống là:

$$E[n_{dl} n_{dl}^H] = 2\sigma_{dl}^2 I_K,$$

trong đó I_K là ma trận đơn vị $K \times K$.

Bfwd là ma trận trọng số búp sóng $M \times K$ của các trọng số búp sóng liên kết chuyển tiếp đầu cuối.

Các trọng số búp sóng đối với búp sóng người dùng k là các phần tử trên cột k của Bfwd. Không như liên kết trở về, C/I đối với búp sóng k không được xác định bởi các trọng số búp sóng đối với búp sóng k . Các trọng số búp sóng đối với búp sóng k xác định tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu liên kết lên (SNR) và SNR liên kết xuống, cũng như công suất sóng mang (C) trong C/I. Tuy nhiên, khả năng giao thoa trong búp sóng k được xác định bởi các trọng số búp sóng đối với tất cả các búp sóng khác, ngoại trừ búp sóng k . Trong một số trường hợp, trọng số búp sóng đối với búp sóng k được lựa chọn làm tăng SNR. Các trọng số búp sóng này cũng làm tăng C/I đối với búp sóng k , vì C được tăng lên. Tuy nhiên, sự giao thoa có thể được tạo ra đối với các búp sóng khác. Như vậy, không như trường hợp liên kết trở về, các trọng số búp sóng tối ưu không được tính toán dựa vào từng búp sóng (độc lập với các búp sóng khác).

Trong một số trường hợp, các trọng số búp sóng (bao gồm ma trận phát và tải hữu ích được sử dụng để tính toán chúng) được xác định sau khi triển khai hệ chuyển tiếp đầu cuối. Trong một số trường hợp, ma trận tải hữu ích E được xác định trước khi triển khai. Trong một số trường hợp, có thể tính toán tập hợp các trọng số búp sóng bằng cách sử dụng sự giao thoa được tạo ra trong các búp sóng khác bởi búp sóng k và coi nó như sự giao thoa trong búp sóng k . Mặc dù phương pháp này có thể không tính toán các trọng số búp sóng tối ưu, nhưng nó có thể được sử dụng để đơn giản hóa việc tính toán trọng số. Điều này cho phép tập hợp các trọng số được xác định đối với mỗi búp sóng độc lập trong số tất cả các búp sóng khác. Các trọng số búp sóng chuyển tiếp thu được sau đó được tính toán tương tự với các trọng số búp sóng trở về:

$$\mathbf{Bfwd} = \mathbf{H}^H \mathbf{R}^{-1}, \text{ trong đó,} \quad \text{EQ. 13}$$

$$\mathbf{R} = 2\sigma_{dl}^2 \mathbf{I}_K + 2\sigma_{ul}^2 \mathbf{A} \mathbf{t} \mathbf{E} \mathbf{E}^H \mathbf{A} \mathbf{t}_t^H + \mathbf{H} \mathbf{H}^H \quad \text{EQ. 14}$$

Số hạng thứ nhất $2\sigma_{dl}^2 \mathbf{I}_K$ trong EQ. 14 là hiệp phương sai của nhiễu liên kết xuống (không được tạo tương quan). Số hạng thứ hai $2\sigma_{ul}^2 \mathbf{A} \mathbf{t} \mathbf{E} \mathbf{E}^H \mathbf{A} \mathbf{t}_t^H$ là hiệp phương sai của nhiễu liên kết lên (được tạo tương quan ở các AN). Số hạng thứ ba $\mathbf{H} \mathbf{H}^H$ là hiệp phương sai của tín hiệu. Việc thiết đặt phương sai của nhiễu liên kết lên về 0 và bỏ qua số hạng cuối cùng ($\mathbf{H} \mathbf{H}^H$) tạo ra tập hợp các trọng số làm tăng tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu liên kết xuống bằng cách căn chỉnh pha các tín hiệu nhận ở M AN 515. Việc thiết đặt phương sai nhiễu liên kết xuống về 0 và bỏ qua số hạng thứ ba tạo ra tập hợp các trọng số làm tăng SNR liên kết lên. Việc thiết đặt cả phương sai nhiễu liên kết lên và liên kết xuống về 0 tạo ra bộ nhận khứ tương quan làm tăng tỷ lệ C/I. Đối với liên kết chuyển tiếp, nhiễu và sự giao thoa liên kết xuống thường là trội hơn. Do đó, các số hạng này thường là hữu ích trong việc tính toán trọng số búp sóng. Trong một số trường hợp, số hạng thứ hai trong EQ. 14 (nhiễu liên kết lên) là không đáng kể so với số hạng thứ nhất (nhiễu liên kết xuống). Trong các trường hợp này, số hạng thứ hai có thể được bỏ qua khi tính toán hiệp phương sai, nhờ đó đơn giản hóa thêm việc tính toán trong khi vẫn tạo ra tập hợp các trọng số búp sóng làm tăng SINR đầu cuối.

Đối với liên kết trở về, các trọng số búp sóng có thể được chuẩn hóa. Đối với các trọng số búp sóng truyền với công suất bằng nhau được cấp phát cho tất cả K tín hiệu liên kết chuyển tiếp, mỗi cột Bfwd có thể được định tỷ lệ sao cho tổng bình phương độ lớn của các phần tử trên cột bất kỳ sẽ cộng đến giá trị thống nhất. Sự chia sẻ công suất bằng nhau sẽ cho mỗi trọng số các tín hiệu cùng một phần của tổng công suất AN (toàn bộ công suất từ tất cả các AN được cấp phát cho tín hiệu x_k). Trong một số trường hợp, đối với các liên kết chuyển tiếp, sự chia sẻ công suất không bằng nhau giữa các tín hiệu liên kết chuyển tiếp được sử dụng. Do đó, trong một số trường hợp, một số tín hiệu búp sóng nhận được nhiều hơn so với sự chia sẻ bằng nhau của tổng công suất AN. Điều này có thể được sử dụng để cân bằng SINR trong tất cả các búp sóng hoặc tạo ra các búp sóng quan trọng hơn có SINR lớn hơn so với các búp sóng ít quan trọng hơn. Để tạo ra các trọng số búp sóng đối với sự chia sẻ công suất không bằng nhau, ma trận trọng số búp sóng $M \times K$ công suất bằng nhau, Bfwd, được nhân sau với ma trận chéo $K \times K$, P, do đó Bfwd mới = Bfwd P. Cho

$$\mathbf{P} = \text{diag}(\sqrt{p_k}),$$

giá trị bình phương của phần tử đường chéo thứ k biểu diễn công suất được cấp phát cho tín hiệu người dùng x_k . Ma trận chia sẻ công suất P được chuẩn hóa sao cho tổng hoặc bình phương của các phần tử đường chéo bằng K (các phần tử không nằm

ở đường chéo bằng 0).

Trong một số trường hợp, bài giải đối với EQ. 13 được xác định theo kiến thức tiên nghiệm của các ma trận A_t , C_r và E , cũng như các phương sai của các vectơ nhiễu n_{ul} và n_{dl} . Trong một số trường hợp, kiến thức của các ma trận có thể thu được trong các quá trình xác định được thực hiện trong quá trình chế tạo và kiểm tra thành phần liên quan của hệ chuyển tiếp đầu cuối. Việc này có thể hoạt động tốt đối với các hệ thống trong đó không dự tính các giá trị trong các ma trận thay đổi một cách đáng kể từ những gì được xác định trong quá trình vận hành hệ thống. Tuy nhiên, đối với một số hệ thống, đặc biệt là các hệ thống vận hành ở các băng tần cao hơn, điều này có thể không phải là như vậy.

Trong một số trường hợp trong đó thông tin tiên nghiệm không được sử dụng để thiết đặt các trọng số, các giá trị của R và H đối với liên kết chuyển tiếp có thể được ước lượng để xác định việc giải EQ. 13. Trong một số trường hợp, các AN truyền thăm dò âm thanh kênh trong các khoảng thời gian hiệu chỉnh. Các thăm dò âm thanh kênh có thể là nhiều dạng tín hiệu khác nhau. Trong một trường hợp, các chuỗi PN trực giao đã biết khác nhau được truyền bởi mỗi AN. Các thăm dò âm thanh kênh có thể được hiệu chỉnh sơ bộ theo thời gian, tần số và/hoặc pha để loại bỏ các lỗi liên kết đường dẫn sóng (như sẽ được thảo luận thêm dưới đây). Tất cả dữ liệu truyền thông có thể được ngắt trong khoảng thời gian hiệu chỉnh để làm giảm sự giao thoa với các thăm dò âm thanh kênh này. Trong một số trường hợp, các thăm dò âm thanh kênh có thể là cùng các tín hiệu như các tín hiệu được sử dụng để loại bỏ lỗi liên kết đường dẫn sóng.

Trong khoảng thời gian hiệu chỉnh, thiết bị trong trung tâm của mỗi búp sóng có thể được chỉ định để nhận và xử lý các thăm dò âm thanh kênh. Vectơ $K \times 1$, u , của các tín hiệu nhận được trong khoảng thời gian hiệu chỉnh là $u = Hx + A_t E n_{ul} + n_{dl}$ trong đó x là vectơ $M \times 1$ của các thăm dò âm thanh kênh được truyền. Trong một số trường hợp, mỗi đầu cuối được chỉ định trước hết loại bỏ lỗi tần số ngẫu nhiên (do sự dịch Doppler và lỗi dao động đầu cuối) và sau đó tạo tương quan tín hiệu thu được với mỗi trong số M chuỗi PN trực giao đã biết. Các kết quả của việc tạo tương quan này là M số phức (biên độ và pha) đối với mỗi đầu cuối và các kết quả này được truyền trở lại CPS qua liên kết trở về. M số phức được tính toán bởi đầu cuối ở tâm của búp sóng thứ k có thể được sử dụng để tạo hàng thứ k của sự ước lượng của ma trận kênh, $\hat{H}$. Bằng cách sử dụng các sự xác định từ tất cả K đầu cuối được chỉ định, có thể thu được sự ước lượng của toàn bộ ma trận. Trong nhiều trường hợp, sẽ là hữu ích khi kết hợp việc xác định từ nhiều khoảng thời gian hiệu chỉnh để cải thiện sự ước lượng của ma trận kênh. Một khi sự ước lượng của ma trận kênh được xác định, thì sự ước lượng của ma trận hiệp phương sai, $\hat{R}$, có thể được xác định từ EQ. 14 bằng cách sử dụng giá trị 0 đối với số hạng thứ hai. Điều này có thể là sự ước lượng rất chính xác của ma trận hiệp phương sai nếu nhiều liên kết lên (số hạng thứ hai trong EQ. 14) là không đáng kể so với nhiều liên kết xuống (số hạng thứ nhất trong EQ. 14). Sau đó, các trọng số búp sóng liên kết chuyển

tiếp có thể được tính toán bằng cách sử dụng các sự ước lượng của ma trận kênh và ma trận hiệp phương sai trong EQ. 13. Do đó, trong một số trường hợp, việc tính toán các trọng số búp sóng bao gồm sự ước lượng các độ khuếch đại chuyển tiếp đầu cuối (tức là, các giá trị của các phần tử của ma trận kênh Hfwd) đối với mỗi trong số các kênh đa đường chuyển tiếp đầu cuối giữa AN 515 và vị trí tham chiếu trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng. Trong các trường hợp khác, việc tính toán các trọng số búp sóng bao gồm sự ước lượng các độ khuếch đại chuyển tiếp đầu cuối đối với các kênh đa đường chuyển tiếp đầu cuối K x M từ M AN 515 đến các vị trí tham chiếu được định vị trong phạm vi các K vùng phủ sóng búp sóng người dùng.

Các thành phần tín hiệu và giao thoa của tín hiệu sau khi tạo búp sóng được chứa trong vector $H_{Bfwd} x$ (tích của H , B_{fwd} , x). Các công suất tín hiệu và giao thoa đối với mỗi trong số các búp sóng được chứa trong ma trận $K \times K$ H_{Bfwd} . Công suất trong phần tử đường chéo thứ K của H_{Bfwd} là công suất tín hiệu mong chủ định cho búp sóng k. Tổng bình phương độ lớn của tất cả các phần tử trong hàng k ngoại trừ phần tử đường chéo là khả năng giao thoa trong búp sóng k. Vì vậy C/I đối với búp sóng k là:

$$\left(\frac{C}{I} \right)_k = \frac{|s_{kk}|^2}{\sum_{j \neq k} |s_{kj}|^2} \quad \text{EQ. 15}$$

trong đó, s_{kj} là các phần tử của H_{Bfwd} . Nhiều liên kết lên nằm trong vector A_t $E_{n_{ul}}$, có ma trận hiệp phương sai $K \times K$ là $2\sigma_{ul}^2 A_t E E^H A_t^H$. Phần tử đường chéo thứ k của ma trận hiệp phương sai chứa công suất nhiễu liên kết lên trong búp sóng k. Tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu liên kết lên đối với búp sóng k sau đó được tính toán là:

$$\left(\frac{S}{N_{ul}} \right)_k = \frac{|s_{kk}|^2}{t_{kk}} \quad \text{EQ. 16}$$

trong đó t_{kk} là phần tử đường chéo thứ k của ma trận hiệp phương sai nhiễu liên kết lên. Nhiều liên kết xuống nằm trong vector n_{dl} , có hiệp phương sai là $2\sigma_{dl}^2 I_K$. Vì vậy, tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu liên kết xuống là:

$$\left(\frac{S}{N_{dl}} \right)_k = \frac{|s_{kk}|^2}{2\sigma_{dl}^2} \quad \text{EQ. 17}$$

SINR đầu cuối là sự kết hợp của EQ. 15- EQ. 17:

$$SINR_k = \left[\left(\frac{C}{I} \right)_k^{-1} + \left(\frac{S}{N_{ul}} \right)_k^{-1} + \left(\frac{S}{N_{dl}} \right)_k^{-1} \right]^{-1} \quad \text{EQ. 18}$$

Các biểu thức nêu trên mô tả cách thức tính toán SINR đầu cuối cho trước ma trận tải hữu ích E. Ma trận tải hữu ích có thể được tạo ra bằng cách lựa chọn thông minh độ khuếch đại và các pha của mỗi trong số các phần tử E. Độ khuếch đại và pha của các phần tử đường chéo của E mà tối ưu hóa một số chỉ số hữu ích (thường là hàm của K búp sóng của SINR như được tính toán ở trên) có thể được lựa chọn và được sử dụng bằng cách thiết đặt bộ dịch pha 418 trong mỗi trong số L bộ phát đáp 411. Các hàm hữu ích ứng viên bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở, tổng của $SINR_k$ (tổng SINR), tổng của $\text{Log}(1+SINR_k)$ (tỷ lệ với tổng lưu lượng) hoặc toàn bộ công suất trong ma trận kênh H. Trong một số trường hợp, sự cải thiện về hàm hữu ích bằng cách tùy biến các độ khuếch đại và các pha là rất nhỏ và không đáng kể. Điều này đôi khi là trường hợp khi các ánh xạ ngẫu nhiên hoặc được đan xen của các phần tử anten được sử dụng. Trong một số trường hợp, hàm hữu ích có thể được cải thiện một lượng không nhỏ bằng cách lựa chọn tùy biến độ khuếch đại tín hiệu và pha nhận/truyền.

Các vùng phủ sóng riêng biệt

Một số ví dụ được mô tả ở trên giả định rằng hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 được thiết kế để cấp dịch vụ cho một vùng phủ sóng được chia sẻ bởi cả các thiết bị đầu cuối người dùng 517 và các AN 515. Ví dụ, một số trường hợp mô tả vệ tinh có hệ thống anten chiếu đến vùng phủ sóng vệ tinh và cả các AN 515 và các thiết bị đầu cuối người dùng 517 được phân bố về mặt địa lý trên toàn bộ vùng phủ sóng vệ tinh (ví dụ, như trên Fig.27). Số lượng búp sóng có thể được tạo ra trong vùng phủ sóng vệ tinh và các kích thước (các vùng phủ sóng búp sóng) của các búp sóng đó có thể bị tác động bởi các khía cạnh của thiết kế hệ thống anten, chẳng hạn như số lượng và cách bố trí các phần tử anten, kích thước bộ phản xạ, v.v.. Ví dụ, việc triển khai công suất rất lớn có thể bao gồm việc triển khai một số lượng lớn (ví dụ, hàng trăm) các AN 515 với khoảng cách đủ lớn giữa các AN 515 để cho phép tạo búp sóng đầu cuối. Ví dụ, như đã lưu ý ở trên tham chiếu đến Fig.28, việc làm tăng số lượng AN 515 có thể làm tăng công suất hệ thống, mặc dù giảm bớt các trở về khi số lượng tăng lên. Khi một hệ thống con anten hỗ trợ cả các thiết bị đầu cuối người dùng 517 và các AN 515, thì việc đạt được sự triển khai này với khoảng cách đủ giữa các AN 515 có thể tạo ra sự phân bố địa lý rất rộng các AN 515 (ví dụ, qua toàn bộ vùng phủ sóng vệ tinh, như trên Fig.27). Trên thực tế, việc đạt được sự phân bố này có thể bao gồm việc đặt các AN 515 vào các vị trí không mong muốn, chẳng hạn như trên các vùng có sự truy cập kém vào mạng tốc độ cao (ví dụ, cơ sở hạ tầng cáp quang kém trở về CPS 505), nhiều quyền hạn hợp pháp, trong các vùng đất đỏ và/hoặc mật độ dân số cao, v.v.. Do đó, việc đặt AN 515 thường có nhiều đánh đổi khác nhau.

Một số ví dụ về hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 được thiết kế với nhiều hệ thống con anten, nhờ đó cho phép phục vụ riêng rẽ hai hoặc nhiều hơn hai vùng phủ sóng riêng biệt từ một hệ chuyển tiếp đầu cuối 503. Như sẽ được mô tả sau, hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 có thể bao gồm ít nhất hệ thống con anten thứ nhất để cấp dịch vụ cho vùng AN 3450 và ít nhất một hệ thống con thứ hai để cấp dịch vụ cho vùng phủ sóng người dùng 3460. Vì vùng phủ sóng người dùng 3460 và vùng AN 3450 có thể được cấp dịch vụ bởi các hệ thống con anten khác nhau, mỗi hệ thống con anten có thể được thiết kế để đáp ứng các tham số thiết kế khác nhau và mỗi vùng phủ sóng có thể riêng biệt ít nhất một phần (ví dụ, về địa lý, về kích thước búp sóng và/hoặc mật độ, về băng tần, v.v.). Ví dụ, việc sử dụng phương pháp dùng hệ thống con nhiều anten này có thể cho phép các thiết bị đầu cuối người dùng 517 được phân bố trên một hoặc nhiều vùng địa lý tương đối rộng 3460 (ví dụ, toàn bộ nước Mỹ) để được cấp dịch vụ bởi một lượng lớn các AN 515 được phân bố trên một hoặc nhiều vùng địa lý tương đối nhỏ (ví dụ, một phần của Miền đông nước Mỹ). Ví dụ, vùng AN 3450 có thể là một phần (ví dụ, nhỏ hơn một nửa, nhỏ hơn một phần tư, nhỏ hơn một phần năm, nhỏ hơn một phần mười) của vùng phủ sóng người dùng 3460 trong vùng vật lý.

Fig.41 minh họa hệ thống tạo búp sóng đầu cuối làm ví dụ 3400. Hệ thống 3400 là hệ thống tạo búp sóng đầu cuối bao gồm: các AN 515 được phân bố theo địa lý; hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403; và các thiết bị đầu cuối người dùng 517. Hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 có thể là một ví dụ về hệ chuyển tiếp đầu cuối 503 được mô tả ở đây. Các AN 515 được phân bố theo địa lý trong vùng AN 3450, các thiết bị đầu cuối người dùng 517 được phân bố theo địa lý trong vùng phủ sóng người dùng 3460. Vùng AN 3450 và vùng phủ sóng người dùng 3460 là đều nằm trong vùng phủ sóng mặt đất nhìn thấy được của hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403, nhưng vùng AN 3450 là riêng biệt với vùng phủ sóng người dùng 3460. Nói cách khác, vùng AN 3450 không cùng kéo dài với vùng phủ sóng người dùng 3460, nhưng có thể trùng ít nhất một phần với vùng phủ sóng người dùng 3460. Tuy nhiên, vùng AN 3450 có thể có vùng đáng kể (không nhỏ) (ví dụ, nhiều hơn một phần mười, một phần tư, một nửa, v.v. của vùng AN 3450) không trùng với vùng phủ sóng người dùng 3460. Ví dụ, trong một số trường hợp, ít nhất một nửa vùng AN 3450 không trùng với vùng phủ sóng người dùng 3460. Trong một số trường hợp, vùng AN 3450 và vùng phủ sóng người dùng 3460 có thể hoàn toàn không trùng nhau, như được thảo luận với tham chiếu đến Fig.45C. Như được mô tả ở trên (ví dụ, trên Fig.5), các AN 515 có thể trao đổi các tín hiệu qua mạng phân bố 518 với CPS 505 trong phạm vi phân đoạn mặt đất 502 và CPS 505 có thể được kết nối với nguồn dữ liệu.

Hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 bao gồm hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 riêng rẽ và hệ thống con anten liên kết người dùng 3420. Mỗi hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 và hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 có thể hỗ trợ tạo búp sóng đầu cuối. Ví dụ, như sẽ được mô tả sau, mỗi hệ thống con anten có thể có các mảng riêng gồm các phần tử anten kết hợp, (các) bộ phản xạ riêng, v.v.. Hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 có thể bao gồm mảng 3415 gồm các

phần tử thu cầu thành liên kết đường dẫn sóng kết hợp 3416 và mảng 3415 gồm các phần tử phát cầu thành liên kết đường dẫn sóng kết hợp 3419. Hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 có thể bao gồm mảng 3425 gồm các phần tử thu cầu thành liên kết người dùng kết hợp 3426 và mảng 3425 gồm các phần tử phát cầu thành liên kết người dùng kết hợp 3429. Các phần tử cầu thành được “kết hợp” theo ý nghĩa mà mảng gồm các phần tử cầu thành này có các đặc tính làm cho hệ thống con anten tương ứng của nó thích hợp để sử dụng trong hệ thống tạo búp sóng. Ví dụ, phần tử thu cầu thành liên kết người dùng cho trước 3426 có thể nhận tổ hợp chồng nhau của các tín hiệu liên kết lên trở về 525 từ nhiều (ví dụ, một số hoặc tất cả) các vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 theo phương thức góp phần tạo ra các búp sóng người dùng trở về. Phần tử phát cầu thành liên kết người dùng 3429 cho trước có thể truyền tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 522 theo phương thức chồng lên các sự truyền tương ứng từ các phần tử phát cầu thành liên kết người dùng 3429 khác để tạo một số hoặc tất cả các búp sóng người dùng chuyển tiếp. Phần tử thu cầu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 cho trước có thể nhận tổ hợp chồng lên nhau của các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 từ nhiều (ví dụ, tất cả) AN 515 theo phương thức góp phần tạo ra các búp sóng người dùng chuyển tiếp (ví dụ, bằng cách tạo ra ở hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403). Phần tử phát cầu thành liên kết đường dẫn sóng 3419 cho trước có thể truyền tín hiệu liên kết xuống trở về 527 theo phương thức chồng lên các sự truyền tương ứng từ các phần tử phát cầu thành liên kết đường dẫn sóng 3419 khác góp phần tạo thành một số hoặc tất cả các búp sóng người dùng trở về (ví dụ, bằng cách cho phép các AN 515 nhận các tín hiệu trở về tổ hợp mà có thể được tạo trọng số búp sóng để tạo ra các búp sóng người dùng trở về).

Hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 làm ví dụ bao gồm các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 và các bộ phát đáp liên kết trở về 3440. Các bộ phát đáp có thể là dạng đường tín hiệu dạng ống cong thích hợp bất kỳ giữa các hệ thống con anten. Mỗi bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 ghép nối một phần tử tương ứng trong số các phần tử thu cầu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 với một phần tử tương ứng trong số các phần tử phát cầu thành liên kết người dùng 3429. Mỗi bộ phát đáp liên kết trở về 3440 ghép nối một phần tử tương ứng trong số các phần tử thu cầu thành liên kết người dùng 3426 với một phần tử tương ứng trong số các phần tử phát cầu thành liên kết đường dẫn sóng 3419. Một số ví dụ được mô tả là có sự tương ứng một-một giữa mỗi phần tử thu cầu thành liên kết người dùng 3426 và phần tử phát cầu thành liên kết đường dẫn sóng 3419 tương ứng (hoặc ngược lại), hoặc mỗi phần tử thu cầu thành liên kết người dùng 3426 được ghép nối với “một và chỉ một” phần tử phát cầu thành liên kết đường dẫn sóng 3419 (hoặc ngược lại) hoặc dạng tương tự. Trong một số trường hợp này, một phía của mỗi bộ phát đáp được ghép nối với một phần tử phát và phía còn lại của bộ phát đáp được ghép nối với một phần tử phát. Trong các trường hợp khác, một hoặc cả hai phía của bộ phát đáp có thể được ghép nối có lựa chọn (ví dụ, bởi bộ chuyển mạch, bộ phân chia, bộ kết hợp hoặc các phương tiện khác, như sẽ được mô tả sau) với một trong số nhiều phần tử. Ví dụ, hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 có thể bao gồm một hệ thống con

anten liên kết đường dẫn sóng 3410 và hai hệ thống con anten liên kết người dùng 3420; và mỗi bộ phát đáp có thể được ghép nối, ở một phía, với một phần tử liên kết đường dẫn sóng và được ghép nối có lựa chọn, ở phía còn lại, với một phần tử liên kết người dùng của hệ thống con anten liên kết người dùng thứ nhất 3420 hoặc với một phần tử liên kết người dùng của hệ thống con anten liên kết người dùng thứ hai 3420. Trong các trường hợp ghép nối có lựa chọn này, mỗi phía của mỗi bộ phát đáp có thể còn được coi (ví dụ, đối với sự giao dịch tín hiệu liên quan cụ thể) là được ghép nối với “một và chỉ một” phần tử hoặc dạng tương tự ở thời gian cụ thể bất kỳ.

Đối với các sự truyền thông chuyển tiếp, các sự truyền từ các AN 515 có thể nhận được (qua các liên kết lên đường dẫn sóng 521) bởi các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416, được chuyển tiếp bởi các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 đến các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429 và được truyền (qua các liên kết xuống người dùng 522) bởi các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429 đến các thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong vùng phủ sóng người dùng 3460. Đối với các sự truyền thông trở về, các sự truyền từ các thiết bị đầu cuối người dùng 517 có thể nhận được (qua các tín hiệu liên kết lên người dùng 525) bởi các phần tử thu cấu thành liên kết người dùng, được chuyển tiếp bởi các bộ phát đáp liên kết trở về 3440 đến các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419 và được truyền bởi các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419 đến các AN 515 trong vùng AN 3450 (qua các tín hiệu liên kết xuống đường dẫn sóng 527). Toàn bộ đường tín hiệu từ AN 515 đến thiết bị đầu cuối người dùng 517 qua hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 được gọi là liên kết chuyển tiếp đầu cuối 501; và toàn bộ đường tín hiệu từ thiết bị đầu cuối người dùng 517 đến AN 515 qua hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 được gọi là liên kết trở về đầu cuối 523. Như được mô tả ở đây, mỗi trong số liên kết chuyển tiếp đầu cuối 501 và liên kết trở về đầu cuối 523 có thể bao gồm nhiều kênh đa đường cho các sự truyền thông chuyển tiếp và trở về.

Trong một số trường hợp, mỗi trong số các AN 515 được phân bổ theo địa lý có tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp được tạo trọng số búp sóng đầu cuối 521 được kết xuất. Hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 bao gồm mảng 3415 gồm các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng kết hợp 3416 truyền thông không dây với các AN 515 được phân bổ, mảng 3425 gồm các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng kết hợp 3429 truyền thông không dây với các thiết bị đầu cuối người dùng 517 và các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430. Các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 có thể là các bộ phát đáp “dạng ống cong” (hoặc không xử lý), sao cho mỗi bộ phát đáp kết xuất tín hiệu tương ứng với tín hiệu nó nhận được mà chỉ xử lý một chút hoặc không xử lý. Ví dụ, mỗi bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 có thể khuếch đại và/hoặc diễn dịch tần số tín hiệu nhận được của nó, nhưng có thể không thực hiện xử lý phức tạp hơn (ví dụ, không biến đổi từ tương tự sang số hóa, giải điều biến và/hoặc điều biến, không tạo búp sóng trên thiết bị, v.v.). Trong một số trường hợp, mỗi bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 chấp thuận đầu vào ở khoảng tần số thứ nhất (ví dụ, 30 GHz LHCP) và kết xuất ở khoảng

tần số thứ hai (ví dụ, 20 GHz RHCP) và mỗi bộ phát đáp liên kết trở về 3440 chấp thuận đầu vào ở khoảng tần số thứ nhất (ví dụ, 30 GHz RHCP) và kết xuất ở khoảng tần số thứ hai (ví dụ, 20 GHz LHCP). Sự kết hợp thích hợp bất kỳ của tần số và/hoặc sự phân cực có thể được sử dụng, và liên kết người dùng và liên kết đường dẫn sóng có thể sử dụng cùng hoặc khác khoảng tần số. Như được sử dụng ở đây, khoảng tần số đề cập đến tập hợp các tần số được sử dụng để truyền/nhận tín hiệu và có thể là khoảng tần số liên tục hoặc bao gồm nhiều khoảng tần số không liên tục (ví dụ, sao cho khoảng tần số đã cho có thể chứa nhiều tần số từ nhiều hơn một băng tần, băng tần đã cho có thể chứa nhiều khoảng tần số, v.v.). Mỗi bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 được ghép nối giữa một phần tử tương ứng trong số các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 và một phần tử tương ứng trong số các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3419 (ví dụ, có sự tương ứng một-một). Các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 biến đổi các phần chồng lên nhau của các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp búp sóng được tạo trọng số 521 nhận được qua các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 thành các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 522. Sự truyền các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 522 bởi các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429 góp phần tạo dịch vụ búp sóng người dùng chuyển tiếp cho ít nhất một số trong số các thiết bị đầu cuối người dùng 517 (ví dụ, có thể được nhóm thành một hoặc nhiều vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 để truyền qua các búp sóng người dùng chuyển tiếp được tạo búp sóng tương ứng). Như được mô tả ở đây, các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 có thể được tạo trọng số búp sóng đầu cuối và đồng bộ hóa (ví dụ, đồng bộ hóa pha và nếu cần, đồng bộ hóa thời gian) trước khi truyền từ các AN 515, mà có thể cho phép có phần chồng lên nhau mong muốn của các tín hiệu 521 này ở các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416.

Sự truyền các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 góp phần tạo búp sóng người dùng chuyển tiếp theo quan điểm việc tạo búp sóng là đầu cuối, như được mô tả ở đây; việc tạo búp sóng là kết quả của nhiều bước, bao gồm bước tính toán và áp dụng các trọng số thích hợp đối với các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 trước khi truyền đến hệ chuyển tiếp từ các AN 515, bước tạo ra việc nhận đa đường bởi các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 của hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 và bước truyền các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 522 từ nhiều phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429. Ngoài ra, để cho đơn giản, một số phần mô tả có thể đề cập đến búp sóng chuyển tiếp được tạo ra bởi phần chồng lên nhau của các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp được truyền 522. Trong một số trường hợp, mỗi trong số các thiết bị đầu cuối người dùng 517 truyền thông không dây với mảng 3425 gồm các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng kết hợp 3429 để nhận tổ hợp (ví dụ, phần chồng lên nhau) của các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp được truyền 522.

Trong một số trường hợp, hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 còn bao gồm mảng 3425 gồm các phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426 truyền thông không dây với các thiết bị đầu cuối người dùng 517, mảng 3415 gồm các phần tử phát cấu thành

liên kết đường dẫn sóng kết hợp 3419 truyền thông không dây với các AN 515 được phân bố, và các bộ phát đáp liên kết trở về 3440. Các bộ phát đáp liên kết trở về 3440 có thể là tương tự hoặc giống với các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 (ví dụ, các bộ phát đáp dạng ống cong), ngoại trừ mỗi bộ phát đáp được ghép nối giữa một phần tử tương ứng trong số các phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426 và một phần tử tương ứng trong số các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419. Việc nhận các tín hiệu liên kết lên trở về 525 qua mảng gồm phần tử thu cấu thành liên kết người dùng kết hợp 3426 cho phép tạo ra các tín hiệu liên kết xuống trở về 527 ở các bộ phát đáp liên kết trở về 3440. Trong một số trường hợp, mỗi tín hiệu liên kết xuống trở về 527 là phần chồng lên nhau tương ứng của các tín hiệu liên kết lên trở về 525 được nhận bởi phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426 từ nhiều thiết bị đầu cuối người dùng 517 (ví dụ, từ một hoặc nhiều vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519). Trong một số trường hợp này, mỗi trong số các thiết bị đầu cuối người dùng 517 truyền thông không dây với mảng gồm các phần tử thu cấu thành liên kết người dùng kết hợp 3426 để truyền tín hiệu liên kết lên tương ứng 525 đến nhiều phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426.

Trong một số trường hợp, các tín hiệu liên kết xuống trở về 527 được truyền bởi các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419 đến các AN 515 được phân bố theo địa lý. Như được mô tả ở đây, mỗi AN 515 có thể nhận tổ hợp chồng lên nhau của các tín hiệu liên kết xuống trở về 527 được truyền từ các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419. Tổ hợp chồng lên nhau có thể là một ví dụ về phần chồng lên nhau 1706 được mô tả với tham chiếu đến Fig.6. Các tín hiệu liên kết xuống trở về nhận được 527 (có thể được gọi là các tín hiệu trở về tổ hợp) có thể được ghép nối với bộ tạo búp sóng trở về 531, mà có thể kết hợp, đồng bộ hóa, tạo trọng số búp sóng và thực hiện xử lý thích hợp bất kỳ khác. Ví dụ, bộ tạo búp sóng trở về 531 có thể tạo trọng số các phần chồng lên nhau nhận được 1706 của các tín hiệu liên kết xuống trở về 527 (tức là, áp dụng các trọng số búp sóng trở về lên các tín hiệu trở về tổ hợp) trước khi kết hợp các tín hiệu. Bộ tạo búp sóng trở về 531 có thể còn đồng bộ hóa các tín hiệu trở về tổ hợp 1706 trước khi kết hợp các tín hiệu để tính đến ít nhất các khác biệt về độ trễ đường tương ứng giữa hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 và các AN 515. Trong một số trường hợp, việc đồng bộ hóa có thể là theo tín hiệu mốc báo nhận được (được nhận bởi một hoặc nhiều hoặc tất cả các AN 515).

Vì bản chất đầu cuối của sự tạo búp sóng, nên việc áp dụng thích hợp của các trọng số búp sóng trở về bởi bộ tạo búp sóng trở về 531 cho phép tạo ra các búp sóng người dùng trở về, ngay cả khi bộ tạo búp sóng trở về 531 có thể được ghép nối với phía liên kết đường dẫn sóng của các kênh đa đường đầu cuối và các búp sóng người dùng có thể được tạo ra ở phía liên kết người dùng của các kênh đa đường đầu cuối. Do đó, bộ tạo búp sóng trở về 531 có thể được đề cập đến là góp phần tạo ra các búp sóng người dùng trở về (một số khía cạnh khác của hệ thống 3400 cũng góp phần tạo búp sóng trở về đầu cuối, chẳng hạn như tạo ra đa đường bởi các bộ phát đáp liên kết trở về 3440 của

hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403). Ngoài ra, bộ tạo búp sóng trở về 531 có thể được đề cập đến là tạo ra các búp sóng người dùng trở về để đơn giản hóa.

Trong một số trường hợp, hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 còn bao gồm hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 để chiếu đến vùng AN 3450 mà trong phạm vi đó các AN 515 được phân bố. Hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 bao gồm mảng 3415 gồm các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng kết hợp 3416. Trong một số trường hợp, hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 còn bao gồm hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 để chiếu đến vùng phủ sóng người dùng 3460 mà trong phạm vi đó các thiết bị đầu cuối người dùng 517 được phân bố theo địa lý (ví dụ, trong các vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519). Hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 bao gồm mảng 3425 gồm các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng kết hợp 3429. Trong một số trường hợp, hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 bao gồm mảng nhận liên kết người dùng và mảng truyền liên kết người dùng (ví dụ, các mảng riêng rẽ, bán song công của các phần tử cấu thành liên kết người dùng kết hợp). Mảng nhận liên kết người dùng và mảng truyền liên kết người dùng có thể được đan xen theo không gian (ví dụ, để hướng đến cùng một bộ phản xạ), được tách theo không gian (ví dụ, để hướng đến các bộ phản xạ nhận và truyền tương ứng) hoặc được sắp xếp theo phương thức thích hợp bất kỳ khác (ví dụ, như được thảo luận với tham chiếu đến Fig.62). Trong các trường hợp khác, hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 bao gồm phần tử song công toàn phần (ví dụ, mỗi phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429 chia sẻ kết cấu phát với phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426 tương ứng). Tương tự, trong một số trường hợp, hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 bao gồm mảng nhận liên kết đường dẫn sóng và mảng truyền liên kết đường dẫn sóng, mà có thể tương quan về không gian theo phương thức thích hợp bất kỳ và có thể phát trực tiếp, hướng đến một bộ phản xạ, hướng đến các bộ phản xạ phát và nhận riêng rẽ, v.v. Trong các trường hợp khác, hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 bao gồm phần tử song công toàn phần. Hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 và hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 có thể có cùng hoặc khác các kích thước lỗ. Trong một số trường hợp, hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 và hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 vận hành trong cùng khoảng tần số (ví dụ, khoảng tần số trong băng tần K/Ka, v.v.). Trong một số trường hợp, hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 và hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 vận hành trong các khoảng tần số khác nhau (ví dụ, liên kết đường dẫn sóng sử dụng băng tần V/W, liên kết người dùng sử dụng băng tần K/Ka, v.v.). Trong một số trường hợp, hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 và/hoặc hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 có thể vận hành trong nhiều khoảng tần số (ví dụ, liên kết đường dẫn sóng sử dụng băng tần V/W và băng tần K/Ka, như sẽ được mô tả sau tham chiếu đến Fig.64A, Fig.64B, Fig. 65A hoặc Fig.65B).

Trong các ví dụ, chẳng hạn như được minh họa trên Fig.41, vùng AN 3450 là riêng biệt với vùng phủ sóng người dùng 3460. Vùng AN 3450 có thể là một vùng phủ

sóng liên tục hoặc nhiều vùng phủ sóng không liên tục. Tương tự như vậy (và không liên quan đến việc vùng AN 3450 là một hay nhiều vùng), vùng phủ sóng người dùng 3460 có thể là một vùng phủ sóng liên tục hoặc nhiều vùng phủ sóng không liên tục. Trong một số trường hợp, vùng AN 3450 là tập hợp con của vùng phủ sóng người dùng 3460. Trong một số trường hợp, ít nhất một nửa vùng phủ sóng người dùng 3460 không trùng với vùng AN 3450. Như sẽ được mô tả sau, trong một số trường hợp, hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 còn bao gồm một hoặc nhiều bộ phản xạ liên kết đường dẫn sóng và hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 còn bao gồm một hoặc nhiều bộ phản xạ liên kết người dùng. Trong một số trường hợp, bộ phản xạ liên kết đường dẫn sóng là lớn hơn đáng kể (ví dụ, ít nhất gấp đôi vùng vật lý, ít nhất gấp năm lần, mười lần, năm mươi lần, tám mươi lần, v.v.) so với bộ phản xạ liên kết người dùng. Trong một số trường hợp, bộ phản xạ liên kết đường dẫn sóng là có vùng vật lý (ví dụ, trong phạm vi 5%, 10%, 25%) gần giống như bộ phản xạ liên kết người dùng.

Trong một số trường hợp, hệ thống 3400 vận hành dưới dạng các chức năng mạng trên mặt đất, như được mô tả với tham chiếu đến Fig.5. Ví dụ, hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 truyền thông với các AN 515, mà truyền thông với CPS 505 qua mạng phân bố 518. Trong một số trường hợp, CPS 505 bao gồm bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 và/hoặc bộ tạo búp sóng trở về 531, ví dụ, như được thảo luận với tham chiếu đến Fig.29. Như được mô tả ở trên, bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 có thể tham gia vào việc tạo ra các búp sóng đầu cuối chuyển tiếp bằng cách áp dụng các trọng số búp sóng chuyển tiếp được tính toán (ví dụ, được cấp bởi bộ tạo trọng số búp sóng chuyển tiếp 918) lên các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521; và bộ tạo búp sóng trở về 531 có thể tham gia vào việc tạo ra các búp sóng đầu cuối trở về bằng cách áp dụng các trọng số búp sóng trở về được tính toán (ví dụ, được cấp bởi bộ tạo trọng số búp sóng trở về 935) lên các tín hiệu liên kết xuống trở về 527. Như được mô tả ở trên, các trọng số búp sóng đầu cuối và/hoặc tập hợp các trọng số búp sóng trở về đầu cuối có thể được tính toán theo các độ khuếch đại đầu cuối được ước lượng đối với các kênh đa đường đầu cuối, mỗi kênh đa đường đầu cuối liên kết truyền thông với một AN tương ứng trong số các AN 515 được phân bố với vị trí tương ứng trong vùng phủ sóng người dùng 3460 (ví dụ, thiết bị đầu cuối người dùng 517 hoặc vị trí tham chiếu thích hợp bất kỳ) qua các bộ phát đáp dạng ống cong liên kết chuyển tiếp 3430 tương ứng và/hoặc qua các bộ phát đáp dạng ống cong liên kết trở về 3440 tương ứng. Trong một số trường hợp, mặc dù không được thể hiện, hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 bao gồm thiết bị truyền tín hiệu mốc báo. Thiết bị truyền tín hiệu mốc báo có thể được sử dụng như được mô tả ở trên tham chiếu đến thiết bị tạo tín hiệu mốc báo và môđun hỗ trợ hiệu chỉnh 424 trên Fig.15. Trong một số trường hợp, tín hiệu mốc báo được phát có thể được sử dụng sao cho các AN 515 được phân bố truyền thông không dây được đồng bộ hóa thời gian với hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 (ví dụ, với các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 theo tín hiệu mốc báo).

Trong một số trường hợp, hệ thống 3400 bao gồm hệ thống để tạo ra các búp

sóng người dùng chuyển tiếp bằng cách sử dụng tạo búp sóng đầu cuối. Các trường hợp này bao gồm các phương tiện để truyền các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 từ các vị trí được phân bố theo địa lý, trong đó các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 được tạo ra từ sự kết hợp được tạo trọng số của các tín hiệu búp sóng người dùng và trong đó mỗi tín hiệu búp sóng người dùng tương ứng với một và chỉ một búp sóng người dùng. Ví dụ, các vị trí được phân bố theo địa lý có thể bao gồm AN 515, và các phương tiện để truyền các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 có thể bao gồm một số hoặc tất cả bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529, mạng phân bố 518 và các AN 515 được phân bố theo địa lý (truyền thông với hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403). Các trường hợp này có thể cũng bao gồm phương tiện để chuyển tiếp các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 để tạo ra các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 522. Mỗi tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 522 được tạo ra sự bởi khuếch đại sự trùng nhau duy nhất của các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 và các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 522 chồng lên nhau để tạo ra các búp sóng người dùng, trong đó mỗi tín hiệu búp sóng người dùng là vượt trội trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 tương ứng. Ví dụ, các phương tiện để chuyển tiếp các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 để tạo ra các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 522 có thể bao gồm hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 (truyền thông với một hoặc nhiều thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong các vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519) với các đường tín hiệu được sắp xếp của nó, mà có thể bao gồm bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 và các bộ phát đáp liên kết trở về 3440.

Các trường hợp này bao gồm các phương tiện thứ nhất để nhận phần chồng lên nhau thứ nhất của các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 522 và phục hồi một trong số các tín hiệu búp sóng người dùng thứ nhất. Các phương tiện thứ nhất này có thể bao gồm thiết bị đầu cuối người dùng 517 (ví dụ, bao gồm anten thiết bị đầu cuối người dùng và modem hoặc các thành phần khác để phục hồi các tín hiệu búp sóng người dùng từ các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp). Một số trường hợp này cũng bao gồm các phương tiện thứ hai (ví dụ, bao gồm thiết bị đầu cuối người dùng thứ hai 517) để nhận phần chồng lên nhau thứ hai của các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 522 và phục hồi một trong số các tín hiệu búp sóng người dùng thứ hai. Ví dụ, các phương tiện thứ nhất để nhận được định vị trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng thứ nhất 519 và các phương tiện thứ hai để nhận được định vị trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng thứ hai 519.

Fig.42 minh họa mô hình làm ví dụ của các đường tín hiệu dành cho các tín hiệu mang dữ liệu trở về trên liên kết trở về đầu cuối 523. Mô hình làm ví dụ này có thể vận hành tương tự với vào mô hình được mô tả với tham chiếu đến các hình vẽ từ Fig.6 đến Fig.8, ngoại trừ hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 bao gồm đường tín hiệu liên kết trở về 3502 được dành cho các sự truyền thông liên kết trở về. Mỗi đường tín hiệu liên kết trở về 3502 có thể bao gồm bộ phát đáp liên kết trở về 3440 được ghép nối (ví dụ, được ghép nối có lựa chọn) giữa phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426 và phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419. Các tín hiệu bắt nguồn từ các thiết bị đầu

cuối người dùng 517 trong K vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 được truyền (là các tín hiệu liên kết lên trở về 525) đến hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403, được nhận bởi mảng gồm L phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426, được truyền thông qua L đường tín hiệu liên kết trở về 3502 (ví dụ, qua L bộ phát đáp liên kết trở về 3440) đến L phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419 tương ứng và được truyền bởi mỗi trong số L phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419 đến một số hoặc tất cả M AN 515 (giống như được thể hiện trên Fig.7). Theo cách này, các đường tín hiệu liên kết trở về 3502 (ví dụ, các bộ phát đáp liên kết trở về 3440) tạo ra đa đường trong truyền thông liên kết trở về. Ví dụ, đầu ra của mỗi đường tín hiệu liên kết trở về 3502 là tín hiệu liên kết xuống trở về 527 tương ứng với tổ hợp nhận được của các tín hiệu liên kết lên trở về 525 được truyền từ nhiều vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519, và mỗi tín hiệu liên kết xuống trở về 527 được truyền đến một số hoặc tất cả M AN 515 (ví dụ, được phân bố theo địa lý trên vùng AN 3450). Do đó, mỗi AN 515 có thể nhận phần chồng lên 1706 của một số hoặc tất cả các tín hiệu liên kết xuống trở về 527, mà có thể sau đó được truyền thông đến bộ tạo búp sóng trở về 531. Như được mô tả ở trên, có L (hoặc lên đến L) phương thức khác nhau để nhận tín hiệu từ thiết bị đầu cuối người dùng 517 được định vị trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 đến AN cụ thể 515. Hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 nhờ đó tạo ra L đường giữa thiết bị đầu cuối người dùng 517 và AN 515, được gọi chung là kênh đa đường trở về đầu cuối 1908 (ví dụ, giống với Fig.8).

Các kênh đa đường trở về đầu cuối có thể được mô hình hóa theo cùng phương thức như được mô tả ở trên. Ví dụ, Ar là ma trận phát liên kết lên trở về $L \times K$, Ct là ma trận phát liên kết xuống trở về $M \times L$ và Eret là ma trận tải hữu ích trở về $L \times L$ đối với các đường từ các phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426 đến các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419. Như được mô tả ở trên, kênh đa đường trở về đầu cuối từ thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 cụ thể đến AN cụ thể 515 là hiệu ứng tổng của L đường tín hiệu khác nhau được tạo ra bởi L đường tín hiệu liên kết trở về duy nhất 3502 qua hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403. Với K vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 và M AN 515, có thể có $M \times K$ kênh đa đường trở về đầu cuối được tạo ra trong liên kết trở về đầu cuối 523 (qua hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403) và mỗi kênh này có thể được mô hình hóa một cách độc lập để tính toán phần tử tương ứng của ma trận kênh trở về $M \times K$ Hret ($C_t \times Eret \times A_r$). Như đã lưu ý ở trên (ví dụ, tham chiếu đến các hình vẽ từ Fig.6 đến Fig.8), không phải tất cả các AN 515, các vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 và/hoặc các bộ phát đáp liên kết trở về 3440 phải tham gia vào các kênh đa đường trở về đầu cuối. Trong một số trường hợp, số lượng búp sóng người dùng K là lớn hơn số lượng bộ phát đáp L trên đường tín hiệu của kênh đa đường trở về đầu cuối; và/hoặc số lượng AN 515 M là lớn hơn số lượng bộ phát đáp liên kết trở về 3440 L trên đường tín hiệu của kênh đa đường trở về đầu cuối. Như được mô tả với tham chiếu đến Fig.5, CPS 505 có thể cho phép tạo ra các búp sóng người dùng trở về bằng cách áp dụng các trọng số búp sóng trở về lên

các tín hiệu trở về liên kết xuống nhận được 527 (các tín hiệu nhận, sau khi nhận bởi AN 515 được gọi là các tín hiệu trở về tổ hợp 907, như sẽ được diễn giải tiếp dưới đây). Các trọng số búp sóng trở về có thể được tính toán dựa vào mô hình của $M \times K$ đường tín hiệu đối với mỗi kênh đa đường trở về đầu cuối ghép nối các thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong một vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 với một trong số các AN 515.

Fig.43 minh họa một mô hình làm ví dụ của các đường tín hiệu dành cho các tín hiệu mang dữ liệu chuyển tiếp trên liên kết chuyển tiếp đầu cuối 501. Mô hình làm ví dụ này có thể vận hành tương tự với mô hình được mô tả với tham chiếu đến các hình vẽ từ Fig.9 đến Fig.11, ngoại trừ hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 bao gồm đường tín hiệu liên kết chuyển tiếp 3602 dành cho các sự truyền thông liên kết chuyển tiếp. Mỗi đường tín hiệu liên kết chuyển tiếp 3602 có thể bao gồm bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 được ghép nối giữa phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 và phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429. Như được mô tả ở trên, mỗi tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 được tạo trọng số búp sóng (ví dụ, ở bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 trong CPS 505 của phân đoạn mặt đất 502) trước khi truyền từ AN 515. Mỗi AN 515 nhận tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp duy nhất 521 và truyền tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp duy nhất 521 qua một trong số M liên kết lên (ví dụ, một cách đồng bộ thời gian). Các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 nhận được từ các vị trí được phân bố theo địa lý (ví dụ, từ các AN 515) bởi một số hoặc tất cả các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 theo phương thức chồng lên nhau tạo ra các tín hiệu chuyển tiếp đầu vào tổ hợp 545. Các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 đồng thời nhận các tín hiệu chuyển tiếp đầu vào tổ hợp 545 tương ứng, dù ở các thời gian khác nhau một chút do khác biệt về các vị trí của mỗi phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng nhận 3416 được kết hợp với mỗi bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430. Ví dụ, ngay cả khi mỗi phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 có thể nhận tổ hợp của cùng các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521, thì các tín hiệu chuyển tiếp đầu vào tổ hợp nhận được 545 có thể khác một chút. Các tín hiệu chuyển tiếp đầu vào tổ hợp 545 được nhận bởi L bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 qua các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 tương ứng, được truyền thông qua L bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 đến L phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429 và được truyền bởi L phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429 đến một hoặc nhiều trong số K vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 (ví dụ, là các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 522, mỗi tín hiệu tương ứng với một tín hiệu tương ứng trong số các tín hiệu chuyển tiếp đầu vào tổ hợp nhận được 545). Theo cách này, nhiều đường tín hiệu liên kết chuyển tiếp 3602 (ví dụ, các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430) tạo ra đa đường trong các sự truyền thông liên kết chuyển tiếp. Như được mô tả ở trên, có L (hoặc lên đến L) phương thức khác nhau để nhận tín hiệu từ AN 515 đến một thiết bị đầu cuối người dùng cụ thể 517 trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519. Hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 nhờ đó tạo ra một số (ví dụ, lên đến L) đường tín hiệu 3602 giữa một AN 515 và một thiết bị đầu cuối người

dùng 517 (hoặc một vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519), mà có thể được gọi chung là kênh đa đường chuyển tiếp đầu cuối 2208 (ví dụ, giống với Fig.10).

Kênh đa đường chuyển tiếp đầu cuối 2208 có thể được mô hình hóa theo cùng phương thức như được mô tả ở trên. Ví dụ, Cr là ma trận phát liên kết lên chuyển tiếp $L \times M$, A_t là ma trận phát liên kết xuống chuyển tiếp $K \times L$ và E_{fwd} là ma trận tải hữu ích chuyển tiếp $L \times L$ đối với các đường từ các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 đến các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429. Trong một số trường hợp, ma trận tải hữu ích chuyển tiếp E_{fwd} và ma trận tải hữu ích trở về E_{ret} có thể là khác nhau trong việc phản ánh các khác biệt giữa các đường tín hiệu liên kết chuyển tiếp 3602 và các đường tín hiệu liên kết trở về 3502. Như được mô tả ở trên, kênh đa đường chuyển tiếp đầu cuối từ AN cụ thể 515 đến thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 cụ thể là hiệu ứng tổng của L đường tín hiệu khác nhau được tạo ra bởi L đường tín hiệu liên kết chuyển tiếp duy nhất 3602 qua hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403. Với K vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 và M AN 515, có thể có $M \times K$ kênh đa đường chuyển tiếp đầu cuối được tạo ra trong liên kết chuyển tiếp đầu cuối 501 và mỗi kênh có thể được mô hình hóa một cách độc lập để tính toán phần tử tương ứng của ma trận kênh chuyển tiếp $M \times K$ H_{fwd} ($A_t \times E_{fwd} \times Cr$). Như đã lưu ý khi đề cập đến hướng trở về, không phải tất cả các AN 515, các vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 và/hoặc các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 phải tham gia trong kênh đa đường chuyển tiếp đầu cuối. Trong một số trường hợp, số lượng búp sóng người dùng K là lớn hơn số lượng bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 L trên đường tín hiệu của kênh đa đường chuyển tiếp đầu cuối; và/hoặc số lượng AN 515 M là lớn hơn số lượng bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 L trên đường tín hiệu của kênh đa đường chuyển tiếp đầu cuối. Như được thảo luận với tham chiếu đến Fig.5, trọng số búp sóng thích hợp có thể được tính toán đối với mỗi trong số các kênh đa đường chuyển tiếp đầu cuối bởi CPS 505 để tạo ra các búp sóng người dùng chuyển tiếp. Việc sử dụng nhiều bộ phát (các AN 515) với một bộ thu (thiết bị đầu cuối người dùng 517) có thể tạo ra độ đa dạng đường truyền để cho phép truyền thành công thông tin đến thiết bị đầu cuối người dùng 517 bất kỳ khi có mặt kênh đa đường được tạo ra có chủ ý.

Các hình vẽ từ Fig.41 đến Fig.43 thể hiện các hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 được sử dụng với bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp riêng rẽ 3430 và các bộ phát đáp liên kết trở về 3440. Fig.44A và Fig.44B thể hiện ví dụ về đường tín hiệu chuyển tiếp 3700 (giống với đường tín hiệu chuyển tiếp 3602 trên Fig.43) và đường tín hiệu trở về 3750 (giống với đường tín hiệu trở về 3502 trên Fig.42) tương ứng. Như được mô tả ở trên, đường tín hiệu chuyển tiếp 3700 bao gồm bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 được ghép nối giữa phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 và phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429. Đường tín hiệu trở về 3750 bao gồm bộ phát đáp liên kết trở về 3440 được ghép nối giữa phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426 và phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419. Trong một số trường hợp, mỗi bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 và mỗi bộ phát đáp liên kết trở về 3440 là bộ phát

đáp cực chéo.

Fig.63A minh họa sự cấp phát phổ tần số 6300 làm ví dụ theo các phương án khác nhau của sáng chế. Sự cấp phát phổ tần số 6300 làm ví dụ trên Fig.63A minh họa hai khoảng tần số 6325a và 6330a. Mặc dù được thể hiện là riêng rẽ, các khoảng tần số 6325a và 6330a theo cách khác có thể liên kết nhau (ví dụ, một khoảng liên kết nhau). Như được thể hiện trên Fig.63A, bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 nhận tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6340a (ví dụ, mà có thể là một ví dụ về tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 trên Fig.41) ở khoảng tần số liên kết lên 6330a với sự phân cực tròn xoay trái (LHCP) và kết xuất tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 6345a (ví dụ, mà có thể là một ví dụ về tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 522 trên Fig.41) ở khoảng tần số liên kết xuống 6325a với sự phân cực tròn xoay phải (RHCP); và mỗi bộ phát đáp liên kết trở về 3440 nhận tín hiệu liên kết lên trở về 6350a (ví dụ, mà có thể là một ví dụ về tín hiệu liên kết lên trở về 525 trên Fig.41) ở khoảng tần số liên kết lên 6330a với sự phân cực tròn xoay phải (RHCP) và kết xuất tín hiệu liên kết xuống trở về 6355a (ví dụ, mà có thể là một ví dụ về tín hiệu liên kết xuống trở về 527 trên Fig.41) ở khoảng tần số liên kết xuống 6325a với sự phân cực tròn xoay trái (LHCP). Một trường hợp trong số này (tức là, theo các sự phân cực được mô tả trong ví dụ trước) được minh họa chỉ theo các đường nét liên trên Fig.44A và Fig.44B và trường hợp khác (tức là, theo các sự phân cực đối nhau từ những gì được mô tả trong ví dụ trước) được thể hiện chỉ theo các đường nét đứt trên Fig.44A và Fig.44B.

Trong các trường hợp khác, một số hoặc tất cả các bộ phát đáp có thể tạo ra một cặp đường tín hiệu hai cực. Ví dụ, theo cả các đường nét liên và các đường nét đứt trên Fig.44A và Fig.44B, các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 và các bộ phát đáp liên kết trở về 3440 có thể nhận các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 ở cùng hoặc khác tần số liên kết lên với cả hai sự phân cực (LHCP và RHCP) và đều có thể kết xuất các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 522 ở cùng hoặc khác tần số liên kết xuống với cả hai sự phân cực (RHCP và LHCP). Các trường hợp này có thể sử dụng dạng thích hợp bất kỳ của các kỹ thuật làm giảm sự giao thoa (ví dụ, bằng cách sử dụng sự phân chia thời gian, sự phân chia tần số, sự tách biệt về không gian, v.v.) và có thể cho phép nhiều hệ thống vận hành song song với nhau. Một cách ứng dụng phân chia tần số này được thể hiện theo một ví dụ về việc cấp phát tần số 6301 trên Fig.63B. Theo một ví dụ về việc cấp phát tần số 6301, mỗi bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 nhận tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6340b trên phần thứ nhất của khoảng tần số liên kết lên 6330b (ví dụ, bằng cách sử dụng cả hai sự phân cực) và kết xuất tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 6345b trên phần thứ nhất của khoảng tần số liên kết xuống 6325b (ví dụ, bằng cách sử dụng cả hai sự phân cực); và mỗi bộ phát đáp liên kết trở về 3440 nhận tín hiệu liên kết lên trở về 6350b trên phần thứ hai của khoảng tần số liên kết lên 6330b (ví dụ, bằng cách sử dụng cả hai sự phân cực) và kết xuất tín hiệu liên kết xuống trở về 6355a trên phần thứ hai của khoảng tần số liên kết xuống 6325b (ví dụ, bằng cách sử dụng cả hai sự phân cực). Trong một số trường hợp, các băng thông của các phần thứ nhất và các

phần thứ hai của các khoảng tần số 6330b và 6325b có thể là bằng nhau. Theo các ví dụ khác, các băng thông của các phần thứ nhất và các phần thứ hai có thể là khác nhau. Ví dụ, khi lưu lượng đi qua hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 chủ yếu theo hướng chuyển tiếp (được biểu diễn bởi liên kết chuyển tiếp ETE 501 trên Fig.41), các băng thông của các phần thứ nhất của các khoảng tần số 6330b và 6325b được sử dụng cho các sự truyền thông liên kết chuyển tiếp có thể là lớn hơn (ví dụ, lớn hơn đáng kể) so với các băng thông của các phần thứ hai được sử dụng cho các sự truyền thông liên kết trở về.

Trong một số trường hợp, hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 bao gồm số lượng lớn các bộ phát đáp, chẳng hạn như 512 bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 và 512 bộ phát đáp liên kết trở về 3440 (ví dụ, tổng cộng là 1024 bộ phát đáp). Các phương án thực hiện khác có thể bao gồm số lượng nhỏ hơn các bộ phát đáp, chẳng hạn như 10 hoặc số lượng thích hợp bất kỳ khác. Trong một số trường hợp, các phần tử anten được sử dụng như các kết cấu song công toàn phần, sao cho mỗi phần tử anten thu chia sẻ kết cấu với phần tử anten phát tương ứng. Ví dụ, mỗi phần tử anten được minh họa có thể được sử dụng làm hai trong số bốn cổng dẫn sóng của kết cấu phát phù hợp cho cả việc truyền và nhận các tín hiệu. Trong một số trường hợp, chỉ các phần tử liên kết đường dẫn sóng hoặc chỉ các phần tử liên kết người dùng, là song công toàn phần. Các phương án thực hiện khác có thể sử dụng các dạng phân cực khác. Ví dụ, trong các phương án thực hiện, các bộ phát đáp có thể được ghép nối giữa phần tử anten thu và phần tử anten phát có cùng phân cực.

Cả bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 và bộ phát đáp liên kết trở về 3440 làm ví dụ có thể bao gồm một số hoặc tất cả các LNA 3705, các bộ biến đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710, các bộ khuếch đại kênh 3715, các bộ dịch pha 3720, các bộ khuếch đại công suất 3725 (ví dụ, bộ khuếch đại ống hình sóng chạy (TWTA - Traveling Wave Tube Amplifier), các bộ khuếch đại công suất thể rắn (SSPA - Solid State Power Amplifier), v.v.) và các bộ lọc sóng hài 3730. Trong các phương án sử dụng cực kép, như được thể hiện, mỗi cực có đường tín hiệu riêng với một tập hợp gồm các thành phần phát đáp riêng. Một số phương án thực hiện có thể có nhiều hoặc ít các thành phần hơn. Ví dụ, các bộ biến đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710 có thể là hữu ích trong các trường hợp trong đó các tần số liên kết lên và liên kết xuống là khác nhau. Ví dụ, mỗi bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 có thể chấp thuận đầu vào ở khoảng tần số thứ nhất và có thể kết xuất tín hiệu ở khoảng tần số thứ hai; và mỗi bộ phát đáp liên kết trở về 3440 có thể chấp thuận đầu vào ở khoảng tần số thứ nhất và có thể kết xuất tín hiệu ở khoảng tần số thứ hai.

Trong một số trường hợp, nhiều băng tần con được sử dụng (ví dụ, bảy băng tần con 500 MHz, như được mô tả ở trên). Ví dụ, trong một số trường hợp, các bộ phát đáp có thể được trang bị để vận hành trên cùng các băng tần con như được sử dụng trong phương án sử dụng nhiều băng tần con của mạng trên mặt đất, cho phép tạo ra một cách hiệu quả nhiều hệ thống tạo búp sóng đầu cuối độc lập và song song qua một hệ chuyển

tiếp đầu cuối (mỗi hệ thống tạo búp sóng đầu cuối vận hành ở băng tần con khác nhau). Trong các trường hợp này, mỗi bộ phát đáp có thể bao gồm nhiều bộ biến đổi tần số và bộ lọc được kết hợp 3710 và/hoặc các thành phần khác, dành riêng để xử lý một hoặc nhiều băng tần con. Việc sử dụng các băng tần con có thể cho phép giảm nhẹ các yêu cầu về biên độ và phản hồi pha của bộ phát đáp, khi mạng trên mặt đất có thể xác định riêng biệt các trọng số búp sóng được sử dụng ở mỗi trong số các băng tần con, hiệu chỉnh một cách hiệu quả sự biến đổi biên độ và pha dải thông của các bộ phát đáp. Ví dụ, với các bộ phát đáp chuyển tiếp và trở về riêng rẽ và sử dụng 7 băng tần con, thì tổng cộng 14 trọng số búp sóng khác nhau có thể được sử dụng cho mỗi búp sóng (tức là, 7 băng tần con * 2 hướng (chuyển tiếp và trở về)). Trong các trường hợp khác, hệ thống tạo búp sóng đầu cuối băng thông rộng có thể sử dụng nhiều băng tần con trong mạng trên mặt đất, nhưng đi qua một hoặc nhiều (hoặc tất cả) các băng tần con qua các bộ phát đáp băng rộng (ví dụ, đi qua 7 băng tần con, mỗi băng rộng 500 MHz, qua các bộ phát đáp băng thông 3,5 GHz). Trong một số trường hợp, mỗi đường bộ phát đáp bao gồm chỉ LNA 3705, bộ khuếch đại kênh 3715 và bộ khuếch đại công suất 3725. Một số phương án thực hiện của hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 bao gồm bộ điều khiển dịch pha và/hoặc các bộ điều khiển khác mà có thể thiết đặt riêng biệt các pha và/hoặc các đặc tính khác của mỗi bộ phát đáp như được mô tả ở trên.

Các phần tử anten có thể truyền và/hoặc nhận các tín hiệu theo phương thức thích hợp bất kỳ. Trong một số trường hợp, hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 có một hoặc nhiều bộ phản xạ được dẫn sóng bằng mảng. Ví dụ, hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 có thể có bộ phản xạ liên kết đường dẫn sóng đối với cả việc truyền và nhận hoặc bộ phản xạ phát liên kết đường dẫn sóng và bộ phản xạ thu liên kết đường dẫn sóng riêng. Trong một số trường hợp, hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 có thể có các bộ phản xạ liên kết đường dẫn sóng để truyền hoặc nhận hoặc cả hai. Tương tự, hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 có thể có bộ phản xạ liên kết người dùng để vừa truyền và nhận hoặc bộ phản xạ phát liên kết người dùng và bộ phản xạ thu liên kết người dùng riêng rẽ. Trong một số trường hợp, hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 có thể có các bộ phản xạ liên kết người dùng để truyền hoặc nhận hoặc cả hai. Theo một trường hợp làm ví dụ, hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 bao gồm mảng gồm các kết cấu phát, và mỗi kết cấu phát bao gồm phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 và phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419. Trong trường hợp này, hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 có thể cũng bao gồm bộ phản xạ liên kết đường dẫn sóng chiếu các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 và được chiếu bởi các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419. Trong một số trường hợp, bộ phản xạ được ứng dụng như một số bộ phản xạ, mà có thể có các hình dạng, các kích thước hoặc các sự định hướng khác nhau, v.v. Trong các trường hợp khác, hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 và/hoặc hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 được ứng dụng không có các bộ phản xạ, ví dụ, như mảng phát trực tiếp.

Như được mô tả ở trên, việc đạt được sự phân bố tương đối đồng đều của các AN 515 qua vùng phủ sóng người dùng cụ thể có thể bao gồm việc đặt các AN 515 vào các vị trí không mong muốn. Như vậy, sáng chế mô tả các kỹ thuật cho phép các AN 515 được phân bố theo địa lý trong vùng AN 3450 mà nhỏ hơn (đôi khi là đáng kể) so với vùng phủ sóng người dùng 3460. Ví dụ, trong một số trường hợp vùng AN 3450 có thể nhỏ hơn một nửa, nhỏ hơn một phần tư, nhỏ hơn một phần năm hoặc nhỏ hơn một phần mười vùng vật lý của vùng phủ sóng người dùng 3460. Ngoài ra, nhiều vùng 3450 có thể được sử dụng đồng thời hoặc có thể được kích hoạt để sử dụng ở các thời điểm khác nhau. Như được mô tả ở đây, các kỹ thuật này bao gồm việc sử dụng các bộ phản xạ có kích thước khác nhau, các bộ phản xạ ghép, các bộ phát đáp được ghép nối có lựa chọn, các hệ thống con anten liên kết người dùng và liên kết đường dẫn sóng khác nhau, v.v.

Như đã lưu ý trước đó, việc tách hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 và hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 có thể cho phép việc cấp dịch vụ của một hoặc nhiều vùng AN 3450 là tách biệt với một hoặc nhiều vùng phủ sóng người dùng 3460. Ví dụ, hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 có thể được sử dụng với bộ phản xạ có vùng vật lý lớn hơn một cách đáng kể so với bộ phản xạ của vùng phủ sóng người dùng 3460. Bộ phản xạ lớn hơn có thể cho phép một số lượng lớn các AN 515 được phân bố theo địa lý trong vùng AN nhỏ hơn một cách đáng kể 3450, chẳng hạn như trong tập hợp con của vùng phủ sóng người dùng 3460. Một số ví dụ được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.45A đến Fig.45G. Theo cách khác, vùng AN 3450 là tập hợp con của vùng phủ sóng người dùng có thể được triển khai bằng cách sử dụng một hệ thống con anten cho cả liên kết đường dẫn sóng và liên kết người dùng bằng cách sử dụng các khoảng tần số khác nhau cho liên kết đường dẫn sóng và các liên kết người dùng. Ví dụ, vùng AN 3450 bằng một phần tư vùng của vùng phủ sóng người dùng 3460 có thể được triển khai bằng cách sử dụng tần số sóng mang liên kết đường dẫn sóng mà gần gấp đôi tần số sóng mang liên kết người dùng. Theo một ví dụ, liên kết người dùng có thể sử dụng khoảng tần số (hoặc các khoảng tần số) trong các băng tần K/Ka (ví dụ, khoảng 30 GHz) trong khi liên kết đường dẫn sóng sử dụng các khoảng tần số trong các băng tần V/W (ví dụ, khoảng 60 GHz). Trong trường hợp này, vùng AN 3450 sẽ là đồng tâm với vùng phủ sóng người dùng 3460.

Fig.45A thể hiện ví dụ về hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 (ví dụ, vệ tinh), vùng phủ sóng mặt đất nhìn thấy được 3800. Ở hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 làm ví dụ, hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 bao gồm bộ phản xạ liên kết đường dẫn sóng 18 mét và hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 bao gồm bộ phản xạ liên kết người dùng 2 mét (ví dụ, vùng bộ phản xạ liên kết đường dẫn sóng lớn hơn khoảng tám mươi lần vùng bộ phản xạ liên kết người dùng). Mỗi hệ thống con anten còn bao gồm mảng gồm 512 phần tử thu/phát cấu thành kết hợp. Hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 làm ví dụ có thể bao gồm 512 bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 (ví dụ, tạo ra 512 đường tín hiệu chuyển tiếp 3700 như được thể hiện trên Fig.44A) và 512 bộ phát đáp

liên kết trở về 3440 (ví dụ, tạo ra 512 đường tín hiệu trở về 3750 như được thể hiện trên Fig.44B). Từ vị trí theo quỹ đạo địa tĩnh của hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403, hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 chiếu đến vùng phủ sóng người dùng 3460 mà mở rộng về cơ bản trên vùng phủ sóng mặt đất nhìn thấy được 3800 trong khi bộ phản xạ liên kết đường dẫn sóng chiếu đến vùng AN 3450 mà là một phần của vùng phủ sóng người dùng 3460. Mặc dù vùng AN 3450 là tập hợp con nhỏ của vùng phủ sóng người dùng lớn 3460, nhưng công suất hệ thống lớn bao gồm số lượng lớn các búp sóng người dùng có thể được hỗ trợ bằng cách sử dụng sự tạo búp sóng đầu cuối với một số lượng lớn các AN 515 trong vùng AN 3450 (ví dụ, được sử dụng kết hợp trong chùm AN). Ví dụ, hàng trăm AN kết hợp 515 có thể được phân bố theo địa lý trong vùng AN 3450 được thể hiện trên Fig.45A là vùng tối ở miền đông nước Mỹ. Theo một ví dụ, 597 AN 515 được phân bố theo địa lý trong vùng AN 3450.

Fig.46A là thể hiện vùng phủ sóng mặt đất nhìn thấy được có sự tạo búp sóng đầu cuối được áp dụng giữa các AN 515 trong vùng AN 3450 và vùng phủ sóng người dùng 3460. Vùng phủ sóng người dùng 3460 bao gồm 625 vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 cấp dịch vụ cho các thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong vùng phủ sóng mặt đất nhìn thấy được 3800.

Fig.45B thể hiện ví dụ về hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 (ví dụ, vệ tinh) vùng phủ sóng lục địa Mỹ (CONUS - Continental United States) 3900. Hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 làm ví dụ giống với ví dụ được thể hiện trên Fig.45A, ngoại trừ hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 sử dụng bộ phản xạ liên kết đường dẫn sóng 18 mét trong khi hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 bao gồm bộ phản xạ liên kết người dùng 5 mét (ví dụ, vùng của bộ phản xạ liên kết đường dẫn sóng lớn hơn khoảng mười ba lần so với vùng của bộ phản xạ liên kết người dùng). Vùng AN 3450 (ví dụ, vùng chứa chùm AN kết hợp) là giống với vùng trên Fig.45A: vùng là tập hợp con nhỏ của vùng phủ sóng người dùng 3460 ở miền đông nước Mỹ có, ví dụ, 597 AN 515 được phân bố ở đây.

Fig.46B là thể hiện vùng phủ sóng CONUS 3900 với sự tạo búp sóng đầu cuối được áp dụng giữa các AN 515 trong vùng AN 3450 và vùng phủ sóng người dùng 3460. Vùng phủ sóng người dùng 3460 bao gồm 523 vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 cấp dịch vụ cho các thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong vùng phủ sóng CONUS.

Các vị trí địa lý và các vị trí tương đối khác nhau của chùm AN được hỗ trợ bởi sáng chế. Như được mô tả ở đây, hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 giống với các hệ được thể hiện trên Fig.49A và Fig.49B có thể cấp các dịch vụ truyền thông giữa một hoặc nhiều vùng phủ sóng người dùng 3460 và các AN 515 được định vị ở một hoặc nhiều vùng AN 3450. Theo một số ví dụ, chẳng hạn như ví dụ được thể hiện trên Fig.45B, vùng AN 3450 có thể trùng hoặc được định vị toàn bộ trong vùng phủ sóng người dùng 3460. Ngoài ra hoặc theo cách khác, vùng AN 3450 có thể không trùng với vùng phủ sóng người dùng 3460 như được minh họa trên Fig.45C. Trong một số trường

hợp, sự bố trí như vậy có thể cần sử dụng cơ chế vòng lại đặc biệt, sẽ được mô tả sau tham chiếu đến các hình vẽ từ Fig.55A đến Fig.55C.

Là một ví dụ khác của phân phối địa lý khả dụng, chùm AN (ví dụ, vùng AN 3450) có thể trùng ít nhất một phần với vùng có nhu cầu thấp của vùng phủ sóng người dùng 3460. Một ví dụ được thể hiện trên Fig.45D, trong đó vùng AN 3450 được định vị ở vùng có nhu cầu thấp của vùng phủ sóng người dùng 3460. Trong một số trường hợp, vùng có nhu cầu thấp có thể được xác định dựa vào nhu cầu đối với dịch vụ truyền thông ở dưới ngưỡng yêu cầu. Ví dụ, vùng có nhu cầu thấp có thể có nhu cầu trung bình nhỏ hơn một phần (ví dụ, một nửa, một phần tư, v.v.) của nhu cầu trung bình trên các vùng được cấp dịch vụ khác của vùng phủ sóng người dùng 3460. Sự triển khai này có thể hỗ trợ làm tăng công suất hệ thống ở các vùng có nhu cầu cao hơn (ví dụ, bằng cách cho phép các phần của phổ tần số được kết hợp với các sự truyền thông liên kết đường dẫn sóng ở vùng có nhu cầu thấp được sử dụng cho các búp sóng người dùng ở các vùng có nhu cầu cao hơn). Tức là, băng thông hệ thống đã cho (mà có thể là các khoảng tần số liên kề hoặc các khoảng tần số không liên kề) có thể được sử dụng hầu hết hoặc toàn bộ để phục vụ các búp sóng người dùng ở các vùng bên ngoài vùng có nhu cầu thấp và có thể được cấp phát hầu hết cho các sự truyền thông liên kết đường dẫn sóng trong vùng có nhu cầu thấp, với các búp sóng người dùng ở vùng có nhu cầu thấp được cấp phát phần nhỏ hơn (ví dụ, nhỏ hơn một nửa) của băng thông hệ thống. Do đó, trong một số trường hợp, các sự truyền thông liên kết người dùng trong các vùng có nhu cầu cao hơn có thể sử dụng ít nhất một phần của cùng băng thông tần số được sử dụng cho các sự truyền thông liên kết đường dẫn sóng ở vùng có nhu cầu thấp mà vùng nút truy cập 3450 được định vị ở đó. Theo ví dụ này, vùng AN 3450 được chứa hoàn toàn trong vùng phủ sóng người dùng 3460, mặc dù chúng có thể chỉ trùng một phần trong một số trường hợp.

Trong một số trường hợp, chùm AN có thể được định vị trong (ví dụ, trên bề mặt của) vùng nước (ví dụ, hồ, biển hoặc đại dương). Một ví dụ được thể hiện trên Fig.45E, thể hiện vùng phủ sóng người dùng 3460 bao gồm Mỹ và vùng AN 3450 nằm ngoài bờ biển phía đông của Mỹ. Trong một số trường hợp, vùng AN có thể trùng ít nhất một phần với đất liền (ví dụ, một số AN 515 có thể không được định vị trong vùng nước). Do đó, một ví dụ được thảo luận với tham chiếu đến Fig.45E bao gồm trường hợp trong đó chỉ một AN 515 được định vị trong vùng nước, tất cả các AN 515 được định vị trong vùng nước hoặc một số số lượng trung gian của các AN 515 được định vị trong vùng nước. Các lợi ích của việc định vị một phần hoặc tất cả chùm AN trên vùng nước bao gồm tính khả dụng của các vùng lớn đối với chùm AN gần với các vùng đất liền trong đó vùng phủ sóng người dùng được mong muốn, độ linh hoạt trong việc đặt các AN 515 trong vùng AN 3450 và giảm sự cạnh tranh về quyền sử dụng phổ. Ví dụ, các cân nhắc về quy định chẳng hạn như sự giao thoa và sự chia sẻ băng tần với các dịch vụ khác có thể được giảm xuống khi chùm AN không được định vị trên một đất nước hoặc vùng đất liền cụ thể.

Các AN 515 được định vị trong vùng nước có thể được định vị trên các nền cố định hoặc nổi. Các ví dụ về các nền cố định được sử dụng cho các AN 515 bao gồm giàn khoan dầu cố định, các tuabin gió xa bờ cố định hoặc các nền khác được đặt trên các cọc. Các ví dụ về các nền nổi bao gồm xà lan, các loại phao, các giàn khoan dầu xa bờ, các tuabin gió xa bờ nổi và dạng tương tự. Một số nền cố định hoặc nổi có thể đã có các nguồn điện, trong khi các nền cố định hoặc nổi khác chuyên để sử dụng trong chùm AN có thể được tạo kết cấu có bộ phát điện (ví dụ, bộ phát điện, bộ phát điện mặt trời, tuabin gió, v.v.). Việc phân bố các tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập 521 từ bộ tạo búp sóng 529 đến các AN 515 và các tín hiệu trở về tổ hợp 1706 từ các AN 515 đến bộ tạo búp sóng 531 có thể được tạo ra qua mạng phân bố 518 bao gồm liên kết dùng dây hoặc không dây giữa các bộ tạo búp sóng hoặc nền phân bố và các AN 515. Trong một số trường hợp, mạng phân bố 518 có thể bao gồm cáp ngầm được ghép nối với các bộ tạo búp sóng và các AN 515 được phân bố trong vùng nước như sẽ được thảo luận với tham chiếu đến Fig.45G. Cáp ngầm cũng có thể tạo ra nguồn điện. Mạng phân bố có thể ngoài ra hoặc theo cách khác bao gồm liên kết RF vô tuyến (ví dụ, các liên kết backhaul vi sóng) hoặc các liên kết quang học không gian tự do. Theo một số ví dụ, các bộ tạo búp sóng, điểm phân phối đối với các bộ tạo búp sóng hoặc toàn bộ mạng phân bố 518 có thể được định vị trong vùng nước. Ví dụ, Fig.58 thể hiện CPS 505 được bố trí trên nền xa bờ (ví dụ, cố định hoặc di động) 5805 truyền thông lưu lượng đến nút mạng trên mặt đất và được ghép nối với các AN 515 ở vùng nước qua mạng phân bố 518.

Trong một số trường hợp, ít nhất một số AN 515 trong chùm AN có thể là di động (ví dụ, có thể được định vị trên các nền di động). Ví dụ, các AN 515 trong vùng nước có thể được định vị trên các xuồng hoặc các xà lan có thể được điều khiển đến vị trí tái định vị như được minh họa bởi nền nổi 5805 trên Fig.58. Tương tự, các AN trên mặt đất 515 có thể được định vị trên các nền dạng phương tiện trong khi các AN trên không 515 có thể được định vị trên các nền di động chẳng hạn như máy bay, khinh khí cầu, máy bay không người lái và dạng tương tự. Theo một số ví dụ, các AN di động 515 có thể được sử dụng để tối ưu hóa sự phân bố AN 515 trong vùng AN 3450. Ví dụ, các AN 515 có thể được tái định vị để phân bố theo địa lý tốt hơn trong vùng AN 3450, hoặc các AN 515 có thể được tái định vị sau khi có sự cố ở một hoặc nhiều AN 515 (ví dụ, để bố trí lại các AN 515 khả dụng). Các trọng số tạo búp sóng có thể được tính toán lại đối với các vị trí mới và các AN 515 có thể tái đồng bộ hóa thời điểm và pha truyền để điều chỉnh vào các vị trí mới, như được mô tả ở trên.

Theo một số ví dụ, vùng AN 3450 có thể được tái định vị bằng cách sử dụng các AN di động 515 (ví dụ, một hoặc nhiều AN 515 trong chùm AN có thể được định vị trên các nền di động). Một ví dụ được thể hiện trên Fig.45F, thể hiện vùng AN ban đầu 3450a bao gồm nhiều AN 515 được phân bố theo địa lý trong vùng AN 3450a. Vì các lý do khác nhau, chùm AN có thể được tái định vị trong vùng AN mới 3450b. Ví dụ, chùm AN di động có thể được sử dụng để thích ứng với các sự biến đổi về vị trí của hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403. Theo một ví dụ, vị trí theo quỹ đạo hoặc hướng của hệ

chuyển tiếp đầu cuối vệ tinh 3403 thay đổi do thay đổi về cách triển khai thành xung chọn quỹ đạo mới hoặc do sự lệch quỹ đạo hoặc sự căn chỉnh, và sự thay đổi trong vùng AN 3450 thích ứng với vị trí theo quỹ đạo hoặc hướng mới. Các AN di động 515 có thể chuyển động đến các vị trí mới trong vùng AN mới 3450b. Ngoài ra, mặc dù chùm AN di động được hiển thị là được định vị trong vùng nước, nhưng một số hoặc tất cả các AN 515 có thể được định vị trên mặt đất (ví dụ, các AN di động 515 không nhất thiết phải được định vị ở vùng nước). Trong một số trường hợp, một hoặc nhiều AN 515 có thể được định vị trên máy bay (ví dụ, máy bay, khinh khí cầu, máy bay không người lái, v.v.). Ngoài ra, mặc dù ví dụ hiện tại mô tả các vùng AN thứ nhất 3450a và thứ hai 3450b là giống nhau về kích thước ở các vị trí khác nhau, nhưng các vùng AN 3450 ở các vị trí khác nhau có thể là khác nhau (ví dụ, một cách đáng kể) (ví dụ, do sự khác nhau về cự ly nghiêng hoặc sự thích ứng của cụm anten trên hệ chuyển tiếp đầu cuối). Ví dụ, các vùng AN thứ nhất 3450a và thứ hai 3450b có thể có cùng các điểm trung tâm (hoặc tương tự) nhưng có kích thước vật lý khác nhau một cách đáng kể (ví dụ, qua sự kết hợp của sự xung chọn quỹ đạo và sự định hướng lại của anten của hệ chuyển tiếp đầu cuối).

Ví dụ, ban đầu chùm AN có thể được định vị ở vị trí thứ nhất 3450a. Trong khi ở vị trí thứ nhất 3450a, mỗi AN 515 của chùm AN có thể nhận tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập để truyền qua hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 với một hoặc nhiều thiết bị trong vùng phủ sóng người dùng 3460. Theo các khía cạnh, tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập có thể nhận được từ bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 qua mạng phân bố 518, mà có thể là liên kết quang học không gian tự do hoặc liên kết thích hợp bất kỳ khác. Như được mô tả ở trên, các tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập có thể được tạo trọng số một cách thích hợp bởi bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 trước khi nhận ở AN 515. Trong khi ở vị trí thứ nhất 3450a, mỗi AN 515 có thể đồng bộ hóa tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 để nhận ở hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 sao cho tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 được căn chỉnh theo thời gian và pha với các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp khác 521 từ các AN 515 khác trong chùm AN. Sự đồng bộ hóa có thể được hoàn thành bằng cách sử dụng các kỹ thuật bất kỳ được mô tả ở đây (ví dụ, bằng cách sử dụng các tín hiệu mốc báo chuyển tiếp).

Sau đó, chùm AN (hoặc các phần của nó) có thể dịch chuyển vào vị trí thứ hai 3450b. Chuyển động này có thể đáp lại một số sự kích thích (ví dụ, sự thay đổi về vị trí của hệ chuyển tiếp đầu cuối, các sơ đồ thời tiết, v.v.). Ở vị trí thứ hai 3450b, các AN 515 của chùm AN có thể thu các tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập được tạo trọng số (ví dụ, được tạo ra bằng cách sử dụng ma trận trọng số búp sóng cập nhật được xác định dựa vào các vị trí mới của các AN 515 trong vùng AN mới 3450b), đồng bộ hóa các sự truyền và truyền các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 đến hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403. Trong khi được mô tả là được thực hiện ở vị trí thứ hai, một hoặc nhiều bước này có thể được thực hiện trước khi đến vị trí thứ hai.

Trong một số trường hợp, vị trí và hình dạng của chùm AN có thể được tạo kết cấu để có được lợi ích của cơ sở hạ tầng mạng hiện có. Ví dụ, như được thể hiện trên Fig.45G, vùng AN 3450 có thể được định vị gần cáp ngầm hiện có 4551 (ví dụ, cáp sợi quang được sử dụng trong các sự truyền thông mạch chính internet, v.v.). Cáp ngầm 4551 cũng có thể tạo nguồn điện. Mạng phân bố 518 (ví dụ, giữa các AN) có thể ngoài ra hoặc theo cách khác bao gồm các liên kết RF vô tuyến (ví dụ, các liên kết backhaul vi sóng) hoặc các liên kết quang học không gian tự do. Theo một số ví dụ, các bộ tạo bức sóng, điểm phân bố đối với bộ tạo bức sóng hoặc toàn bộ mạng phân bố 518 có thể được định vị trong vùng nước. Như được thể hiện trên Fig.45G, một hoặc nhiều vùng 3450 có thể được định hình (ví dụ, bằng cách sử dụng bộ phản xạ được định hình một cách thích hợp, v.v.) để tối thiểu hóa tổng khoảng cách giữa các AN 515 và cáp ngầm 4551. Ví dụ trên Fig.45G thể hiện vùng AN được định hình elip 3450, mặc dù hình dạng thích hợp bất kỳ cũng có thể được sử dụng. Ngoài ra, mặc dù chỉ một vùng AN 3450 được thể hiện trên Fig.45G, nhưng cũng có thể có nhiều vùng 3450 (ví dụ, được định vị theo cùng cáp ngầm 4551 hoặc các cáp ngầm 4551 khác). Các vùng 3450 có thể tách ra hoặc trùng ít nhất một phần.

Nhiều vùng phủ sóng

Theo ví dụ này các hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 được mô tả ở trên, hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 được mô tả là một hệ thống con anten (ví dụ, với một bộ phản xạ liên kết người dùng) và hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 được mô tả như một hệ thống con anten (ví dụ, với một bộ phản xạ liên kết đường dẫn sóng). Trong một số trường hợp, hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 có thể bao gồm một hoặc nhiều hệ thống con anten (ví dụ, hai hoặc nhiều hơn hai mảng con gồm các phần tử anten cấu thành) được kết hợp với một hoặc nhiều bộ phản xạ liên kết người dùng và hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 có thể bao gồm một hoặc nhiều hệ thống con anten được kết hợp với một hoặc nhiều bộ phản xạ liên kết đường dẫn sóng. Ví dụ, các hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 có thể có hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 bao gồm tập hợp thứ nhất gồm các phần tử thu/phát cấu thành liên kết người dùng được kết hợp với bộ phản xạ liên kết người dùng thứ nhất (ví dụ, mỗi phần tử được sắp xếp để chiếu và/hoặc được chiếu bởi, bộ phản xạ liên kết người dùng thứ nhất) và tập hợp thứ hai gồm các phần tử thu/phát cấu thành liên kết người dùng được kết hợp với bộ phản xạ liên kết người dùng thứ hai. Trong một số trường hợp, hai bộ phản xạ liên kết người dùng về cơ bản là cùng vùng vật lý (ví dụ, trong phạm vi 5%, 10%, 25%, v.v.) của nhau. Trong một số trường hợp, một bộ phản xạ liên kết người dùng là lớn hơn đáng kể (ví dụ, 50% lớn hơn, ít nhất gấp đôi vùng vật lý, v.v.) so với nhau. Mỗi tập hợp gồm các phần tử thu/phát cấu thành liên kết người dùng và bộ phản xạ liên kết người dùng được kết hợp của nó, có thể chiếu đến vùng phủ sóng người dùng 3460 riêng tương ứng. Ví dụ, nhiều vùng phủ sóng người dùng có thể không trùng nhau, trùng nhau một phần, trùng nhau hoàn toàn (ví dụ, vùng phủ sóng người dùng nhỏ hơn có thể nằm trong vùng phủ sóng người dùng lớn hơn), v.v.. Trong một số trường

hợp, nhiều vùng phủ sóng người dùng có thể hoạt động (được chiếu) cùng lúc. Các trường hợp khác, như sẽ được mô tả sau, có thể cho phép sự kích hoạt có lựa chọn các phần khác nhau của các phần tử thu/phát cấu thành liên kết người dùng, nhờ đó kích hoạt các vùng phủ sóng người dùng khác nhau ở các thời điểm khác nhau. Tương tự, sự kích hoạt có lựa chọn các phần khác nhau của các phần tử thu/phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng có thể kích hoạt các vùng AN 3450 khác nhau ở các thời điểm khác nhau. Sự chuyển giữa nhiều vùng phủ sóng có thể được kết hợp với CPS 505. Ví dụ, sự hiệu chỉnh tạo búp sóng, sự tính toán trọng số búp sóng và việc áp dụng trọng số búp sóng có thể xảy ra trong hai bộ tạo búp sóng song song, mỗi trong số này dùng cho mỗi trong hai vùng phủ sóng khác nhau. Việc sử dụng các trọng số thích hợp trong các bộ tạo búp sóng có thể được định thời tương ứng với sự vận hành của hệ chuyển tiếp đầu cuối. Ví dụ, việc chuyển giữa nhiều vùng phủ sóng có thể được kết hợp để xảy ra ở biên theo lát thời gian nếu các bộ tạo búp sóng theo lát thời gian được sử dụng.

Fig.47A và Fig.47B thể hiện đường tín hiệu chuyển tiếp 4000 làm ví dụ và đường tín hiệu trở về 4050 tương ứng, mỗi đường này có sự kích hoạt có lựa chọn của các hệ thống con anten liên kết người dùng 3420. Đường tín hiệu chuyển tiếp 4000 (và các đường tín hiệu chuyển tiếp khác được mô tả ở đây) có thể là một ví dụ về đường tín hiệu chuyển tiếp 3602 được mô tả với tham chiếu đến Fig.43. Đường tín hiệu trở về 4050 (và các đường tín hiệu trở về khác được mô tả ở đây) có thể là một ví dụ về đường tín hiệu trở về 3502 được mô tả với tham chiếu đến Fig.42. Ví dụ, mỗi đường tín hiệu chuyển tiếp 4000 có thể có bộ phát đáp 3430 được ghép nối giữa các phần tử anten cấu thành. Trên Fig.47A, bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430b là giống với bộ phát đáp được mô tả với tham chiếu đến Fig.44A, ngoại trừ phía kết xuất của bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430b được ghép nối có lựa chọn với một trong hai phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429, mỗi phần của hệ thống con anten liên kết người dùng riêng rẽ 3420 (ví dụ, mỗi phần của mảng riêng rẽ 3425 của các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng kết hợp 3429). Như được mô tả ở trên, bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430b có thể bao gồm một số hoặc tất cả các LNA 3705a, các bộ biến đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710a, các bộ khuếch đại kênh 3715a, các bộ dịch pha 3720a, các bộ khuếch đại công suất 3725a và các bộ lọc sóng hài 3730a.

Bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430b trên Fig.47A còn bao gồm bộ chuyển mạch 4010a (các bộ chuyển liên kết chuyển tiếp) ghép nối có lựa chọn bộ phát đáp với phần tử phát cấu thành liên kết người dùng thứ nhất 3429a (của mảng phần tử anten liên kết người dùng thứ nhất 3425a) qua tập hợp thứ nhất gồm các bộ khuếch đại công suất 3725a và các bộ lọc sóng hài 3730a hoặc với phần tử phát cấu thành liên kết người dùng thứ hai 3429b (của mảng phần tử anten liên kết người dùng thứ hai 3425b) qua tập hợp thứ hai gồm các bộ khuếch đại công suất 3725a và các bộ lọc sóng hài 3730a. Ví dụ, trong chế độ chuyển mạch thứ nhất, bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430b tạo ra một cách hiệu quả đường tín hiệu giữa phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 và phần tử phát cấu thành liên kết người dùng thứ nhất 3429a; và trong chế độ chuyển

mạch thứ hai, bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430b tạo một cách hiệu quả đường tín hiệu giữa cùng phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 và phần tử phát cấu thành liên kết người dùng thứ hai 3429b. Các bộ chuyển mạch 4010a có thể được ứng dụng bằng cách sử dụng phương tiện chuyển mạch thích hợp bất kỳ, chẳng hạn như bộ chuyển cơ điện, role, tranzito, v.v.. Mặc dù được thể hiện là các bộ chuyển mạch 4010a, các phương án thực hiện khác có thể sử dụng các phương tiện thích hợp bất kỳ khác để ghép nối có lựa chọn đầu vào của bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 với nhiều đầu ra. Ví dụ, các bộ khuếch đại công suất 3725a có thể được sử dụng làm các bộ chuyển mạch (ví dụ, tạo ra độ khuếch đại cao khi đóng mạch ("on") và độ khuếch đại 0 (hoặc hao tổn) khi ngắt mạch ("off")). Các bộ chuyển mạch 4010a có thể là các ví dụ về các bộ chuyển mạch mà ghép nối có lựa chọn một đầu vào với một trong hai hoặc nhiều hơn hai đầu ra.

Trên Fig.47B, bộ phát đáp liên kết trở về 3440b sao chép chức năng bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 trên Fig.47A. Ngoài bước ghép nối có lựa chọn phía đầu ra của bộ phát đáp, như trong trường hợp liên kết chuyển tiếp trên Fig.47A, phía đầu vào của bộ phát đáp liên kết trở về 3440b được ghép nối có lựa chọn với một trong hai phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426. Một lần nữa, mỗi phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426 có thể là một phần của mảng riêng rẽ gồm các phần tử thu cấu thành liên kết người dùng kết hợp 3426, mà có thể là một phần của cùng hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 hoặc khác hệ thống con anten liên kết người dùng 3420). Như được mô tả ở trên (ví dụ, trên Fig.44B), bộ phát đáp liên kết trở về 3440 có thể bao gồm một số hoặc tất cả các LNA 3705b, các bộ biến đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710b, các bộ khuếch đại kênh 3715b, các bộ dịch pha 3720b, các bộ khuếch đại công suất 3725b và các bộ lọc sóng hài 3730b.

Bộ phát đáp liên kết trở về 3440b trên Fig.47B còn bao gồm bộ chuyển mạch 4010b (các bộ chuyển liên kết trở về) ghép nối có lựa chọn bộ phát đáp với phần tử thu cấu thành liên kết người dùng thứ nhất 3426a (của mảng phần tử anten liên kết người dùng thứ nhất 3425a) qua tập hợp thứ nhất gồm các LNA 3705b hoặc với phần tử thu cấu thành liên kết người dùng thứ hai 3426b (của mảng phần tử anten liên kết người dùng thứ hai 3425b) qua tập hợp thứ hai gồm các LNA 3705b. Ví dụ, trong chế độ chuyển mạch thứ nhất, bộ phát đáp liên kết trở về 3440b tạo một cách hiệu quả đường tín hiệu giữa phần tử thu cấu thành liên kết người dùng thứ nhất 3426a và phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419; và trong chế độ chuyển mạch thứ hai, bộ phát đáp liên kết trở về 3440b tạo ra một cách hiệu quả đường tín hiệu giữa phần tử thu cấu thành liên kết người dùng thứ hai 3426b và cùng phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419. Các bộ chuyển mạch 4010b có thể được ứng dụng bằng cách sử dụng các phương tiện chuyển thích hợp bất kỳ, chẳng hạn như bộ chuyển cơ điện, role, tranzito, v.v.. Mặc dù được thể hiện là các bộ chuyển mạch 4010b, các phương án thực hiện khác có thể sử dụng các phương tiện thích hợp bất kỳ khác để ghép nối có lựa chọn đầu ra của bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3440b với các đầu vào. Ví dụ, các bộ khuếch

đại công suất 3705b có thể được sử dụng làm các bộ chuyển mạch (ví dụ, tạo độ khuếch đại cao khi đóng mạch ("on") và độ khuếch đại 0 (hoặc hao tổn) khi ngắt mạch ("off")). Các bộ chuyển mạch 4010b có thể là các ví dụ về các bộ chuyển mạch mà ghép nối có lựa chọn một trong hai hoặc nhiều hơn hai đầu vào với một đầu ra.

Các ví dụ về hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 có thể bao gồm bộ điều khiển chuyển mạch 4070 để chuyển mạch có lựa chọn một số hoặc tất cả các bộ chuyển mạch 4010 (hoặc các thiết bị ghép nối có lựa chọn thích hợp khác) theo lịch trình chuyển mạch. Ví dụ, lịch trình chuyển mạch có thể được lưu trong thiết bị lưu trên thiết bị lưu trên tích hợp trong hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403. Trong một số trường hợp, lịch trình chuyển mạch lựa chọn một cách hiệu quả mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425 để kích hoạt (ví dụ, tập hợp các búp sóng người dùng nào để chiếu) trong mỗi trong số các khoảng thời gian (ví dụ, các khe thời gian). Trong một số trường hợp, sự chuyển mạch cấp phát thời gian bằng nhau đến nhiều mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425 (ví dụ, mỗi trong hai mảng được kích hoạt khoảng một nửa thời gian). Trong các trường hợp khác, sự chuyển mạch có thể được sử dụng để đạt được các mục tiêu chia sẻ công suất. Ví dụ, một mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425 có thể được kết hợp với những người dùng có nhu cầu cao hơn và có thể được cấp phát một phần thời gian lớn hơn trong lịch trình, trong khi mảng phần tử anten liên kết người dùng khác 3425 có thể được kết hợp với các người dùng có nhu cầu thấp hơn và có thể được cấp phát phần thời gian nhỏ hơn trong lịch trình.

Fig.48A và Fig.48B thể hiện một ví dụ về hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403, các vùng phủ sóng 4100 và 4150 bao gồm nhiều vùng phủ sóng người dùng được kích hoạt có lựa chọn 3460a và 3460b tương ứng. Hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 làm ví dụ là tương tự với hệ chuyển tiếp trên Fig.38 và Fig.39, ngoại trừ sự có mặt của các hệ thống con anten khác nhau. Theo ví dụ này, hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 bao gồm hai bộ phản xạ liên kết người dùng 9 mét và các bộ phát đáp được tạo cấu hình để kích hoạt có lựa chọn chỉ một nửa các vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 ở thời điểm đã cho bất kỳ (ví dụ, các bộ phát đáp được ứng dụng như trên Fig.47A và Fig.47B). Ví dụ, trong khoảng thời gian thứ nhất, như được thể hiện trên Fig.48A, vùng phủ sóng người dùng 3460a bao gồm 590 vùng phủ sóng búp sóng người dùng kích hoạt 519. Các vùng phủ sóng búp sóng người dùng kích hoạt 519 phủ sóng một cách hiệu quả nửa phía Tây của Mỹ. Vùng AN 3450 (chùm AN) là giống như vùng trên Fig.38 và Fig.39: vùng ở miền đông nước Mỹ có, ví dụ, 597 AN 515 được phân bố ở đây. Trong khoảng thời gian thứ nhất, vùng AN 3450 không trùng với vùng phủ sóng người dùng hoạt động 3460a. Trong khoảng thời gian thứ hai, như được thể hiện trên Fig.48B, vùng phủ sóng người dùng 3460b bao gồm 590 vùng phủ sóng búp sóng người dùng kích hoạt 519 khác. Các vùng phủ sóng búp sóng người dùng kích hoạt 519 trong khoảng thời gian thứ hai phủ sóng một cách hiệu quả nửa miền Đông của Mỹ. Vùng AN 3450 không thay đổi. Tuy nhiên, trong khoảng thời gian thứ hai, vùng AN 3450 trùng hoàn toàn với (là tập hợp con của) vùng phủ sóng người dùng hoạt động 3460b. Công suất có thể được

cấp phát một cách linh hoạt đến các vùng khác nhau (ví dụ, giữa các vùng phủ sóng người dùng miền Đông và miền đông 3460) bằng cách điều chỉnh động tỷ lệ của thời gian được cấp phát đến các hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 tương ứng.

Mặc dù ví dụ nêu trên minh họa hai vùng phủ sóng người dùng 3460 có kích thước tương tự nhau, nhưng các số lượng của vùng phủ sóng người dùng 3460 khác có thể được tạo ra (ví dụ, ba hoặc nhiều hơn) và có thể có các kích thước khác nhau (ví dụ, phủ sóng mặt đất, chỉ lục địa Mỹ, chỉ Mỹ, chỉ một vùng, v.v.). Trong các trường hợp có nhiều vùng phủ sóng người dùng 3460, thì các vùng phủ sóng người dùng 3460 có thể có quan hệ về địa lý thích hợp bất kỳ. Trong một số trường hợp, các vùng phủ sóng người dùng thứ nhất và thứ hai 3460 trùng một phần (ví dụ, như được thể hiện trên Fig.48A và Fig.48B). Trong các trường hợp khác, vùng phủ sóng người dùng thứ hai 3460 có thể là tập hợp con của vùng phủ sóng người dùng thứ nhất 3460 (ví dụ, như được thể hiện trên Fig.46A và Fig.46B). Trong các trường hợp khác, các vùng phủ sóng người dùng thứ nhất và thứ hai 3460 không trùng nhau (ví dụ, rời nhau).

Trong một số trường hợp, có thể mong muốn đối với lưu lượng của các vùng địa lý cụ thể có thể kết thúc ở các vùng tương ứng của chúng. Fig.50A minh họa vùng AN thứ nhất 3450a ở Bắc Mỹ được sử dụng để cung cấp dịch vụ truyền thông cho vùng phủ sóng người dùng thứ nhất 3460a ở Bắc Mỹ và vùng AN thứ hai 3450b để cung cấp dịch vụ truyền thông cho vùng phủ sóng người dùng thứ hai 3460b ở Nam Mỹ. Trong một số trường hợp, các AN trong vùng AN thứ nhất 3450a trao đổi các tín hiệu với CPS thứ nhất (ví dụ, được định vị trong phạm vi hoặc lân cận với vùng AN 3450a) và các AN trong vùng AN thứ hai 3450b trao đổi các tín hiệu với CPS thứ hai (ví dụ, được định vị trong phạm vi hoặc lân cận với vùng AN 3450b) mà là riêng rẽ và riêng biệt với CPS thứ nhất. Ví dụ, hệ chuyển tiếp đầu cuối AN thứ nhất 3403 như được thể hiện trên Fig.49A và Fig.49B có thể hỗ trợ nhiều vùng phủ sóng người dùng với nhiều vùng AN như được thể hiện trên Fig.50A. Mỗi sự kết hợp của vùng AN và vùng phủ sóng người dùng có thể sử dụng các sự cấp phát tần số 6300 hoặc 6301 như được thể hiện trên Fig.63A hoặc Fig.63B.

Fig.49A thể hiện đường tín hiệu chuyển tiếp 4900 làm ví dụ của hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 để hỗ trợ các vùng phủ sóng người dùng với nhiều vùng AN 3450. Đường tín hiệu chuyển tiếp 4900 làm ví dụ có bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp thứ nhất 3430c được ghép nối giữa phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng thứ nhất 3416a của mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ nhất 3415a và phần tử phát cấu thành liên kết người dùng thứ nhất 3429a của mảng phần tử anten liên kết người dùng thứ nhất 3425a. Ngoài ra, đường tín hiệu chuyển tiếp 4900 làm ví dụ có bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp thứ hai 3430c được ghép nối giữa phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng thứ hai 3416b của mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ hai 3415b và phần tử phát cấu thành liên kết người dùng thứ hai 3429b của mảng phần tử anten liên kết người dùng thứ hai 3425b. Như được mô tả ở trên, mỗi trong số các bộ phát đáp

liên kết chuyển tiếp 3430 có thể bao gồm một số hoặc tất cả các LNA 3705a, các bộ biến đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710a, các bộ khuếch đại kênh 3715a, các bộ dịch pha 3720a, các bộ khuếch đại công suất 3725a và các bộ lọc sóng hài 3730a.

Fig.49B thể hiện đường tín hiệu trở về 4950 làm ví dụ của hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 để hỗ trợ nhiều vùng phủ sóng người dùng với nhiều vùng AN 3450. Đường tín hiệu trở về 4950 làm ví dụ có bộ phát đáp liên kết trở về thứ nhất 3440c được ghép nối giữa phần tử thu cấu thành liên kết người dùng thứ nhất 3426a của mảng phần tử anten liên kết người dùng thứ nhất 3425a và phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng thứ nhất 3419a của mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ nhất 3415a. Ngoài ra, đường tín hiệu trở về 4950 làm ví dụ có bộ phát đáp liên kết trở về thứ hai 3440c được ghép nối giữa phần tử thu cấu thành liên kết người dùng thứ hai 3426b của mảng phần tử anten liên kết người dùng thứ hai 3425b và phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng thứ hai 3419b của mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ hai 3415b. Như được mô tả ở trên, mỗi trong số các bộ phát đáp liên kết trở về 3440 có thể bao gồm một số hoặc tất cả các LNA 3705b, các bộ biến đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710b, các bộ khuếch đại kênh 3715b, các bộ dịch pha 3720b, các bộ khuếch đại công suất 3725b và các bộ lọc sóng hài 3730b.

Trong một số trường hợp, các mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415a và 3415b là một phần của các hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 riêng rẽ. Theo cách khác, một hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 có thể bao gồm cả các mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415a và 3415b (ví dụ, thông qua việc sử dụng một bộ phản xạ như sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây với tham chiếu đến Fig.56A và Fig.56B). Tương tự, các mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425a và 3425b có thể là một phần của các hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 giống nhau hoặc riêng rẽ. Đường tín hiệu chuyển tiếp 4900 và đường tín hiệu trở về 4950 trên Fig.49A và Fig.49B có thể được sử dụng để hỗ trợ nhiều hệ thống tạo búp sóng đầu cuối độc lập bằng cách sử dụng một tài hữu ích của hệ chuyển tiếp đầu cuối. Ví dụ, sự tạo búp sóng đầu cuối giữa vùng AN thứ nhất 3450a và vùng phủ sóng người dùng thứ nhất 3460a được thể hiện trên Fig.50A có thể được hỗ trợ bởi một bộ tạo búp sóng và hệ thống phân bố, trong khi bộ tạo búp sóng và hệ thống phân bố riêng rẽ và độc lập hỗ trợ sự tạo búp sóng đầu cuối giữa vùng AN thứ hai 3450b và vùng phủ sóng người dùng thứ hai 3460b. Fig.49A và Fig.49B thể hiện các ví dụ trong đó các phần tử thu cấu thành có thể là giống với các phần tử phát cấu thành và do đó chỉ thể hiện một sự phân cực theo mỗi hướng. Tuy nhiên, các ví dụ khác có thể sử dụng các phần tử thu cấu thành và các phần tử phát cấu thành khác nhau và có thể sử dụng nhiều sự phân cực theo mỗi hướng.

Fig.47A và Fig.47B mô tả sự lựa chọn đường tín hiệu ở phía liên kết người dùng. Tuy nhiên, một số trường hợp theo cách khác hoặc ngoài ra bao gồm sự chuyển mạch đường tín hiệu ở phía liên kết đường dẫn sóng. Fig.51A thể hiện đường tín hiệu

chuyển tiếp 5100 làm ví dụ có sự kích hoạt có lựa chọn của nhiều mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425 (mà có thể là một phần của các hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 giống nhau hoặc khác nhau) và nhiều mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 (mà có thể là một phần của các hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 giống nhau hoặc khác nhau). Đường tín hiệu có bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430d được ghép nối giữa các phần tử anten cấu thành. Như được mô tả ở trên, bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430d có thể bao gồm một số hoặc tất cả các LNA 3705a, các bộ biến đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710a, các bộ khuếch đại kênh 3715a, các bộ dịch pha 3720a, các bộ khuếch đại công suất 3725a và các bộ lọc sóng hài 3730a. Phía đầu vào của bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430d được ghép nối có lựa chọn với một trong hai phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 (ví dụ, bằng cách sử dụng các bộ chuyển mạch 4010b hoặc các phương tiện lựa chọn đường thích hợp bất kỳ khác). Mỗi phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 có thể là một phần của mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng riêng rẽ 3415 (ví dụ, mỗi phần của mảng riêng rẽ gồm các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng kết hợp 3416). Phía đầu ra của bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430d được ghép nối có lựa chọn với một trong hai phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429 (ví dụ, bằng cách sử dụng các bộ chuyển mạch 4010a hoặc các phương tiện lựa chọn đường thích hợp bất kỳ khác). Mỗi phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429 có thể là một phần của mảng phần tử anten liên kết người dùng riêng rẽ 3425 (ví dụ, mỗi phần của mảng riêng rẽ gồm các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng kết hợp 3429). Một hoặc nhiều bộ điều khiển chuyển mạch 4070 (không được thể hiện) có thể có trong hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 để lựa chọn giữa một số hoặc tất cả bốn đường tín hiệu được tạo ra bởi bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430d. Ví dụ, bộ điều khiển chuyển mạch 4070 có thể vận hành bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430d theo một trong một số chế độ chuyển mạch, mà có thể được xác định theo việc các vùng AN 3450 nào được sử dụng để hỗ trợ các vùng phủ sóng người dùng 3460. Theo một ví dụ, bộ điều khiển chuyển mạch 4070 áp dụng chế độ chuyển mạch thứ nhất đối với các bộ chuyển mạch 4010 để ghép nối các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430d giữa mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ nhất 3415a và mảng phần tử anten liên kết người dùng thứ nhất 3425a và áp dụng chế độ chuyển mạch thứ hai đối với các bộ chuyển mạch 4010 để ghép nối các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430d giữa mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ hai 3415b và mảng phần tử anten liên kết người dùng thứ hai 3425b. Theo cách khác, chế độ chuyển mạch thứ nhất đối với các bộ chuyển mạch 4010 có thể ghép nối các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430d giữa mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ nhất 3415a và mảng phần tử anten liên kết người dùng thứ hai 3425b và chế độ chuyển mạch thứ hai đối với các bộ chuyển mạch 4010 có thể ghép nối các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430d giữa mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ hai 3415b và mảng phần tử anten liên kết người dùng thứ nhất 3425a.

Fig.51B minh họa ví dụ về đường tín hiệu trở về 5150 có sự kích hoạt có lựa

chọn của các mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425 (ví dụ, mà có thể là một phần của các hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 giống nhau hoặc khác nhau) và nhiều mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 (ví dụ, mà có thể là một phần của các hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 giống nhau hoặc khác nhau). Đường tín hiệu có bộ phát đáp liên kết trở về 3440d được ghép nối giữa các phần tử anten cấu thành. Như được mô tả ở trên, bộ phát đáp liên kết trở về 3440d có thể bao gồm một số hoặc tất cả các LNA 3705b, các bộ biến đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710b, các bộ khuếch đại kênh 3715b, các bộ dịch pha 3720b, các bộ khuếch đại công suất 3725b và các bộ lọc sóng hài 3730b. Phía đầu vào của bộ phát đáp liên kết trở về 3440d được ghép nối có lựa chọn với một trong hai phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426a, 3426b (ví dụ, bằng cách sử dụng các bộ chuyển mạch 4010b hoặc các phương tiện lựa chọn đường thích hợp bất kỳ khác). Mỗi phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426a, 3426b có thể là một phần của mảng phần tử anten liên kết người dùng riêng rẽ 3425a, 3425b (ví dụ, mỗi phần của mảng riêng rẽ gồm các phần tử thu cấu thành liên kết người dùng kết hợp 3426). Phía đầu ra của bộ phát đáp liên kết trở về 3440d được ghép nối có lựa chọn với một trong hai phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419a hoặc 3419b (ví dụ, bằng cách sử dụng các bộ chuyển mạch 4010a hoặc các phương tiện lựa chọn đường thích hợp bất kỳ khác). Mỗi phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419a hoặc 3419b có thể là một phần của mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng riêng rẽ 3415a hoặc 3415b (ví dụ, mỗi phần của mảng riêng rẽ gồm các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng kết hợp 3419). Một hoặc nhiều bộ điều khiển chuyển mạch 4070 (không được thể hiện) có thể có trong hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 để lựa chọn giữa một số hoặc tất cả trong số bốn đường tín hiệu khả dụng được cho phép bởi bộ phát đáp liên kết trở về 3440d. Ví dụ, bộ điều khiển chuyển mạch 4070 có thể vận hành bộ phát đáp liên kết trở về 3440d theo một trong một số chế độ chuyển mạch, mà có thể được xác định theo việc các vùng AN 3450 nào được sử dụng để hỗ trợ các vùng phủ sóng người dùng 3460. Theo một ví dụ, bộ điều khiển chuyển mạch 4070 áp dụng chế độ chuyển mạch thứ nhất vào các bộ chuyển mạch 4010 để ghép nối các bộ phát đáp liên kết trở về 3440d giữa mảng phần tử anten liên kết người dùng thứ nhất 3425a và mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ nhất 3415a và áp dụng chế độ chuyển mạch thứ hai vào các bộ chuyển mạch 4010 để ghép nối các bộ phát đáp liên kết trở về 3440d giữa mảng phần tử anten liên kết người dùng thứ hai 3425b và mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ hai 3415b. Theo cách khác, chế độ chuyển mạch thứ nhất đối với các bộ chuyển mạch 4010 có thể ghép nối các bộ phát đáp liên kết trở về 3440d giữa mảng phần tử anten liên kết người dùng thứ nhất 3425a và mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ hai 3415b và chế độ chuyển mạch thứ hai đối với các bộ chuyển mạch 4010 có thể ghép nối các bộ phát đáp liên kết trở về 3440d giữa mảng phần tử anten liên kết người dùng thứ hai 3425b và mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ nhất 3415a.

Các bộ phát đáp trên Fig.47A, Fig.47B, Fig.51A và Fig.51B chỉ nhằm thể hiện

một vài trong số nhiều trường hợp có thể có của các hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 mà sử dụng sự lựa chọn đường. Ngoài ra, một số trường hợp có thể bao gồm sự lựa chọn đường giữa nhiều hơn hai mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425 hoặc các hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 và/hoặc nhiều hơn hai mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 hoặc các hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410.

Hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 như được thể hiện trên Fig.51A và Fig.51B có thể hỗ trợ nhiều vùng phủ sóng người dùng 3460 với nhiều vùng AN 3450. Như được mô tả ở trên, có thể mong muốn để lưu lượng của các vùng địa lý cụ thể có thể kết thúc ở các vùng tương ứng của chúng. Ví dụ, hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 có hoặc không có các bộ phát đáp được ghép cặp giống như được minh họa trên Fig.51A và Fig.51B có thể sử dụng vùng AN thứ nhất 3450a ở Bắc Mỹ để cung cấp dịch vụ truyền thông cho vùng phủ sóng người dùng thứ nhất 3460a ở Bắc Mỹ và sử dụng vùng AN thứ hai 3450b để cung cấp dịch vụ truyền thông cho vùng phủ sóng người dùng thứ hai 3460b ở Nam Mỹ như được thể hiện trên Fig.50A. Bằng cách sử dụng sự lựa chọn đường (ví dụ, sự chuyển mạch) ở các bộ phát đáp, một hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 (ví dụ, một vệ tinh) có thể cấp dịch vụ lưu lượng được kết hợp với vùng phủ sóng người dùng Bắc Mỹ 3460a bằng cách sử dụng các AN 515 trong vùng AN Bắc Mỹ 3450a (hoặc bằng cách sử dụng các AN 515 trong vùng AN Nam Mỹ 3450b) và cấp dịch vụ lưu lượng được kết hợp với vùng phủ sóng người dùng Nam Mỹ 3460b bằng cách sử dụng các AN 515 trong vùng AN Nam Mỹ 3450b (hoặc bằng cách sử dụng các AN 515 trong vùng AN Bắc Mỹ 3450a). Công suất có thể được cấp phát một cách linh hoạt đến các vùng khác nhau (ví dụ, giữa các vùng phủ sóng sử dụng Bắc và Nam Mỹ 3460) bằng cách điều chỉnh động tỷ lệ thời gian được cấp phát đến các hệ thống con anten tương ứng.

Fig.50B minh họa sự triển khai có thể có thứ hai có nhiều vùng AN 3450 và nhiều vùng phủ sóng người dùng 3460. Ví dụ, sự triển khai được thể hiện trên Fig.50B có thể được hỗ trợ bởi hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 được minh họa trên Fig.51A và Fig.51B. Như được thể hiện trên Fig.50B, hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 với sự lựa chọn đường ở các bộ phát đáp cấp dịch vụ lưu lượng trong vùng phủ sóng người dùng thứ nhất 3460a với vùng AN thứ nhất 3450a và cấp dịch vụ lưu lượng trong vùng phủ sóng người dùng thứ hai 3460b với vùng AN thứ hai 3450b. Vì vùng AN thứ nhất 3450a không trùng với vùng phủ sóng người dùng thứ nhất 3460a, nên các phần giống nhau hoặc trùng nhau của băng thông có thể được sử dụng để truyền thông liên kết lên hoặc liên kết xuống giữa hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 và các thiết bị đầu cuối người dùng hoặc các AN. Ngoài ra, theo ví dụ này, vì vùng AN 3450a hoặc 3450b và vùng phủ sóng 3460a hoặc 3460b tương ứng của nó không trùng nhau, nên cơ chế vòng lại đặc biệt có thể được sử dụng để đồng bộ hóa các sự truyền từ các AN 515. Các cơ chế vòng lại làm ví dụ dưới dạng bộ phát đáp vòng lại được thảo luận với tham chiếu đến Fig.55A, Fig.55B và Fig.55C. Tham chiếu đến Fig.63A, ví dụ, hệ thống có thể có tổng 3,5 GHz băng thông liên kết lên 6330a và 3,5 GHz băng thông liên kết xuống 6325a là khả dụng.

Theo kết cấu chuyển mạch thứ nhất, toàn bộ 3,5 GHz băng thông liên kết lên (ví dụ, bằng cách sử dụng cả hai sự phân cực trực giao) có thể được sử dụng đồng thời cho các sự truyền liên kết lên trở về 525 từ vùng phủ sóng người dùng thứ nhất 3460a và sự truyền liên kết lên chuyển tiếp 521 từ vùng AN 3450a. Tương tự, toàn bộ 3,5 GHz băng thông liên kết xuống (ví dụ, bằng cách sử dụng cả hai sự phân cực trực giao) có thể được sử dụng đồng thời cho các sự truyền liên kết xuống chuyển tiếp 522 đến vùng phủ sóng người dùng thứ nhất 3460a và các sự truyền liên kết xuống trở về 527 đến vùng AN thứ nhất 3450a. Toàn bộ băng thông liên kết lên và liên kết xuống cũng có thể được sử dụng trong kết cấu chuyển mạch thứ hai đối với vùng phủ sóng người dùng thứ hai 3460b và vùng AN thứ hai 3450b. Mặc dù trường hợp hai vùng 3450 và hai vùng phủ sóng người dùng 3460 được thảo luận với tham chiếu đến Fig.50B để đơn giản hóa, nhưng số lượng thích hợp bất kỳ của các vùng 3450 và các vùng phủ sóng người dùng 3460 cũng có thể là khả thi. Ngoài ra, các khía cạnh được mô tả ở trên về một chùm AN (ví dụ, tính di động, vị trí trong vùng nước, v.v..) có thể là ứng dụng cho một hoặc cả hai chùm AN theo ví dụ này.

Ví dụ trên mô tả vùng AN 3450a là cung cấp dịch vụ cho vùng phủ sóng người dùng không trùng nhau 3460a. Ví dụ khác, vùng AN 3450a có thể cung cấp dịch vụ cho vùng phủ sóng người dùng 3460b (ví dụ, vùng phủ sóng người dùng 3460 có thể chứa vùng AN được kết hợp của nó 3450 hoặc một số phần của nó). Một ví dụ tương tự được thảo luận chung với tham chiếu đến Fig.50A trong trường hợp vùng AN thứ nhất 3450a được định vị ở Bắc America (ví dụ, mà có thể tương ứng với vùng phủ sóng AN 3450a trên Fig.50B) cấp dịch vụ cho vùng phủ sóng người dùng 3460a được định vị ở Bắc Mỹ trong khi vùng AN thứ hai 3450b được định vị ở Nam Mỹ để cấp dịch vụ cho vùng phủ sóng người dùng 3460b được định vị ở Nam Mỹ. Tuy nhiên, Fig.50B thể hiện rằng các vùng phủ sóng người dùng 3460 được cấp dịch vụ bởi các vùng phủ sóng AN khác nhau cũng có thể trùng nhau để tạo ra vùng phủ sóng người dùng kết hợp cho một vùng cụ thể. Theo ví dụ này, các vùng phủ sóng người dùng 3460 có thể được sử dụng ở các khoảng thời gian khác nhau bằng cách sử dụng bộ phát đáp chuyển mạch được minh họa trên Fig.51A và Fig.51B. Theo cách khác, các vùng phủ sóng người dùng 3460a và 3460b có thể được cấp dịch vụ đồng thời bởi các vùng nút truy cập 3450a và 3450b (hoặc là với vùng nút truy cập 3450a cấp dịch vụ cho vùng phủ sóng người dùng 3460a trong khi vùng nút truy cập 3450b cấp dịch vụ cho vùng phủ sóng người dùng 3460b hoặc với vùng nút truy cập 3450b cấp dịch vụ cho vùng phủ sóng người dùng 3460a trong khi vùng nút truy cập 3450a cấp dịch vụ cho vùng phủ sóng người dùng 3460b) sử dụng nhiều đường bộ phát đáp được thể hiện trên Fig.49A và Fig.49B. Trong trường hợp này, các tài nguyên liên kết lên và liên kết xuống được sử dụng cho các búp sóng người dùng trong các vùng phủ sóng người dùng 3460a và 3460b có thể là trực giao (các tài nguyên tần số khác nhau, các sự phân cực khác nhau, v.v.) hoặc các búp sóng người dùng trong các vùng phủ sóng người dùng 3460a và 3460b có thể sử dụng các tài nguyên giống nhau (khoảng tần số và sự phân cực giống nhau), với sự giao thoa được làm giảm

bằng cách sử dụng các kỹ thuật làm giảm sự giao thoa chẳng hạn như sự mã hóa và điều biến thích ứng (ACM - Adaptive Coding và Modulation), loại bỏ sự giao thoa, mã hóa không gian - thời gian và dạng tương tự.

Ví dụ thứ ba, trong một số trường hợp các vùng phủ sóng AN 3450a và 3450b kết hợp để cấp dịch vụ cho vùng phủ sóng người dùng 3460b (hoặc vùng phủ sóng người dùng 3460a). Trong trường hợp này, cơ chế vòng lại đặc biệt có thể là không cần thiết vì tập hợp con gồm các AN 515 được chứa trong vùng phủ sóng người dùng 3460. Trong một số trường hợp, các AN 515 của vùng phủ sóng AN 3450a và 3450b có thể được coi là kết hợp theo cách mà các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 từ mỗi trong số các vùng phủ sóng AN 3450 có thể kết hợp để cấp dịch vụ cho một vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519. Theo cách khác, các AN 515 của vùng phủ sóng AN 3450a có thể cấp dịch vụ cho tập hợp con thứ nhất của các vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 của vùng phủ sóng người dùng 3460b trong khi các AN 515 của vùng phủ sóng AN 3450b có thể cấp dịch vụ cho tập hợp con thứ hai của các vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 của vùng phủ sóng người dùng 3460b. Trong một số trường hợp của ví dụ này, có thể có một số sự trùng lặp giữa các tập hợp con thứ nhất và thứ hai của các vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 (ví dụ, sao cho các vùng phủ sóng AN 3450 có thể được coi là kết hợp trong các vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 và không kết hợp trong các vùng khác). Ví dụ tiếp theo, vùng phủ sóng AN 3450a có thể cấp dịch vụ cho vùng phủ sóng người dùng 3460b ở khoảng thời gian (hoặc tập hợp gồm các khoảng thời gian) thứ nhất và vùng phủ sóng AN 3450b có thể cung cấp dịch vụ cho vùng phủ sóng người dùng 3460b ở khoảng thời gian (hoặc tập hợp gồm các khoảng thời gian) thứ hai. Theo một số ví dụ, các vùng phủ sóng AN 3450a và 3450b có thể kết hợp để cấp dịch vụ cho vùng phủ sóng người dùng 3460b trong (các) khoảng thời gian thứ nhất và có thể kết hợp để cấp dịch vụ cho vùng phủ sóng người dùng 3460a trong (các) khoảng thời gian thứ hai.

Thông thường, các đặc điểm của hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 được mô tả trên Fig.41 cho phép cấp dịch vụ cho ít nhất một vùng phủ sóng búp sóng người dùng 3460 bằng cách sử dụng các AN 515 được phân bố theo địa lý trong phạm vi ít nhất một vùng AN 3450 là vùng vật lý khác với vùng phủ sóng AN búp sóng người dùng 3460. Trong một số trường hợp, (các) chùm AN có thể tạo ra công suất cao đối với vùng phủ sóng người dùng lớn 3460. Các hình vẽ từ Fig.45A đến Fig.45F, Fig.46A, Fig.46B, Fig.48A, Fig.48B, Fig.50A và Fig.50B thể hiện các ví dụ khác nhau về việc sử dụng chùm AN này. Việc triển khai số lượng lớn các AN 515 trong một vùng địa lý tương đối nhỏ có thể tạo ra một số lợi ích. Ví dụ, có thể dễ dàng đảm bảo rằng, có nhiều hơn (hoặc thậm chí tất cả) các AN 515 được triển khai gần hơn với mạng tốc độ cao (ví dụ, trong vùng có khả năng kết nối cáp trở về CPS 505 tốt), trong phạm vi đường biên của một đất nước hoặc một vùng, trên các vùng truy cập được, v.v., với độ lệch nhỏ so với sự phân bố AN 515 lý tưởng. Việc ứng dụng sự cấp dịch vụ cho vùng phủ sóng riêng biệt với sự lựa chọn đường (ví dụ, như trên Fig.47A và Fig.47B) có thể tạo ra các đặc tính bổ sung. Ví

dụ, như được mô tả ở trên, một chùm AN (và một hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403) có thể được sử dụng để cấp dịch vụ có lựa chọn cho nhiều vùng phủ sóng người dùng 3460. Tương tự, một hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 có thể được sử dụng để phân biệt và cung cấp lưu lượng theo vùng.

Trong một số trường hợp, việc cấp dịch vụ vùng phủ sóng riêng biệt với sự lựa chọn đường có thể cho phép tạo ra đặc tính kiểm soát sự giao thoa và/hoặc đặc tính kiểm soát công suất khác nhau. Ví dụ, quay lại Figs. 48A và Fig.48B, bốn loại liên kết truyền thông có thể được cân nhắc: các sự truyền thông liên kết chuyển tiếp từ chùm AN đến vùng phủ sóng người dùng hoạt động phía tây 3460a ("liên kết A"); các sự truyền thông liên kết chuyển tiếp từ chùm AN đến vùng phủ sóng người dùng hoạt động phía đông 3460b ("liên kết B"); các sự truyền thông liên kết trở về từ vùng phủ sóng người dùng hoạt động phía tây 3460a đến chùm AN ("liên kết C"); và các sự truyền thông liên kết trở về từ vùng phủ sóng người dùng hoạt động phía đông 3460b đến chùm AN ("liên kết D"). Trong khoảng thời gian thứ nhất, vùng phủ sóng người dùng phía đông 3460b hoạt động, sao cho có các sự truyền thông trên liên kết B và liên kết D. Vì có sự trùng nhau hoàn toàn giữa vùng AN 3450 và vùng phủ sóng người dùng phía đông 3460b, nên các liên kết B và D có khả năng giao thoa. Do đó, trong khoảng thời gian thứ nhất, liên kết B có thể được cấp phát phần thứ nhất của băng thông (ví dụ, 2 GHz) và liên kết D có thể được cấp phát phần thứ hai của băng thông (ví dụ, 1,5 GHz). Trong khoảng thời gian thứ hai, vùng phủ sóng người dùng phía đông 3460a hoạt động, sao cho có các sự truyền thông trên liên kết A và liên kết C. Vì không có sự trùng nhau giữa vùng AN 3450 và vùng phủ sóng người dùng phía tây 3460a, nên liên kết A và liên kết C có thể sử dụng toàn bộ băng thông (ví dụ, 3.5 GHz) của hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 trong khoảng thời gian thứ hai. Ví dụ, trong khoảng thời gian thứ nhất, các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 có thể nhận được bằng cách sử dụng khoảng tần số thứ nhất và các tín hiệu liên kết lên trở về 525 có thể nhận được bằng cách sử dụng khoảng tần số thứ hai khác với khoảng tần số thứ nhất; và trong khoảng thời gian thứ hai, các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 và các tín hiệu liên kết lên trở về 525 có thể nhận được bằng cách sử dụng cùng khoảng tần số (ví dụ, khoảng tần số thứ nhất, thứ hai hoặc khoảng tần số khác). Trong một số trường hợp, có thể có việc tái sử dụng tần số trong cả các khoảng thời gian thứ nhất và thứ hai, với các kỹ thuật làm giảm sự giao thoa khác được sử dụng trong khoảng thời gian thứ nhất. Trong một số trường hợp, thời điểm lựa chọn đường có thể được lựa chọn để bù cho sự chênh lệch về sự cấp phát băng thông này trong các khoảng thời gian khác nhau. Ví dụ, khoảng thời gian thứ nhất có thể là dài hơn khoảng thời gian thứ hai, sao cho các liên kết B và D được cấp phát ít băng thông hơn trong khoảng thời gian dài hơn để bù ít nhất một phần cho việc cấp phát các liên kết A và C nhiều băng thông hơn trong khoảng thời gian ngắn hơn. Việc cấp phát tần số theo cách khác sẽ được thảo luận sau.

Trong một số trường hợp, các tín hiệu liên kết lên trở về thứ nhất 525 nhận được trong khoảng thời gian thứ nhất bởi các phần tử thu cấu thành liên kết người dùng

kết hợp 3426a từ phần thứ nhất của các thiết bị đầu cuối người dùng 517 được phân bố theo địa lý trên một số hoặc tất cả trong số vùng phủ sóng người dùng thứ nhất 3460 (ví dụ, vùng phủ sóng người dùng phía đông 3460b) và các tín hiệu liên kết lên trở về thứ hai 525 nhận được trong khoảng thời gian thứ hai bởi các phần tử thu cấu thành liên kết người dùng kết hợp 3426b từ phần thứ hai của các thiết bị đầu cuối người dùng 517 được phân bố theo địa lý trên một số hoặc tất cả trong số vùng phủ sóng người dùng thứ hai 3460 (ví dụ, vùng phủ sóng người dùng phía tây 3460a). Khi vùng AN 3450 (chùm AN) là tập hợp con của vùng phủ sóng người dùng thứ nhất 3460b (ví dụ, như được minh họa trên Fig.48B), sự định thời AN 515 có thể được hiệu chỉnh với hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 trong khung thời gian thứ nhất (ví dụ, khi có sự trùng nhau giữa vùng phủ sóng người dùng 3460b và vùng AN 3450).

Như được mô tả ở trên, một số trường hợp có thể bao gồm việc xác định sự điều chỉnh thời điểm tương đối tương ứng đối với mỗi trong số các AN 515, sao cho các sự truyền được kết hợp từ các AN 515 đi đến hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 một cách đồng bộ (ví dụ, với sự định thời được kết hợp đủ so với thời lượng ký hiệu, thông thường là một phần của thời lượng ký hiệu chẳng hạn như 10%, 5%, 2% hoặc giá trị thích hợp khác). Trong các trường hợp này, các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 được truyền bởi các AN 515 theo các sự điều chỉnh sự định thời tương đối tương ứng. Trong một số trường hợp này, tín hiệu mốc báo đồng bộ (ví dụ, tín hiệu PN được tạo ra bởi thiết bị tạo tín hiệu mốc báo, như được mô tả ở trên) được nhận bởi ít nhất một số trong số các AN 515 từ hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403, và các sự điều chỉnh thời điểm tương đối tương ứng được xác định theo tín hiệu mốc báo đồng bộ. Trong các trường hợp khác, một số hoặc tất cả các AN 515 có thể nhận các sự truyền vòng lại từ hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 và các sự điều chỉnh thời điểm tương đối tương ứng được xác định theo các sự truyền vòng lại. Các sự tiếp cận khác nhau đối với sự hiệu chỉnh các AN 515 có thể phụ thuộc vào khả năng của các AN 515 để truyền thông với hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403. Do đó, một số trường hợp có thể hiệu chỉnh các AN 515 chỉ trong các khoảng thời gian trong đó các vùng phủ sóng thích hợp được chiếu. Ví dụ, các sự truyền vòng lại qua hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 có thể chỉ được sử dụng trong các khoảng thời gian trong đó có một số sự trùng nhau giữa vùng AN 3450 và vùng phủ sóng người dùng 3460 (ví dụ, các AN 515 truyền thông trên búp sóng vòng lại mà có thể sử dụng cả hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 và hệ thống con anten liên kết người dùng 3420 của hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403). Trong một số trường hợp, sự hiệu chỉnh thích hợp có thể còn dựa vào một số sự trùng nhau giữa khoảng tần số liên kết xuống đường dẫn sóng và khoảng tần số liên kết xuống người dùng.

Như được mô tả ở trên, hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 có hoặc không có các bộ phát đáp được ghép nối có lựa chọn giống như được minh họa trên Fig.49A, Fig.49B, Fig.51A và Fig.51B có thể cấp dịch vụ cho các thiết bị đầu cuối người dùng trong vùng phủ sóng người dùng thứ nhất 3460 bằng cách sử dụng các AN 515 trong vùng AN thứ nhất 3450 mà trùng với vùng phủ sóng người dùng thứ nhất 3460 (ví dụ, cả hai ở Bắc

Mỹ) và cấp dịch vụ cho các thiết bị đầu cuối người dùng trong vùng phủ sóng người dùng thứ hai 3460 bằng cách sử dụng các AN 515 trong vùng AN thứ hai 3450 mà trùng với vùng phủ sóng người dùng thứ hai 3460 (ví dụ, cả hai ở Nam Mỹ). Theo cách khác, hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 giống như trên Fig.51A và Fig.51B có thể cấp dịch vụ cho các thiết bị đầu cuối người dùng trong vùng phủ sóng người dùng thứ nhất 3460 bằng cách sử dụng các AN 515 trong vùng AN thứ nhất 3450 mà không trùng với vùng phủ sóng người dùng thứ nhất 3460 và cấp dịch vụ cho các thiết bị đầu cuối người dùng trong vùng phủ sóng người dùng thứ hai 3460 bằng cách sử dụng các AN 515 trong vùng AN thứ hai 3450 mà không trùng với vùng phủ sóng người dùng thứ hai 3460, như được thể hiện trên Fig.50B. Cũng được thể hiện trên Fig.50B, các vùng phủ sóng người dùng thứ nhất và thứ hai 3460 có thể được tạo cấu hình để trùng ít nhất một phần với nhau để tạo ra vùng phủ sóng liên tục cho một vùng đã cho (ví dụ, vùng CONUS, vùng phủ sóng mặt đất nhìn thấy được, v.v.). Các cách thực hiện tương tự khác cũng có thể khả thi.

Hệ thống được thảo luận với tham chiếu đến Fig.50B có thể, ví dụ, bao gồm bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 tạo ra tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập đối với mỗi trong số các AN 515 trong các vùng AN 3450. Mỗi trong số các AN 515 trong vùng AN 3450 đã cho có thể thu tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập từ bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 (ví dụ, qua mạng phân bố 518) trong cửa sổ thời gian trong đó chùm AN đã cho hoạt động và truyền tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 tương ứng đến hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403. Cửa sổ thời gian trong đó chùm AN đã cho hoạt động có thể bao gồm một hoặc nhiều lát thời gian, nếu cấu trúc bộ tạo búp sóng theo lát thời gian được sử dụng như được mô tả ở trên.

Như được mô tả ở trên, hệ thống có thể bao gồm phương tiện hiệu chỉnh sơ bộ các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 để bù, ví dụ, các độ trễ đường, các dịch pha, v.v. giữa các AN tương ứng và hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403. Trong một số trường hợp, sự hiệu chỉnh sơ bộ có thể được thực hiện bởi bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529. Ngoài ra hoặc theo cách khác, sự hiệu chỉnh sơ bộ có thể được thực hiện bởi chính các AN 515. Ví dụ, mỗi trong số các AN 515 có thể truyền tín hiệu mốc báo của nút truy cập đến hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 và nhận tín hiệu từ hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 bao gồm tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp và tín hiệu mốc báo của nút truy cập được chuyển tiếp (ví dụ, được chuyển tiếp từ hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403). Theo ví dụ này, mỗi AN 515 có thể điều chỉnh tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp tương ứng 521 của nó (ví dụ, có thể điều chỉnh thông tin định thời và/hoặc pha được kết hợp với tín hiệu truyền) dựa vào tín hiệu mốc báo của nút truy cập được chuyển tiếp. Ví dụ, AN 515 có thể điều chỉnh tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 để căn chỉnh thời gian và pha tín hiệu mốc báo của nút truy cập được chuyển tiếp với tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp nhận được. Trong một số trường hợp, tín hiệu được mô tả theo ví dụ này (ví dụ, tín hiệu mốc báo của nút truy cập, tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp và tín hiệu mốc báo của nút truy cập được chuyển tiếp) có thể nhận được hoặc được truyền qua hệ thống con anten

liên kết đường dẫn sóng 3410, như được mô tả ở trên. Do đó, trong một số trường hợp, mặc dù không được thể hiện, hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 bao gồm thiết bị truyền tín hiệu mốc báo. Thiết bị truyền tín hiệu mốc báo có thể được sử dụng như được mô tả ở trên tham chiếu đến thiết bị tạo tín hiệu mốc báo và môđun hỗ trợ hiệu chỉnh 424 trên Fig.15.

Mặc dù các phần của phần mô tả ở trên đã thảo luận các kỹ thuật đối với sự tạo búp sóng đầu cuối giữa một vùng AN hoạt động 3450 (ví dụ, được chọn giữa hai hoặc nhiều hơn hai vùng AN 3450) và một vùng phủ sóng người dùng hoạt động 3460 (ví dụ, được lựa chọn giữa hai hoặc nhiều hơn hai vùng phủ sóng người dùng 3460), trong một số trường hợp có thể mong muốn có các vùng AN riêng đồng thời (ví dụ, phối hợp) được sử dụng để cung cấp dịch vụ cho một vùng phủ sóng người dùng 3460. Một ví dụ về hệ thống này được thể hiện trên Fig.50C, bao gồm vùng AN 3450a và 3450b cũng như vùng phủ sóng người dùng 3460.

Khi tham chiếu đến Fig.50C, hệ thống làm ví dụ có thể bao gồm nhiều chùm AN (ví dụ, hai chùm AN tương đối dày đặc). Mỗi AN có thể chứa nhiều AN 515 được phân bố theo địa lý trong vùng AN 3450 tương ứng, trong đó mỗi AN 515 có thể vận hành để truyền tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp được hiệu chỉnh sơ bộ 521 tương ứng đến hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403. Nhiều chùm AN có thể được sử dụng kết hợp để cấp dịch vụ cho các thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong vùng phủ sóng người dùng 3460. Nhiều chùm AN có thể được sử dụng kết hợp bằng cách sử dụng các kỹ thuật khác nhau. Theo một ví dụ, hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 có thể sử dụng hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 có một mảng phân tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 và bộ phản xạ phức hợp để chiếu các chùm AN.

Fig.57 minh họa hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410c có một mảng phân tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 và bộ phản xạ phức hợp 5721. Mỗi trong số nhiều vùng của bộ phản xạ phức hợp 5721 có thể có tiêu điểm 1523 (mà có thể có cùng hoặc khác khoảng cách so với bộ phản xạ phức hợp). Ví dụ thứ nhất được minh họa trên Fig.57 trong đó bộ phản xạ phức hợp 5721 có một tiêu điểm (hoặc vùng) 1523a. Mảng phân tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 có thể được định vị ở điểm phân kỳ của bộ phản xạ phức hợp. Như được minh họa, mảng phân tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 được định vị bên trong tiêu điểm 1523a (tức là, là gần hơn với bộ phản xạ phức hợp 5721 so với tiêu điểm 1523a). Theo cách khác, mảng phân tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 có thể được định vị bên ngoài tiêu điểm 1523a (tức là, mảng phân tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 có thể là xa hơn với bộ phản xạ phức hợp 5721 so với tiêu điểm 1523a). Ví dụ thứ hai được minh họa trên Fig.57 trong đó bộ phản xạ phức hợp 5721 có hai tiêu điểm (hoặc các vùng) 1523b và 1523c. Theo ví dụ này, mảng phân tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 được minh họa là được định vị bên trong các tiêu điểm 1523b và 1523c. Theo cách khác, mảng phân tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 có thể được định vị bên ngoài các tiêu điểm 1523b và 1523c. Theo một

phương án khác, mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 có thể được định vị bên trong một tiêu điểm (ví dụ tiêu điểm 1523b) và bên ngoài tiêu điểm khác (ví dụ, tiêu điểm 1523c). Trong một số trường hợp, tiêu điểm 1523b có thể được kết hợp với phần trên của bộ phản xạ phức hợp 5721 trong khi tiêu điểm 1523c được kết hợp với phần dưới của bộ phản xạ phức hợp 5721. Theo cách khác, tiêu điểm 1523b có thể được kết hợp với phần dưới của bộ phản xạ phức hợp 5721 trong khi tiêu điểm 1523c được kết hợp với phần trên của bộ phản xạ phức hợp 5721. Mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 có thể bao gồm phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419 và các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416, mà trong một số trường hợp có thể là các phần tử anten giống nhau (ví dụ, có các sự phân cực khác nhau hoặc các tần số được sử dụng để truyền và nhận, v.v.).

Theo hướng truyền, đầu ra của các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419 có thể phản xạ từ bộ phản xạ 5721 để tạo ra nhóm búp sóng thứ nhất 5705a chiếu đến vùng AN thứ nhất 3450 (ví dụ, vùng AN 3450a trên Fig.50C) và nhóm búp sóng thứ hai 5705b phản xạ vùng AN thứ hai 3450 (ví dụ, vùng AN 3450b trên Fig 50C). Mặc dù không được thể hiện, ở hướng nhận, các tín hiệu từ vùng AN thứ nhất 3450a và từ vùng AN thứ hai 3450b có thể được phản xạ đến các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 của mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 bằng cách sử dụng bộ phản xạ phức hợp 5721.

Quay lại Fig.50C, nhiều vùng AN 3450 có thể được sử dụng độc lập hoặc cùng nhau (ví dụ, kết hợp). Ví dụ, các AN của chỉ một trong số các vùng AN 3450a hoặc 3450b có thể được kích hoạt ở một thời điểm cho trước và các hệ số tạo búp sóng có thể được tạo ra để tạo ra các vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 trong vùng phủ sóng người dùng 3460 từ các AN 515 của chùm AN hoạt động. Theo cách khác, các hệ số tạo búp sóng có thể được tạo ra để tạo ra các búp sóng người dùng trong vùng phủ sóng người dùng 3460 bằng cách sử dụng cả hai chùm AN đồng thời (ví dụ, kết hợp). Theo hướng chuyển tiếp, bộ tạo búp sóng chuyển tiếp 529 có thể áp dụng các hệ số tạo búp sóng (ví dụ, bởi tích ma trận giữa các tín hiệu búp sóng chuyển tiếp và ma trận trọng số búp sóng chuyển tiếp) để thu được các tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập đối với các AN 515 trong cả hai chùm để tạo ra các búp sóng người dùng chuyển tiếp mong muốn. Theo hướng trở về, bộ tạo búp sóng trở về 531 có thể thu được các tín hiệu trở về tổ hợp từ các AN 515 trong cả hai chùm và áp dụng ma trận trọng số búp sóng trở về để tạo ra các tín hiệu búp sóng trở về kết hợp với các búp sóng người dùng trở về.

Trong một số trường hợp, các vùng AN 3450a và 3450b có thể không trùng nhau (ví dụ, riêng rẽ). Theo cách khác, các vùng AN 3450a và 3450b có thể trùng nhau (ví dụ, ít nhất một phần). Ngoài ra, ít nhất một trong số các vùng AN 3450a và 3450b có thể trùng nhau ít nhất một phần với vùng phủ sóng người dùng 3460. Theo cách khác, ít nhất một trong số các vùng AN 3450a và 3450b có thể không trùng nhau (ví dụ, riêng rẽ) với vùng phủ sóng người dùng 3460. Như được thảo luận ở trên, trong một số trường

hợp ít nhất một trong số các AN 515 trong một hoặc cả hai vùng AN 3450a hoặc 3450b có thể được bố trí trên nền di động và/hoặc được định vị trong vùng nước.

Tham chiếu đến Fig.50B hoặc Fig.50C, mỗi trong số các vùng AN 3450 có thể được chiếu bằng cách sử dụng mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng riêng rẽ 3415. Trong một số trường hợp, các mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng riêng rẽ 3415 có thể được sử dụng đồng thời (ví dụ, nhiều vùng AN 3450 có thể được sử dụng kết hợp) để hỗ trợ cấp dịch vụ được cấp cho một vùng phủ sóng người dùng 3460. Tham chiếu đến Fig.50C, hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 có thể có các mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng riêng rẽ 3415 chiếu đến mỗi trong số các vùng AN 3450a và 3450b. Theo một số ví dụ, hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 có thể có các hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 riêng rẽ, trong đó mỗi hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410 bao gồm mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 và bộ phản xạ. Fig.56A thể hiện hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 có hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410a bao gồm mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ nhất 3415a chiếu đến vùng AN thứ nhất 3450a qua bộ phản xạ thứ nhất 5621a và mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ hai 3415b chiếu đến vùng AN thứ hai 3450b qua bộ phản xạ thứ hai 5621b. Mỗi trong số các mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ nhất 3415a và thứ hai 3415b có thể bao gồm phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 và các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419. Fig.56B thể hiện hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410b bao gồm mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ nhất 3415a và mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ hai 3415b chiếu đến các vùng AN 3450 tương ứng qua một bộ phản xạ 5621. Như được minh họa trên Fig.56B, các mảng phần tử liên kết đường dẫn sóng 3415 có thể được định vị ở các điểm phân kỳ so với tiêu điểm 1523 của bộ phản xạ 5621. Mặc dù các mảng phần tử liên kết đường dẫn sóng 3415 được thể hiện là được định vị vượt quá tiêu điểm 1523 của bộ phản xạ 5621, nhưng ngoài ra chúng có thể còn được định vị gần hơn với bộ phản xạ 5621 so với tiêu điểm 1523.

Tương tự, các vùng phủ sóng người dùng 3460 có thể được ứng dụng bằng cách sử dụng các mảng phần tử anten liên kết người dùng riêng rẽ 3425 với các bộ phản xạ riêng rẽ (giống với Fig.56A) hoặc một bộ phản xạ (giống với Fig.56B). Do đó, nhiều vùng AN 3450 và nhiều vùng phủ sóng người dùng 3460 trên Fig.50B có thể được triển khai bằng cách sử dụng sự kết hợp bất kỳ của một bộ phản xạ liên kết đường dẫn sóng hoặc nhiều bộ phản xạ liên kết đường dẫn sóng và một bộ phản xạ liên kết người dùng hoặc nhiều bộ phản xạ liên kết người dùng. Theo một ví dụ khác, sự triển khai tương tự như được thể hiện trên Fig.50B có thể đạt được với các bộ phản xạ được chia sẻ giữa các liên kết đường dẫn sóng và các liên kết người dùng bằng cách sử dụng các băng tần liên kết đường dẫn sóng và liên kết người dùng khác nhau. Ví dụ, một mảng phần tử anten có thể có các phần tử cấu thành liên kết đường dẫn sóng và các phần tử cấu thành liên kết người dùng (ví dụ, theo sơ đồ được đan xen như được thể hiện trên Fig.62). Liên kết đường dẫn sóng có thể sử dụng khoảng tần số cao hơn (ví dụ, cao hơn 1,5 hoặc 2

lần) để tạo ra độ khuếch đại cao hơn với bộ phản xạ thông thường. Theo một ví dụ, liên kết người dùng có thể sử dụng khoảng tần số (hoặc các phạm vi) trong các băng tần K/Ka (ví dụ, khoảng 30 GHz) trong khi liên kết đường dẫn sóng sử dụng (các) khoảng tần số trong các băng tần V/W (ví dụ, khoảng 60 GHz). Vì độ rộng búp sóng là hẹp hơn ở các tần số cao hơn, nên vùng AN 3450 chia sẻ mảng phần tử anten thông thường (và như vậy bộ phản xạ) sẽ là vùng nhỏ hơn (và đồng tâm với) vùng phủ sóng người dùng. Do đó, một hệ thống con anten bao gồm một mảng phần tử anten và bộ phản xạ có thể được sử dụng để chiếu đến vùng phủ sóng người dùng 3450a và vùng AN 3450b trong khi hệ thống con thứ hai bao gồm một mảng phần tử anten và bộ phản xạ có thể được sử dụng để chiếu đến vùng phủ sóng người dùng 3450b và vùng AN 3450a. Theo một ví dụ khác nữa về sự triển khai giống như trên Fig.50B, một hệ thống con anten có thể bao gồm một bộ phản xạ và hai mảng phần tử anten như được thể hiện trên Fig.56B, trong đó mỗi mảng phần tử anten bao gồm phần tử cấu thành liên kết đường dẫn sóng và các phần tử cấu thành liên kết người dùng.

Tham chiếu một lần nữa đến Fig.56B, trong một số trường hợp, mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ nhất 3415a có thể được ghép nối với tập hợp con thứ nhất gồm các đường tín hiệu thu/phát được kết hợp với hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 trong khi mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ hai 3415b có thể được ghép nối với tập hợp con thứ hai gồm các đường tín hiệu thu/phát. Do đó, tập hợp thứ nhất gồm các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 từ chùm AN có vùng AN 3450a có thể được mang qua tập hợp con thứ nhất gồm các đường tín hiệu thu/phát được kết hợp với hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403. Ngoài ra, tập hợp thứ hai gồm các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 từ chùm AN có vùng AN 3450b có thể được mang qua tập hợp con thứ hai gồm các đường tín hiệu thu/phát. Trong một số trường hợp, cả tập hợp con thứ nhất và thứ hai gồm các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp có thể góp phần tạo ra búp sóng người dùng chuyển tiếp được kết hợp với ít nhất một trong số nhiều vùng phủ sóng búp sóng người dùng chuyển tiếp 519 trong vùng phủ sóng người dùng 3460.

Fig.52A và Fig.52B thể hiện các đường tín hiệu thu/phát chuyển tiếp và trở về làm ví dụ để sử dụng kết hợp các chùm AN, trong đó mỗi chùm AN được kết hợp với mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng riêng rẽ 3415. Trước hết, tham chiếu đến Fig.52A, đường tín hiệu chuyển tiếp 5200 làm ví dụ được thể hiện. Đường tín hiệu chuyển tiếp 5200 bao gồm bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp thứ nhất 3430e được ghép nối giữa phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416a của mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ nhất 3415a và phần tử phát cấu thành liên kết người dùng thứ nhất 3429 của mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425 và bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp thứ hai 3430e được ghép nối giữa phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416b của mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ hai 3415b và phần tử phát cấu thành liên kết người dùng thứ hai 3429 của cùng mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425. Hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 có thể có tập hợp thứ nhất gồm các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3420 được ghép nối như được thể hiện bởi bộ phát đáp liên

kết chuyển tiếp thứ nhất 3430e và tập hợp thứ hai gồm các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 được ghép nối như được thể hiện bởi bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp thứ hai 3430e. Do đó, các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416a của mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ nhất 3415a có thể được ghép nối qua tập hợp thứ nhất gồm các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430e với tập hợp con thứ nhất gồm các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429 của mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425 trong khi các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416b của mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ hai 3415b có thể được ghép nối qua tập hợp thứ hai gồm các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430e với tập hợp con thứ hai gồm các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429 của cùng mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425. Các tập hợp con thứ nhất và thứ hai gồm các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429 có thể được đan xen theo không gian (ví dụ, so le theo các hàng và/hoặc các cột, v.v.) trong mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425 (ví dụ, như được thể hiện trên Fig.62).

Fig.52B minh họa đường tín hiệu trở về 5250 làm ví dụ. Đường tín hiệu trở về 5250 bao gồm bộ phát đáp liên kết trở về thứ nhất 3440e được ghép nối giữa phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426a của mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425 và phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng thứ nhất 3419a của mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ nhất 3415a. Đường tín hiệu trở về 5250 còn bao gồm bộ phát đáp liên kết trở về thứ hai 3440e được ghép nối giữa phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426b của cùng mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425 và phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng thứ hai 3419b của mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ hai 3415b. Hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 có thể có tập hợp thứ nhất gồm các bộ phát đáp liên kết trở về 3440 được ghép nối như được thể hiện bởi bộ phát đáp liên kết trở về thứ nhất 3440e và tập hợp thứ hai gồm các bộ phát đáp liên kết trở về 3440 được ghép nối như được thể hiện bởi bộ phát đáp liên kết trở về thứ hai 3440e. Do đó, tập hợp con thứ nhất gồm các phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426a của mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425 có thể được ghép nối qua tập hợp thứ nhất gồm các bộ phát đáp liên kết trở về 3440e với phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419a của mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ nhất 3415a trong khi tập hợp con thứ hai của các phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426b của cùng mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425 có thể được ghép nối qua tập hợp thứ hai gồm các bộ phát đáp liên kết trở về 3440e với phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419b của mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ hai 3415b. Như được mô tả ở trên, các phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426 và các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429 có thể là các phần tử anten vật lý giống nhau. Tương tự, các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 và các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419 của một mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 đã cho có thể là các phần tử anten vật lý giống nhau.

Các tập hợp con thứ nhất và thứ hai của các phần tử thu cấu thành liên kết

người dùng 3426 có thể được đan xen theo không gian (ví dụ, so le theo các hàng và/hoặc các cột, v.v.) trong mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425. Fig.62 thể hiện mảng phần tử anten 6200 làm ví dụ có các tập hợp con được đan xen theo không gian gồm các phần tử anten cấu thành 6205. Mặc dù mỗi phần tử anten cấu thành 6205 được thể hiện là phần tử anten dạng tròn và các tập hợp con được đan xen được thể hiện là được bố trí theo các hàng so le, nhưng các phần tử anten cấu thành 6205 có thể có hình dạng bất kỳ (ví dụ, hình vuông, hình lục giác, v.v.) và được bố trí theo sơ đồ thích hợp bất kỳ (ví dụ, các hàng hoặc các cột so le, bàn cờ dam, v.v.). Mỗi phần tử anten cấu thành 6205 có thể là một ví dụ về phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3416 hoặc phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3419 hoặc cả hai (ví dụ, phần tử được sử dụng để vừa truyền và nhận).

Tham chiếu đến Fig.52A và Fig.52B trong đó mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425 được sử dụng làm mảng phần tử anten 6200 trên Fig.62, mỗi trong số tập hợp thứ nhất gồm các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430e có thể có đầu ra của nó được ghép nối với một trong số tập hợp thứ nhất gồm các phần tử liên kết người dùng anten 6205a trong khi mỗi trong số tập hợp thứ hai gồm các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430e có thể có đầu ra của nó được ghép nối với một trong số tập hợp thứ hai gồm các phần tử liên kết người dùng anten 6205b. Ngoài ra, mỗi trong số tập hợp thứ nhất gồm các bộ phát đáp liên kết trở về 3440e có thể có đầu vào của nó được ghép nối với một trong số tập hợp thứ nhất gồm các phần tử liên kết người dùng anten 6205a trong khi mỗi trong số tập hợp thứ hai gồm bộ phát đáp liên kết trở về 3440e có thể có đầu vào của nó được ghép nối với một trong số tập hợp thứ hai gồm các phần tử liên kết người dùng anten 6205b.

Trong một số trường hợp, hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 bao gồm một số lượng lớn các bộ phát đáp, chẳng hạn như 512 bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 và 512 bộ phát đáp liên kết trở về 3440 (ví dụ, tổng cộng là 1024 bộ phát đáp). Do đó, tập hợp thứ nhất gồm các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430e trên Fig.52A có thể bao gồm 256 bộ phát đáp và tập hợp thứ hai gồm các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430e có thể bao gồm 256 bộ phát đáp.

Trong một số trường hợp, việc hỗ trợ đối với việc sử dụng của một số chùm AN được tạo ra qua các đặc tính của các bộ phát đáp được kết hợp với hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403. Ngoài ra hoặc theo cách khác, việc hỗ trợ đối với việc sử dụng của nhiều chùm AN có thể được tạo ra bằng cách sử dụng một hoặc nhiều bộ phản xạ được thiết kế thích hợp. Một số bộ phát đáp làm ví dụ được mô tả ở trên (ví dụ, tham chiếu đến Fig.49A, Fig.49B, Fig.51A, Fig.51B, Fig.52A và Fig.52B). Các ví dụ khác về các thiết kế của bộ phát đáp sẽ được mô tả sau. Cần phải hiểu rằng, các kỹ thuật được mô tả với tham chiếu đến một ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ về các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 và bộ phát đáp liên kết trở về 3440 có thể trong một số trường hợp ứng dụng được cho bộ phát đáp làm ví dụ khác. Ngoài ra, các thành phần các bộ phát đáp có thể

được bố trí lại theo kiểu thích hợp bất kỳ mà không tách rời khỏi phạm vi của sáng chế.

Chỉ một sự phân cực của các đường nhận/truyền (ví dụ, bộ phát đáp cực chéo) được thể hiện trên Fig.49A, Fig.49B, Fig.52A và Fig.52B để cho rõ ràng. Ví dụ, bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 nhận tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 ở tần số liên kết lên với sự phân cực tròn xoay trái (LHCP) và kết xuất tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 522 ở tần số liên kết xuống với sự phân cực tròn xoay phải (RHCP); và mỗi bộ phát đáp liên kết trở về 3440 nhận tín hiệu liên kết lên trở về 525 ở tần số liên kết lên với sự phân cực tròn xoay phải (RHCP) và kết xuất tín hiệu liên kết xuống trở về 527 ở tần số liên kết xuống với sự phân cực tròn xoay trái (LHCP). Trong các trường hợp khác, một số hoặc tất cả các bộ phát đáp có thể tạo ra một cặp đường tín hiệu cực kép. Ví dụ, các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 và các bộ phát đáp liên kết trở về 3440 có thể nhận các tín hiệu liên kết lên ở cùng hoặc khác tần số liên kết lên với cả hai sự phân cực (LHCP và RHCP) và có thể vừa kết xuất tín hiệu liên kết xuống ở cùng hoặc khác tần số liên kết xuống với cả hai sự phân cực (RHCP và LHCP). Ví dụ, các trường hợp này có thể cho phép một số hệ thống vận hành song song bằng cách sử dụng dạng kỹ thuật làm giảm sự giao thoa thích hợp bất kỳ (ví dụ, bằng cách sử dụng sự phân chia thời gian, sự phân chia tần số, v.v.). Trong một số trường hợp, hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 bao gồm số lượng lớn các bộ phát đáp, chẳng hạn như 512 bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 và 512 bộ phát đáp liên kết trở về 3440 (ví dụ, tổng cộng là 1024 bộ phát đáp). Các phương án thực hiện khác có thể bao gồm số lượng nhỏ hơn các bộ phát đáp, chẳng hạn như 10 hoặc số lượng thích hợp bất kỳ khác. Trong một số trường hợp, các phần tử anten được sử dụng làm các kết cấu song công toàn phần, sao cho mỗi phần tử anten thu chia sẻ kết cấu với phần tử anten phát tương ứng. Ví dụ, mỗi phần tử anten được minh họa có thể được sử dụng làm hai trong bốn cổng dẫn sóng của kết cấu phát phù hợp để vừa truyền và nhận các tín hiệu. Trong một số trường hợp, chỉ các phần tử liên kết đường dẫn sóng hoặc chỉ các phần tử liên kết người dùng, là song công toàn phần. Các phương án thực hiện khác có thể sử dụng các dạng phân cực khác. Ví dụ, trong một số phương án thực hiện, các bộ phát đáp có thể được ghép nối giữa phần tử anten thu và phần tử anten phát có cùng độ phân cực.

Cả bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 làm ví dụ và bộ phát đáp liên kết trở về 3440 có thể bao gồm một số hoặc tất cả các LNA 3705, các bộ biến đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710, các bộ khuếch đại kênh 3715, các bộ dịch pha 3720, các bộ khuếch đại công suất 3725 (ví dụ, các TWTA, các SSPA, v.v.) và các bộ lọc sóng hài 3730. Trong các phương án thực hiện sử dụng cực kép, như được thể hiện, mỗi cực có đường tín hiệu riêng của nó với một tập hợp riêng gồm các thành phần bộ phát đáp của nó. Một số phương án thực hiện có thể có nhiều hoặc ít các thành phần hơn. Ví dụ, các bộ biến đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710 có thể là hữu ích trong các trường hợp trong đó các tần số liên kết lên và liên kết xuống là khác nhau. Ví dụ, mỗi bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 có thể chấp thuận đầu vào ở khoảng tần số thứ nhất và có thể kết xuất ở khoảng tần số thứ hai; và mỗi bộ phát đáp liên kết trở về 3440 có thể chấp

thuận đầu vào ở khoảng tần số thứ nhất và có thể kết xuất ở khoảng tần số thứ hai. Ngoài ra hoặc theo cách khác, mỗi bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 có thể chấp thuận đầu vào ở khoảng tần số thứ nhất và có thể kết xuất ở khoảng tần số thứ hai; và mỗi bộ phát đáp liên kết trở về 3440 có thể chấp thuận đầu vào ở khoảng tần số thứ hai và có thể kết xuất ở khoảng tần số thứ nhất.

Ví dụ, các bộ phát đáp trên Fig.52A và Fig.52B có thể được sử dụng trong hệ thống tương tự như trên Fig.50C. Theo ví dụ này, một số hoặc tất cả các AN 515 trong vùng AN 3450a có thể truyền các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 kết hợp với một số hoặc tất cả các AN 515 trong vùng AN 3450b. Các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp từ hai chùm AN do đó có thể kết hợp để cấp dịch vụ cho các thiết bị đầu cuối người dùng trong vùng phủ sóng người dùng 3460. Theo ví dụ này, một số chùm AN có thể chỉ ảnh hưởng đến một số phần tử anten liên kết người dùng (ví dụ, một số chùm AN có thể được kết hợp với tập hợp con gồm các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 mà có thể được ghép nối với tập hợp con tương ứng gồm các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429). Mặc dù ví dụ nêu trên thảo luận về việc sử dụng hai chùm, các phương án khác sử dụng nhiều chùm hơn cũng có thể là khả thi.

Một đường tín hiệu chuyển tiếp 5300 làm ví dụ khác được thể hiện trên Fig.53A. Đường tín hiệu chuyển tiếp 5300 có thể bao gồm một số sự kết hợp của các LNA 3705a, các bộ biến đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710a, các bộ khuếch đại kênh 3715a, các bộ dịch pha 3720a, các bộ khuếch đại công suất 3725a (ví dụ, các TWTA, các SSPA, v.v.) và các bộ lọc sóng hài 3730a. Phía đầu vào của bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430f được ghép nối có lựa chọn với một trong số các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416a hoặc 3416b (ví dụ, bằng cách sử dụng bộ chuyển mạch 4010b hoặc phương tiện lựa chọn đường thích hợp bất kỳ khác). Mỗi phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416a hoặc 3416b có thể là một phần của mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng riêng rẽ 3415 (ví dụ, mỗi phần của mảng riêng rẽ 3415 của các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng kết hợp 3416). Phía đầu ra của bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430f được ghép nối với phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429 của mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425 (ví dụ, là một phần của hệ thống con phần tử anten liên kết người dùng 3420). Một hoặc nhiều bộ điều khiển chuyển mạch 4070 (không được thể hiện) có thể nằm trong hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 để lựa chọn giữa một số hoặc tất cả các đường tín hiệu khả dụng được cho phép bởi bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430f. Do đó, khi bộ phát đáp 3430b làm ví dụ trên Fig.47A cho phép, ví dụ, ghép nối có lựa chọn giữa một phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 và các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429, thì bộ phát đáp 3430f làm ví dụ trên Fig.53A cho phép, ví dụ, ghép nối có lựa chọn giữa các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416a, 3416b và một phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429.

Đường tín hiệu trở về 5350 làm ví dụ được thể hiện trên Fig.53B. Đường tín

hiệu trở về 5350 có thể bao gồm một số sự kết hợp của các LNA 3705b, các bộ biến đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710b, các bộ khuếch đại kênh 3715b, các bộ dịch pha 3720b, các bộ khuếch đại công suất 3725b (ví dụ, các TWTAs, các SSPAs, v.v.) và các bộ lọc sóng hài 3730b. Phía đầu ra của bộ phát đáp liên kết trở về 3440f được ghép nối có lựa chọn với một trong số các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419a hoặc 3419b (ví dụ, bằng cách sử dụng bộ chuyển mạch 4010a hoặc phương tiện lựa chọn đường thích hợp bất kỳ khác). Mỗi phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419a hoặc 3419b có thể là một phần của mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng riêng rẽ 3415 (ví dụ, mỗi phần của mảng riêng rẽ 3415 gồm các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng kết hợp 3419). Phía đầu vào của bộ phát đáp liên kết trở về 3440f được ghép nối với phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426 của mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425 (ví dụ, là một phần của hệ thống con phần tử anten liên kết người dùng 3420). Một hoặc nhiều bộ điều khiển chuyển mạch 4070 (không được thể hiện) có thể nằm trong hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 để lựa chọn giữa một số hoặc tất cả các đường tín hiệu khả dụng được cho phép bởi bộ phát đáp liên kết trở về 3440f. Do đó, khi bộ phát đáp liên kết trở về 3440b làm ví dụ trên Fig.47B cho phép, ví dụ, ghép nối có lựa chọn giữa một phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419 và nhiều phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426, bộ phát đáp 3440f làm ví dụ trên Fig.53B cho phép, ví dụ, ghép nối có lựa chọn giữa một phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426 và nhiều phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419.

Ví dụ, bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430f trên Fig.53A có thể được sử dụng trong hệ thống tương tự như trên Fig.50C. Theo ví dụ này, một số hoặc tất cả các AN 515 trong vùng AN 3450a có thể truyền các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 trong khoảng thời gian thứ nhất. Một số hoặc tất cả các AN 515 trong vùng AN 3450b có thể truyền các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 trong khoảng thời gian thứ hai. Việc sử dụng một số phương tiện lựa chọn đường thích hợp (ví dụ, bộ chuyển mạch), bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430f có thể nhận đầu vào từ vùng AN 3450a (ví dụ, qua mảng thứ nhất gồm các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng kết hợp 3416a) trong khoảng thời gian thứ nhất và từ vùng AN 3450b (ví dụ, qua mảng thứ hai gồm các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng kết hợp 3416b) trong khoảng thời gian thứ hai. Trong một số trường hợp này, mỗi vùng AN 3450 có thể bao gồm toàn bộ phần bổ sung của các AN 515 (ví dụ, sao cho mỗi vùng AN 3450 có thể cung cấp sự tạo búp sóng thích hợp trên toàn bộ vùng phủ sóng người dùng 3460).

Ví dụ, bộ phát đáp liên kết trở về 3440f trên Fig.53B có thể được sử dụng trong hệ thống tương tự như trên Fig.50C. Theo ví dụ này, một số hoặc tất cả các AN 515 trong vùng AN 3450a có thể nhận các tín hiệu liên kết xuống trở về 527 trong khoảng thời gian thứ nhất. Một số hoặc tất cả các AN 515 trong vùng AN 3450b có thể nhận các tín hiệu liên kết xuống trở về 527 trong khoảng thời gian thứ hai. Bằng cách sử dụng các phương tiện lựa chọn đường thích hợp (ví dụ, bộ chuyển mạch), bộ phát đáp liên kết

trở về 3440f có thể kết xuất đến vùng AN 3450a (ví dụ, qua mảng thứ nhất gồm các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng kết hợp 3419a) trong khoảng thời gian thứ nhất và đến vùng AN 3450b (ví dụ, qua mảng thứ hai gồm các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng kết hợp 3419b) trong khoảng thời gian thứ hai. Trong một số trường hợp này, mỗi vùng AN 3450 có thể bao gồm toàn bộ phần bổ sung của các AN 515 (ví dụ, sao cho một vùng AN 3450 có thể cung cấp việc tạo búp sóng thích hợp trên toàn bộ vùng phủ sóng người dùng 3460).

Fig.54A và Fig.54B minh họa các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430g và trở về 3440g tương ứng. Các bộ phát đáp này là giống như được minh họa trên Fig.51A và Fig.51B, ngoại trừ việc các thành phần đã được bố trí lại sao cho bộ chuyển mạch 4010a ở sau các bộ lọc sóng hài 3730. Như được thảo luận ở trên, các sự bố trí lại khác của các thành phần là khả thi. Trong một số trường hợp, các cách bố trí làm ví dụ này có thể đòi hỏi ít bộ khuếch đại công suất 3725 hơn và/hoặc ít bộ lọc sóng hài 3730 hơn. Tương tự như vậy đối với Fig.51A và Fig.51B, cách bố trí như vậy có thể cho phép kết hợp có lựa chọn giữa các chùm AN và các vùng phủ sóng người dùng 3460. Sự kết hợp có lựa chọn này có thể cho phép sự cấp phát linh hoạt công suất giữa hai (hoặc nhiều hơn hai) vùng người dùng cũng như việc tái sử dụng tần số giữa các liên kết người dùng và dẫn sóng (ví dụ, mà có thể làm tăng công suất của hệ thống).

Như được mô tả ở trên khi tham chiếu đến Fig.46B, trong một số trường hợp có thể không có sự trùng nhau giữa vùng AN 3450 và vùng phủ sóng người dùng 3460, mà có thể yêu cầu sử dụng cơ chế vòng lại riêng rẽ từ những gì được mô tả ở trên. Trong một số trường hợp, cơ chế vòng lại riêng rẽ có thể bao gồm việc sử dụng bộ phát đáp vòng lại 5450, như được thể hiện trên Fig.55A, Fig.55B hoặc Fig.55C. Trong các phương án, bộ phát đáp vòng lại 5450 có thể nhận các tín hiệu mốc báo vòng lại AN (ví dụ, các tín hiệu mốc báo vòng lại AN được truyền từ mỗi AN), mà có thể là các ví dụ về các tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2530 được thảo luận với tham chiếu đến Fig.38. Bộ phát đáp vòng lại 5450 có thể truyền lại các tín hiệu mốc báo của nút truy cập 2530 và truyền tín hiệu mốc báo vệ tinh (ví dụ, mà có thể được tạo ra bằng cách sử dụng bộ phát tín hiệu mốc báo của hệ chuyển tiếp 426 như được mô tả ở trên). Trong một số ví dụ sau đây, phía đầu vào của bộ phát đáp vòng lại 5450 được ghép nối với phần tử anten liên kết đường dẫn sóng. Theo cách khác, phía đầu vào của bộ phát đáp vòng lại 5450 có thể được ghép nối với phần tử anten vòng lại mà riêng rẽ và tách biệt với các mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng. Tương tự, trong một số ví dụ sau đây, phía đầu ra của bộ phát đáp vòng lại 5450 được ghép nối với phần tử anten liên kết đường dẫn sóng hoặc phần tử anten liên kết người dùng. Theo cách khác, phía đầu ra của bộ phát đáp vòng lại 5450 có thể được ghép nối với phần tử anten vòng lại riêng biệt so với các mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng và các mảng phần tử anten liên kết người dùng, mà có thể giống nhau hoặc khác với phần tử anten vòng lại được ghép nối với phía đầu vào của bộ phát đáp vòng lại 5450.

Tham chiếu đến Fig.55A, bộ phát đáp vòng lại 5450a có thể bao gồm một số sự kết hợp của các LNA 3705c, các bộ biến đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710c, các bộ khuếch đại kênh 3715c, các bộ dịch pha 3720c, các bộ khuếch đại công suất 3725c (ví dụ, các TWTAs, các SSPAs, v.v.) và các bộ lọc sóng hài 3730c. Ngoài ra, như được thể hiện trên Fig.55B, trong trường hợp trong đó hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 có nhiều mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415, phía đầu vào của bộ phát đáp vòng lại 5450 có thể được ghép nối có lựa chọn với một trong số phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng thứ nhất 3416a của mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ nhất 3415a hoặc phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng thứ hai 3416b của mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ hai 3415b (ví dụ, bằng cách sử dụng bộ chuyển mạch 4010b hoặc phương tiện lựa chọn đường thích hợp bất kỳ khác). Fig.55A thể hiện phía đầu ra của một bộ phát đáp vòng lại 5450a làm ví dụ được ghép nối với phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419. Fig.55B thể hiện phía đầu ra của một bộ phát đáp vòng lại làm ví dụ 5450b được ghép nối có lựa chọn (ví dụ, bằng cách sử dụng bộ chuyển mạch 4010a hoặc phương tiện lựa chọn đường thích hợp bất kỳ khác) với phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419a hoặc phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419b, mà có thể là các thành phần của cùng mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 hoặc các mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng khác nhau. Tức là, phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419b có thể là thành phần của cùng mảng phần tử anten 3415 như phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419a và/hoặc phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416b. Như được minh họa, phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419b là một phần của cùng mảng phần tử anten 3415b như phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416b. Tương tự, phía đầu vào của bộ phát đáp vòng lại 5450b có thể được ghép nối có lựa chọn (ví dụ, bằng cách sử dụng bộ chuyển mạch 4010b hoặc phương tiện lựa chọn đường thích hợp bất kỳ khác) với phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416a hoặc 3416b, mà có thể là các thành phần của các mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 giống nhau hoặc khác nhau. Bộ phát đáp vòng lại 5450b trên Fig.55B có thể được sử dụng trong các trường hợp trong đó hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 hỗ trợ việc sử dụng có lựa chọn một trong số nhiều vùng nút truy cập 3450 (ví dụ, như được thảo luận theo các ví dụ được minh họa trên Fig.50B). Do đó, bộ chuyển mạch 4010a có thể được thiết đặt làm vị trí thứ nhất để tạo ra đầu ra của bộ phát đáp vòng lại 5450b cho phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419a khi vùng nút truy cập thứ nhất 3450 hoạt động và làm vị trí thứ hai để tạo ra đầu ra của bộ phát đáp vòng lại 5450b cho phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419b khi vùng nút truy cập thứ hai 3450 hoạt động. Trong một số trường hợp, có thể có hai hoặc nhiều hơn hai phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419 và mỗi phần tử có thể là một phần của mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng riêng rẽ 3415 (ví dụ, để hỗ trợ việc sử dụng có lựa chọn một vùng nút truy cập 3450 từ hai hoặc nhiều hơn hai vùng nút truy cập 3450). Tham chiếu đến Fig.55B, một hoặc nhiều bộ điều khiển chuyển mạch 4070 (không được

thể hiện) có thể nằm trong hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 để lựa chọn giữa một số hoặc tất cả các đường tín hiệu khả dụng được cho phép bởi bộ phát đáp vòng lại 5450b. Trong một số trường hợp, phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 và phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419 có thể được kết hợp với cùng kết cấu vật lý, như được mô tả ở trên. Trong một số trường hợp, các AN 515 có thể đồng bộ hóa các sự truyền dựa vào sự so sánh của các tín hiệu mốc báo của nút truy cập được truyền lại 2530 và tín hiệu mốc báo vệ tinh (ví dụ, các sự truyền từ các AN 515 trong một hoặc nhiều chùm AN có thể được căn chỉnh theo thời gian và pha dựa vào sự so sánh).

Trong một số trường hợp, khoảng tần số liên kết đường dẫn sóng có thể là khác với khoảng tần số liên kết người dùng. Khi khoảng tần số liên kết xuống liên kết đường dẫn sóng không trùng với khoảng tần số liên kết xuống liên kết người dùng, thì các bộ phát đáp mà chuyển từ khoảng tần số liên kết lên liên kết đường dẫn sóng sang khoảng tần số liên kết xuống liên kết người dùng (ví dụ, bằng cách sử dụng bộ biến đổi tần số 3710) không thể được sử dụng để chuyển tiếp các tín hiệu mốc báo của nút truy cập (ví dụ, vì các AN không thể nhận và xử lý khoảng tần số liên kết xuống liên kết người dùng). Trong các trường hợp này, bộ phát đáp vòng lại 5450 có thể giải quyết vấn đề bằng cách chuyển các tín hiệu búp sóng nút truy cập từ khoảng tần số liên kết lên liên kết đường dẫn sóng sang khoảng tần số liên kết xuống liên kết đường dẫn sóng. Ví dụ, các sự truyền thông liên kết đường dẫn sóng (ví dụ, các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 và các tín hiệu liên kết xuống trở về 527) có thể nằm trong khoảng tần số thứ nhất (ví dụ, khoảng tần số trong băng tần V/W) và các sự truyền thông liên kết người dùng (ví dụ, các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 522 và các tín hiệu liên kết lên trở về 525) có thể nằm trong khoảng tần số thứ hai (ví dụ, khoảng tần số trong băng tần K/Ka). Như vậy, ngay cả khi vùng AN 3450 trùng với vùng phủ sóng người dùng 3460, thì các AN 515 có thể không thể nhận các tín hiệu vòng lại AN được chuyển tiếp qua các đường tín hiệu thu/phát (ví dụ, các bộ phát đáp chuyển tiếp 3430 và/hoặc các bộ phát đáp trở về 3440) của hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403.

Fig.55C thể hiện bộ phát đáp vòng lại 5450c làm ví dụ mà nhận tất cả các tín hiệu vòng lại AN trong khoảng tần số liên kết lên liên kết đường dẫn sóng và chuyển tiếp các tín hiệu vòng lại AN trong khoảng tần số liên kết xuống liên kết đường dẫn sóng. Bộ phát đáp vòng lại 5450c có thể được sử dụng ở sự triển khai bất kỳ trong số các sự triển khai chùm nút truy cập nêu trên trong đó vùng nút truy cập 3450 không trùng với vùng phủ sóng người dùng 3460 (ví dụ, ít nhất một số sự triển khai được thảo luận với tham chiếu đến Fig.45C, Fig.45E, Fig.45F, Fig.45G hoặc Fig.50B). Khoảng tần số liên kết lên liên kết đường dẫn sóng và khoảng tần số liên kết xuống liên kết đường dẫn sóng có thể là một phần của cùng một băng tần (ví dụ, băng tần K/Ka, băng tần V, v.v.) hoặc khác băng tần. Các tín hiệu vòng lại AN có thể nhận được qua phần tử anten 3455, mà có thể là một phần của mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 hoặc có thể là phần tử anten vòng lại riêng rẽ. Các tín hiệu vòng lại AN được chuyển tiếp có thể được truyền qua cùng phần tử anten 3455 như được thể hiện hoặc khác phần tử anten,

trong một số trường hợp. Bộ phát đáp vòng lại 5450c bao gồm bộ biến đổi tần số vòng lại 5460, mà có thể biến đổi các tín hiệu vòng lại AN từ một tần số sóng mang trong khoảng tần số liên kết lên liên kết đường dẫn sóng thành tần số sóng mang khác trong khoảng tần số liên kết xuống liên kết đường dẫn sóng. Bộ phát đáp vòng lại 5450c có thể chứa thêm một hoặc nhiều LNA 3705c, các bộ khuếch đại kênh 3715 (không được minh họa), các bộ dịch pha 3720 (không được minh họa), các bộ khuếch đại công suất 3725c và các bộ lọc sóng hài (không được minh họa).

Tham chiếu một lần nữa đến hệ thống tạo búp sóng đầu cuối ví dụ 3400 trên Fig.41, các khía cạnh của hệ thống 3400 có thể được cải biến để hỗ trợ sự vận hành kết hợp của nhiều chùm AN mà sử dụng các khoảng tần số khác nhau. Fig.59A và Fig.59B minh họa các vùng phủ sóng theo địa lý khả dụng đối với các vùng nút truy cập 3450, mỗi vùng này vận hành trên khoảng tần số khác nhau, được sử dụng kết hợp khi tạo búp sóng đầu cuối cho vùng phủ sóng người dùng 3460. Theo ví dụ được thể hiện trên Fig.59A, vùng AN 3450a có thể được kết hợp với các sự truyền băng tần Ka trong khi vùng AN 3450b có thể được kết hợp với các sự truyền băng tần V. Như được thể hiện trên Fig.59A, các vùng AN 3450a và 3450b có thể tách biệt. Trong một số trường hợp, vùng AN 3450b được kết hợp với các sự truyền băng tần V có thể là nhỏ hơn (ví dụ, có thể phủ sóng vùng địa lý nhỏ hơn) so với vùng AN 3450a được kết hợp với các sự truyền băng tần Ka. Trong một số trường hợp, vùng AN 3450a và vùng AN 3450b có thể được chiếu bởi các mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng riêng rẽ 3415. Ví dụ, vùng AN 3450a có thể được chiếu bởi mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ nhất 3415a và vùng AN 3450b có thể được chiếu bởi mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ hai 3415b của hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng 3410b được thể hiện trên Fig.56B. Như ví dụ về chùm AN thứ nhất trong vùng nút truy cập 3450a vận hành trong băng tần Ka trong khi chùm AN thứ hai trong vùng nút truy cập 3450b đang vận hành trong băng tần V, vùng nút truy cập 3450b có thể định kích thước theo khác biệt về độ khuếch đại được tạo ra bởi một bộ phản xạ (ví dụ, mà có thể là ví dụ về bộ phản xạ 5621 trên Fig.56B) trong các khoảng tần số khác nhau. Theo cách khác, các mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng riêng rẽ 3415 chiếu đến vùng AN 3450a và vùng AN 3450b có thể được chiếu bởi các bộ phản xạ riêng rẽ (ví dụ, mà có thể là các ví dụ về các bộ phản xạ 5621 được thảo luận với tham chiếu đến Fig.56A) mà có thể có các kích thước giống nhau hoặc khác nhau. Theo cách khác, vùng AN 3450a và vùng AN 3450b có thể được chiếu bởi cùng mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 có nhiều tập hợp gồm các phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3416, 3419 với bộ phản xạ phức hợp 5721 như được thể hiện trên Fig.57. Các khoảng tần số khác nhau đối với các chùm AN khác nhau có thể tạo ra sự cách ly cao hơn đối với các tập hợp con khác nhau của các phần tử liên kết đường dẫn sóng trong phạm vi một mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng, mà có thể tạo ra công suất hệ thống cao hơn so với nhiều chùm AN vận hành trong cùng khoảng tần số.

Fig.59B minh họa sự bố trí so le của nhiều chùm AN bằng cách sử dụng các

khoảng tần số riêng rẽ được sử dụng kết hợp. Như được minh họa trên Fig.59B, hai chùm AN có thể trùng nhau ít nhất một phần (hoặc một chùm có thể được chứa hoàn toàn trong chùm kia như được thể hiện). Fig.59B có thể minh họa các ví dụ trong đó một mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 có thể chiếu đến vùng phủ sóng AN 3450a và vùng phủ sóng AN 3450b (ví dụ, đồng thời nhận hoặc truyền các tín hiệu đến cả các vùng phủ sóng trên các khoảng tần số khác nhau). Trong một số trường hợp, một AN 515 đã cho (ví dụ, một AN được định vị trong vùng phủ sóng AN 3450b) có thể được kết hợp với nhiều chùm AN và truyền thông trên các liên kết đường dẫn sóng trong nhiều khoảng tần số (ví dụ, mà có thể được chứa trong các băng tần khác nhau).

Fig.60A và Fig.60B minh họa các đường tín hiệu thu/phát làm ví dụ hỗ trợ kết hợp các chùm AN vận hành trong các khoảng tần số khác nhau theo các khía cạnh của sáng chế. Đường tín hiệu thu/phát chuyển tiếp 6000 trên Fig.60A bao gồm bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430h được ghép nối giữa các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416a và các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429a và các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430i được ghép nối giữa các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416b và các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429b. Như được mô tả ở trên, các phần tử anten liên kết người dùng khác nhau có thể là một phần của các mảng phần tử anten sử dụng khác nhau 3425, mà có thể được định vị để tạo ra các vùng nút truy cập không trùng nhau 3450 như được thể hiện trên Fig.59A hoặc các vùng nút truy cập trùng nhau 3450 như được thể hiện trên Fig.59B. Theo cách khác, các phần tử anten liên kết người dùng khác nhau có thể là một phần của cùng mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415, trong trường hợp các vùng nút truy cập 3450 sẽ trùng nhau như được thể hiện trên Fig.59B. Các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416a và các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416b có thể được đan xen trong cùng mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 như được thể hiện trên Fig.62.

Như được mô tả ở trên, bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430h có thể bao gồm một số hoặc tất cả các LNA 3705a, các bộ biến đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710h, các bộ khuếch đại kênh 3715a, các bộ dịch pha 3720a, các bộ khuếch đại công suất 3725a và các bộ lọc sóng hài 3730a. Tương tự, bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430i có thể bao gồm một số hoặc tất cả các LNA 3705a, các bộ biến đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710i, các bộ khuếch đại kênh 3715a, các bộ dịch pha 3720a, các bộ khuếch đại công suất 3725a và các bộ lọc sóng hài 3730a. Trong một số trường hợp, bộ biến đổi tần số 3710h có thể vận hành để biến đổi các tín hiệu từ khoảng tần số liên kết lên liên kết đường dẫn sóng thứ nhất thành khoảng tần số liên kết xuống liên kết người dùng trong khi bộ biến đổi tần số 3710i có thể vận hành để biến đổi các tín hiệu từ khoảng tần số liên kết lên liên kết đường dẫn sóng thứ hai thành cùng khoảng tần số liên kết xuống liên kết người dùng.

Đường tín hiệu thu/phát trở về 6050 trên Fig.60B bao gồm bộ phát đáp liên kết

trở về 3440h được ghép nối giữa phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426a và phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419a tương ứng và bộ phát đáp liên kết trở về 3440i được ghép nối giữa phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426b và phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419b tương ứng. Như được mô tả ở trên, bộ phát đáp liên kết trở về 3440h có thể bao gồm một số hoặc tất cả các LNA 3705b, các bộ biến đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710j, các bộ khuếch đại kênh 3715b, các bộ dịch pha 3720b, các bộ khuếch đại công suất 3725b và các bộ lọc sóng hài 3730b. Tương tự, bộ phát đáp liên kết trở về 3440i có thể bao gồm một số hoặc tất cả các LNA 3705b, các bộ biến đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710k, các bộ khuếch đại kênh 3715b, các bộ dịch pha 3720b, các bộ khuếch đại công suất 3725b và các bộ lọc sóng hài 3730b. Trong một số trường hợp, bộ biến đổi tần số 3710j có thể vận hành để biến đổi các tín hiệu từ khoảng tần số liên kết lên liên kết người dùng thành khoảng tần số liên kết xuống liên kết đường dẫn sóng thứ nhất (ví dụ, mà có thể là cùng khoảng với khoảng tần số liên kết lên liên kết đường dẫn sóng thứ nhất được thảo luận với tham chiếu đến Fig.60A) trong khi bộ biến đổi tần số 3710k có thể vận hành để biến đổi các tín hiệu từ khoảng tần số liên kết lên liên kết người dùng thành khoảng tần số liên kết xuống liên kết đường dẫn sóng thứ hai (ví dụ, mà có thể là cùng khoảng với khoảng tần số liên kết lên liên kết đường dẫn sóng thứ hai được thảo luận với tham chiếu đến Fig.60A).

Như được mô tả ở trên, các phần tử anten liên kết người dùng khác nhau có thể là một phần của các mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425 giống nhau hoặc khác nhau và các phần tử anten liên kết đường dẫn sóng khác nhau có thể là một phần của các mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 giống nhau hoặc khác nhau. Các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419a và các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419b có thể được đan xen trong cùng mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 như được minh họa trên Fig.62. Khi các tần số được hỗ trợ cho các liên kết đường dẫn sóng bởi các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430h và 3430i và các bộ phát đáp liên kết trở về 3440h và 3440i về cơ bản là khác nhau (ví dụ, tần số này khác nhau trên 1,5x so với tần số khác, v.v.), thì các tập hợp con khác nhau gồm các phần tử 6205a, 6205b của mảng phần tử anten 6200 có thể định kích thước một cách thích hợp đối với các khoảng tần số được hỗ trợ khác nhau (ví dụ, các phần tử anten cấu thành 6205b hỗ trợ khoảng tần số cao hơn so với các phần tử anten cấu thành 6205a có thể có các ống dẫn sóng/loa nhỏ hơn, v.v.).

Fig.64A minh họa sự cấp phát phổ tần số 6400 làm ví dụ với bốn khoảng tần số được thể hiện (các khoảng tần số 6425a, 6430a, 6435a và 6436a). Theo ví dụ được minh họa, các khoảng tần số 6425a và 6430a là các khoảng tần số trong băng tần K/Ka (ví dụ, nằm trong khoảng từ 17 GHz đến 40 GHz) trong khi các khoảng tần số 6435a và 6436a nằm trong băng tần V/W (ví dụ, nằm trong khoảng từ 40 GHz đến 110 GHz). Fig.64A có thể minh họa sự vận hành của nhiều chùm AN vận hành trên các khoảng tần số khác nhau như được thể hiện trên Fig.59A và Fig.59B.

Ví dụ, sự cấp phát phổ tần số 6400 có thể được sử dụng trong trường hợp được minh họa trên Fig.59A sử dụng hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 có các đường tín hiệu thu/phát chuyển tiếp 6000 và trở về 6050 như được thể hiện trên Fig.60A và Fig.60B. Theo ví dụ này, các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6440a từ vùng AN 3450a có thể được truyền trên khoảng tần số 6430a (ví dụ, bằng cách sử dụng RHCP) trong khi các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6440b từ vùng AN 3450b có thể được truyền trên khoảng tần số 6436a (ví dụ, bằng cách sử dụng RHCP). Tập hợp thứ nhất gồm các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6440a có thể được nhận bởi các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416a trong khi tập hợp thứ hai gồm các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6440b có thể được nhận bởi các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416b. Để đơn giản hóa, các tín hiệu có thể được minh họa bởi khoảng trải dài của chúng trên các phần hoặc tất cả khoảng tần số (ví dụ, tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6440a thể hiện khoảng trải dài tần số của một ví dụ về tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 trong khoảng tần số 6430a). Trong một số trường hợp, tín hiệu cụ thể có thể trải dài trên một hoặc nhiều khoảng tần số. Như được thảo luận với tham chiếu đến Fig.60A, hai tập hợp các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6440 được biến đổi tần số bởi các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430h và 3430i (ví dụ, chúng chúng được đổi giảm về cùng khoảng tần số 6425a trong băng tần Ka). Sau đó, các đầu ra của các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430h được truyền bởi các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429a là tập hợp thứ nhất gồm các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 6445a trong khi các đầu ra của các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430i được truyền bởi các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429b là tập hợp thứ hai gồm các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 6445b. Theo ví dụ này, các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429a, 3429b này thuộc cùng mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425 và chiếu đến cùng vùng phủ sóng người dùng 3460. Do đó, các AN 515 trong các vùng nút truy cập 3450a và 3450b có thể được đề cập đến là sự kết hợp trong đó một số phần của các AN 515 trong mỗi vùng kết hợp để phục vụ cho cùng vùng phủ sóng người dùng 3460. Tức là, ít nhất một búp sóng người dùng chuyển tiếp được tạo búp sóng cấp dịch vụ cho các thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 tương ứng được tạo ra từ các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6440a từ ít nhất tập hợp con gồm các AN 515 trong vùng nút truy cập thứ nhất 3450a và từ các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6440b từ ít nhất tập hợp con gồm các AN 515 trong vùng nút truy cập thứ hai 3450b.

Sự cấp phát phổ tần số 6400 đồng thời minh họa một ví dụ về sự cấp phát tần số cho các sự truyền liên kết trở về đối với trường hợp được minh họa trên Fig.59A sử dụng hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 có các đường tín hiệu thu/phát chuyển tiếp 6000 và trở về 6050 như được thể hiện trên Fig.60A và Fig.60B. Các tín hiệu liên kết lên trở về 6450 (ví dụ, các tín hiệu LHCP) bắt nguồn từ các thiết bị đầu cuối người dùng 517 được phân bố qua vùng phủ sóng người dùng 3460 có thể được truyền trên khoảng tần số 6430a (ví dụ, bằng cách sử dụng LHCP) và được nhận bởi các phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426a và 3426b trên Fig.60B, trong đó các phần tử thu cấu thành

liên kết người dùng 3426a và 3426b thuộc cùng mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425. Như được thảo luận với tham chiếu đến Fig.60B, các tín hiệu liên kết lên trở về 6450 có thể được cấp vào các bộ phát đáp liên kết trở về 3440h và 3440i và tần số được biến đổi về các khoảng tần số thích hợp 6425a (ví dụ, bằng cách sử dụng RHCP) và 6435a (ví dụ, bằng cách sử dụng LHCP) tương ứng. Các tín hiệu được biến đổi tần số 6455a và 6455b có thể sau đó được truyền bởi các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419a và 3419b (ví dụ, thuộc về các mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng riêng rẽ 3415a và 3415b tương ứng) đến các AN 515 trong các vùng nút truy cập 3450b và 3450a tương ứng. Cần phải hiểu rằng, sự cấp phát tần số 6400 là một ví dụ và các sự cấp phát tần số khác nhau khác có thể được sử dụng. Ví dụ, các tín hiệu liên kết lên trở về 6450 có thể nằm trong khoảng tần số khác (ví dụ, khoảng tần số khác trong băng tần K/Ka) so với các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6440a và các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 6445 có thể là trong khoảng tần số khác (ví dụ, khoảng tần số khác trong băng tần K/Ka) so với các tín hiệu liên kết xuống trở về 6455a. Điều này có thể, ví dụ, cho phép sử dụng các bộ phát đáp cực kép trong các đường tín hiệu thu/phát chuyển tiếp 6000 và trở về 6050. Ngoài ra hoặc theo cách khác, các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6440b có thể được cấp phát trong khoảng tần số khác (ví dụ, khoảng tần số khác trong băng tần V) so với các tín hiệu liên kết xuống trở về 6455b, như được minh họa. Các cách bố trí khác của các tín hiệu liên kết lên/liên kết xuống chuyển tiếp và tín hiệu liên kết lên/liên kết xuống trở về trong các khoảng tần số khác nhau cũng có thể được xem xét. Ví dụ, các tín hiệu liên kết lên trở về có thể được cấp phát trong cùng khoảng tần số như các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp (ví dụ, bằng cách sử dụng sự phân cực trực giao). Ngoài ra hoặc theo cách khác, các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6440a từ các AN trong vùng nút truy cập thứ nhất 3450a có thể được cấp phát trong cùng khoảng tần số như các tín hiệu liên kết xuống trở về 6455a (ví dụ, bằng cách sử dụng sự phân cực trực giao). Việc ghép nối các đường tín hiệu thu/phát chuyển tiếp 6000 và trở về 6050 với các phần tử phát/thu cấu thành liên kết người dùng và liên kết đường dẫn sóng khác nhau có thể được lựa chọn theo sự cấp phát khoảng tần số mong muốn.

Theo một số ví dụ về một mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 hỗ trợ nhiều chùm AN chẳng hạn như nhiều chùm AN được thể hiện trên Fig.59B, mỗi phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 và phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419 có thể được ghép nối với nhiều bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430. Fig.61A và Fig.61B minh họa các đường tín hiệu thu/phát làm ví dụ hỗ trợ kết hợp các chùm AN vận hành trong các khoảng tần số khác nhau theo các khía cạnh của sáng chế. Đường tín hiệu thu/phát chuyển tiếp 6100 trên Fig.61A bao gồm bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 được ghép nối giữa phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 và nhiều phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429. Theo một số ví dụ, phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416 nhận tổ hợp các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 521 từ các AN 515 trong các vùng AN 3450. Sau khi được nhận bởi phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416, các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp

có thể được phân chia (ví dụ, bằng cách sử dụng bộ phân chia 6005) và các tín hiệu phân chia có thể đóng vai trò làm các đầu vào đi vào các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430j và 3430k. Theo một số ví dụ, bộ phân chia 6005 phân chia các tín hiệu dựa vào các khoảng tần số (ví dụ, sao cho các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp nhận được chiếm khoảng tần số thứ nhất được cấp vào bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430j và các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp nhận được chiếm khoảng tần số thứ hai được cấp vào bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430k). Trong trường hợp này, bộ phân chia 6005 có thể theo cách khác là một ví dụ về bộ lọc. Do đó, các bộ biến đổi tần số 3710d và 3710e có thể vận hành để nhận các đầu vào ở các khoảng tần số khác nhau và các tín hiệu đầu ra ở cùng khoảng tần số để chồng lên nhau trong các tín hiệu liên kết xuống người dùng 522.

Đường tín hiệu thu/phát trở về 6150 được thể hiện trên Fig.61B trong đó các bộ phát đáp liên kết trở về 3440 ghép nối các phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426a và 3426b với một phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3419. Các phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426a và 3426b có thể là các phần của cùng mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425 hoặc các mảng phần tử anten liên kết người dùng riêng rẽ 3425a và 3425b (như được thể hiện). Phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426a có thể đóng vai trò làm đầu vào đi vào bộ phát đáp liên kết trở về 3440j trong khi phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426b có thể đóng vai trò làm đầu vào đi vào bộ phát đáp liên kết trở về 3440k. Các đầu ra của các bộ phát đáp liên kết trở về 3440 có thể được cấp vào bộ kết hợp tín hiệu 6010 trước khi được truyền bởi phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419 đến các AN 515 trong các vùng AN 3450. Trong một số trường hợp, các thành phần của các đường tín hiệu thu/phát 6000 và 6050 có thể được bố trí lại (hoặc được bỏ qua), ví dụ, sao cho bộ kết hợp tín hiệu 6010 có thể ở sau các bộ lọc sóng hài 3430b, bộ phân chia 6005 có thể ở trước các LNA 3705a, v.v.

Fig.64B minh họa sự cấp phát phổ tần số 6401 làm ví dụ với bốn khoảng tần số được thể hiện (các khoảng tần số 6425b, 6430b, 6435b và 6436b). Theo một ví dụ được minh họa, các khoảng tần số 6425b và 6430b là các khoảng tần số trong băng tần K/Ka (ví dụ, nằm trong khoảng từ 17 GHz đến 40 GHz) trong khi các khoảng tần số 6435b và 6436b nằm trong băng tần V/W (ví dụ, nằm trong khoảng từ 40 GHz đến 110 GHz). Ví dụ, các khoảng tần số 6425b, 6430b, 6435b và 6436b có thể là giống như các khoảng tần số 6425a, 6430a, 6435a và 6436a được minh họa trên Fig.64A. Fig.64B có thể minh họa sự vận hành của nhiều chùm AN vận hành trên các khoảng tần số khác nhau như được thể hiện trên Fig.59A hoặc Fig.59B.

Ví dụ, sự cấp phát phổ tần số 6401 có thể được sử dụng trong trường hợp được minh họa trên Fig.59B bằng cách sử dụng hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 có các đường tín hiệu thu/phát chuyển tiếp 6100 và trở về 6150 như được thể hiện trên Fig.61A và Fig.61B. Theo ví dụ này, các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6440c từ vùng AN 3450a

có thể được truyền trên khoảng tần số 6430b (ví dụ, bằng cách sử dụng RHCP) trong khi các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6440d từ vùng AN 3450b có thể được truyền trên khoảng tần số 6436b (ví dụ, bằng cách sử dụng RHCP). Tập hợp thứ nhất gồm các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6440c có thể được nhận bởi các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416a trong khi tập hợp thứ hai gồm các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6440d có thể được nhận bởi các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416b của các đường tín hiệu thu/phát chuyển tiếp 6100. Như được thảo luận với tham chiếu đến Fig.61A, hai tập hợp các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6440 được biến đổi tần số bởi các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430j và 3430k (ví dụ, chúng được đổi giảm về cùng khoảng tần số 6425b trong băng tần Ka). Sau đó, các đầu ra của các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430j được truyền bởi các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429a là tập hợp thứ nhất gồm các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 6445c trong khi các đầu ra của các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430k được truyền bởi các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429b là tập hợp thứ hai gồm các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 6445d. Theo ví dụ này, các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429a, 3429b này thuộc cùng mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425 và chiếu đến cùng vùng phủ sóng người dùng 3460. Do đó, các AN 515 trong các vùng nút truy cập 3450a và 3450b có thể được gọi là kết hợp trong đó một số phần của các AN 515 trong mỗi vùng kết hợp để phục vụ cho cùng vùng phủ sóng người dùng 3460. Tức là, ít nhất một búp sóng người dùng chuyển tiếp được tạo búp sóng cấp dịch vụ cho đến các thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong vùng phủ sóng búp sóng người dùng 519 tương ứng được tạo ra từ các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6440c từ ít nhất tập hợp con gồm các AN 515 trong vùng nút truy cập thứ nhất 3450a và từ các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6440d từ ít nhất tập hợp con gồm các AN 515 trong vùng nút truy cập thứ hai 3450b.

Sự cấp phát phổ tần số 6401 còn minh họa một ví dụ về sự cấp phát tần số cho các sự truyền liên kết trở về đối với trường hợp được minh họa trên Fig.59B sử dụng hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 có các đường tín hiệu thu/phát chuyển tiếp 6100 và trở về 6150 như được thể hiện trên Fig.61A và Fig.61B. Các tín hiệu liên kết lên trở về 6450a bắt nguồn từ các thiết bị đầu cuối người dùng 517 được phân bố khắp vùng phủ sóng người dùng 3460 có thể được truyền trên khoảng tần số 6425b (ví dụ, bằng cách sử dụng RHCP) và được nhận bởi các phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426a và 3426b trên Fig.61B, trong đó các phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426a và 3426b thuộc cùng mảng phần tử anten liên kết người dùng 3425. Như được mô tả với tham chiếu đến Fig.61B, các tín hiệu liên kết lên trở về 6450 có thể được cấp vào các bộ phát đáp liên kết trở về 3440j và 3440k và tần số được biến đổi về các khoảng tần số thích hợp 6430b (ví dụ, bằng cách sử dụng LHCP) và 6435b (ví dụ, bằng cách sử dụng LHCP) tương ứng. Các tín hiệu được biến đổi tần số có thể sau đó được kết hợp (ví dụ, được cộng, v.v.) bởi bộ kết hợp tín hiệu 6010 và được truyền bởi các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419 đến các AN 515 trong các vùng nút truy cập 3450a và

3450b. Cần phải hiểu rằng, sự cấp phát tần số 6401 là một ví dụ và các sự cấp phát tần số khác nhau khác có thể được sử dụng. Ví dụ, các tín hiệu liên kết lên trở về 6450a có thể trong khoảng tần số khác (ví dụ, khoảng tần số khác trong băng tần K/Ka) so với các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 6445c và 6445d. Tương tự, các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6440c có thể nằm trong khoảng tần số khác (ví dụ, khoảng tần số khác trong băng tần K/Ka) so với các tín hiệu liên kết xuống trở về 6455a và các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6440d có thể được cấp phát trong khoảng tần số khác (ví dụ, khoảng tần số khác trong băng tần V/W như được minh họa) so với các tín hiệu liên kết xuống trở về 6455d. Điều này có thể, ví dụ, cho phép việc sử dụng các bộ phát đáp cực kép trong các đường tín hiệu thu/phát chuyển tiếp 6100 và trở về 6150. Việc ghép nối các đường tín hiệu thu/phát chuyển tiếp 6100 và trở về 6150 với các phần tử phát/thu cấu thành liên kết người dùng và liên kết đường dẫn sóng khác nhau có thể được lựa chọn theo sự cấp phát khoảng tần số mong muốn.

Trong một số trường hợp, các băng thông khả dụng trong một băng tần đã cho (ví dụ, băng tần K, băng tần Ka, v.v.) đối với các sự truyền liên kết đường dẫn sóng và các sự truyền liên kết người dùng có thể là không bằng nhau (ví dụ, khác nhau đáng kể). Ngoài ra hoặc theo cách khác, các băng thông khả dụng cho các sự truyền liên kết lên và liên kết xuống trong băng tần đã cho có thể là không bằng nhau (ví dụ, một cách đáng kể). Ví dụ, khối điều chỉnh có thể chỉ định các phần nào của phổ tần số là khả dụng đối với các kiểu truyền khác nhau.

Fig.65A và Fig.65B thể hiện các sự cấp phát phổ tần số 6500 và 6501 làm ví dụ với ba khoảng tần số (các khoảng tần số 6520a, 6525a và 6530a) được sử dụng cho liên kết chuyển tiếp và ba khoảng tần số (các khoảng tần số 6520b, 6525b và 6530b) được sử dụng cho liên kết trở về. Theo một ví dụ được thể hiện, các khoảng tần số 6520a, 6520b, 6525a và 6525b là các khoảng tần số trong băng tần K/Ka (ví dụ, nằm trong khoảng từ 17 GHz đến 40 GHz) trong khi các khoảng tần số 6530a và 6530b nằm trong băng tần V/W (ví dụ, nằm trong khoảng từ 40 GHz đến 110 GHz). Fig.65A và Fig.65B có thể minh họa sự vận hành của nhiều chùm AN vận hành trên các khoảng tần số khác nhau như được thể hiện trên Fig.59A hoặc Fig.59B.

Tham chiếu đến Fig.65A, các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6540a từ vùng phủ sóng AN 3450a có thể được truyền trên khoảng tần số 6525a (ví dụ, bằng cách sử dụng RHCP) trong khi các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6540b từ vùng phủ sóng AN 3450b có thể được truyền trên khoảng tần số 6530a (ví dụ, bằng cách sử dụng RHCP). Như được thảo luận với tham chiếu đến Figs. 60A hoặc Fig.61A, hai tập hợp các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6540 được biến đổi tần số bởi các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 về khoảng tần số 6520a. Theo ví dụ được minh họa trên Fig.65A, băng thông kết hợp của các khoảng tần số 6525a và 6530a là bằng băng thông của khoảng tần số 6520a. Do đó, các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6540a được biến đổi tần số (ví dụ, qua các bộ biến đổi tần số trong các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp của các đường tín

hiệu thu/phát chuyển tiếp 6000 hoặc 6100) thành các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 6545 trải dài trên phần thứ nhất 6521a của khoảng tần số 6520a trong khi các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6540b được biến đổi tần số (ví dụ, qua các bộ biến đổi tần số trong các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp của các đường tín hiệu thu/phát chuyển tiếp 6000 hoặc 6100) thành các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 6545 trải dài trên phần thứ hai 6521b của khoảng tần số 6520a. Búp sóng người dùng được tạo búp sóng đã cho trong vùng phủ sóng người dùng 3460 có thể trải dài trên tất cả khoảng tần số 6520a, trong trường hợp đó búp sóng người dùng được tạo ra từ cả hai tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6540a và 6540b. Khi mỗi búp sóng người dùng được tạo ra bởi các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 6545 sử dụng tập hợp con của khoảng tần số 6520a, thì một số búp sóng người dùng có thể được tạo ra bởi phần thứ nhất 6521a của khoảng tần số 6520a và một số búp sóng người dùng có thể được tạo ra bởi phần thứ hai 6521b của khoảng tần số 6520a. Ngoài ra hoặc theo cách khác, trong một số trường hợp một số búp sóng người dùng có thể được tạo ra bởi sự chồng lên kết hợp của các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 6545 được kết hợp với khoảng tần số 6521a và các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp 6545 được kết hợp với khoảng tần số 6521b (ví dụ, các khoảng tần số 6521a và 6521b có thể trùng một phần để cho phép việc tạo ra kết hợp các búp sóng trong vùng phủ sóng người dùng 3460 với các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp 6540 từ các chùm AN khác nhau). Theo một ví dụ khác, một hoặc cả hai khoảng tần số 6525a hoặc 6530a có thể có cùng băng thông như khoảng tần số 6520a (ví dụ hoặc bằng thông kết hợp của các khoảng tần số 6525a và 6530a có thể vượt quá băng thông của khoảng tần số 6520a) và do đó tất cả các búp sóng người dùng chuyển tiếp có thể được tạo ra bởi sự chồng lên kết hợp của các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp được kết hợp với các khoảng tần số 6521a và 6521b.

Fig.65B thể hiện ví dụ về các sự cấp phát liên kết trở về trong đó ít nhất một vùng nút truy cập 3450 sử dụng các khoảng tần số trong một băng tần khác băng tần được sử dụng cho vùng phủ sóng người dùng 3460. Cụ thể là, các thiết bị đầu cuối người dùng 517 có thể truyền các tín hiệu liên kết lên trở về 6550 trên khoảng tần số 6520b (ví dụ, trong băng tần K/Ka), mà có thể nhận được qua hai tập hợp các phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3416 như được thể hiện trên Fig.60B hoặc 61B và được biến đổi tần số (ví dụ, qua các bộ biến đổi tần số trong các bộ phát đáp liên kết trở về 3440 của các đường tín hiệu thu/phát trở về 6050 hoặc 6150) thành tập hợp thứ nhất gồm các tín hiệu liên kết xuống trở về 6555a trong khoảng tần số 6525b và tập hợp thứ hai gồm các tín hiệu liên kết xuống trở về 6555b trong khoảng tần số 6530b. Các tập hợp thứ nhất và thứ hai gồm các tín hiệu liên kết xuống trở về 6555a, 6555b có thể được truyền từ cùng phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419 (như được thể hiện trên Fig.61B) hoặc từ các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419 khác nhau (như được thể hiện trên Fig.60B). Đối với Fig.65A, các băng thông kết hợp của các khoảng tần số 6525b và 6530b được minh họa là bằng với băng thông của khoảng tần số 6520b. Do đó, phần thứ nhất 6560a của các tín hiệu liên kết lên trở về 6550 có thể

được biến đổi tần số và được truyền bởi tập hợp thứ nhất gồm bộ phát đáp liên kết trở về 3440 là các tín hiệu liên kết xuống trở về 6555a trong khi phần thứ hai 6560b (có thể hoặc có thể không trùng với phần thứ nhất 6560a) có thể được biến đổi tần số và được truyền bởi tập hợp thứ hai gồm các bộ phát đáp liên kết trở về 3440 là các tín hiệu liên kết xuống trở về K 6555b. Do đó, một số búp sóng người dùng trở về có thể được tạo ra bằng cách thực hiện quá trình tạo búp sóng liên kết trở về trên các phần của các tín hiệu liên kết xuống trở về 6555a và một số búp sóng người dùng trở về có thể được tạo ra bằng cách thực hiện quá trình tạo búp sóng liên kết trở về trên các phần các tín hiệu liên kết xuống trở về 6555b. Ngoài ra hoặc theo cách khác, một số búp sóng người dùng trở về có thể được tạo ra bằng cách thực hiện quá trình tạo búp sóng liên kết trở về trên các phần của các tín hiệu liên kết xuống trở về 6555a và các tín hiệu liên kết xuống trở về 6555b (ví dụ, các phần của các tín hiệu liên kết xuống trở về 6555a và 6555b có thể kết hợp để tạo ra một búp sóng người dùng trở về). Trong một số trường hợp, một hoặc cả hai khoảng tần số 6525b hoặc 6530b có thể có cùng băng thông như khoảng tần số 6520b (ví dụ, hoặc băng thông kết hợp của các khoảng tần số 6525b và 6530b có thể vượt quá băng thông của khoảng tần số 6520b) và do đó tất cả các búp sóng người dùng trở về có thể được tạo ra bởi sự chồng lên kết hợp của các tín hiệu liên kết xuống trở về 6555a và 6555b.

Fig.66A và Fig.66B minh họa các đường tín hiệu thu/phát làm ví dụ hỗ trợ kết hợp các chùm AN vận hành trong các khoảng tần số khác nhau theo các khía cạnh của sáng chế. Đường tín hiệu thu/phát chuyển tiếp 6600 trên Fig.66A bao gồm bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430l được ghép nối giữa các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416a và các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429 và các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430m được ghép nối giữa các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416b và các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429. Như được mô tả ở trên, bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430l có thể bao gồm một số hoặc tất cả các LNA 3705a, các bộ biến đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710l, các bộ khuếch đại kênh 3715a, các bộ dịch pha 3720a, các bộ khuếch đại công suất 3725a và các bộ lọc sóng hài 3730a. Tương tự, bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430m có thể bao gồm một số hoặc tất cả các LNA 3705a, các bộ biến đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710m, các bộ khuếch đại kênh 3715a, các bộ dịch pha 3720a, các bộ khuếch đại công suất 3725a và các bộ lọc sóng hài 3730a. Trong một số trường hợp, bộ biến đổi tần số 3710l có thể vận hành để biến đổi các tín hiệu từ khoảng tần số liên kết lên liên kết đường dẫn sóng thứ nhất (ví dụ, khoảng tần số 6525a trên Fig.65A) thành phần thứ nhất của khoảng tần số liên kết xuống liên kết người dùng (ví dụ, khoảng tần số 6521a trên Fig.65A) trong khi bộ biến đổi tần số 3710m có thể vận hành để biến đổi các tín hiệu từ khoảng tần số liên kết lên liên kết đường dẫn sóng thứ hai (ví dụ, khoảng tần số 6530a trên Fig.65A) thành phần thứ hai của cùng khoảng tần số liên kết xuống liên kết người dùng này (ví dụ, khoảng tần số 6521b trên Fig.65A). Các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 ghép nối các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416a và 3416b

với một phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429. Các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416a và 3416b có thể là các phần của cùng mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 hoặc các mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng riêng rẽ 3415a và 3415b (như được thể hiện). Phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416a có thể đóng vai trò làm đầu vào đi vào bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430l trong khi phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3416b có thể đóng vai trò làm đầu vào đi vào bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430m. Các đầu ra của các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430 có thể được cấp vào bộ kết hợp tín hiệu 6610 trước khi được truyền bởi phần tử phát cấu thành liên kết người dùng 3429 đến các thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong các vùng phủ sóng người dùng 3460. Trong một số trường hợp, các thành phần của các đường tín hiệu thu/phát 6600 và 6650 có thể được bố trí lại (hoặc được bỏ qua), ví dụ, sao cho bộ kết hợp tín hiệu 6610 có thể ở sau các bộ lọc sóng hài 3430b, bộ phân chia 6605 có thể ở trước các LNA 3705a, v.v.

Đường tín hiệu thu/phát trở về 6650 trên Fig.66B bao gồm bộ phát đáp liên kết trở về 3440l được ghép nối giữa phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426 và phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419a tương ứng và bộ phát đáp liên kết trở về 3440m được ghép nối giữa phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426 và phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419b tương ứng. Như được mô tả ở trên, bộ phát đáp liên kết trở về 3440l có thể bao gồm một số hoặc tất cả các LNA 3705b, các bộ biến đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710n, các bộ khuếch đại kênh 3715b, các bộ dịch pha 3720b, các bộ khuếch đại công suất 3725b và các bộ lọc sóng hài 3730b. Tương tự, bộ phát đáp liên kết trở về 3440m có thể bao gồm một số hoặc tất cả các LNA 3705b các bộ biến đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710o, các bộ khuếch đại kênh 3715b, các bộ dịch pha 3720b, các bộ khuếch đại công suất 3725b và các bộ lọc sóng hài 3730b. Trong một số trường hợp, bộ biến đổi tần số 3710n có thể vận hành để biến đổi các tín hiệu từ phần thứ nhất của khoảng tần số liên kết lên liên kết người dùng (ví dụ, khoảng tần số 6560a trên Fig.65B) thành khoảng tần số liên kết xuống liên kết đường dẫn sóng thứ nhất (ví dụ, khoảng tần số 6525b trên Fig.65B, mà có thể là cùng khoảng với khoảng tần số liên kết lên liên kết đường dẫn sóng thứ nhất được mô tả với tham chiếu đến Fig.66A) trong khi bộ biến đổi tần số 3710o có thể vận hành để biến đổi các tín hiệu từ phần thứ hai của khoảng tần số liên kết lên liên kết người dùng (ví dụ, khoảng tần số 6560b trên Fig.65B) thành khoảng tần số liên kết xuống liên kết đường dẫn sóng thứ hai (ví dụ, khoảng tần số 6530b trên Fig.65B, mà có thể là cùng khoảng với khoảng tần số liên kết lên liên kết đường dẫn sóng thứ hai được mô tả với tham chiếu đến Fig.66A). Sau khi được nhận bởi phần tử thu cấu thành liên kết người dùng 3426, các tín hiệu liên kết lên trở về có thể được phân chia (ví dụ, bằng cách sử dụng bộ phân chia 6605) và các tín hiệu phân chia có thể đóng vai trò làm các đầu vào đi vào các bộ phát đáp liên kết trở về 3440l và 3440m. Theo một số ví dụ, bộ phân chia 6605 phân chia các tín hiệu dựa vào các khoảng tần số (ví dụ, sao cho các tín hiệu liên kết lên trở về nhận được chiếm khoảng tần số thứ nhất được cấp vào bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430l

và các tín hiệu liên kết lên trở về nhận được chiếm khoảng tần số thứ hai được cấp vào bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430m). Trong trường hợp này, bộ phân chia 6605 có thể là một ví dụ về một hoặc nhiều bộ lọc. Do đó, các bộ biến đổi tần số 3710n và 3710o có thể vận hành để nhận các đầu vào ở các khoảng tần số khác nhau hoặc các phần của khoảng tần số và các tín hiệu đầu ra trong các khoảng tần số khác nhau trong các tín hiệu liên kết xuống đường dẫn sóng 522.

Như được mô tả ở trên, các phần tử anten liên kết đường dẫn sóng khác nhau có thể là một phần của các mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 giống nhau hoặc khác nhau. Các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419a và các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng 3419b có thể được đan xen trong cùng mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 như được minh họa trên Fig.62. Khi các tần số được hỗ trợ cho các liên kết đường dẫn sóng bởi các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp 3430l và 3430m và các bộ phát đáp liên kết trở về 3440l và 3440m về cơ bản là khác nhau (ví dụ, tần số này khác với tần số khác một lượng lớn hơn 1,5x, v.v.), thì các tập hợp con khác nhau gồm các phần tử 6205a, 6205b của mảng phần tử anten 6200 có thể được định kích thước một cách thích hợp đối với các khoảng tần số được hỗ trợ khác nhau (ví dụ, các phần tử anten cấu thành 6205b hỗ trợ khoảng tần số cao hơn so với các phần tử anten cấu thành 6205a có thể có các ống dẫn sóng/loa nhỏ hơn, v.v.).

Các nút truy cập hỗ trợ nhiều tín hiệu liên kết đường dẫn sóng độc lập

Theo một số ví dụ, một hoặc nhiều AN 515 có thể hỗ trợ nhiều liên kết đường dẫn sóng (ví dụ, truyền nhiều tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp và/hoặc nhận các tín hiệu liên kết xuống trở về). Trong một số trường hợp, các AN 515 hỗ trợ các liên kết đường dẫn sóng có thể được sử dụng để làm giảm số lượng AN. Ví dụ, thay vì có M AN 515 trong đó mỗi AN 515 hỗ trợ một liên kết đường dẫn sóng, thì hệ thống có thể có M/2 AN 515, trong đó mỗi AN 515 hỗ trợ hai liên kết đường dẫn sóng. Mặc dù việc có M/2 AN 515 làm giảm sự đa dạng không gian của các AN 515, nhưng các tín hiệu giữa các AN 515 và hệ chuyển tiếp đầu cuối ở các tần số khác nhau sẽ trải qua các kênh khác nhau, cũng tạo ra sự đa dạng kênh giữa hai liên kết đường dẫn sóng. Mỗi AN 515 có thể nhận nhiều tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập 516, trong đó mỗi tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập 516 được tạo trọng số theo các hệ số tạo búp sóng mà được xác định dựa vào ma trận kênh được kết hợp với khoảng tần số phát tương ứng. Như vậy, khi mỗi AN 515 hỗ trợ hai liên kết đường dẫn sóng, thì mỗi AN 515 có thể được tạo ra tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập thứ nhất được xác định dựa một phần vào ma trận kênh liên kết lên chuyển tiếp thứ nhất đối với các kênh liên kết lên chuyển tiếp giữa các AN 515 và hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 trên khoảng tần số thứ nhất và tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập thứ hai được xác định dựa một phần vào ma trận kênh liên kết lên chuyển tiếp thứ hai đối với các kênh liên kết lên chuyển tiếp giữa các AN 515 và hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 trên khoảng tần số thứ hai. Tương tự, trên liên kết trở về, mỗi AN 515 có thể thu tín hiệu trở về tổ hợp thứ nhất dựa vào tín hiệu

liên kết xuống trở về thứ nhất trong khoảng tần số thứ ba (mà có thể là cùng khoảng tần số hoặc trong cùng băng tần như khoảng tần số thứ nhất) và tín hiệu trở về tổ hợp thứ hai dựa vào tín hiệu liên kết xuống trở về thứ hai trong khoảng tần số thứ tư (mà có thể là cùng khoảng tần số hoặc trong cùng băng tần như khoảng tần số thứ hai). Mỗi AN 515 có thể tạo ra các tín hiệu trở về tổ hợp thứ nhất và thứ hai cho bộ tạo búp sóng trở về 513, mà có thể áp dụng các hệ số tạo búp sóng cho các tín hiệu trở về tổ hợp thứ nhất được xác định dựa một phần vào ma trận kênh liên kết xuống trở về thứ nhất đối với các kênh liên kết xuống trở về giữa hệ chuyển tiếp đầu cuối 3403 và các AN 515 trên khoảng tần số thứ ba và áp dụng các hệ số tạo búp sóng cho các tín hiệu trở về tổ hợp thứ hai được xác định dựa một phần vào ma trận kênh liên kết xuống trở về thứ hai đối với các kênh liên kết xuống trở về trên khoảng tần số thứ tư.

Các hệ thống sử dụng M/2 AN 515 có thể có công suất hệ thống bị giảm đi khi so sánh với việc có M AN 515, nhưng sự giảm chi phí hệ thống (ví dụ, bao gồm chi phí cài đặt và bảo dưỡng) có thể là đáng kể trong khi vẫn tạo ra hiệu suất chấp thuận được. Ngoài ra, số lượng AN 515 khác với M/2 cũng có thể được sử dụng, chẳng hạn như $0,75 \cdot M$ mà có thể tạo ra hiệu suất tương tự hoặc lớn hơn với chi phí giảm khi so sánh với M AN 515 mà mỗi AN này chỉ hỗ trợ một liên kết đường dẫn sóng. Thông thường, khi M AN 515 sẽ được sử dụng, mỗi AN này hỗ trợ một liên kết đường dẫn sóng (ví dụ, một khoảng tần số liên kết lên đường dẫn sóng và một khoảng tần số liên kết xuống đường dẫn sóng), thì $X \cdot M$ AN 515 có thể được sử dụng trong đó mỗi AN 515 hỗ trợ nhiều liên kết đường dẫn sóng, trong đó X nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,0.

Tham chiếu đến Fig.45A và Fig.45B, $X \cdot M$ AN 515 có thể được phân bố trong vùng nút truy cập 3450 và có thể cấp dịch vụ cho các thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong vùng phủ sóng người dùng 3460 qua các búp sóng người dùng được tạo búp sóng, trong đó một hoặc nhiều búp sóng người dùng được tạo búp sóng bằng cách sử dụng nhiều tín hiệu liên kết đường dẫn sóng từ ít nhất một AN 515. Nhiều liên kết đường dẫn sóng có thể được hỗ trợ qua một tập hợp các phần tử anten cấu thành liên kết đường dẫn sóng (ví dụ, một mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415) hoặc các phần tử anten cấu thành liên kết đường dẫn sóng (các mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng riêng rẽ 3415 đối với mỗi liên kết đường dẫn sóng).

Một mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 và một bộ phản xạ có thể được sử dụng để hỗ trợ các liên kết đường dẫn sóng đối với mỗi AN 515 bằng cách sử dụng các đường tín hiệu thu/phát chuyển tiếp 6000 và trở về 6050 trên Fig.60A và Fig.60B (ví dụ, các tập hợp con riêng rẽ gồm các phần tử anten cấu thành liên kết đường dẫn sóng trong cùng mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415) hoặc các đường tín hiệu thu/phát chuyển tiếp 6100 và trở về 6150 trên Fig.61A và Fig.61B (ví dụ, các bộ phân chia và các bộ kết hợp được sử dụng để ghép kênh nhiều liên kết đường dẫn sóng bằng cách sử dụng cùng tập hợp gồm các phần tử anten cấu thành liên kết đường dẫn sóng). Khi sự khác biệt về các khoảng tần số giữa các liên kết đường dẫn sóng là

đáng kể (mà có thể là mong muốn để làm tăng sự đa dạng kênh), thì các kích thước của vùng nút truy cập 3450 có thể phụ thuộc vào liên kết đường dẫn sóng tần số cao hơn. Ví dụ, khi liên kết đường dẫn sóng thứ nhất được hỗ trợ trong khoảng tần số khoảng 30 GHz trong khi liên kết đường dẫn sóng thứ hai được hỗ trợ trong khoảng tần số khoảng 60 GHz, thì vùng nút truy cập bị giới hạn ở vùng được chiếu bởi một mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng 3415 qua một bộ phản xạ. Do đó, một số sự đa dạng đường đối với khoảng tần số thấp hơn có thể bị mất đi. Theo cách khác, mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ nhất 3415a có thể được sử dụng để hỗ trợ khoảng tần số thứ nhất trong khi mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ hai 3415b được sử dụng để hỗ trợ khoảng tần số thứ hai. Trong trường hợp này, các bộ phản xạ riêng rẽ có thể được sử dụng và có thể định kích thước một cách thích hợp để tạo ra độ phủ sóng của cùng vùng nút truy cập 3450 ở các tần số khác nhau. Ví dụ, trong đó liên kết đường dẫn sóng thứ nhất được hỗ trợ bởi mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ nhất 3415a và bộ phản xạ thứ nhất trong khoảng tần số khoảng 30 GHz trong khi liên kết đường dẫn sóng thứ hai được hỗ trợ bởi mảng phần tử anten liên kết đường dẫn sóng thứ hai 3415b và bộ phản xạ thứ hai trong khoảng tần số khoảng 60 GHz, bộ phản xạ thứ nhất có thể là lớn hơn (ví dụ, có diện tích bộ phản xạ gấp đôi) so với bộ phản xạ thứ hai để tính đến sự khác biệt về độ khuếch đại anten ở các tần số khác nhau.

Sự cấp phát tần số đối với các liên kết đường dẫn sóng khác nhau có thể được thực hiện theo nhiều cách khác nhau bao gồm các cách được thể hiện trên Fig.64A, Fig.64B, Fig.65A hoặc Fig.65B. Tức là, liên kết đường dẫn sóng thứ nhất có thể sử dụng các tần số sóng mang trong các khoảng tần số 6425a và 6430a (ví dụ, trong các băng tần K/Ka) trong khi liên kết đường dẫn sóng thứ hai sử dụng khoảng tần số 6435a (ví dụ, trong các băng tần V/W) như được thể hiện trên Fig.64A. Theo cách khác, các liên kết đường dẫn sóng thứ nhất có thể sử dụng các tần số sóng mang trong các khoảng tần số 6430b (ví dụ, trong các băng tần K/Ka) trong khi liên kết đường dẫn sóng thứ hai sử dụng khoảng tần số 6435b (ví dụ, trong các băng tần V/W) như được thể hiện trên Fig.64B. Theo phương án khác, các liên kết đường dẫn sóng thứ nhất và thứ hai có thể cả đều sử dụng các tần số khác với các liên kết người dùng như được thể hiện trên Fig.65A và Fig.65B trong đó liên kết đường dẫn sóng thứ nhất sử dụng các khoảng tần số 6525a và 6525b (ví dụ, trong các băng tần V/W) trong khi liên kết đường dẫn sóng thứ hai sử dụng các khoảng tần số 6530a và 6530b (ví dụ, trong các băng tần V/W). Theo một số ví dụ, liên kết đường dẫn sóng thứ nhất và thứ hai có thể sử dụng các khoảng tần số mà về cơ bản là khác nhau (ví dụ, tần số thấp nhất trong một khoảng tần số có thể là lớn hơn 1,5 hoặc 2 lần so với tần số thấp nhất trong khoảng tần số còn lại). Như đã thảo luận ở trên, băng thông đối với mỗi khoảng tần số liên kết đường dẫn sóng có thể là nhỏ hơn băng thông đối với khoảng tần số liên kết người dùng, hoặc một hoặc nhiều trong số các khoảng tần số liên kết đường dẫn sóng có thể có cùng băng thông như khoảng tần số liên kết người dùng. Trong một số trường hợp, tương quan giữa các tín hiệu được kết hợp với các liên kết đường dẫn sóng thứ nhất và thứ hai có thể tỷ lệ

ngịch với sự tách biệt về băng thông giữa hai tín hiệu (ví dụ, sao cho hai tín hiệu có các khoảng tần số liền kề nhau trong băng tần Ka có tương quan nhiều hơn so với tín hiệu băng tần Ka tín hiệu và tín hiệu băng tần V hoặc hai tín hiệu với các khoảng tần số không liền kề nhau trong băng tần Ka). Hiệu quả này là kết quả của các tín hiệu với các khoảng tín hiệu liền kề trải qua các hiệu ứng môi trường tương tự nhau, trong khi các tín hiệu có độ tách biệt về băng thông lớn hơn sẽ trải qua các hiệu ứng môi trường khác nhau, góp phần tạo ra đa đường.

Kết luận

Mặc dù phương pháp và thiết bị được bộc lộ được mô tả ở trên xem xét đến các ví dụ, các trường hợp và các phương án thực hiện khác nhau, nhưng cần phải hiểu rằng, các đặc điểm, các khía cạnh và chức năng cụ thể được mô tả trong một hoặc nhiều ví dụ độc lập có thể áp dụng được cho các ví dụ khác. Như vậy, nghĩa rộng và phạm vi của sáng chế là không bị giới hạn ở ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ nêu trên mà được xác định bởi bộ yêu cầu bảo hộ.

Các thuật ngữ và các cụm từ được sử dụng trong tài liệu này và các biến thể của nó, trừ khi có quy định khác, cần được hiểu là kết thúc mở mà không phải hạn chế. Ví dụ, thuật ngữ “bao gồm” được sử dụng mang nghĩa “bao gồm, không giới hạn” hoặc dạng tương tự; thuật ngữ “ví dụ” được sử dụng để đưa ra các ví dụ minh họa của vấn đề được thảo luận, mà không là danh sách hạn chế hoặc giới hạn của chúng; các thuật ngữ chỉ số ít mang nghĩa là “ít nhất một,” “một hoặc nhiều” hoặc dạng tương tự.

Trong suốt bản mô tả, thuật ngữ “ghép nối” hoặc “được ghép nối” được sử dụng để đề cập theo nghĩa rộng kết nối vật lý hoặc điện (bao gồm cả không dây) giữa các thành phần. Trong một số trường hợp, thành phần thứ nhất có thể được ghép nối với thành phần thứ hai qua thành phần thứ ba trung gian được bố trí ở giữa các thành phần thứ nhất và thứ hai. Ví dụ, các thành phần có thể được ghép nối qua sự kết nối trực tiếp, các mạng thích ứng trở kháng, các bộ khuếch đại, bộ suy hao, bộ lọc, các khối dòng điện một chiều, các khối dòng điện xoay chiều, v.v..

Một nhóm các đối tượng được nối với liên từ “và” có nghĩa là không phải mỗi và mỗi một trong số các đối tượng này cần phải có mặt trong nhóm, mà bao gồm tất cả hoặc tập hợp con bất kỳ của tất cả số đó trừ khi có quy định khác. Tương tự, một nhóm các đối tượng được nối với liên từ “hoặc” không nhất thiết phải loại trừ lẫn nhau trong nhóm này, mà bao gồm tất cả hoặc tập hợp con bất kỳ của tất cả số đó trừ khi có quy định khác. Hơn nữa, mặc dù các đối tượng, các phần tử hoặc các thành phần của phương pháp và thiết bị được bộc lộ có thể được mô tả hoặc được bảo hộ theo số ít, nhưng số nhiều cũng được bao hàm trong phạm vi của phạm vi sáng chế trừ khi có quy định khác.

Sự có mặt của các từ và nhóm từ mở rộng như “một hoặc nhiều,” “ít nhất,” hoặc các nhóm từ tương tự khác trong một số trường hợp không chủ định hoặc yêu cầu mang ý nghĩa làm hẹp đi phạm vi của các trường hợp mà không có các nhóm từ mở rộng

này. Ngoài ra, các thuật ngữ “nhiều” và “một số” có thể được sử dụng đồng nghĩa ở đây.

Mặc dù các số chỉ dẫn có thể là nằm trong bộ yêu cầu bảo hộ, nhưng các ký hiệu này được đưa ra với mục đích duy nhất là làm cho bộ yêu cầu bảo hộ dễ hiểu hơn và việc bao gồm (hoặc bỏ qua) các số chỉ dẫn này không được hiểu là hạn chế phạm vi của đối tượng được bảo hộ bởi bộ yêu cầu bảo hộ.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống cung cấp dịch vụ truyền thông đến các thiết bị đầu cuối người dùng được phân bố theo địa lý trên vùng phủ sóng người dùng bao gồm:

giao diện tín hiệu búp sóng để thu các tín hiệu búp sóng chuyển tiếp bao gồm các luồng dữ liệu người dùng chuyển tiếp để truyền đến các thiết bị đầu cuối người dùng được nhóm bởi các vùng phủ sóng búp sóng người dùng chuyển tiếp;

bộ tạo trọng số búp sóng để tạo ra ma trận trọng số búp sóng chuyển tiếp để tạo búp sóng đầu cuối đến các vùng phủ sóng búp sóng người dùng chuyển tiếp;

bộ tạo búp sóng được ghép nối với giao diện tín hiệu búp sóng và bộ tạo trọng số búp sóng, bộ tạo búp sóng này bao gồm bộ nhân ma trận chuyển tiếp để thu các tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập dựa vào tích ma trận của ma trận trọng số búp sóng chuyển tiếp và vector của các tín hiệu búp sóng chuyển tiếp;

các bộ phát tín hiệu mốc báo của nút truy cập để tạo ra các tín hiệu mốc báo của nút truy cập;

các nút truy cập được phân bố theo địa lý trong vùng nút truy cập, trong đó các nút truy cập này bao gồm bộ phát để truyền một tín hiệu tương ứng trong số các tín hiệu mốc báo của nút truy cập và truyền tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp tương ứng trên khoảng tần số liên kết lên đường dẫn sóng dựa vào một tín hiệu tương ứng trong số các tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập, và trong đó các nút truy cập này bao gồm các bộ thu để nhận các tín hiệu liên kết xuống trở về trên khoảng tần số liên kết xuống đường dẫn sóng;

hệ chuyển tiếp đầu cuối bao gồm các đường tín hiệu thu/phát để nhận các tín hiệu liên kết lên tổ hợp chuyển tiếp ở các đầu vào của các đường tín hiệu thu/phát và truyền các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp từ các đầu ra của các đường tín hiệu thu/phát trên khoảng tần số liên kết xuống người dùng mà không trùng với khoảng tần số liên kết xuống đường dẫn sóng, trong đó mỗi trong số các tín hiệu liên kết lên tổ hợp chuyển tiếp là sự chồng lên của ít nhất tập hợp con gồm các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp, và trong đó hệ chuyển tiếp đầu cuối bao gồm đường tín hiệu vòng lại để chuyển tiếp các

tín hiệu mốc báo của nút truy cập trong khoảng tần số liên kết xuống đường dẫn sóng; và

các bộ bù thời điểm và pha truyền để hiệu chỉnh sơ bộ các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp tương ứng để bù các độ trễ đường và sự dịch pha tương ứng sinh ra giữa các nút truy cập và hệ chuyển tiếp đầu cuối dựa vào ít nhất một phần các tín hiệu mốc báo của nút truy cập được chuyển tiếp.

2. Hệ thống theo điểm 1, trong đó vùng nút truy cập không trùng với vùng phủ sóng người dùng.

3. Hệ thống theo điểm 1 hoặc 2, trong đó vùng nút truy cập có vùng vật lý nhỏ hơn vùng vật lý của vùng phủ sóng người dùng.

4. Vệ tinh cung cấp sự truyền thông giữa các nút truy cập được phân bố theo địa lý trên vùng nút truy cập và các thiết bị đầu cuối người dùng được phân bố theo địa lý trên vùng phủ sóng người dùng, vệ tinh này bao gồm:

hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng để chiếu đến vùng nút truy cập, trong đó hệ thống con anten liên kết đường dẫn sóng này bao gồm mảng phần tử liên kết đường dẫn sóng, mảng phần tử liên kết đường dẫn sóng này bao gồm mảng gồm các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng kết hợp và mảng gồm các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng kết hợp;

hệ thống con anten liên kết người dùng để chiếu đến vùng phủ sóng người dùng, hệ thống con anten liên kết người dùng này bao gồm mảng phần tử liên kết người dùng, mảng phần tử liên kết người dùng này bao gồm mảng gồm các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng kết hợp và mảng gồm các phần tử thu cấu thành liên kết người dùng kết hợp;

các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp, mỗi trong số các bộ phát đáp liên kết chuyển tiếp này nhận tín hiệu liên kết lên tổ hợp chuyển tiếp trên khoảng tần số thứ nhất qua một phần tử tương ứng trong số các phần tử thu cấu thành liên kết đường dẫn sóng và truyền tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp trên khoảng tần số thứ hai qua một phần tử tương ứng trong số các phần tử phát cấu thành liên kết người dùng, trong đó tín hiệu liên kết lên tổ hợp chuyển tiếp là phần chồng lên nhau của ít nhất tập hợp con gồm các tín hiệu

liên kết lên chuyển tiếp được truyền bởi các nút truy cập tương ứng trong số các nút truy cập và trong đó mỗi trong số các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp bao gồm tín hiệu mốc báo của nút truy cập tương ứng;

các bộ phát đáp liên kết trở về, mỗi trong số các bộ phát đáp liên kết trở về này nhận tín hiệu liên kết lên tổ hợp trở về trên khoảng tần số thứ ba qua một phần tử tương ứng trong số các phần tử thu cấu thành liên kết người dùng và truyền tín hiệu liên kết xuống trở về trên khoảng tần số thứ tư qua một phần tử tương ứng trong số các phần tử phát cấu thành liên kết đường dẫn sóng, trong đó khoảng tần số thứ tư không trùng với khoảng tần số thứ hai; và

bộ phát đáp vòng lại để chuyển tiếp các tín hiệu mốc báo của nút truy cập trên khoảng tần số thứ tư.

5. Vệ tinh theo điểm 4, trong đó vùng nút truy cập không trùng với vùng phủ sóng người dùng.

6. Vệ tinh theo điểm 4 hoặc 5, trong đó vùng nút truy cập có vùng vật lý nhỏ hơn vùng vật lý của vùng phủ sóng người dùng.

7. Phương pháp cung cấp dịch vụ truyền thông đến các thiết bị đầu cuối người dùng được phân bố trên vùng phủ sóng người dùng qua hệ chuyển tiếp đầu cuối bao gồm các đường tín hiệu thu/phát chuyển tiếp, phương pháp này bao gồm các bước:

thu các tín hiệu búp sóng chuyển tiếp bao gồm các luồng dữ liệu người dùng chuyển tiếp để truyền đến các thiết bị đầu cuối người dùng được nhóm bởi các vùng phủ sóng búp sóng người dùng chuyển tiếp;

xác định ma trận trọng số búp sóng chuyển tiếp để tạo búp sóng đầu cuối của các sự truyền từ các nút truy cập được phân bố theo địa lý trong vùng nút truy cập đến các vùng phủ sóng búp sóng người dùng chuyển tiếp qua hệ chuyển tiếp đầu cuối;

tạo ra các tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập tương ứng để được truyền bởi các nút truy cập, mỗi trong số các tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập tương ứng bao gồm tổ hợp của các tín hiệu búp sóng chuyển tiếp tương ứng được tạo trọng số bởi các trọng số tạo búp sóng chuyển tiếp tương ứng của ma trận trọng số búp sóng chuyển tiếp; và

truyền các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp tương ứng từ các nút truy cập đến hệ chuyển tiếp đầu cuối trên khoảng tần số thứ nhất, các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp tương ứng bao gồm tín hiệu chuyển tiếp dành cho nút truy cập tương ứng và các tín hiệu mốc báo của nút truy cập tương ứng;

nhận, ở các nút truy cập, các tín hiệu liên kết xuống trở về trên khoảng tần số thứ hai;

nhận, ở hệ chuyển tiếp đầu cuối, các tín hiệu liên kết lên tổ hợp chuyển tiếp ở các đầu vào của các đường tín hiệu thu/phát trên khoảng tần số thứ nhất, trong đó mỗi trong số các tín hiệu liên kết lên tổ hợp chuyển tiếp là phần chồng lên của ít nhất tập hợp con gồm các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp;

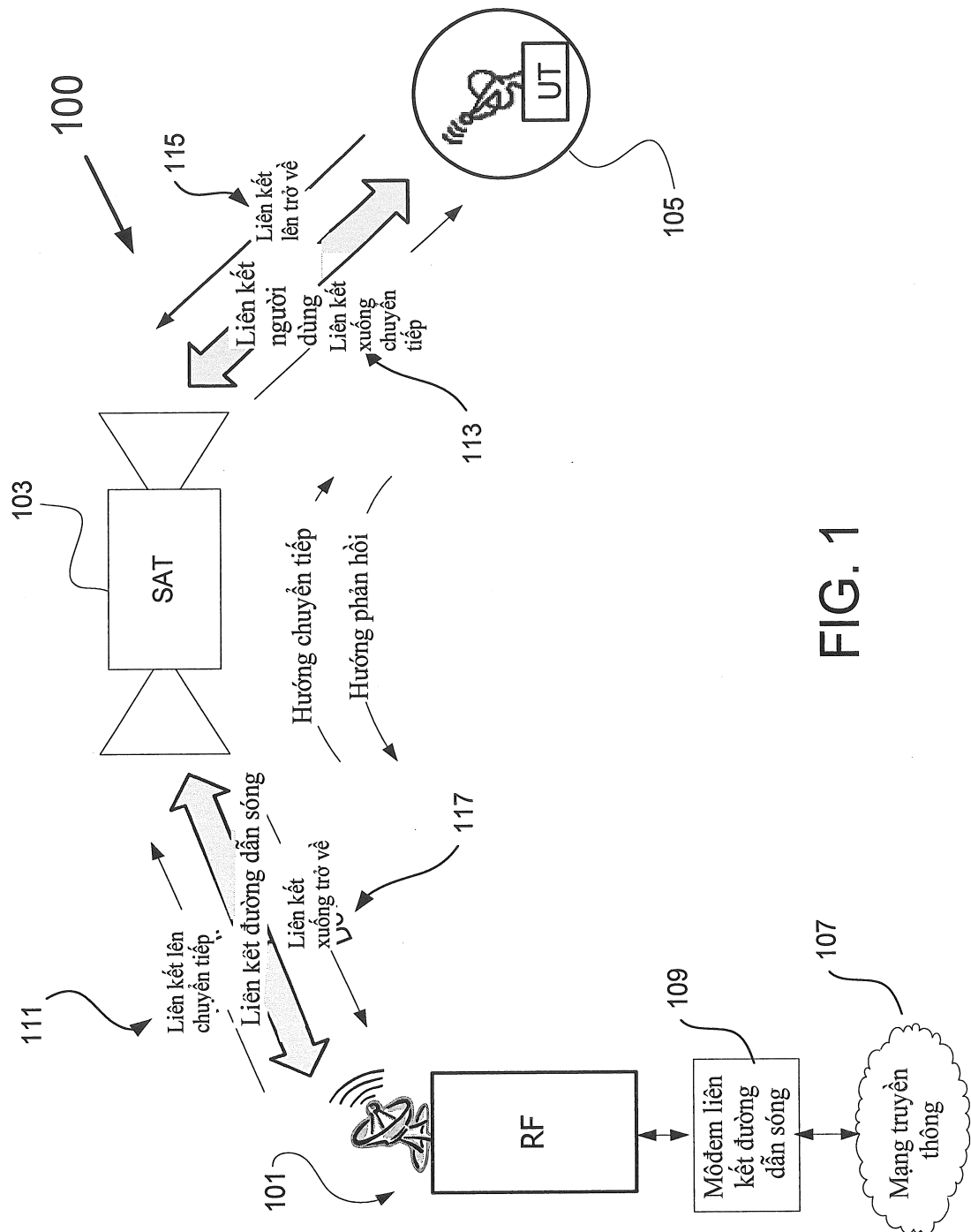
truyền, từ hệ chuyển tiếp đầu cuối, các tín hiệu liên kết xuống chuyển tiếp từ các đầu ra của các đường tín hiệu thu/phát trên khoảng tần số thứ ba,

chuyển tiếp, từ hệ chuyển tiếp đầu cuối, các tín hiệu mốc báo của nút truy cập trên khoảng tần số thứ hai, trong đó khoảng tần số thứ ba không trùng với khoảng tần số thứ hai;

hiệu chỉnh sơ bộ các tín hiệu liên kết lên chuyển tiếp tương ứng để bù các độ trễ đường và sự dịch pha tương ứng giữa các nút truy cập và hệ chuyển tiếp đầu cuối dựa vào ít nhất một phần các tín hiệu mốc báo của nút truy cập được chuyển tiếp.

8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó vùng nút truy cập không trùng với vùng phủ sóng người dùng.

9. Phương pháp theo điểm 7 hoặc 8, trong đó vùng nút truy cập có vùng vật lý nhỏ hơn vùng vật lý của vùng phủ sóng người dùng.



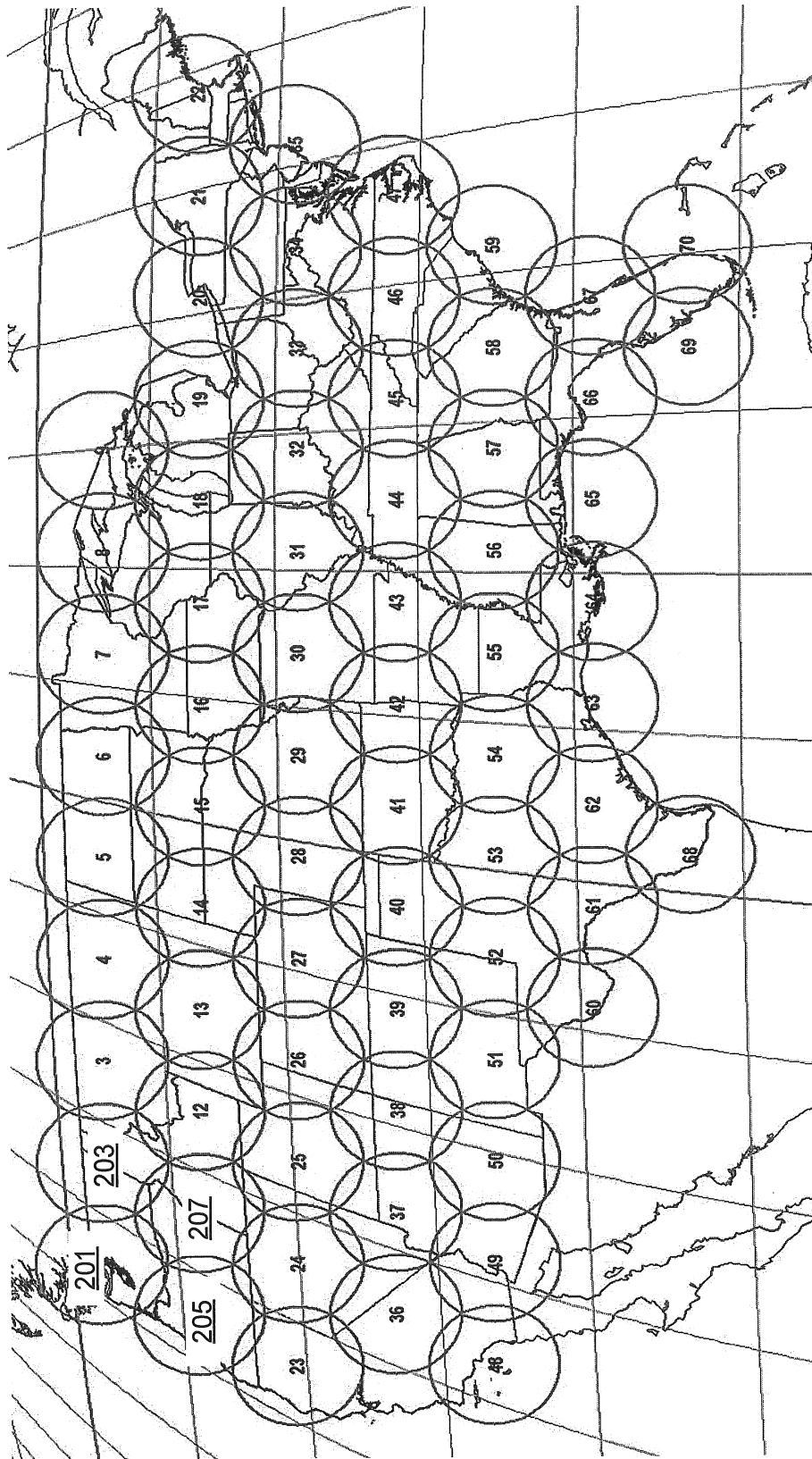


FIG. 2

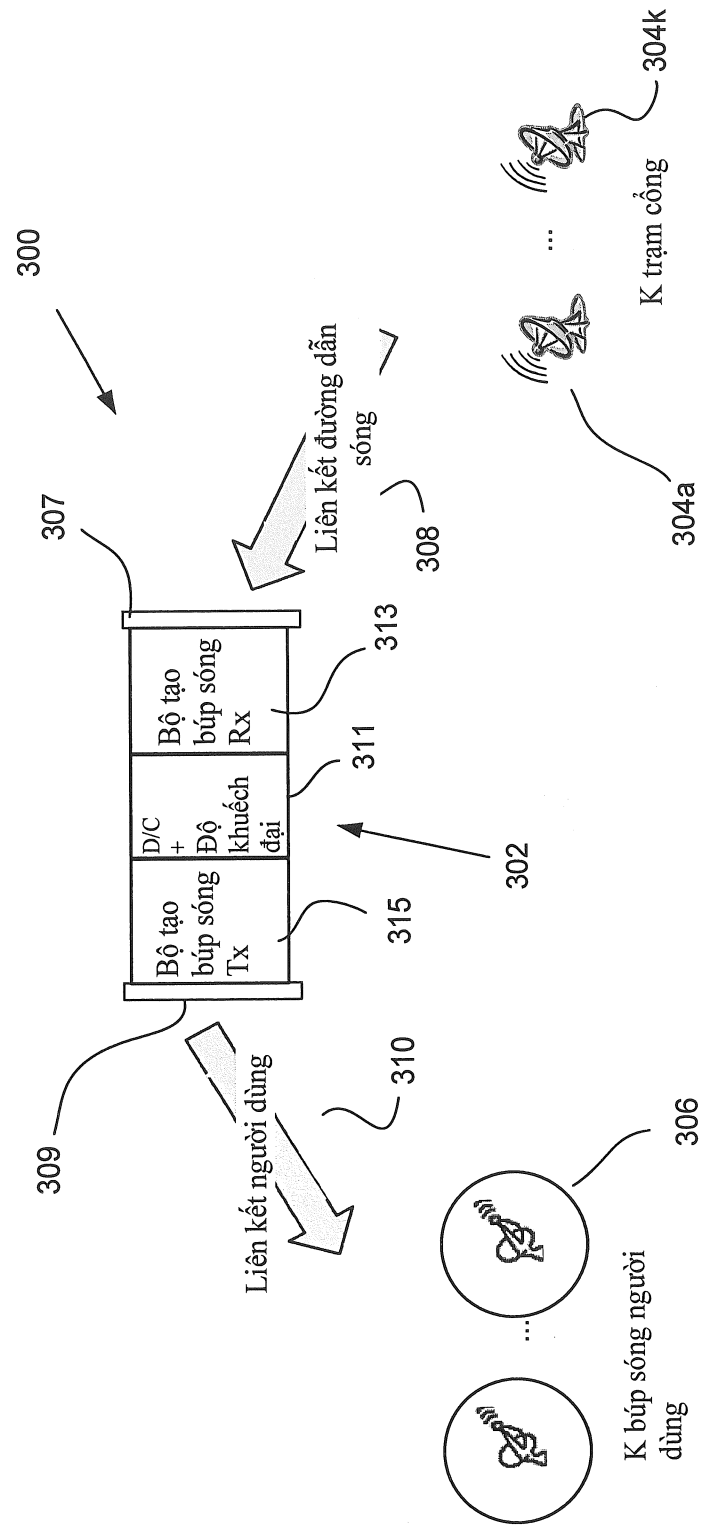


FIG. 3

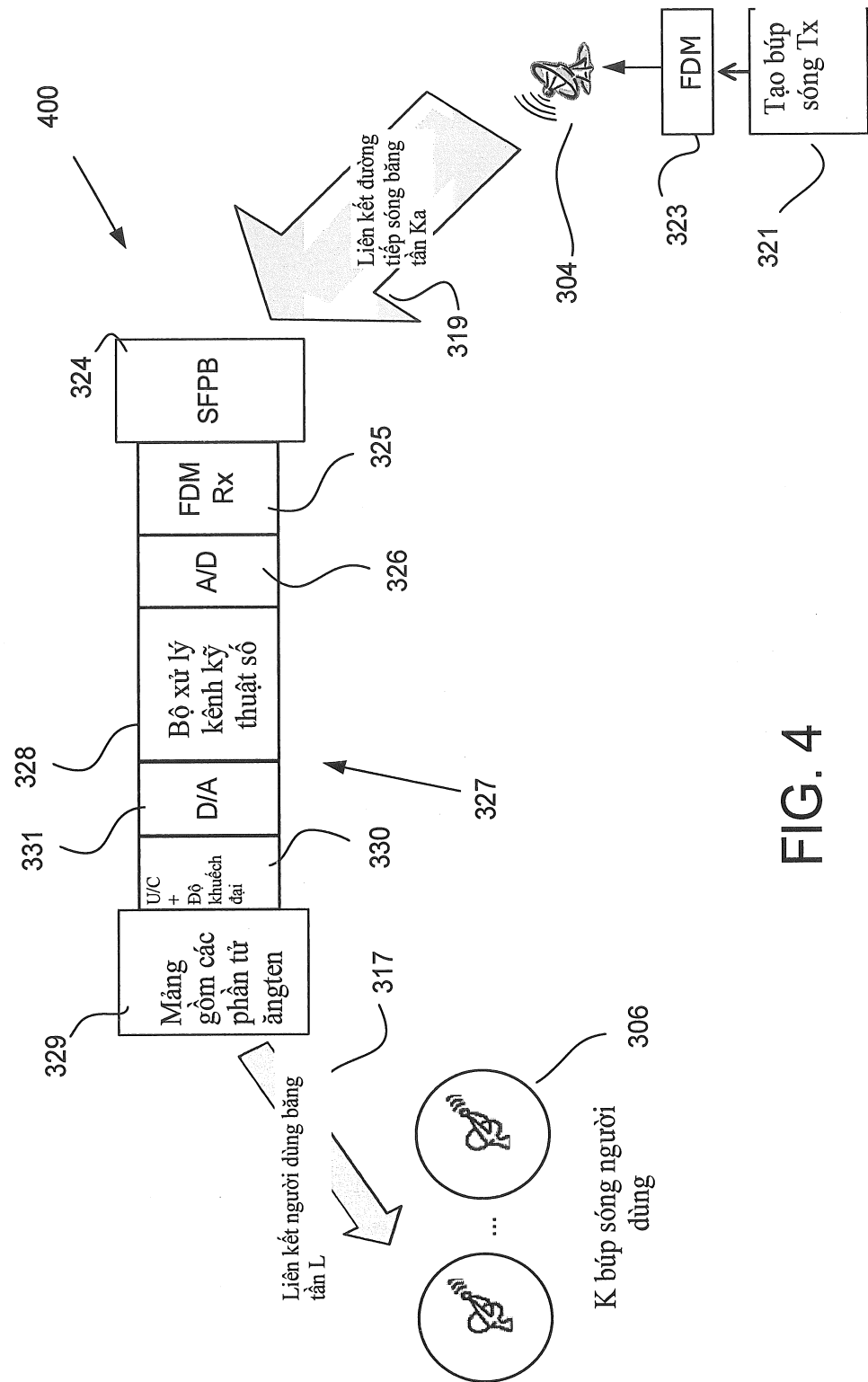
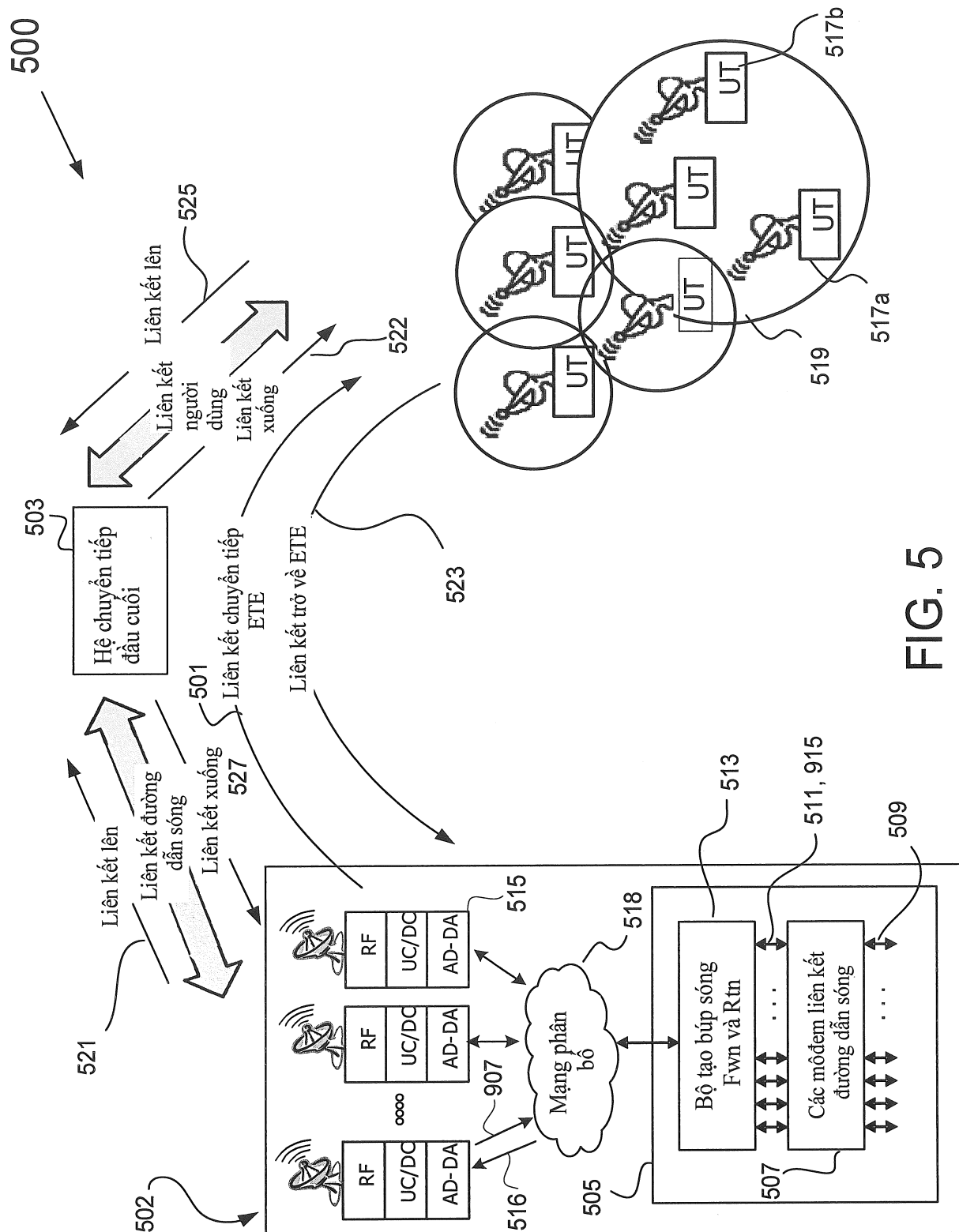


Fig. 4



56

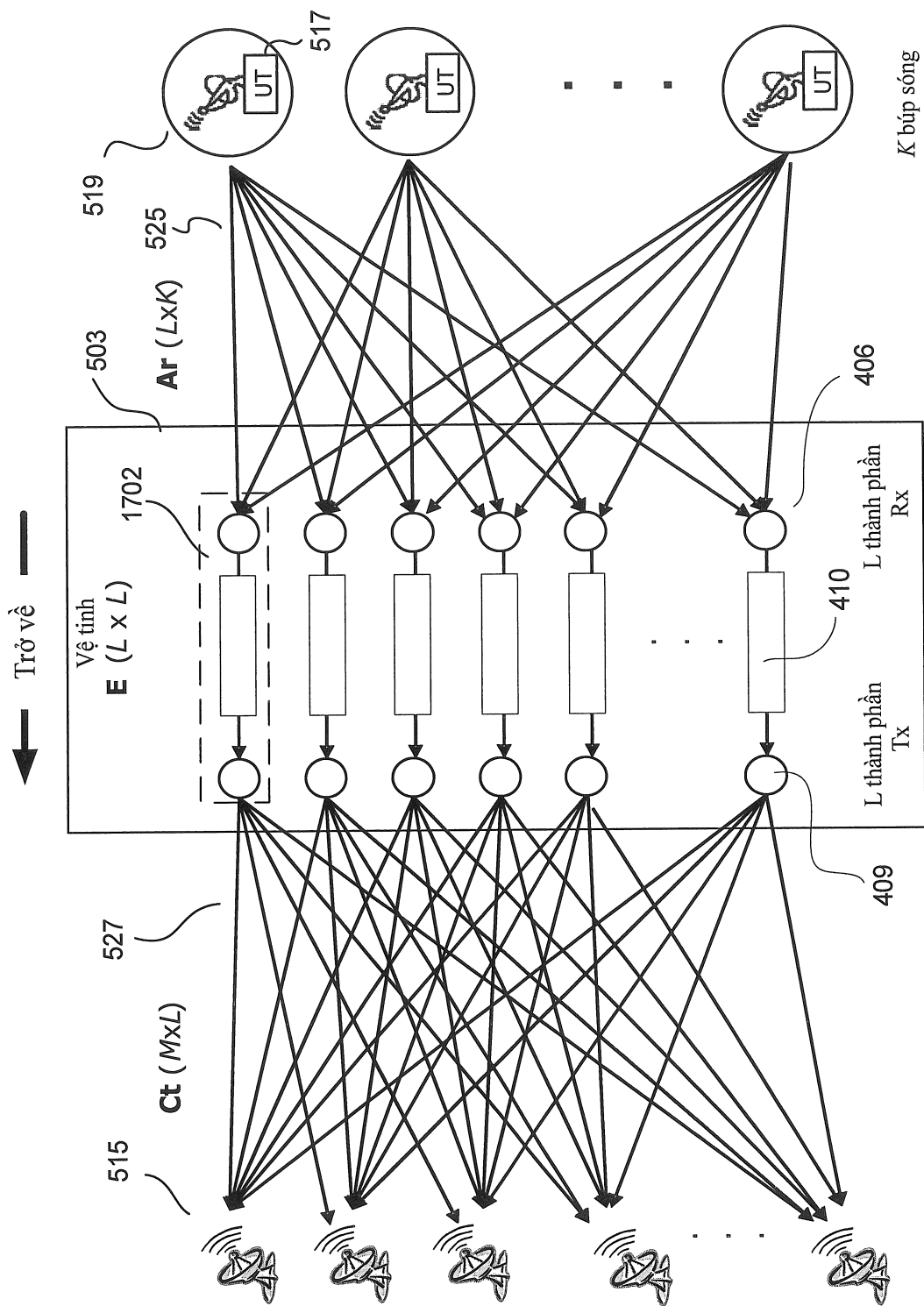


FIG. 6

M AN

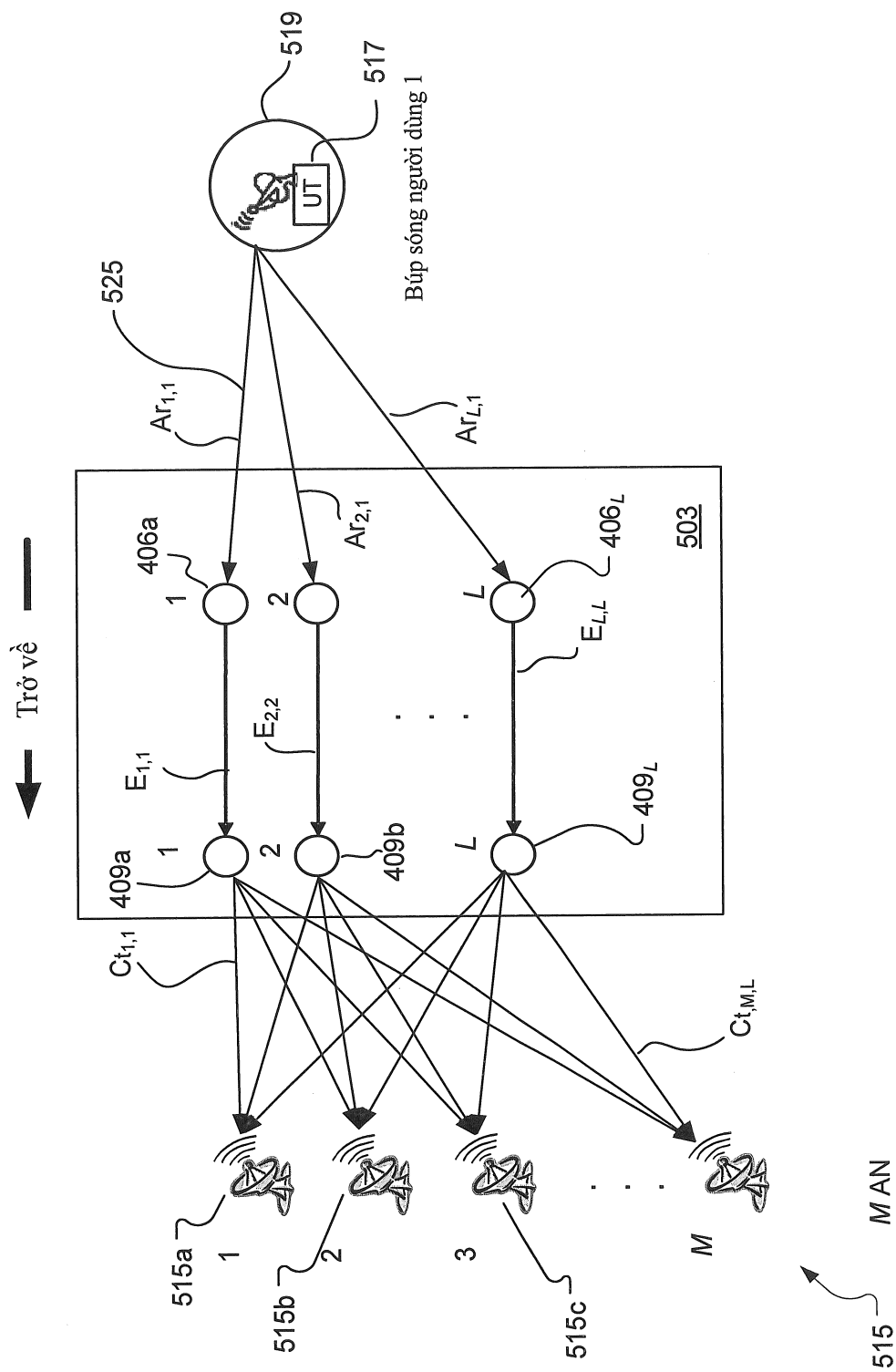
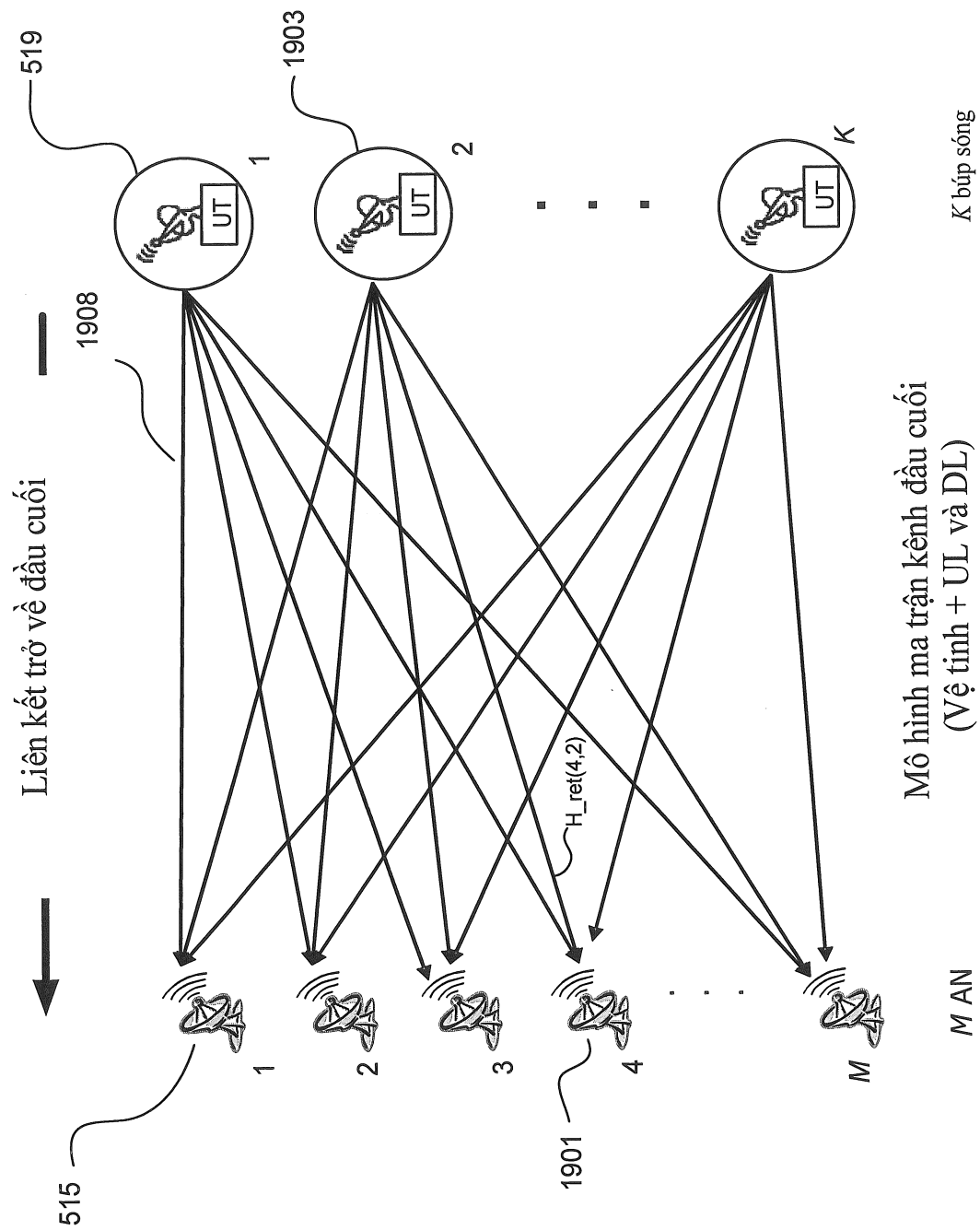
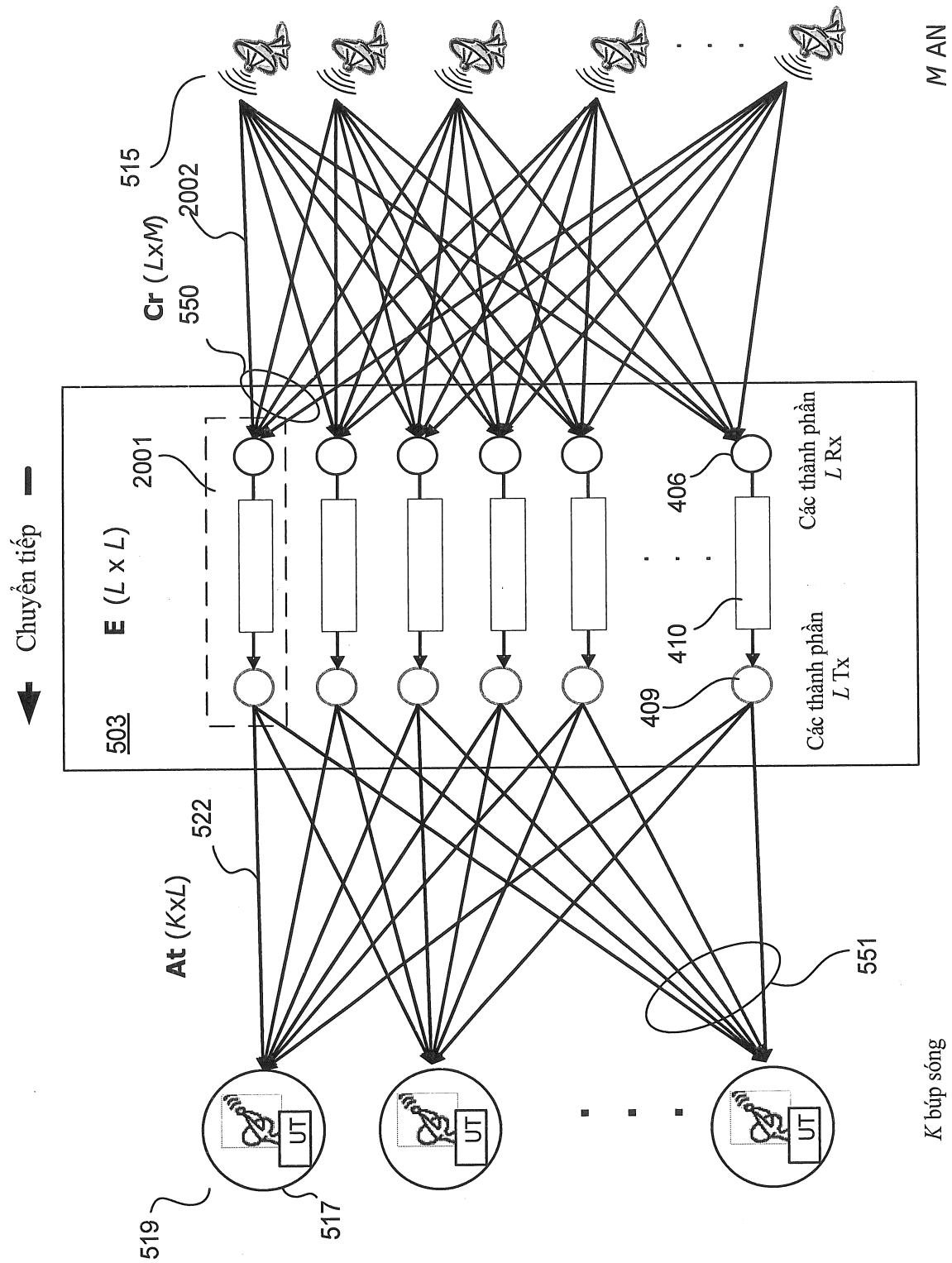


FIG. 7



8
G
E



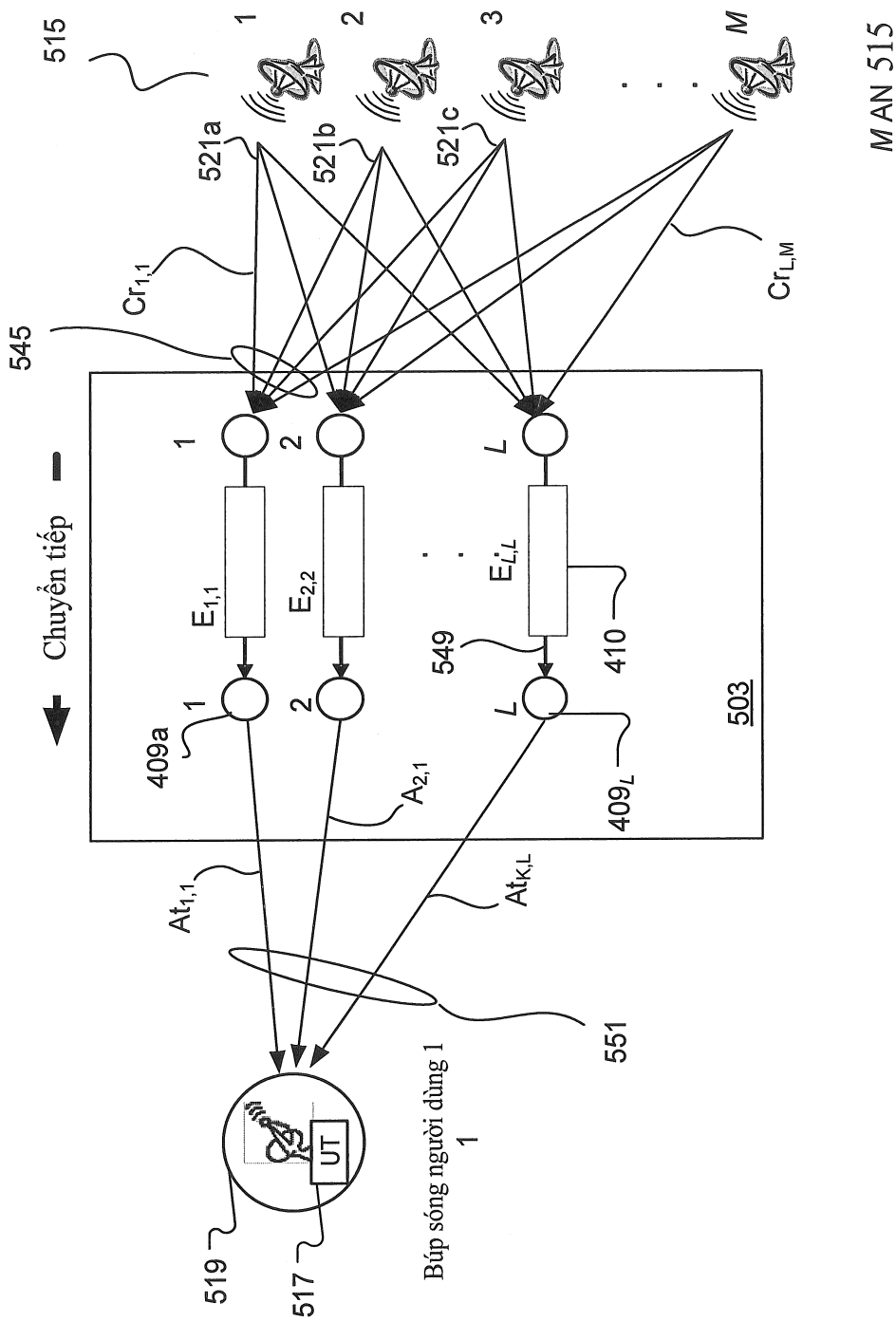


FIG. 10

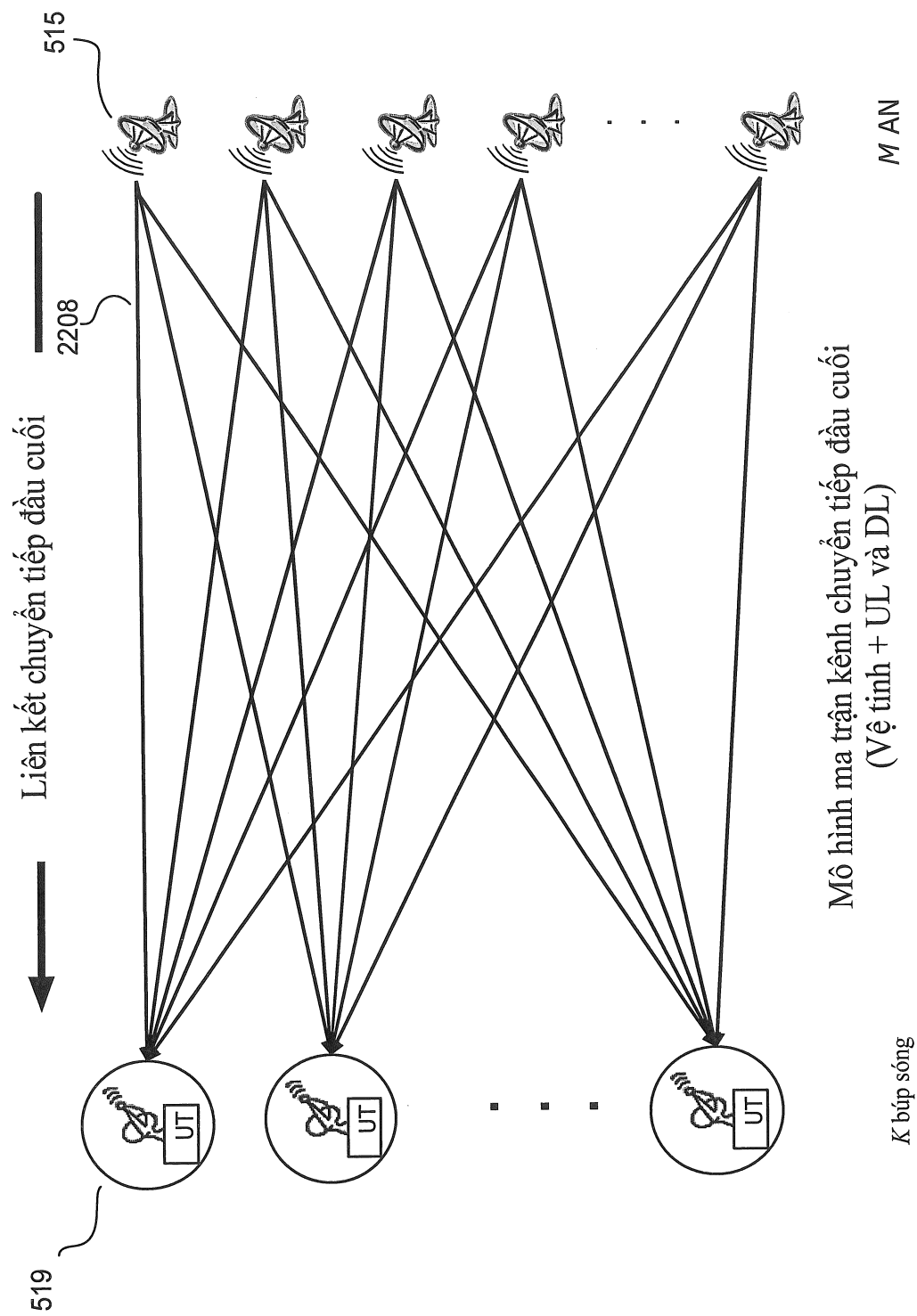


FIG. 11

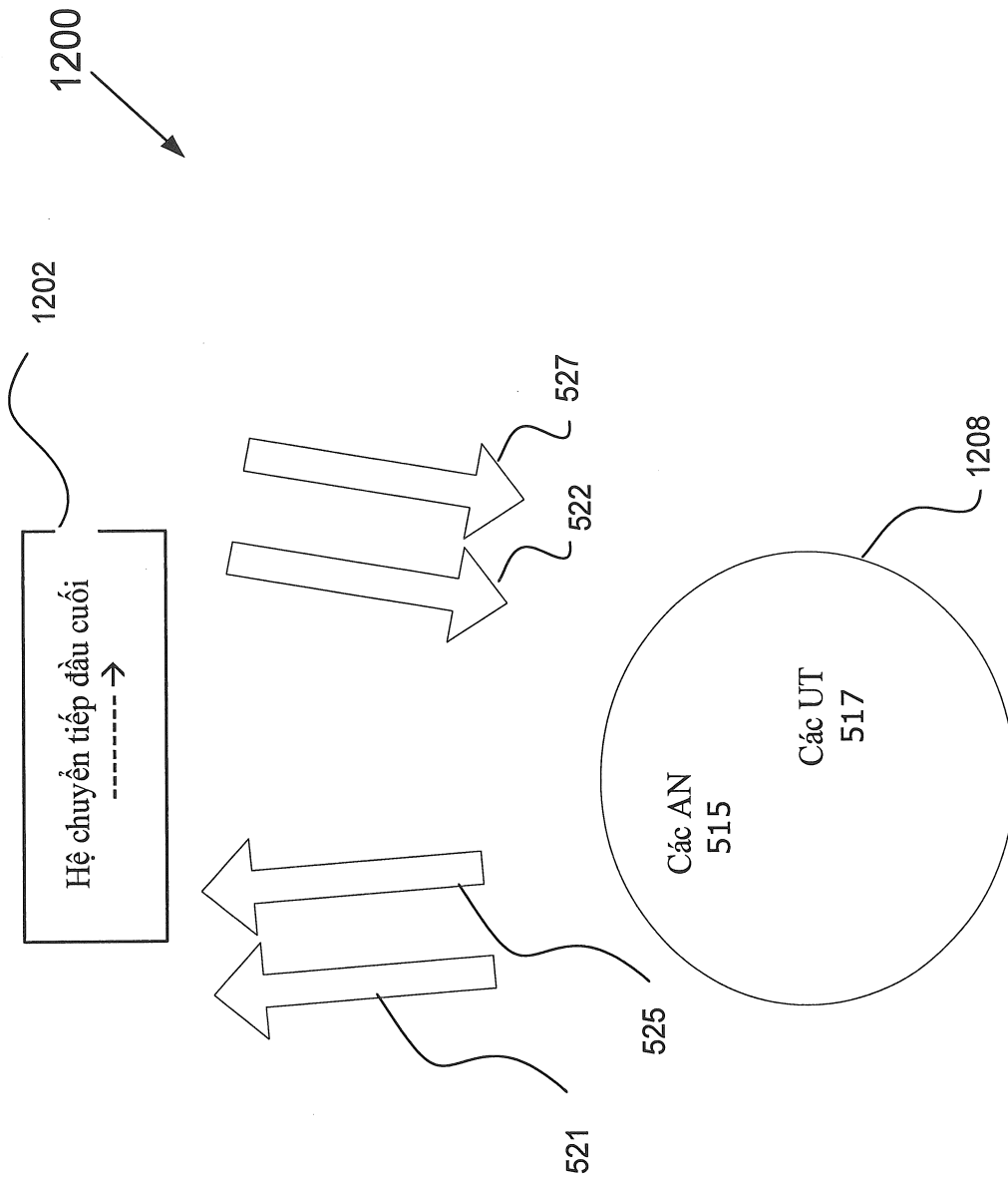


FIG. 12

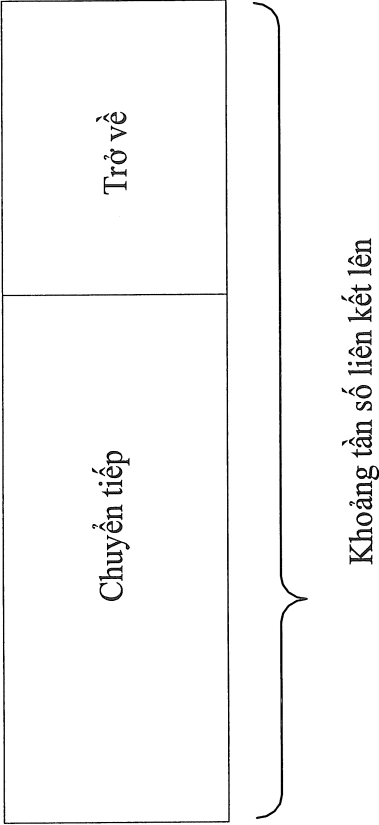


FIG. 13

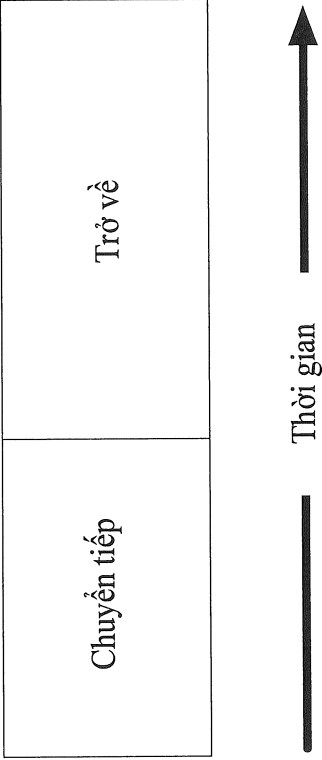


FIG. 14

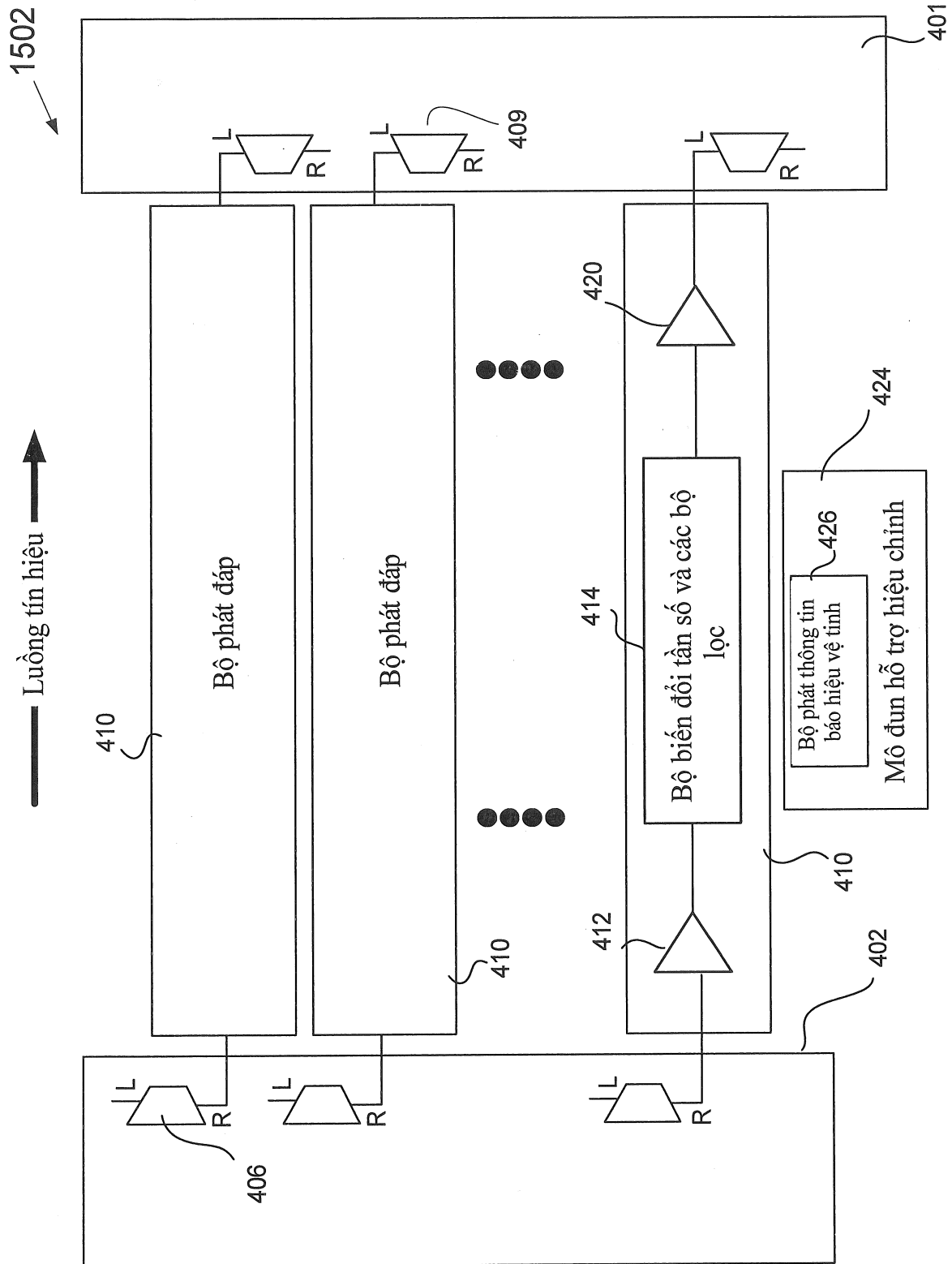


FIG. 15

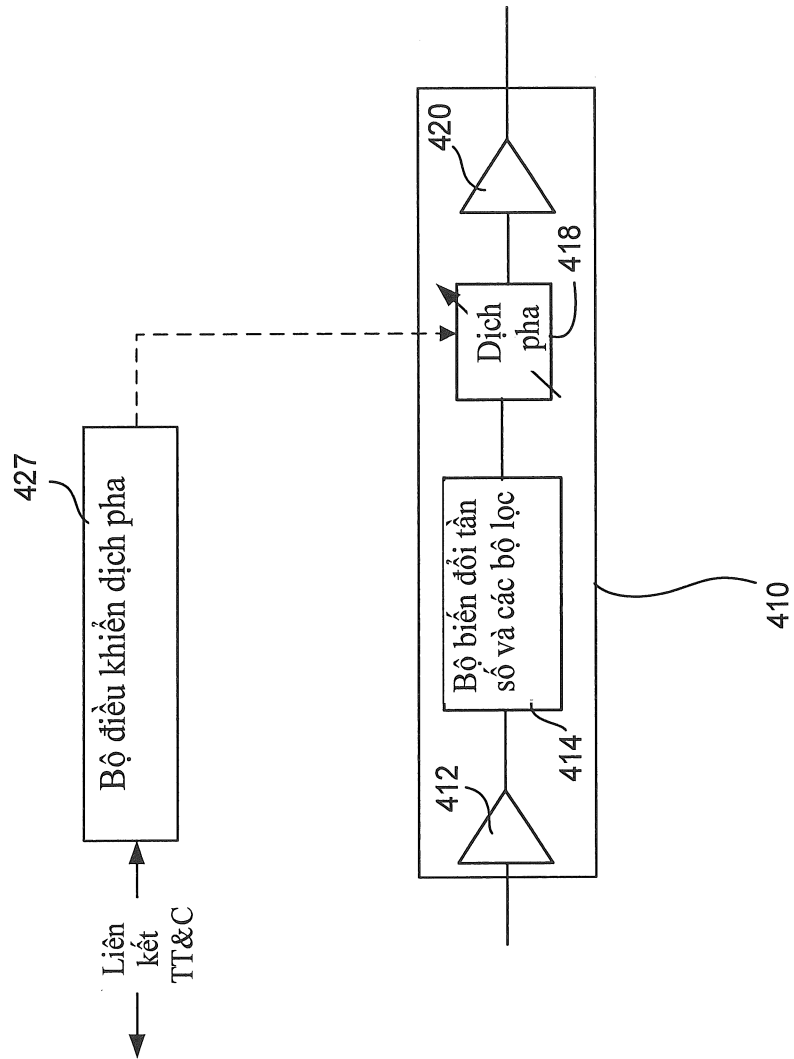


FIG. 16

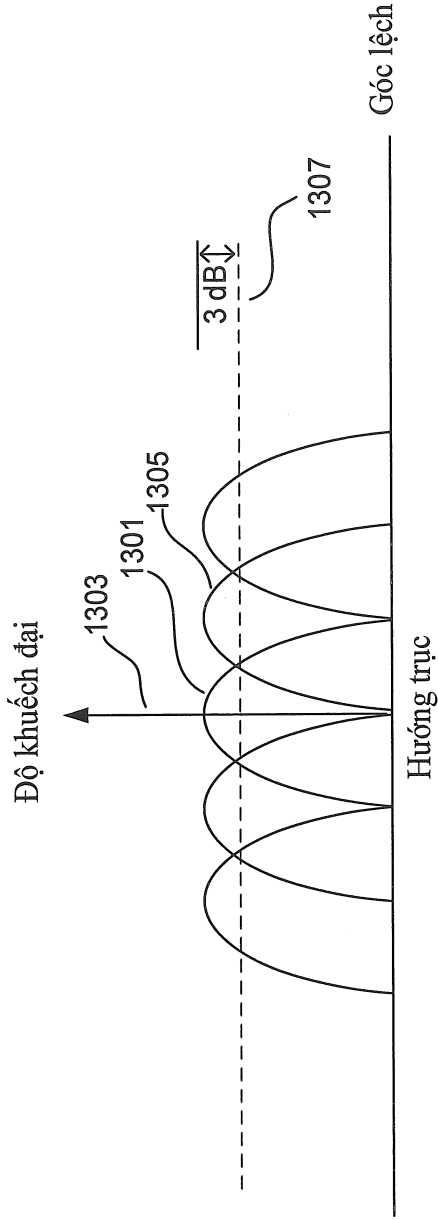


FIG. 17

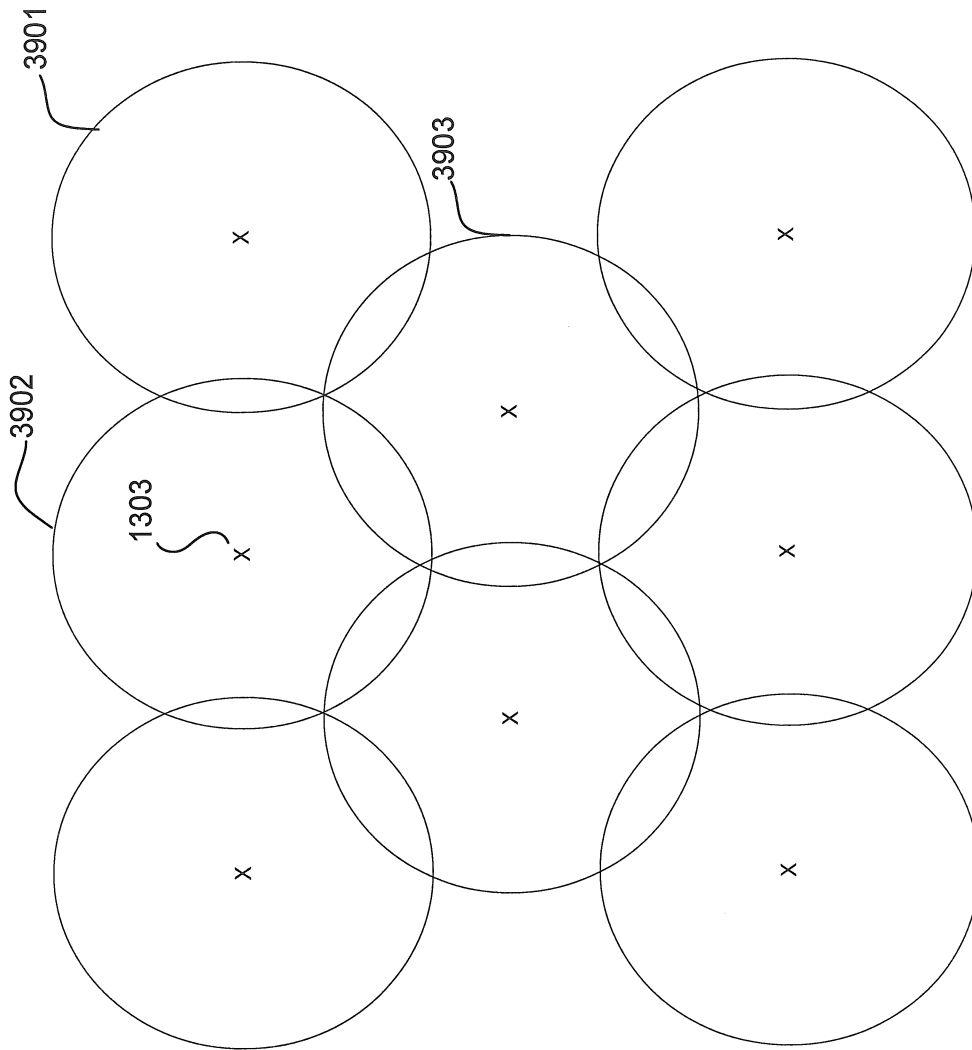


FIG. 18

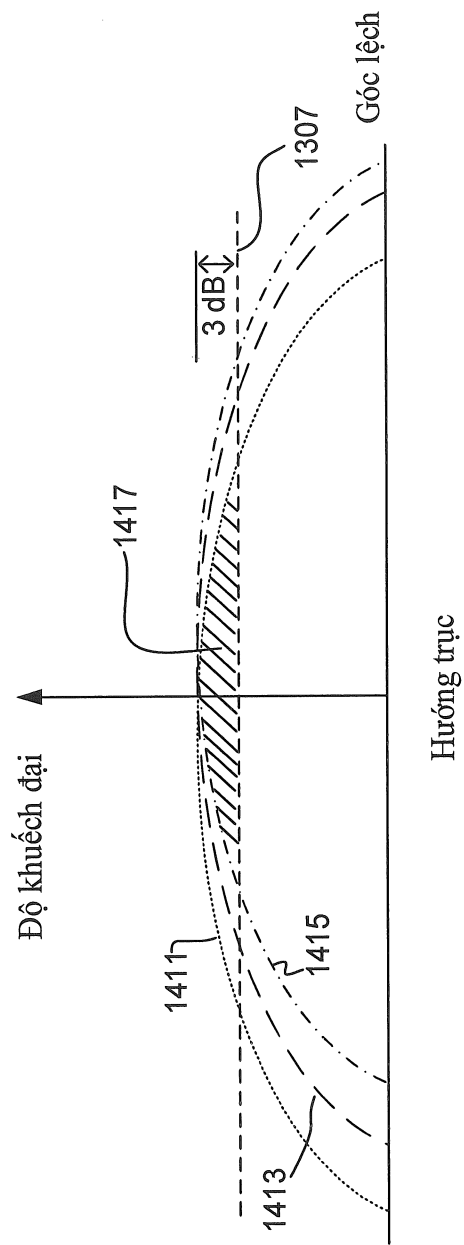


FIG. 19

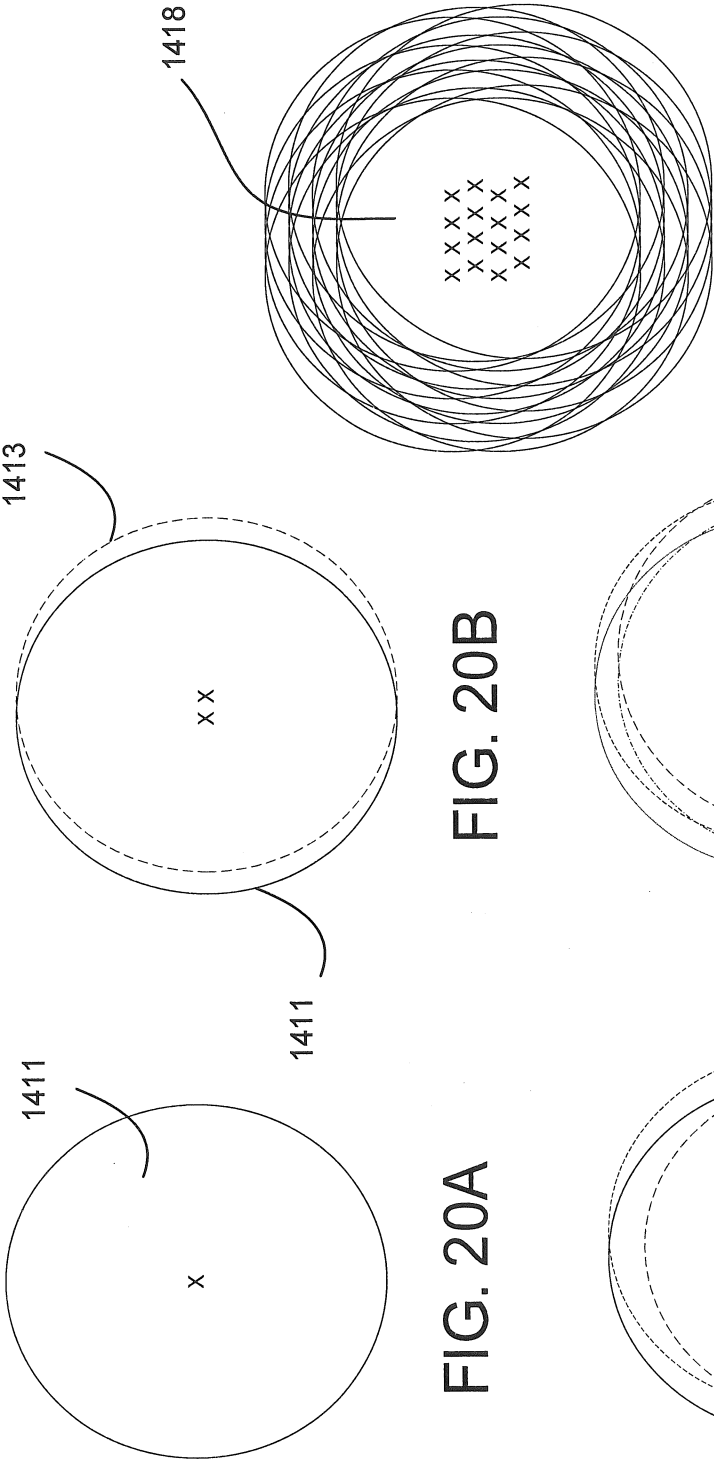


FIG. 20B

FIG. 20A

FIG. 20E

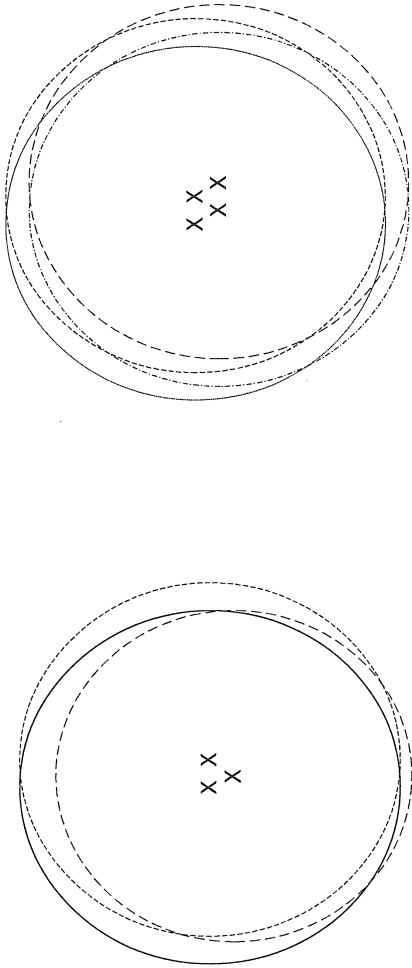


FIG. 20C

FIG. 20D

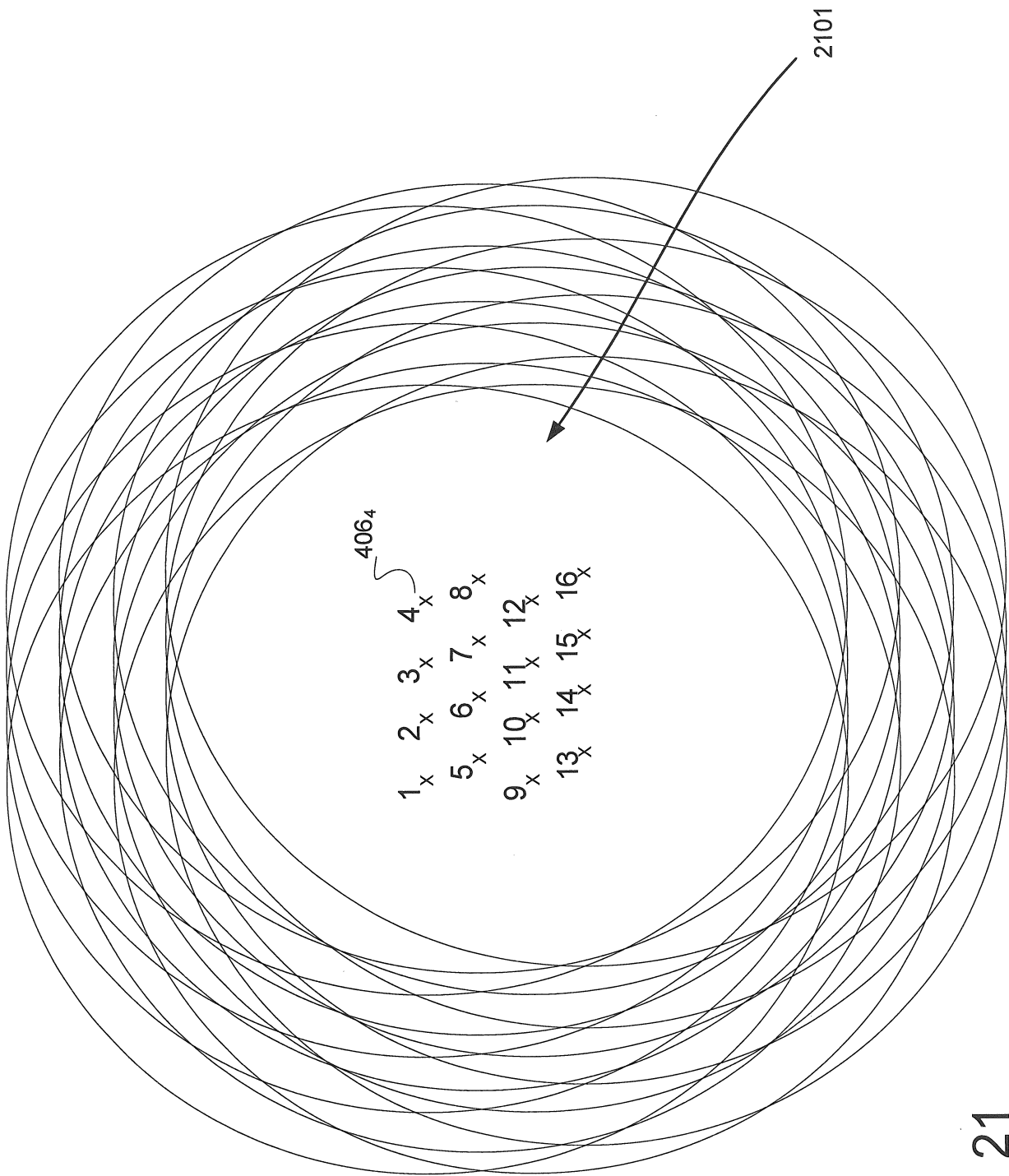


FIG. 21

4202

4200

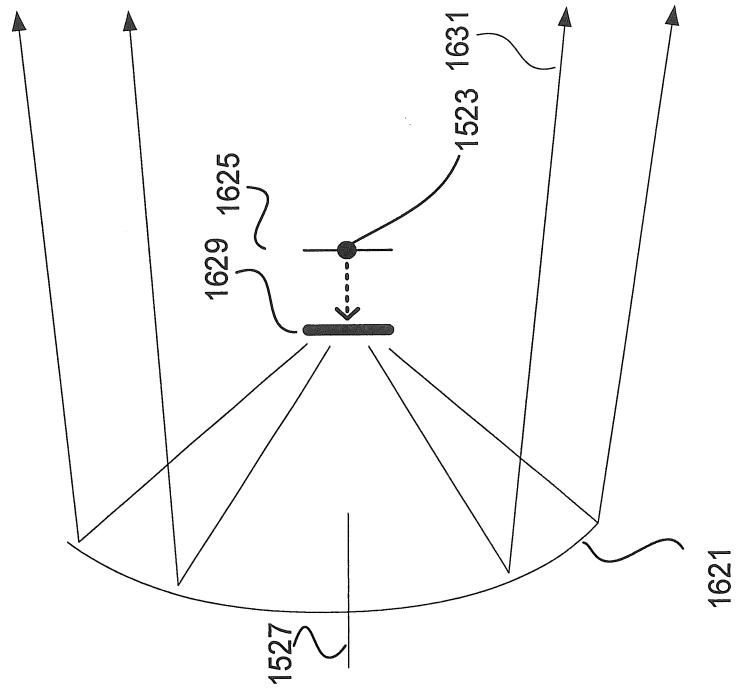
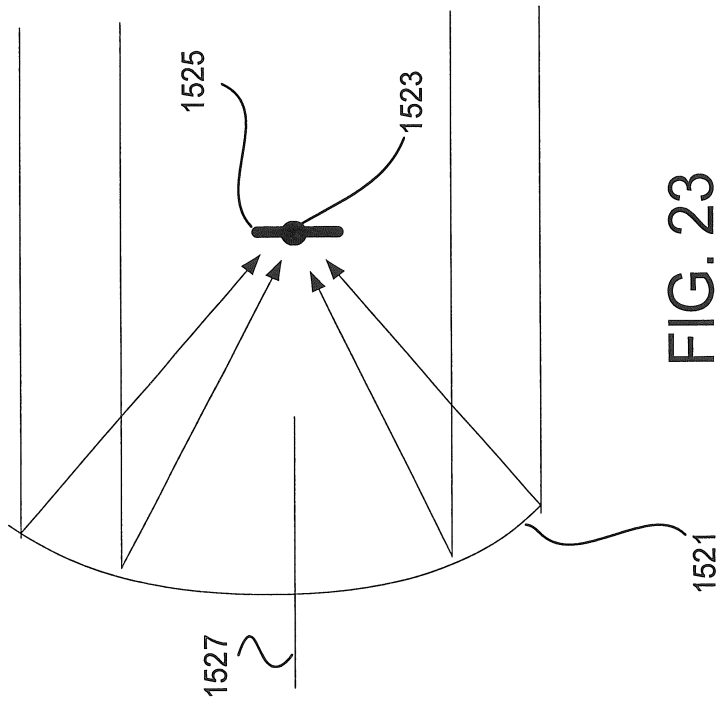
4204

4206

4208

Bộ phát đáp	Thành phần RX	Ảnh xạ trực tiếp	Ảnh xạ đan xen
1	1	1	10
2	2	2	9
3	3	3	4
4	4	4	16
5	5	5	1
6	6	6	14
7	7	7	3
8	8	8	12
9	9	9	13
10	10	10	15
11	11	11	8
12	12	12	5
13	13	13	11
14	14	14	6
15	15	15	2
16	16	16	7

FIG. 22



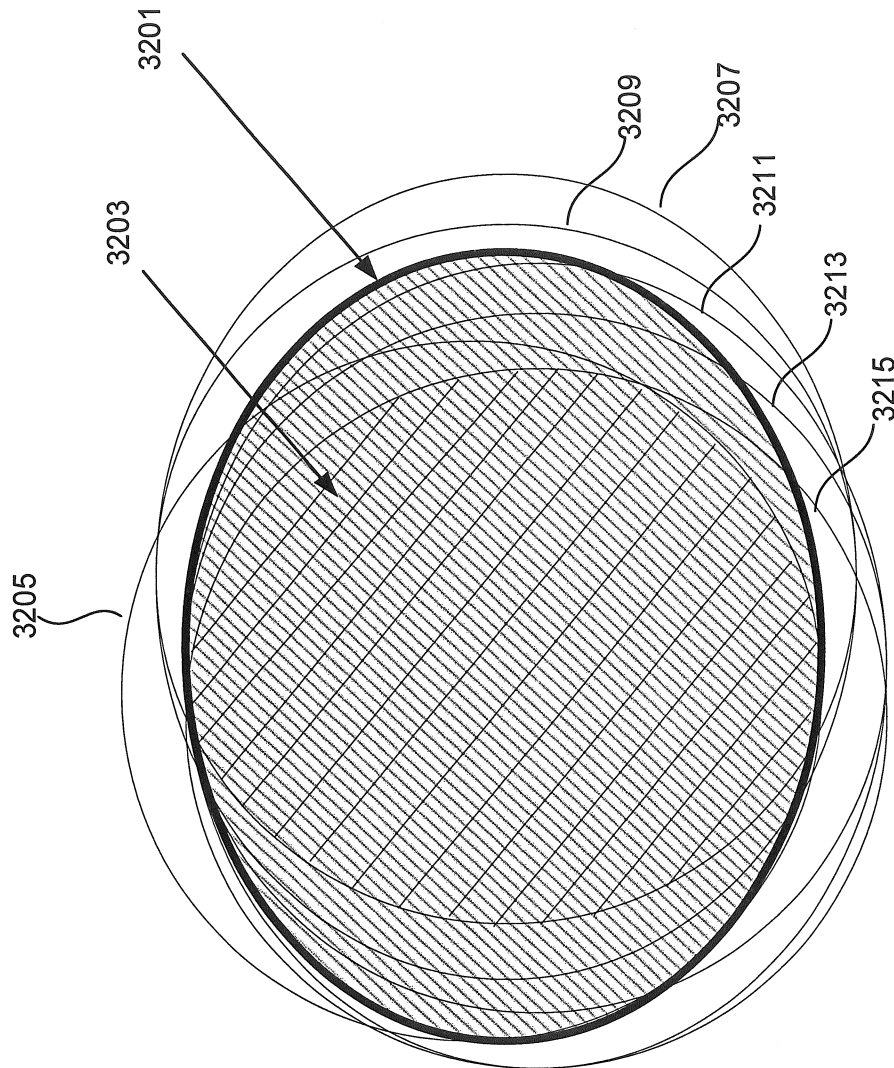


FIG. 25

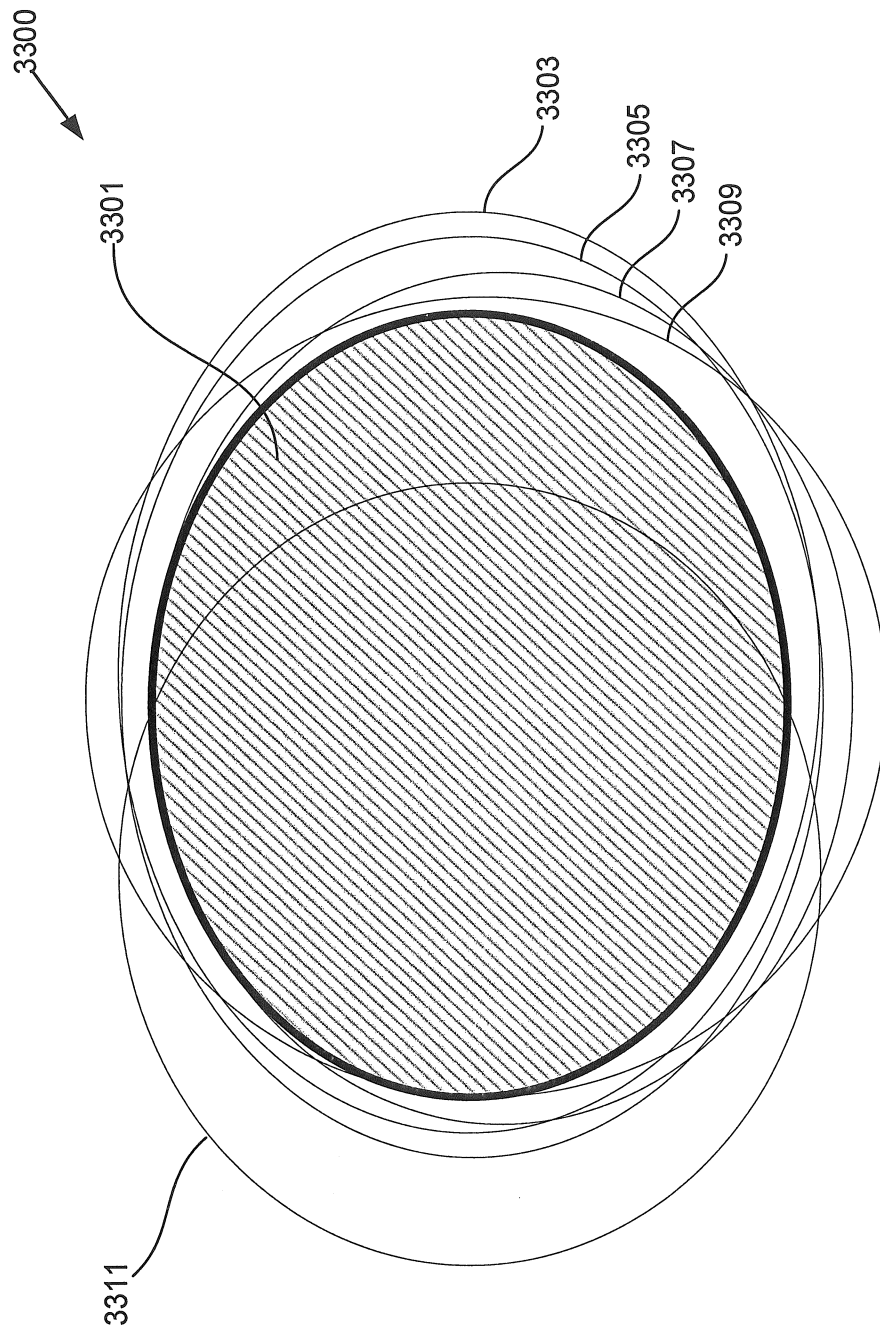


FIG. 26

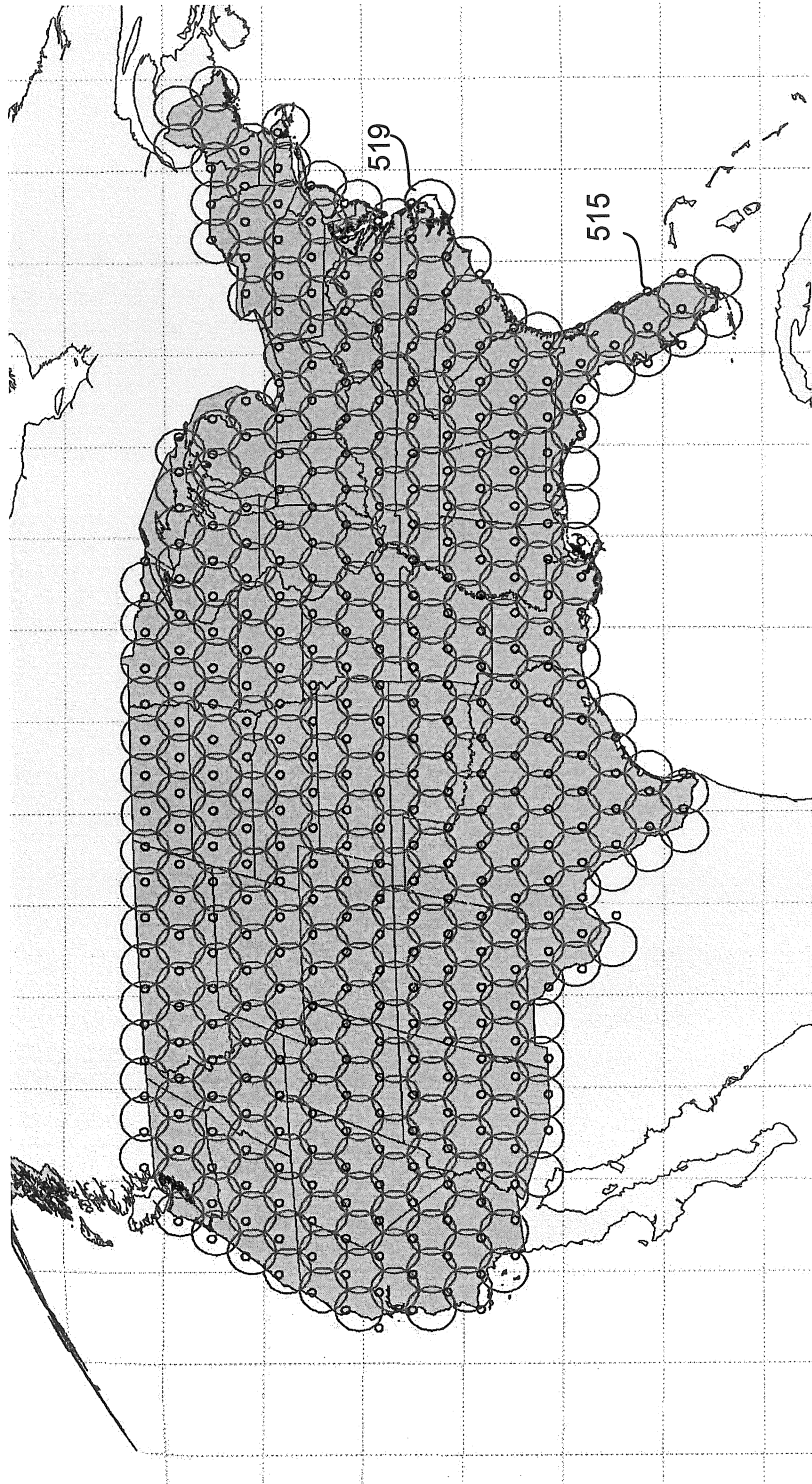


FIG. 27

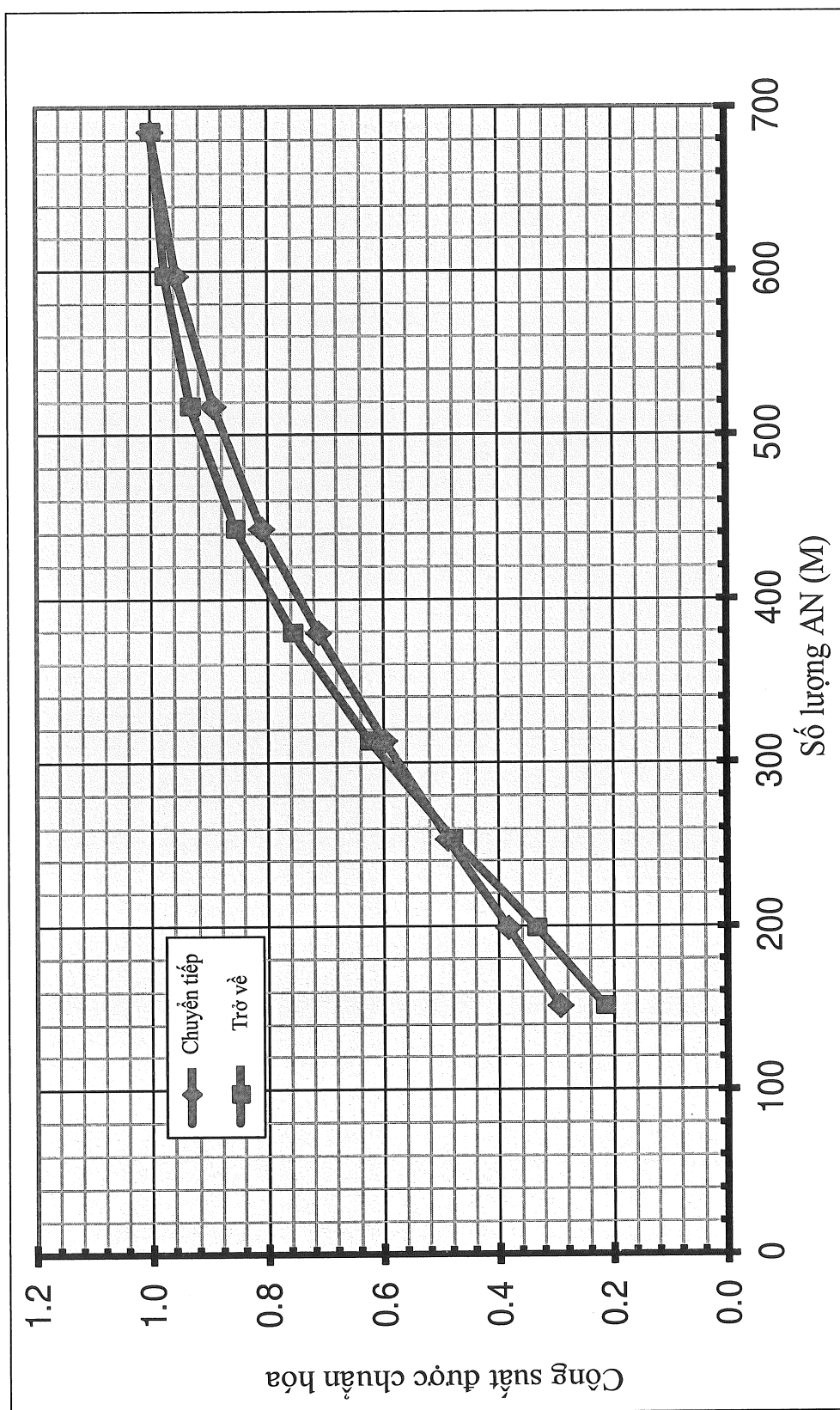


FIG. 28

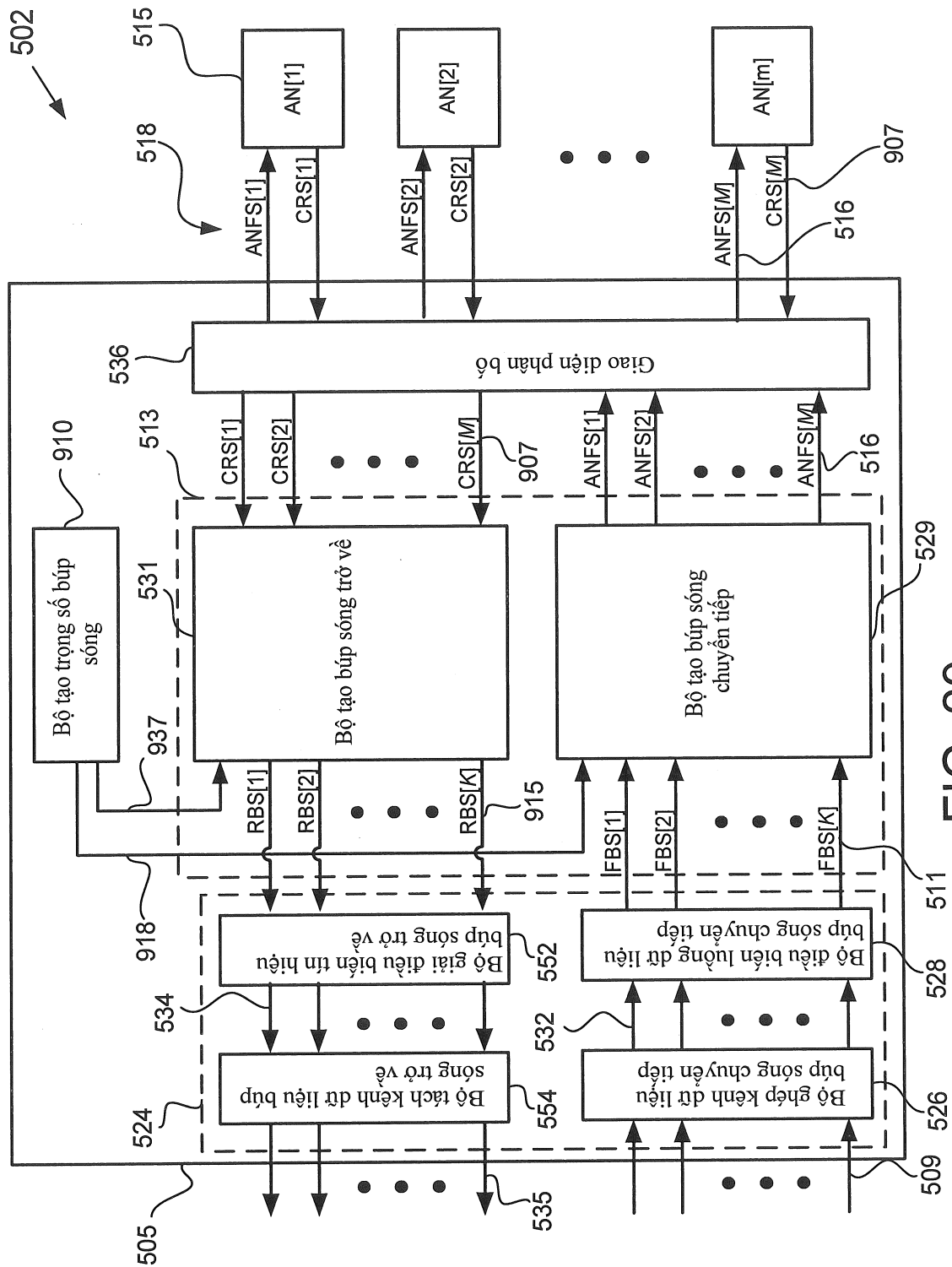


FIG. 29

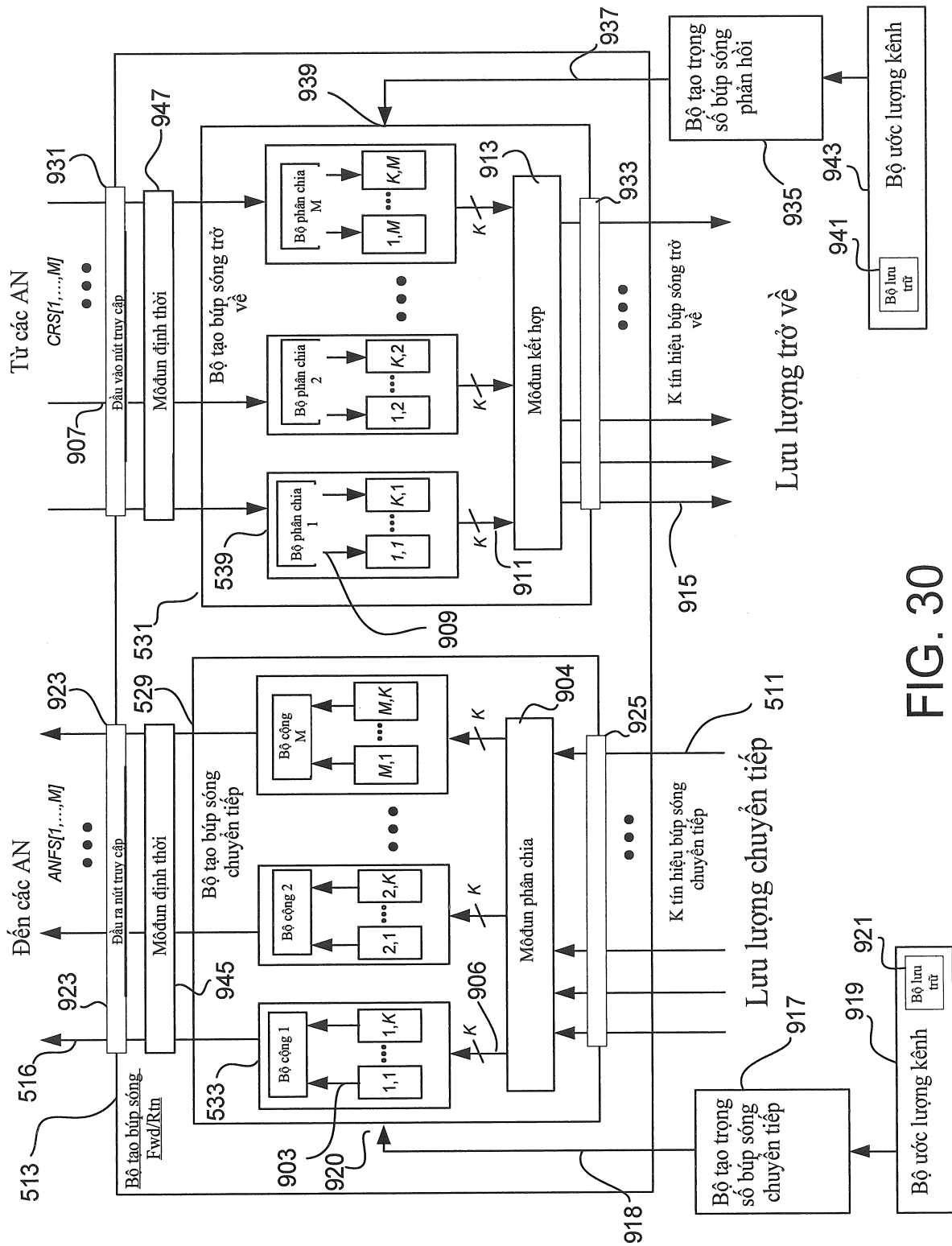


FIG. 30

529

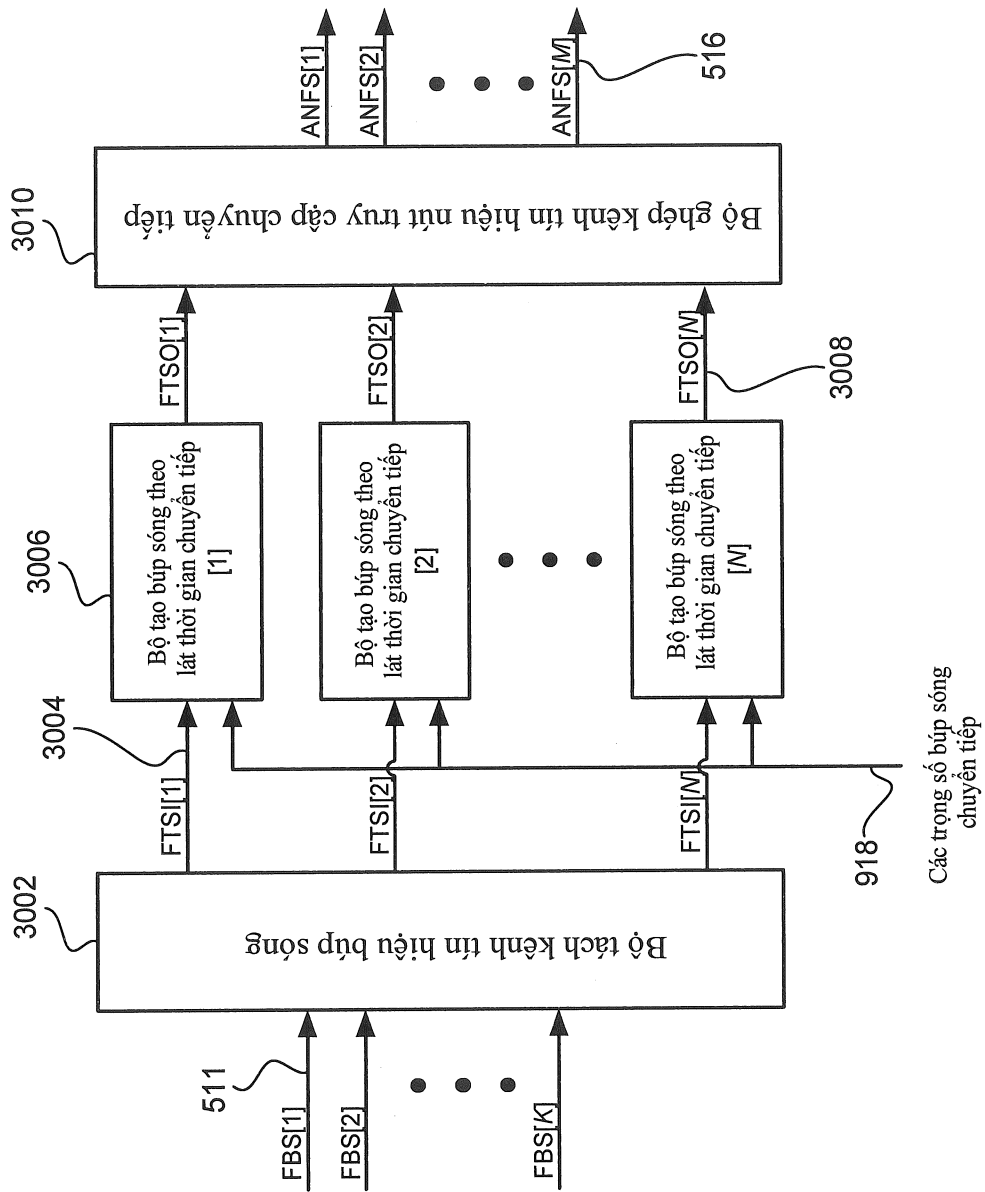


FIG. 31

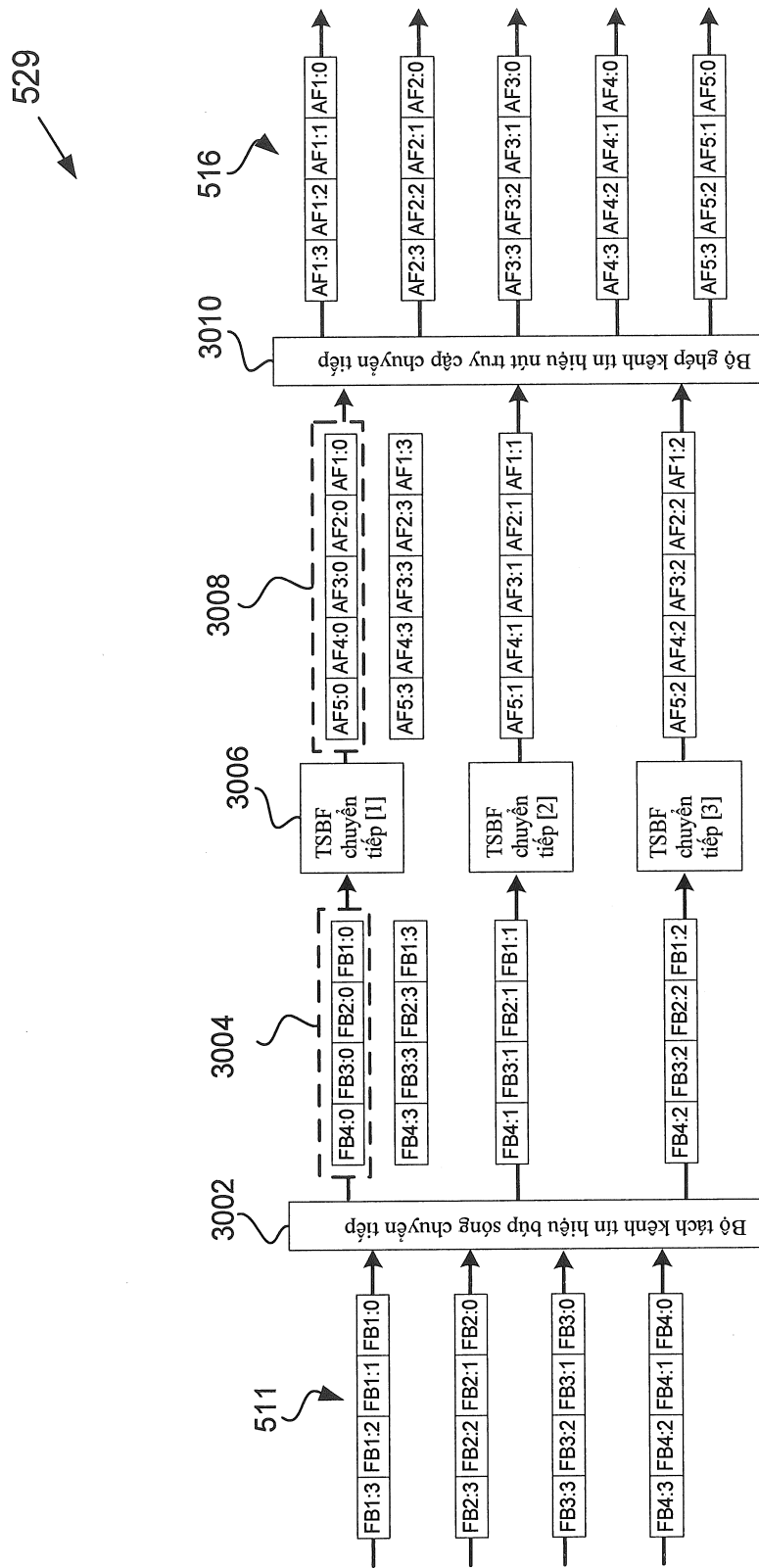


FIG. 32

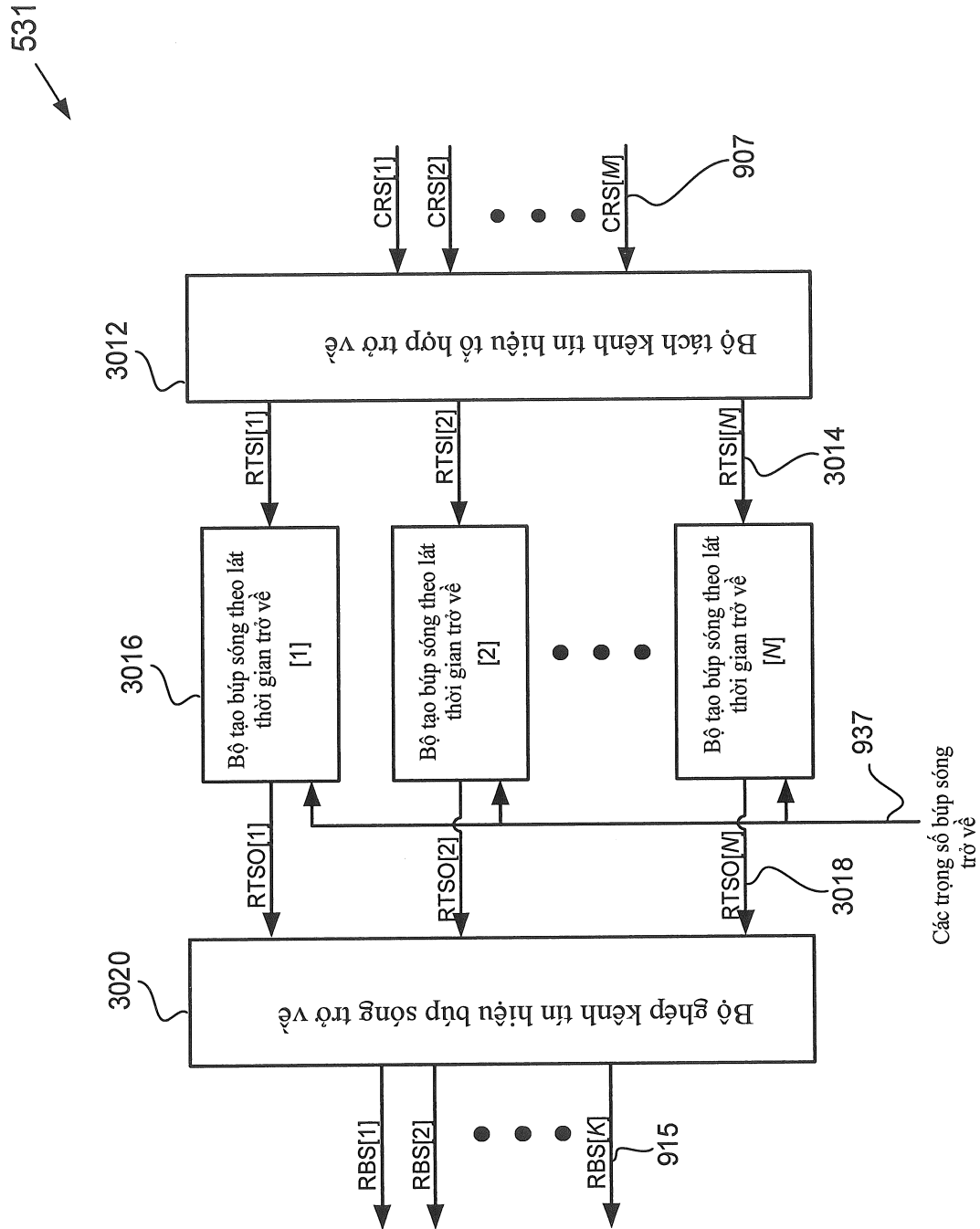


FIG. 33

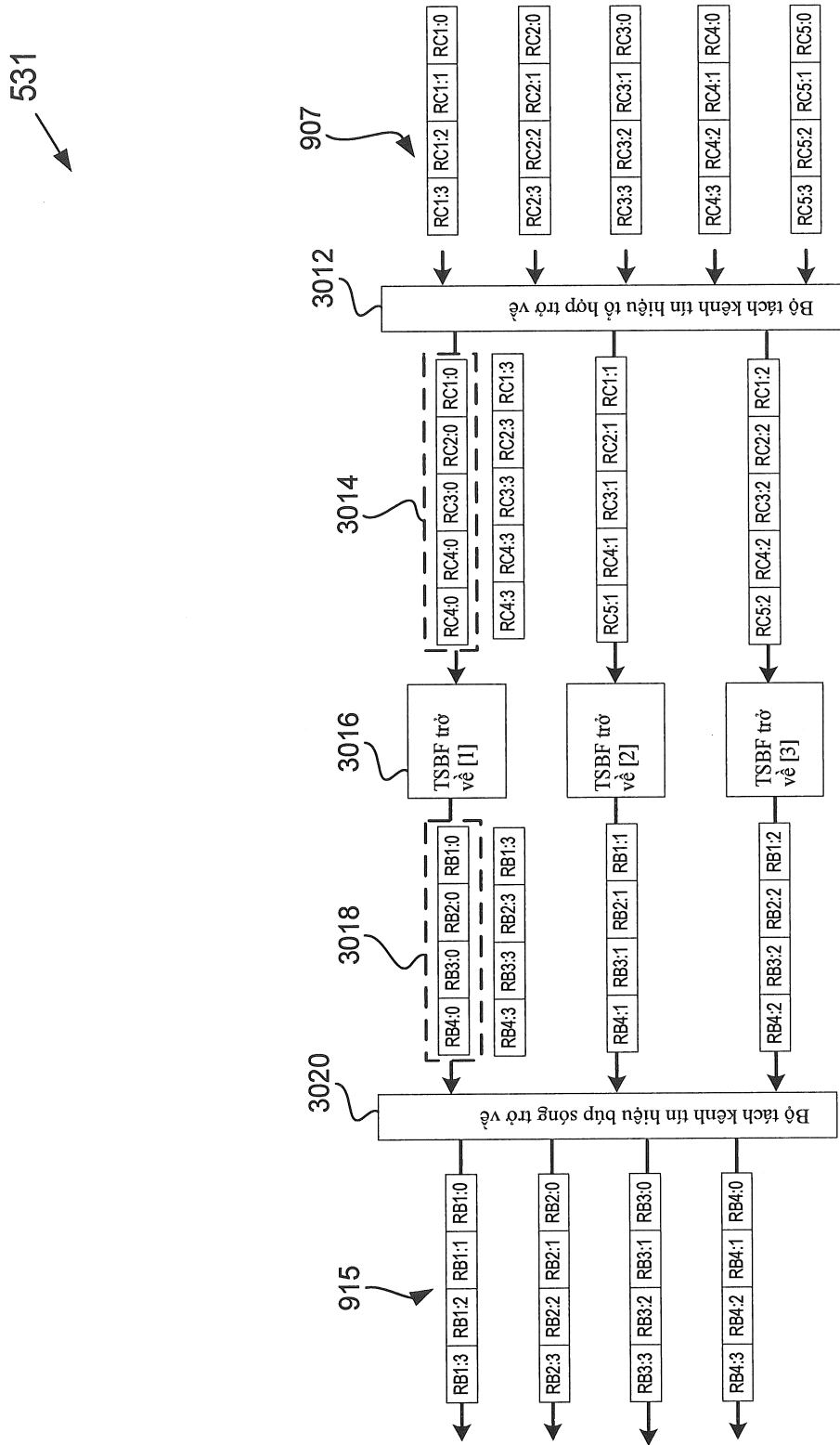


FIG. 34

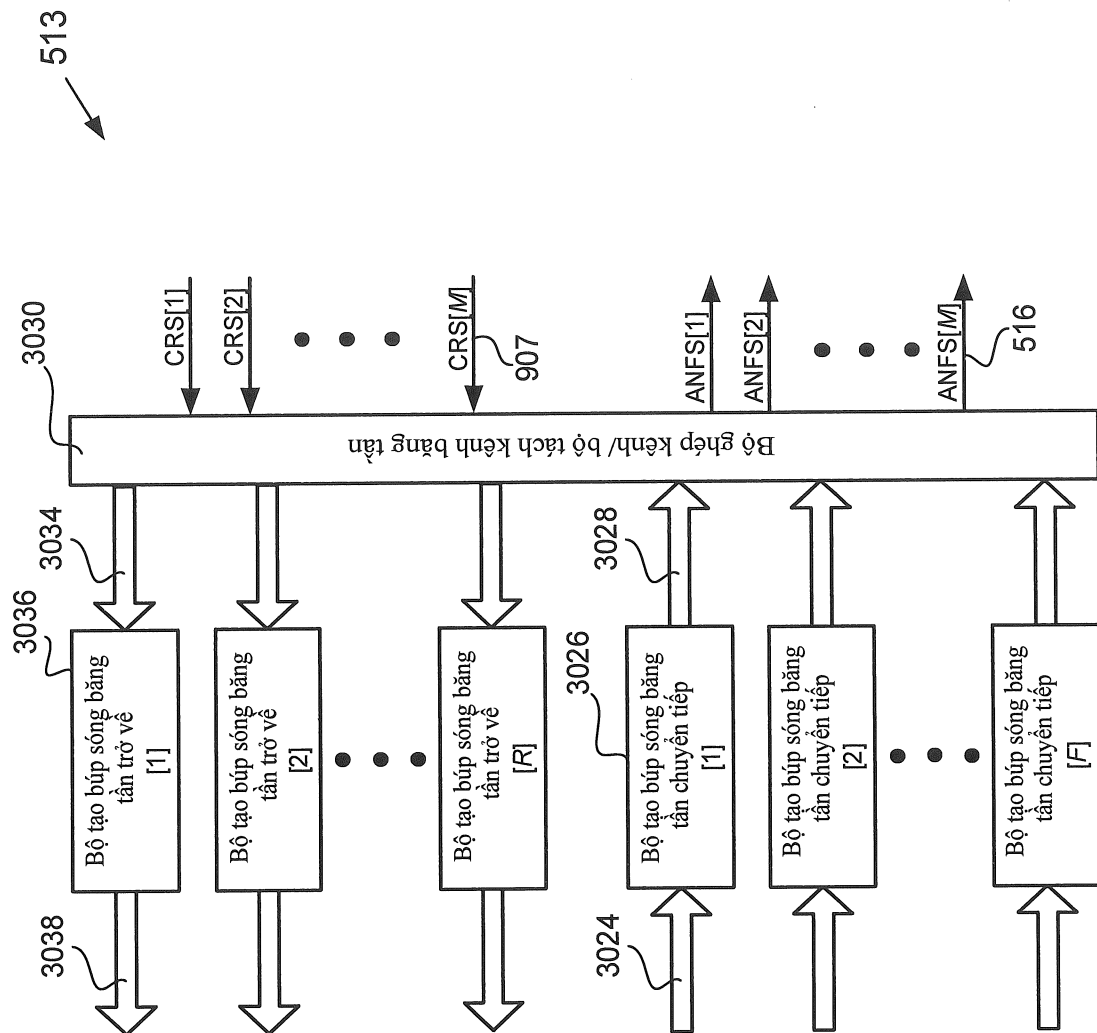


FIG. 35

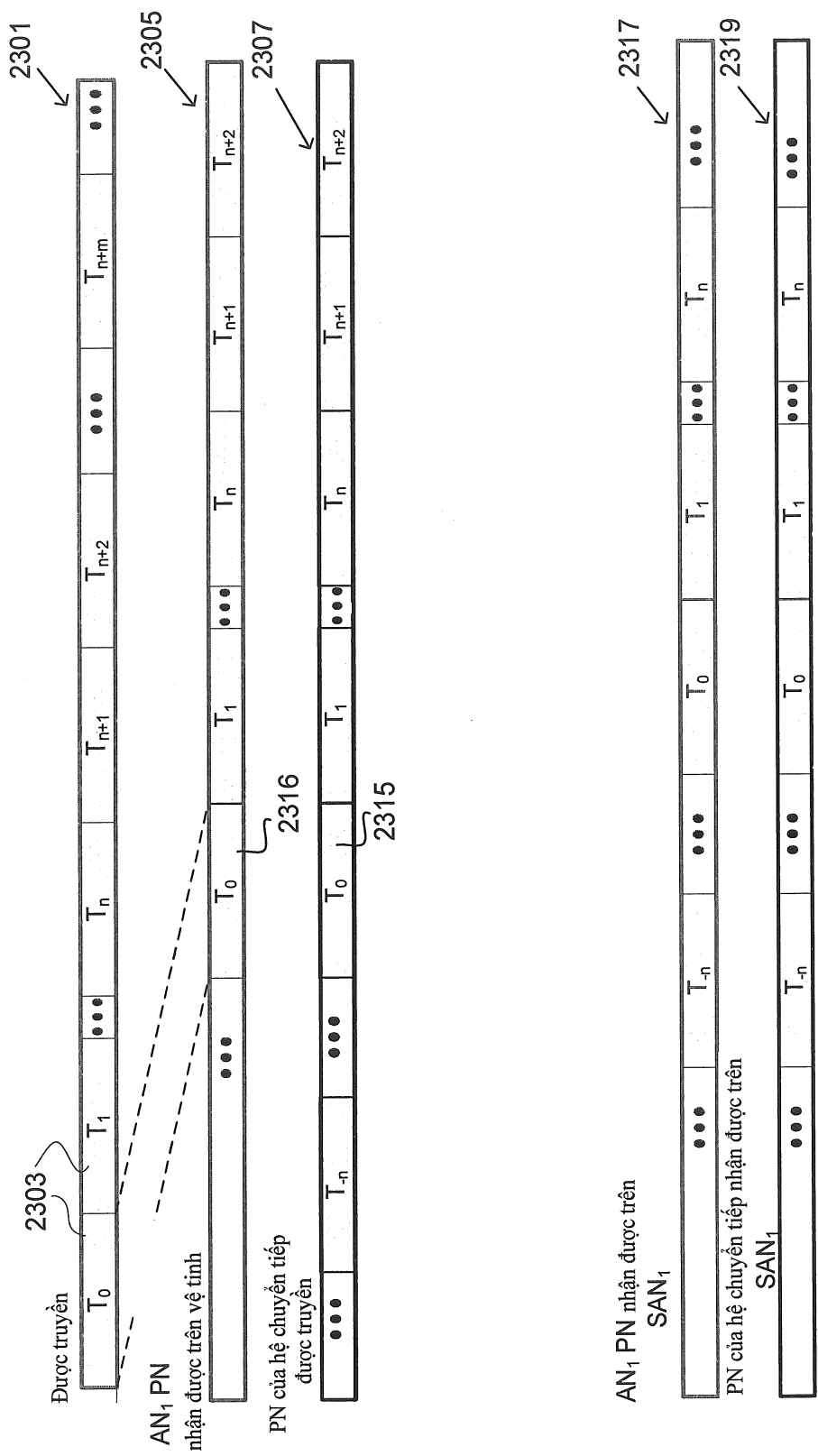


FIG. 36

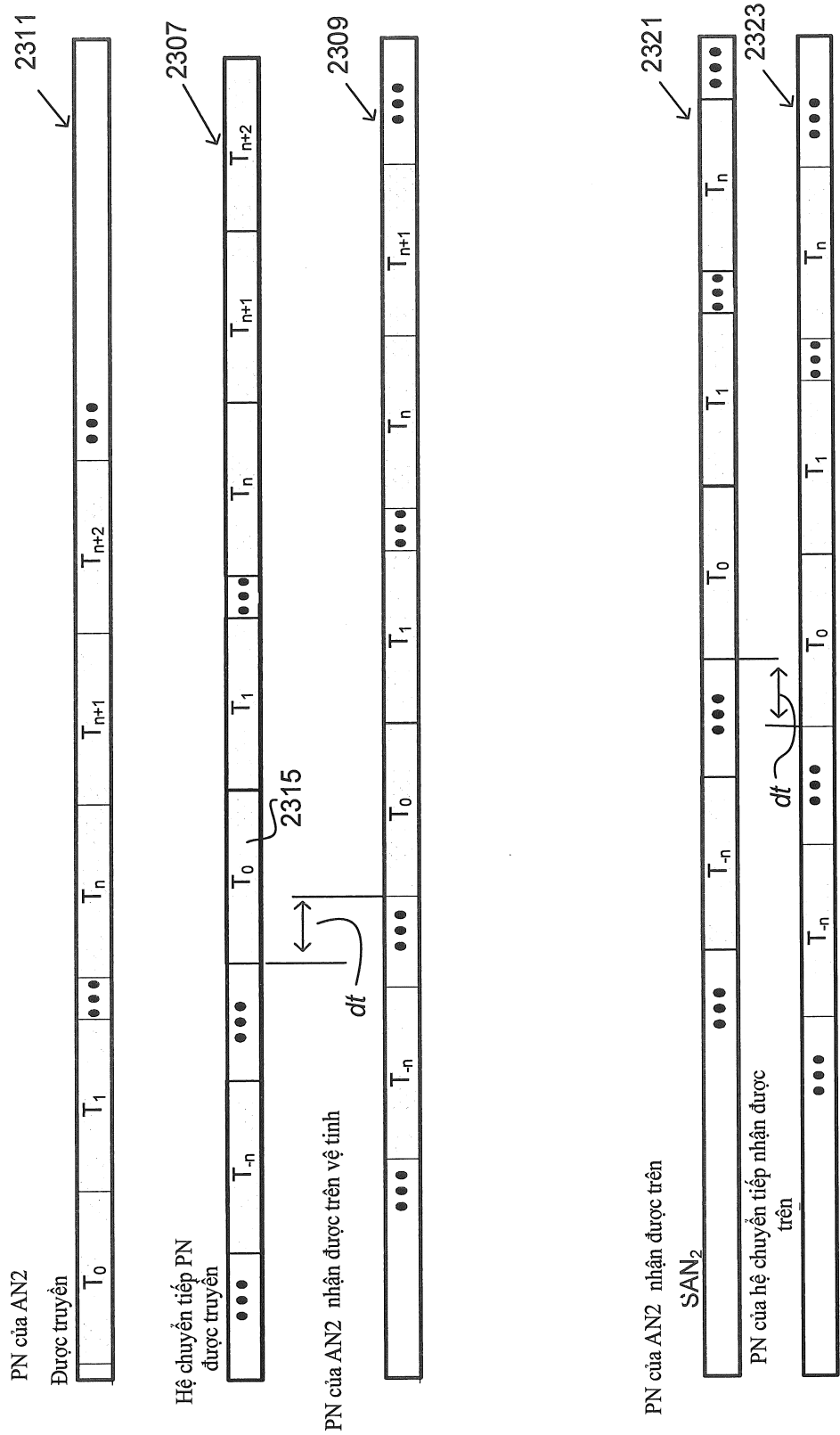


FIG. 37

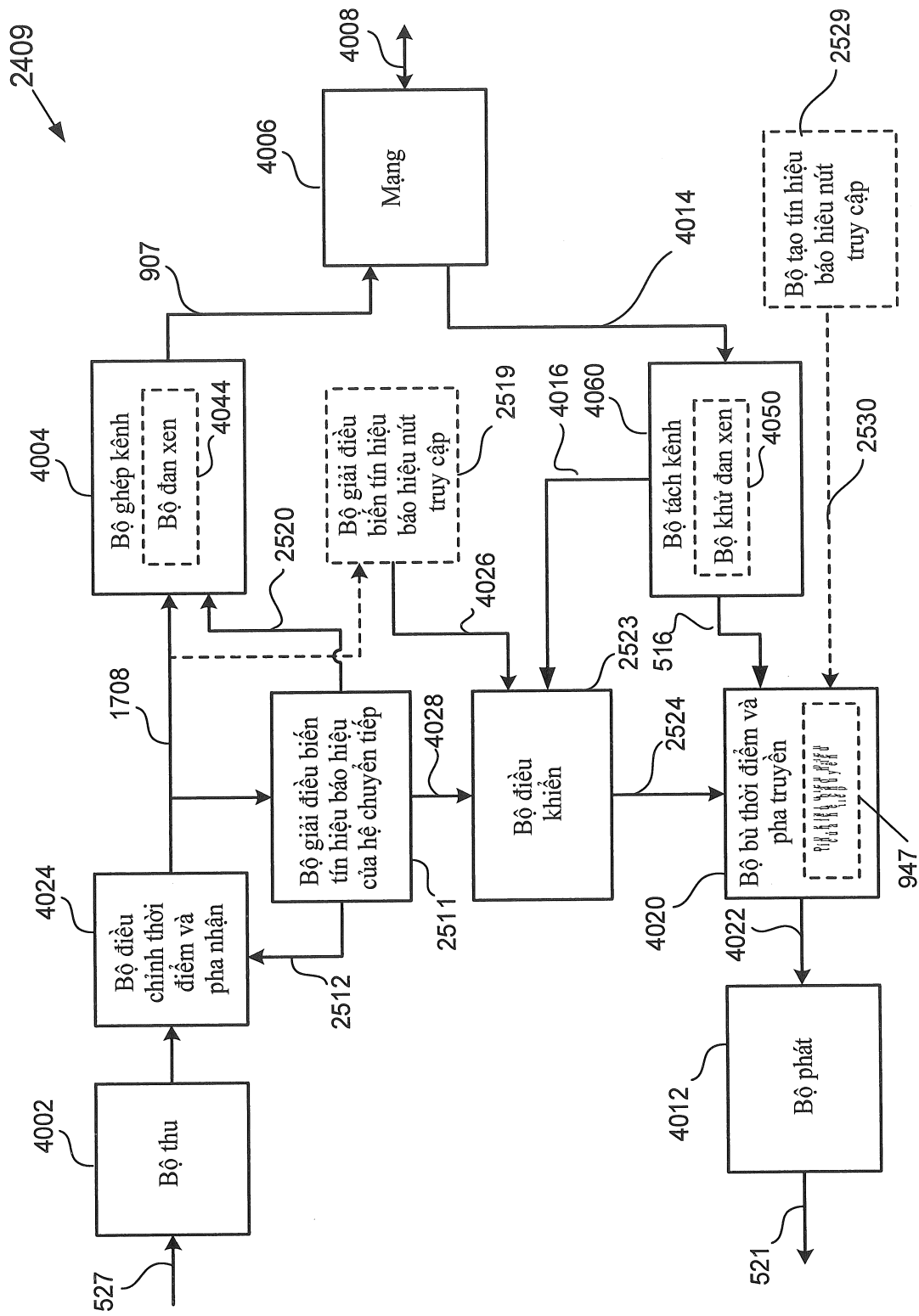


FIG. 38

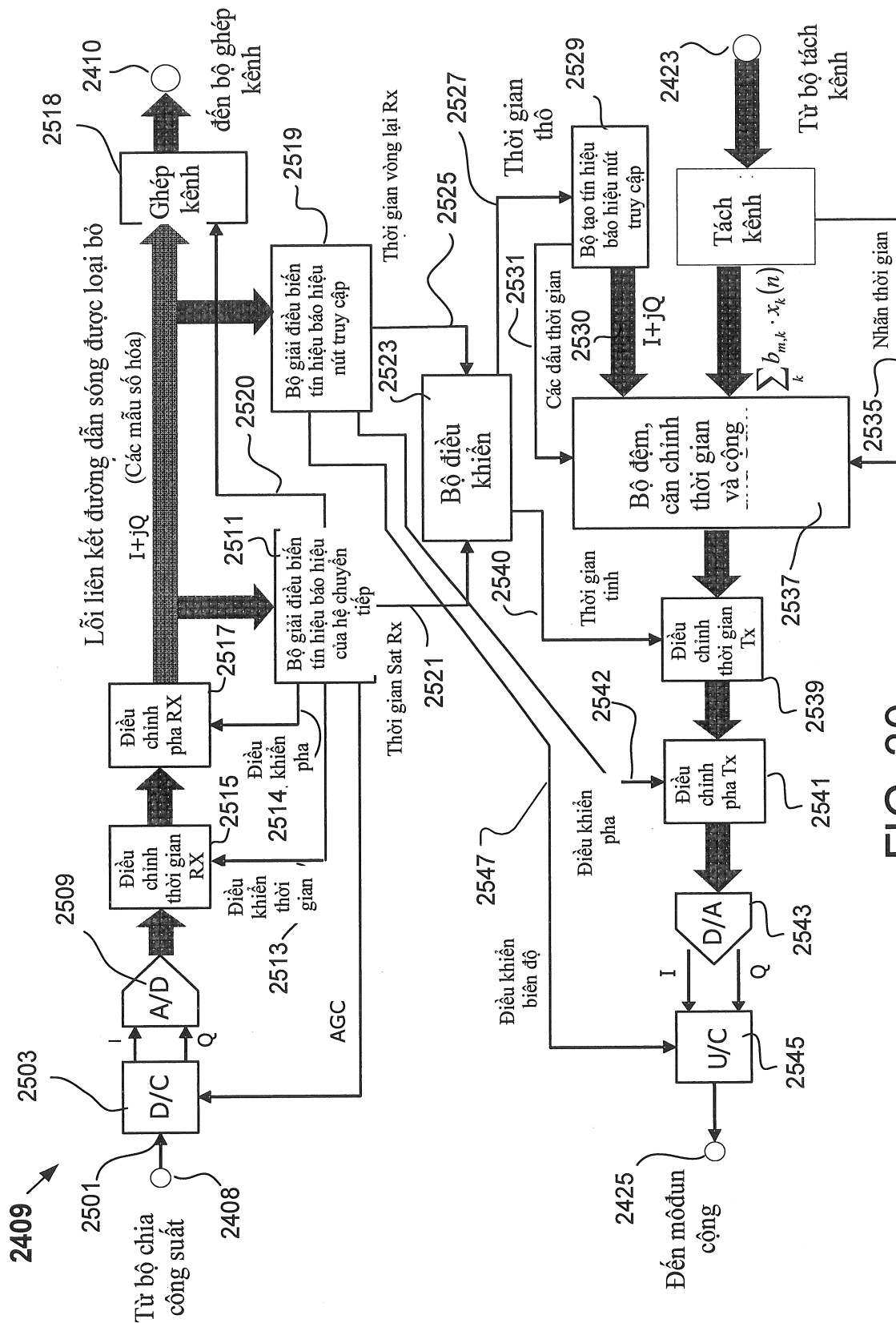


FIG. 39

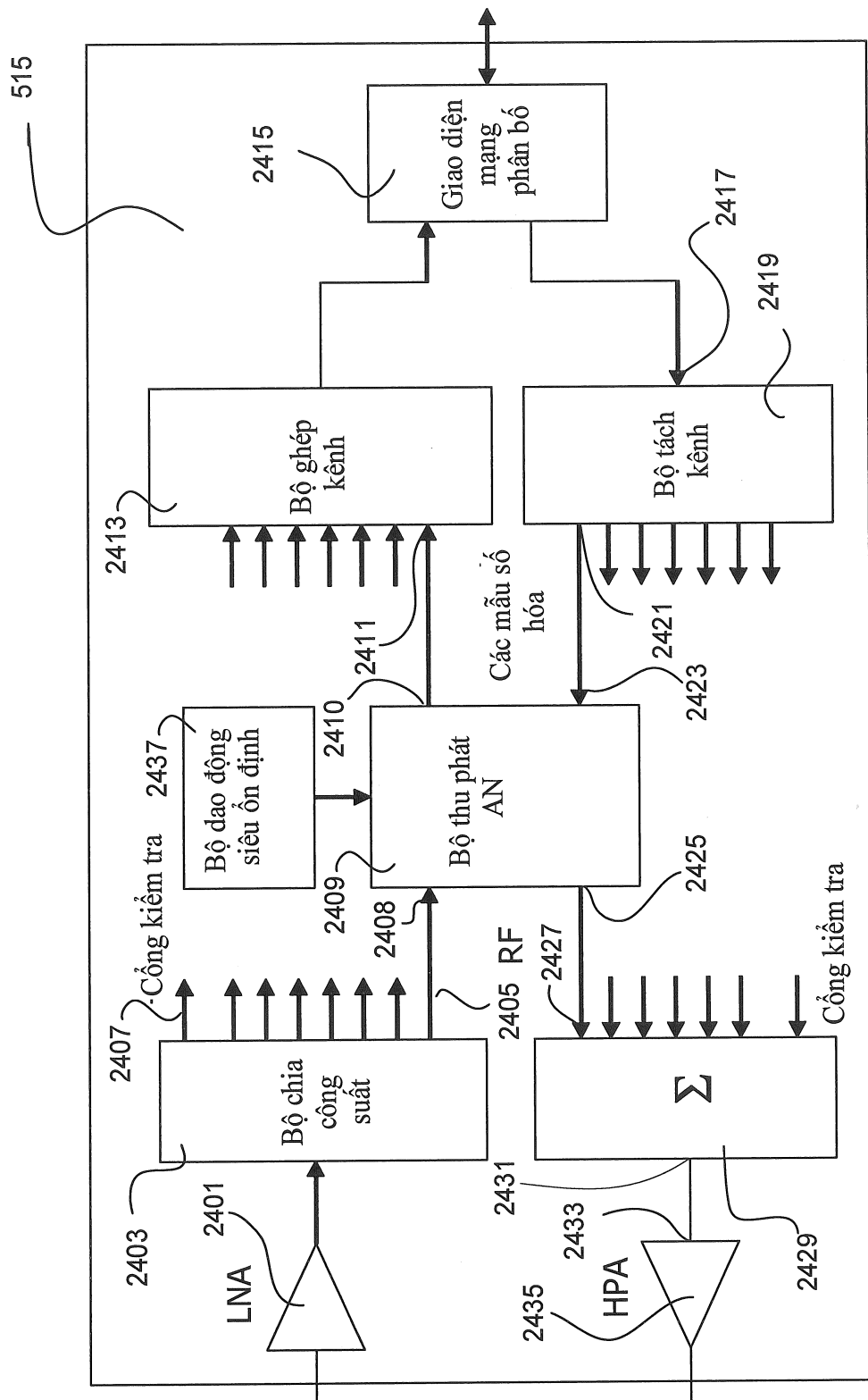


FIG. 40

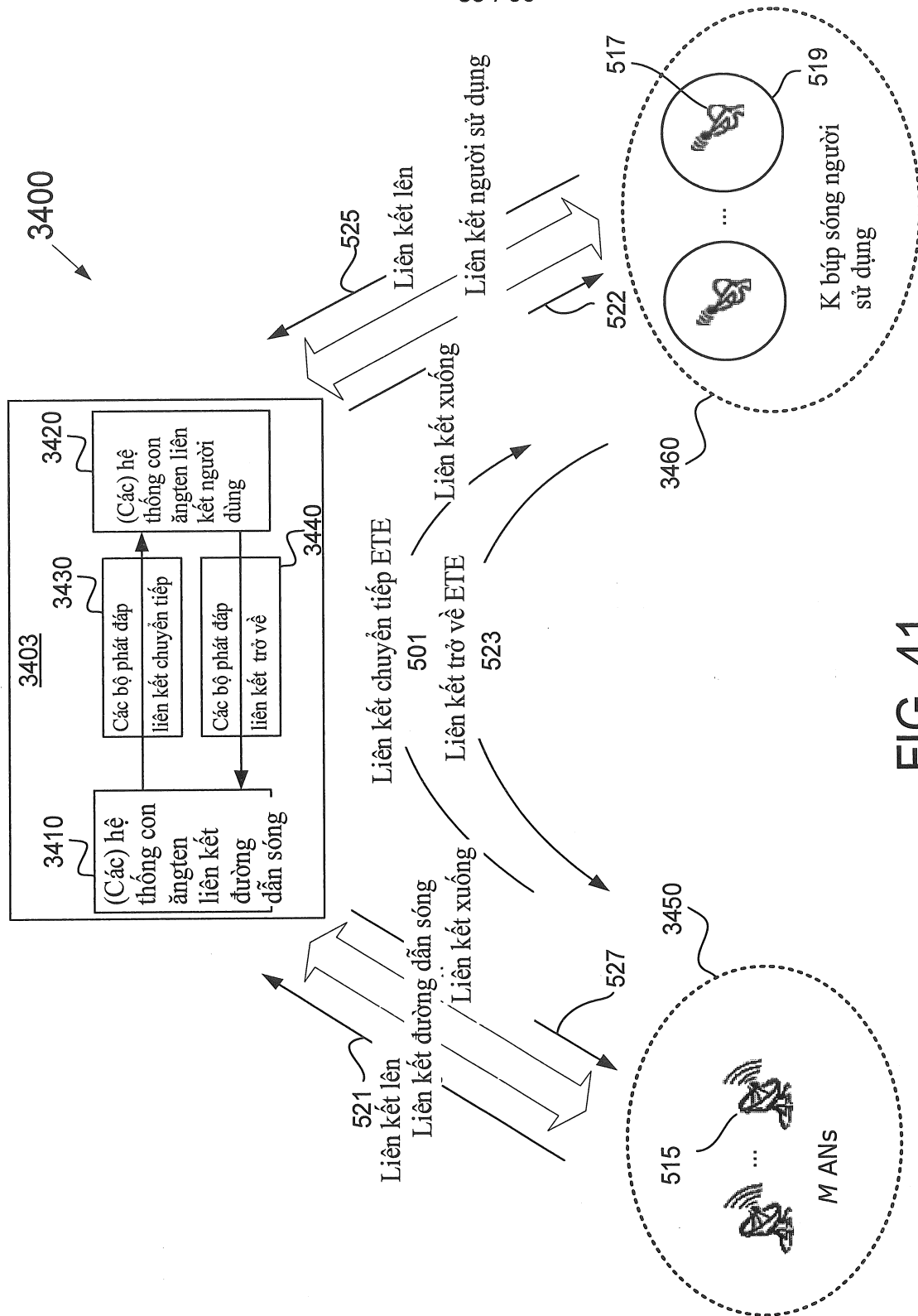
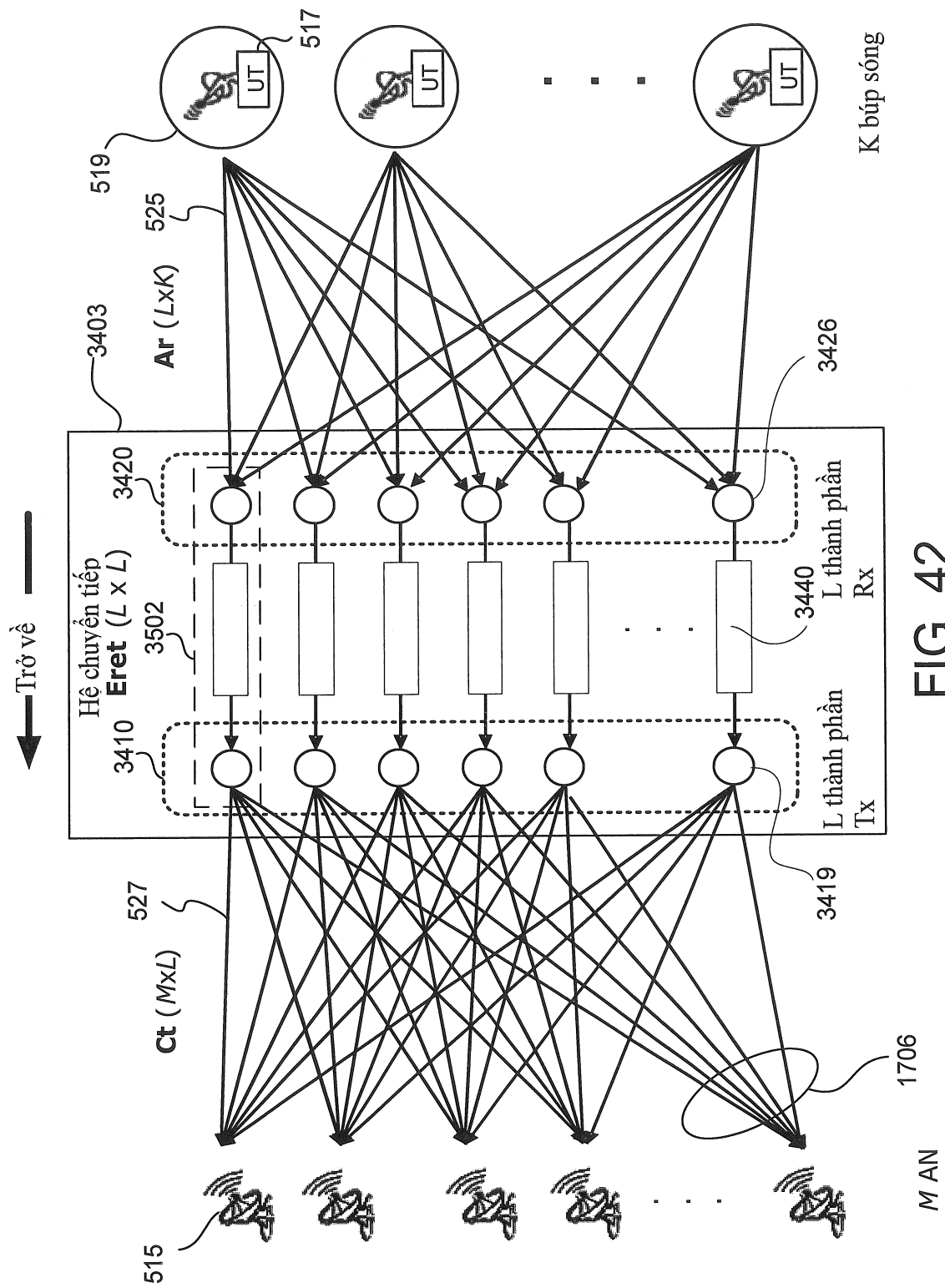


FIG. 41



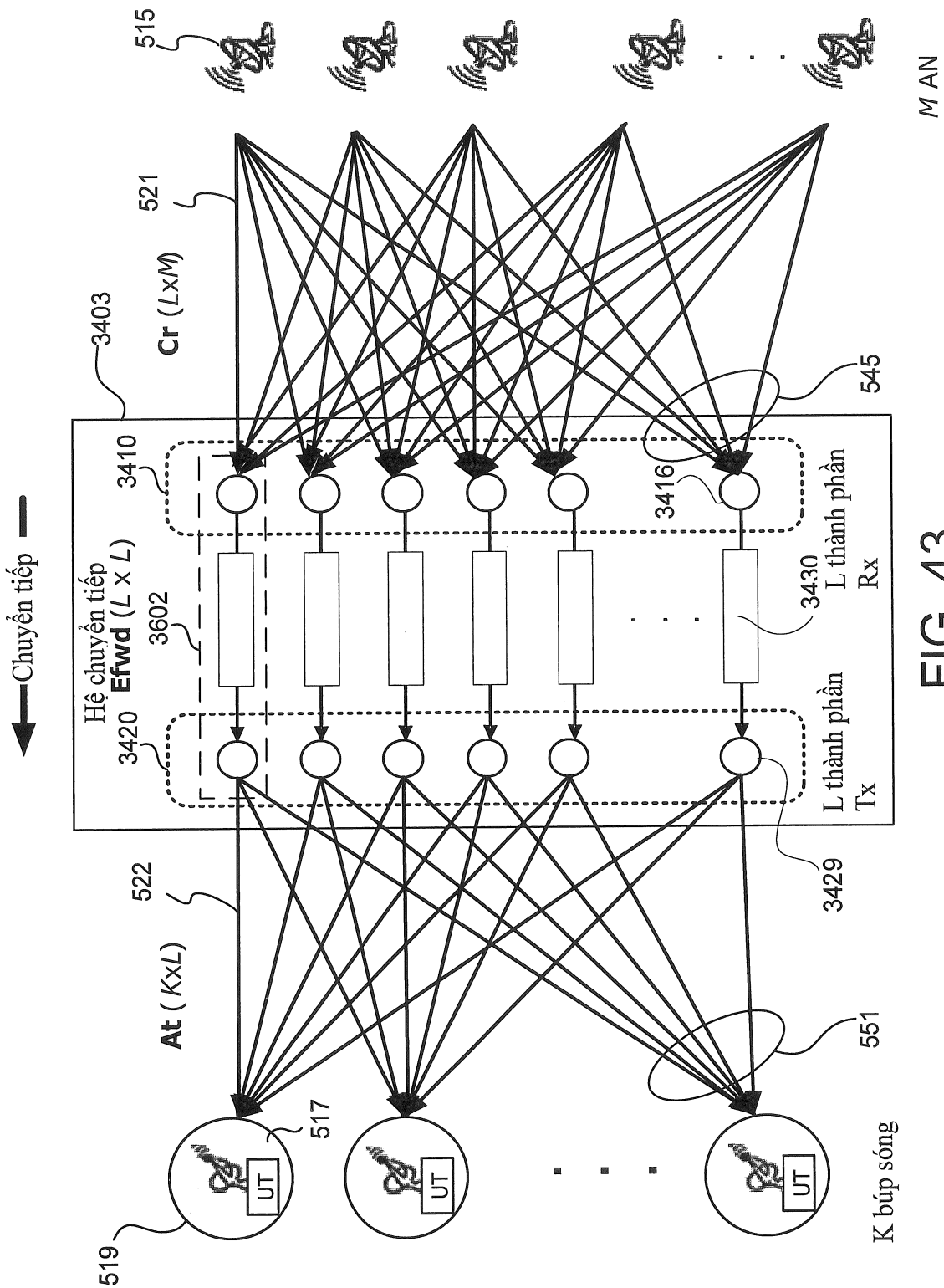


FIG. 43

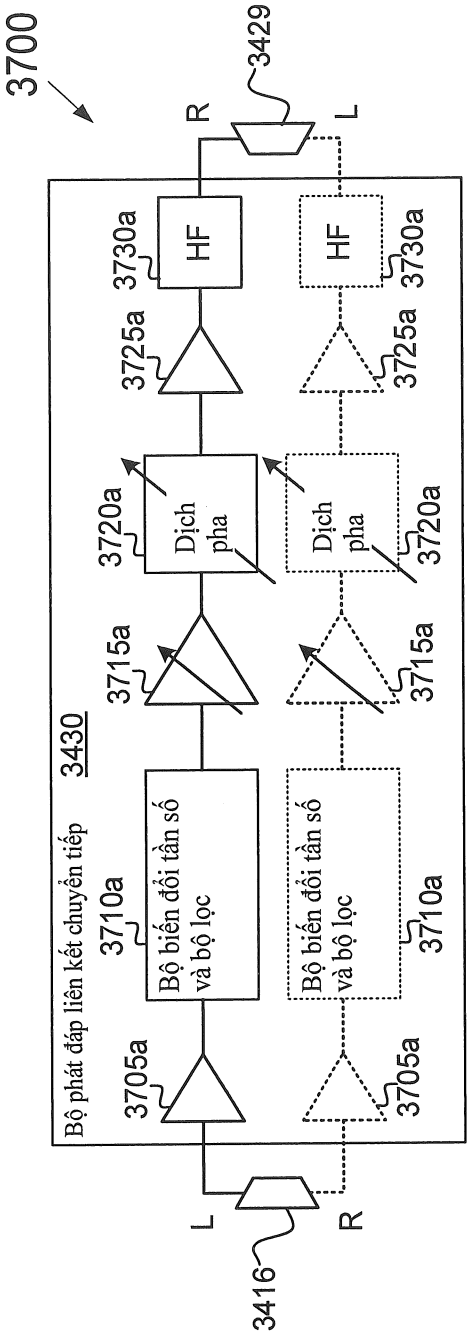


FIG. 44A

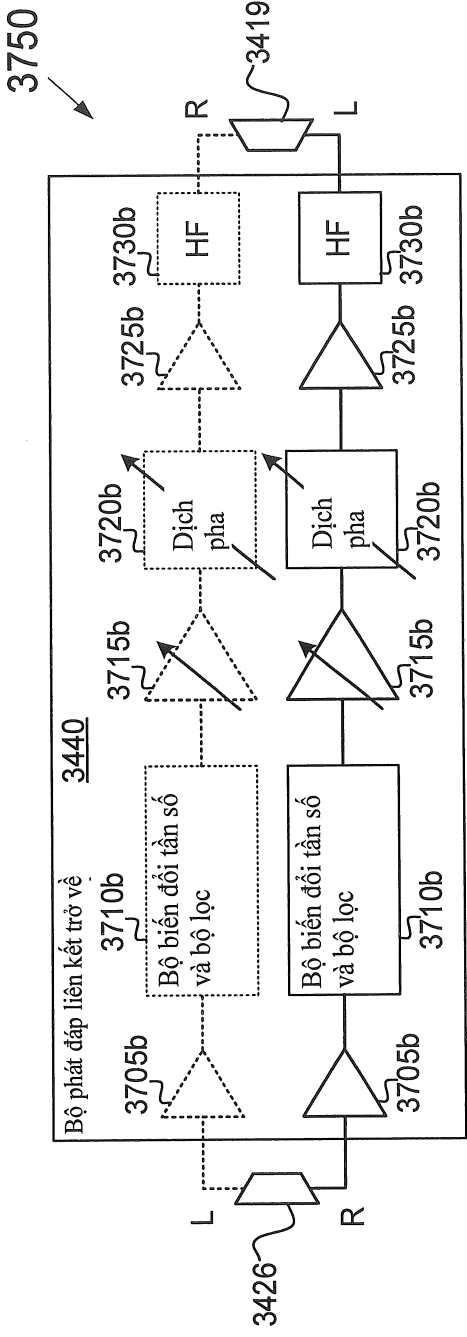


FIG. 44B

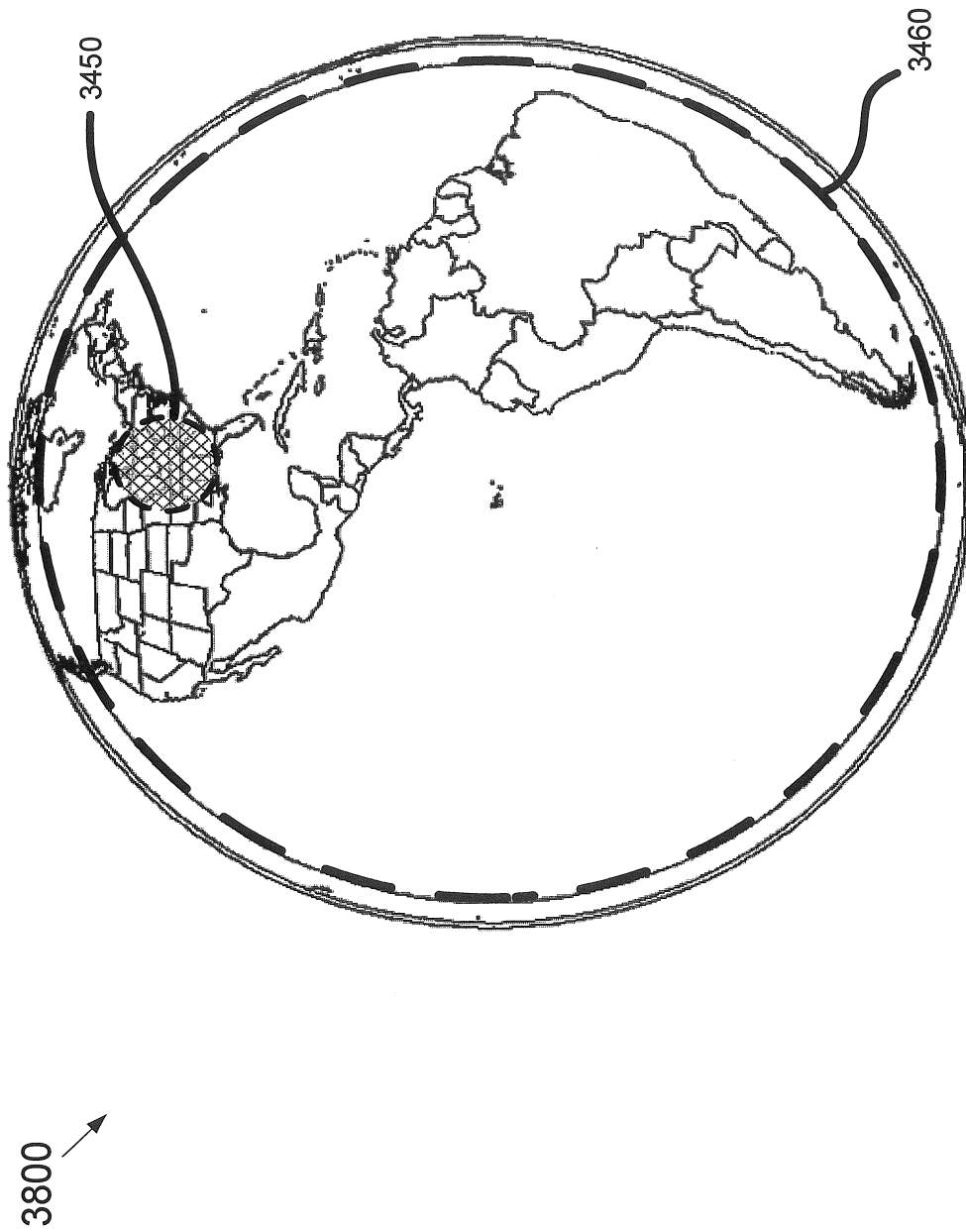


FIG. 45A

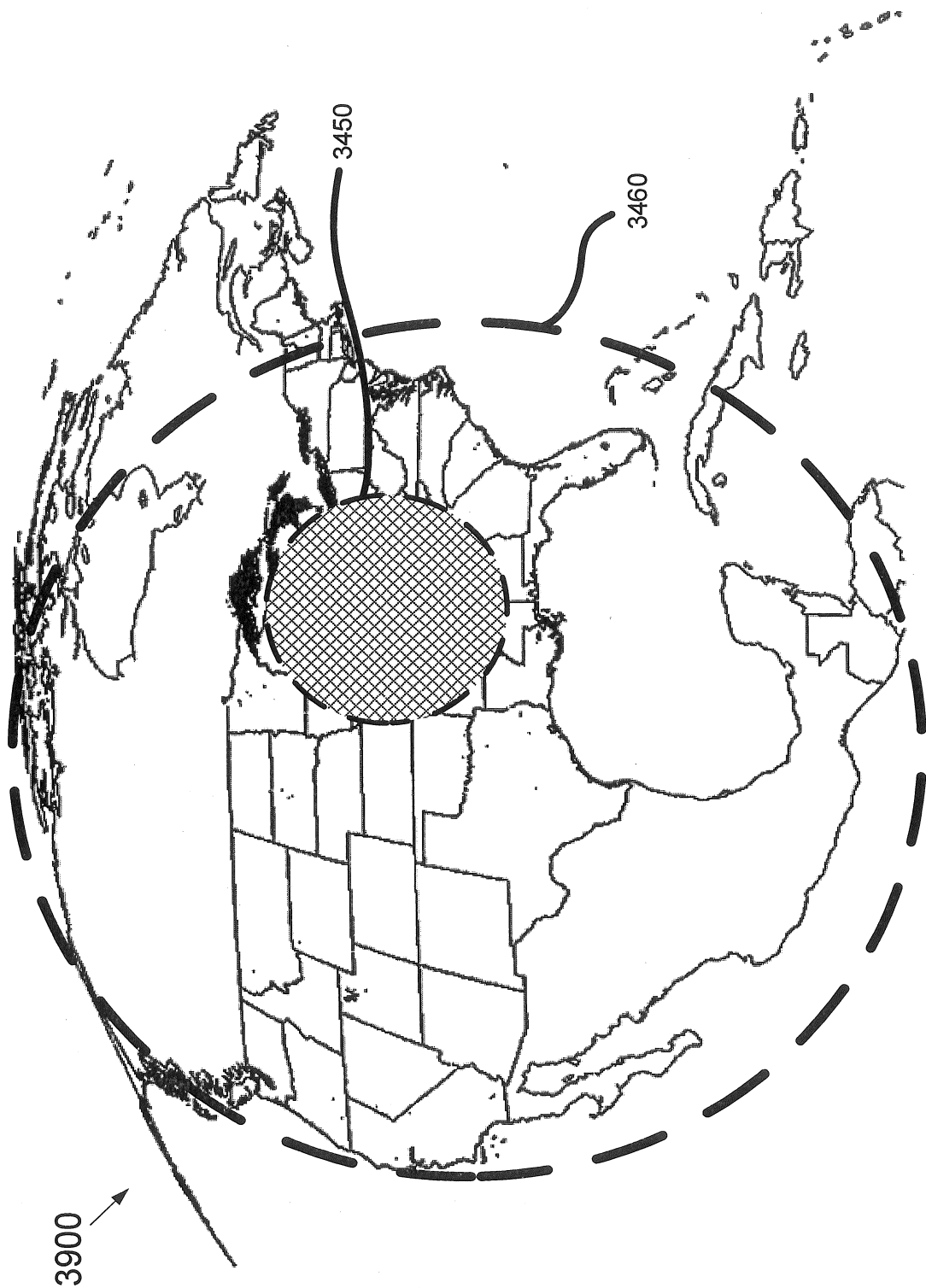


FIG. 45B

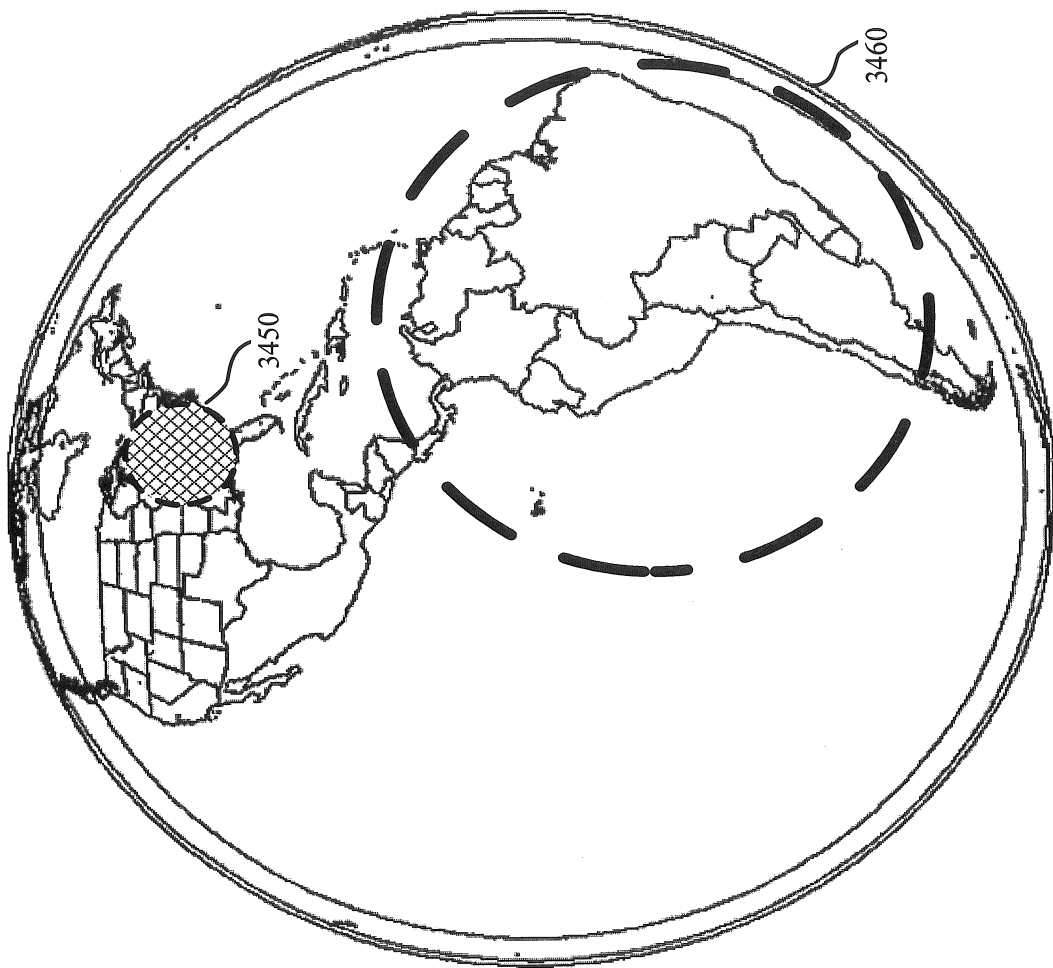
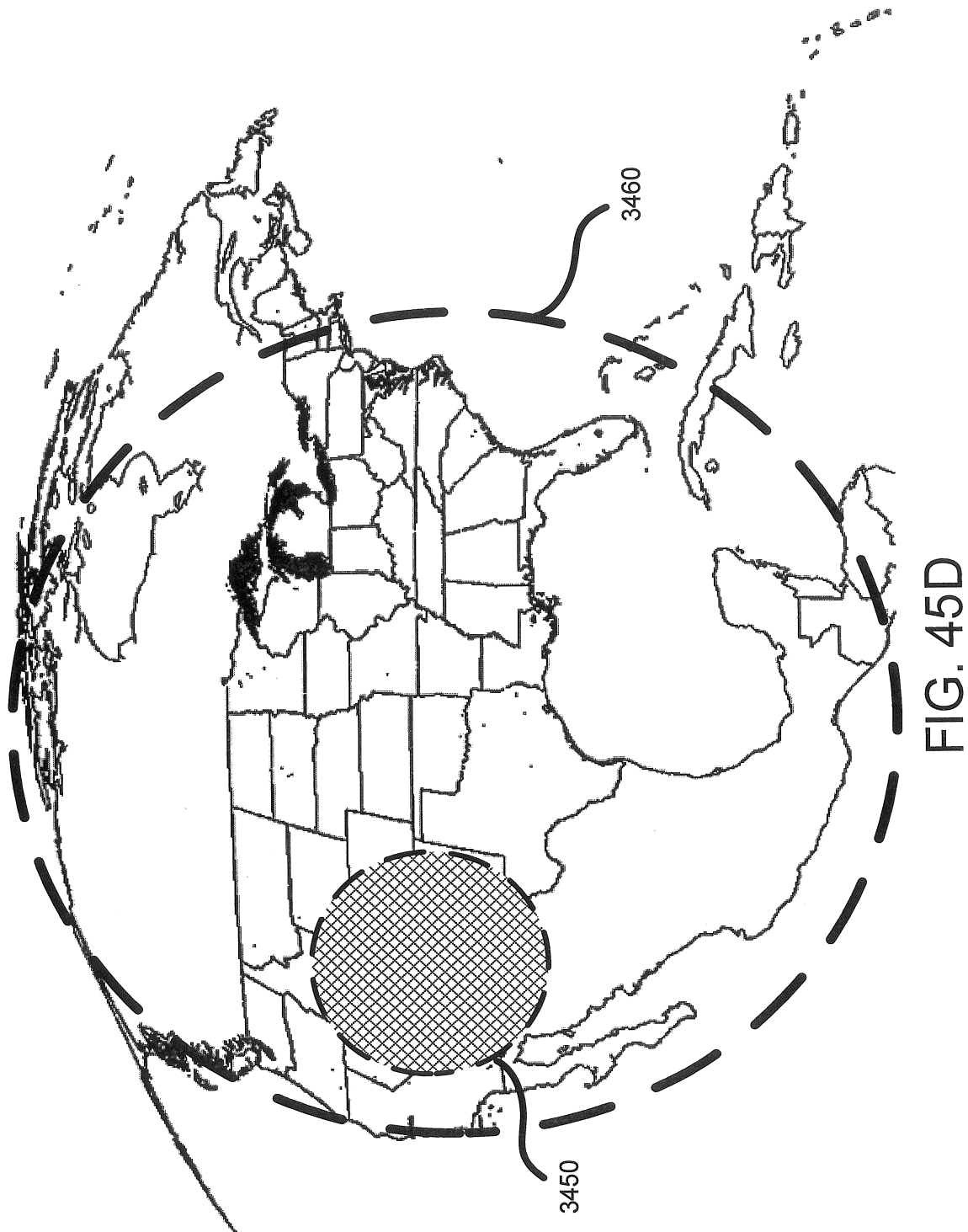


FIG. 45C



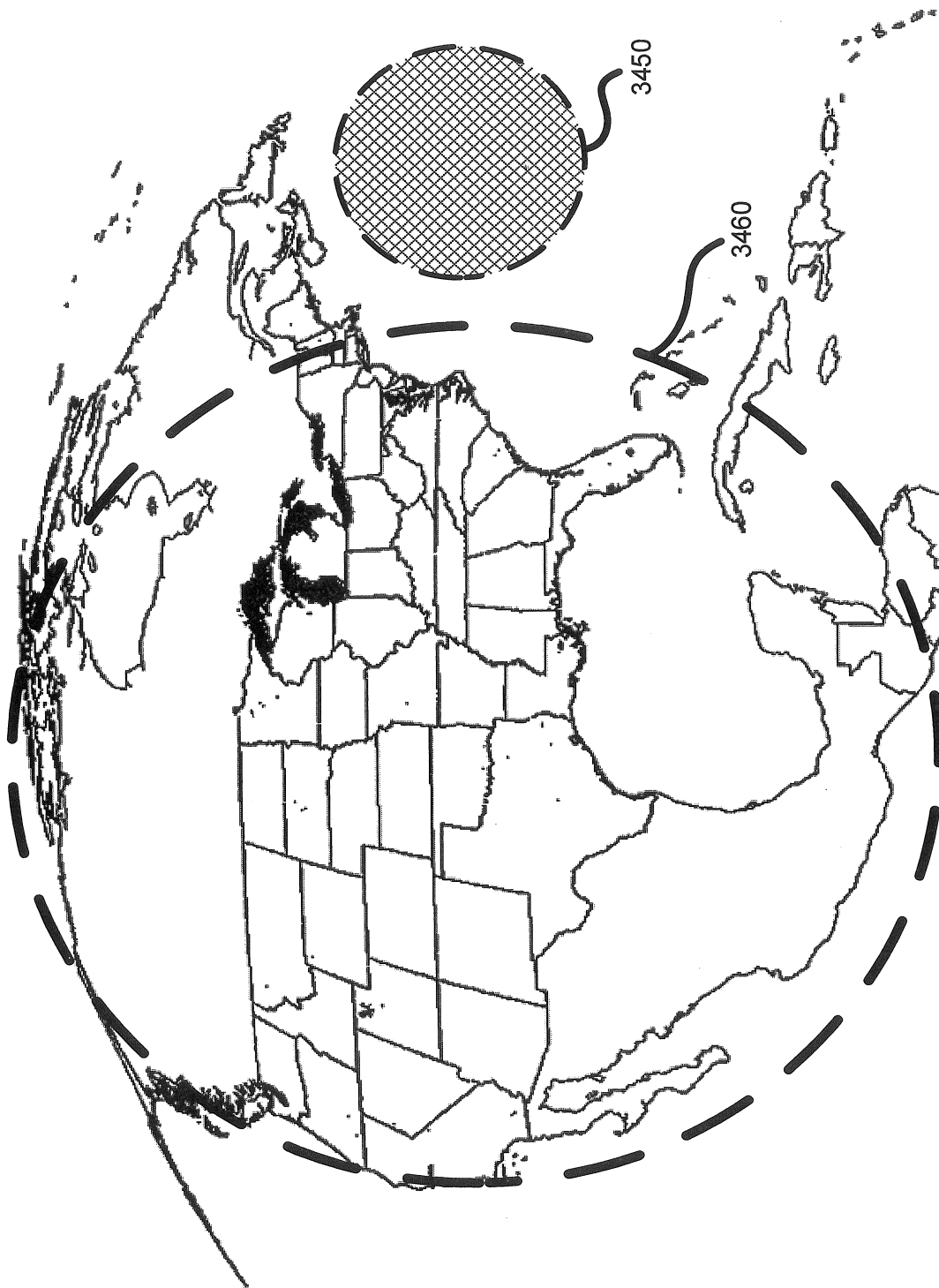


FIG. 45E

48 / 90

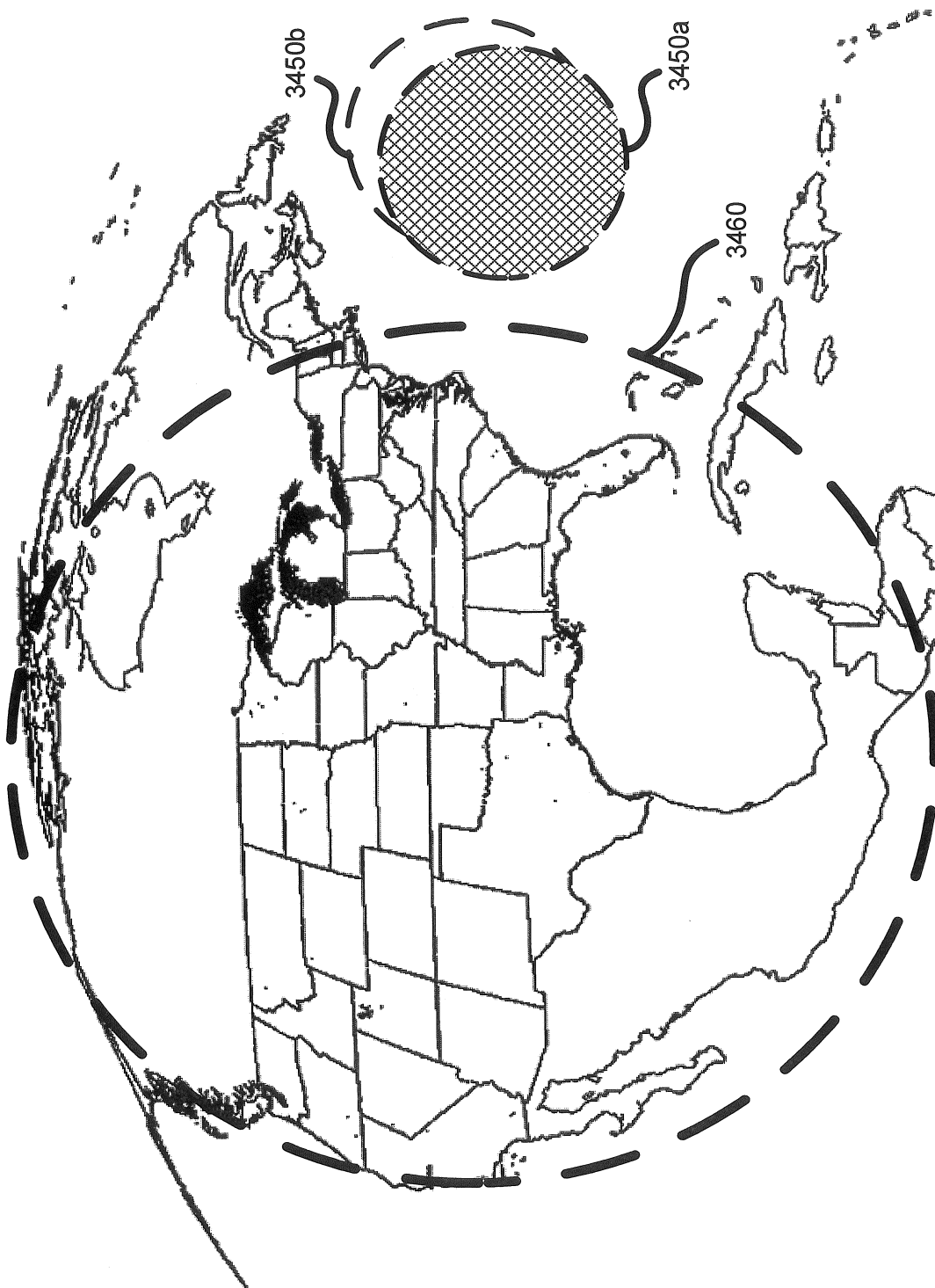


FIG. 45F

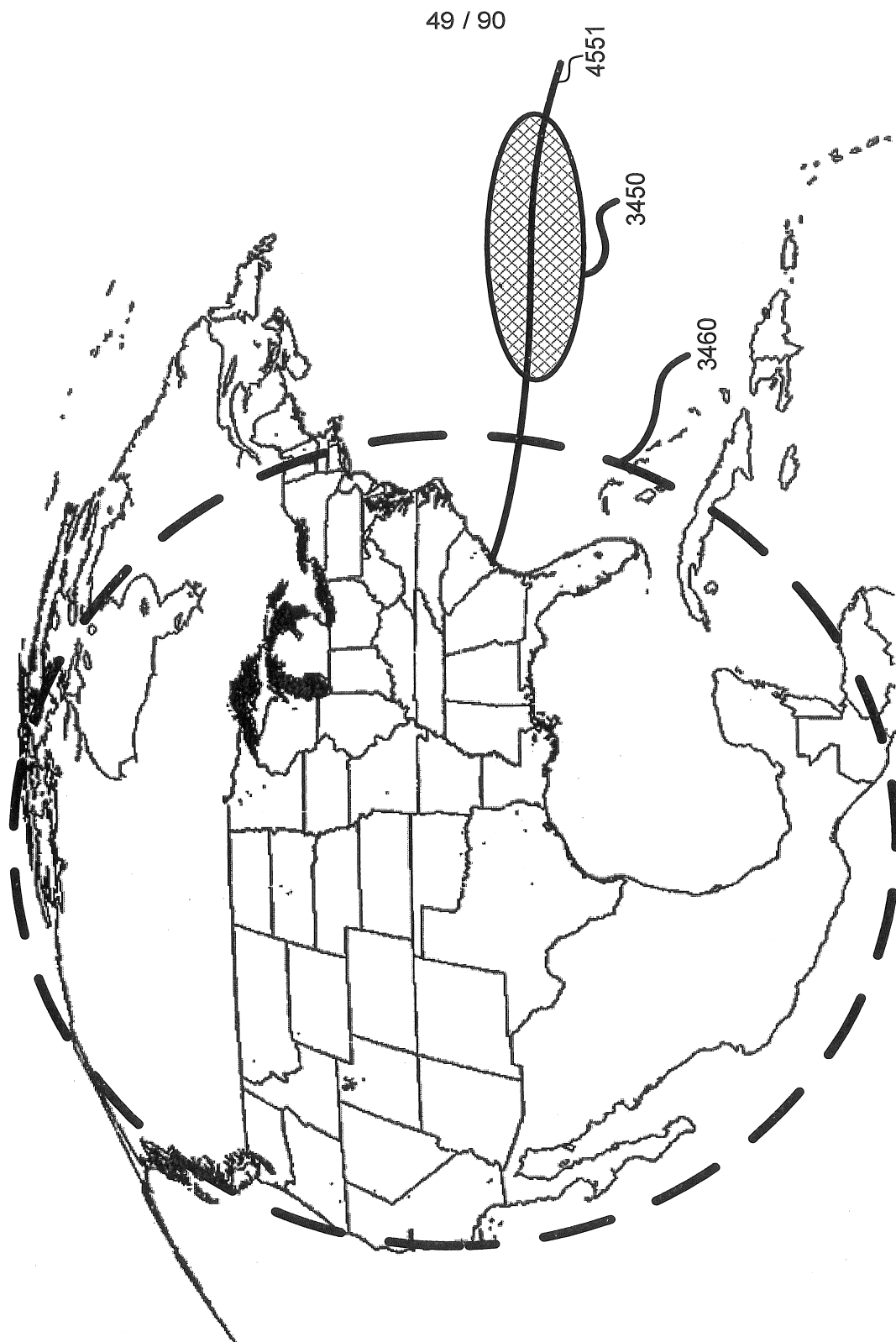
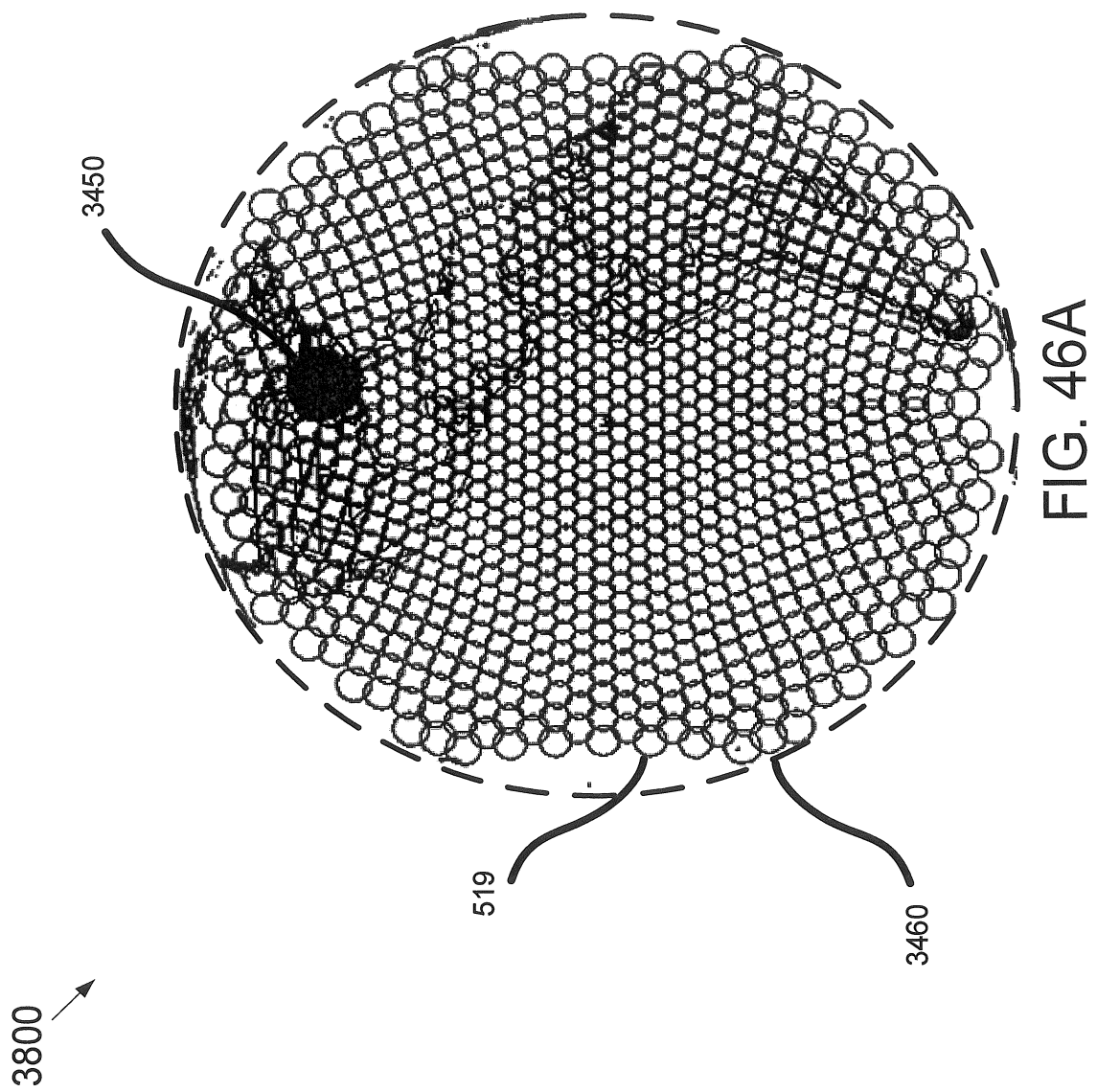


FIG. 45G



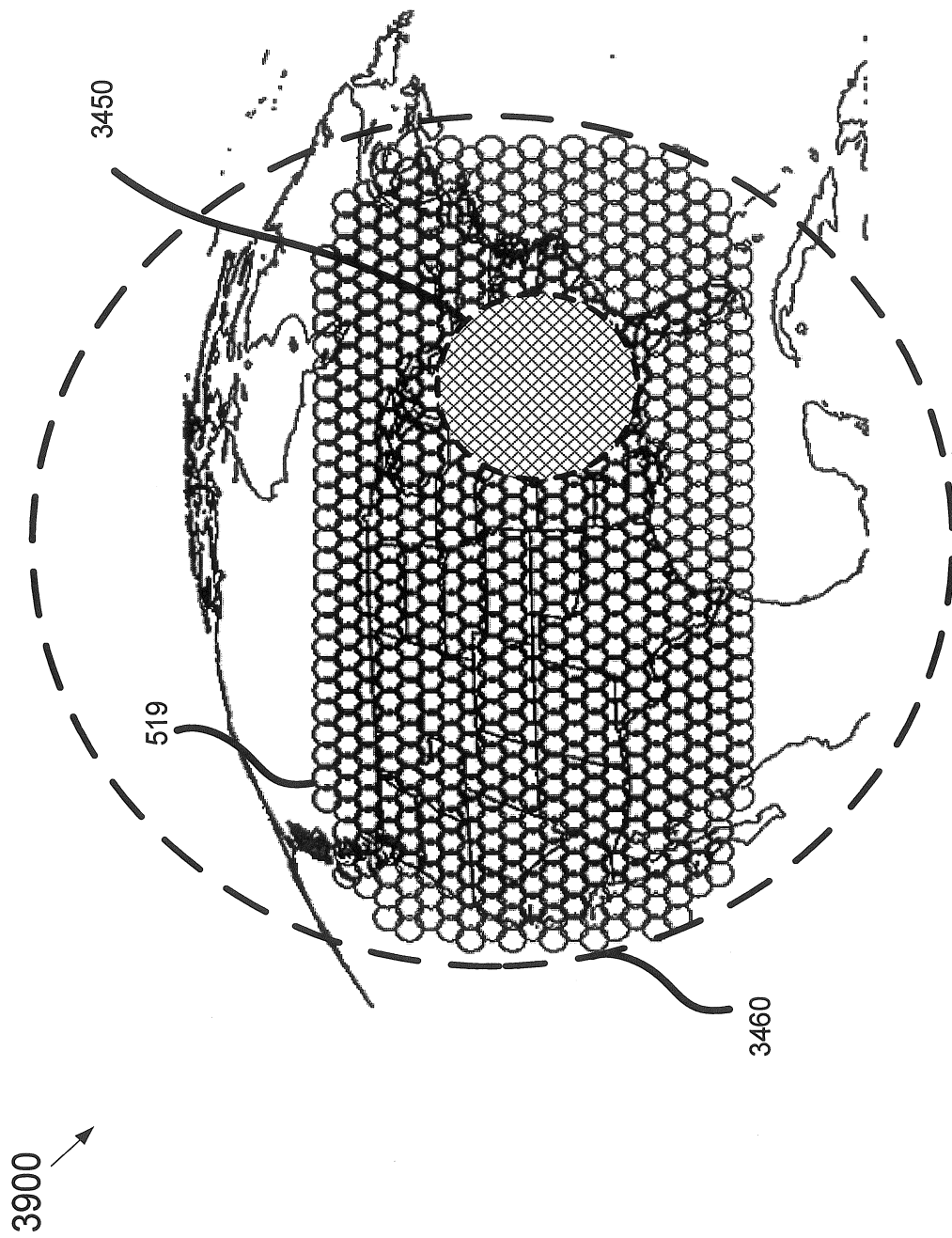


FIG. 46B

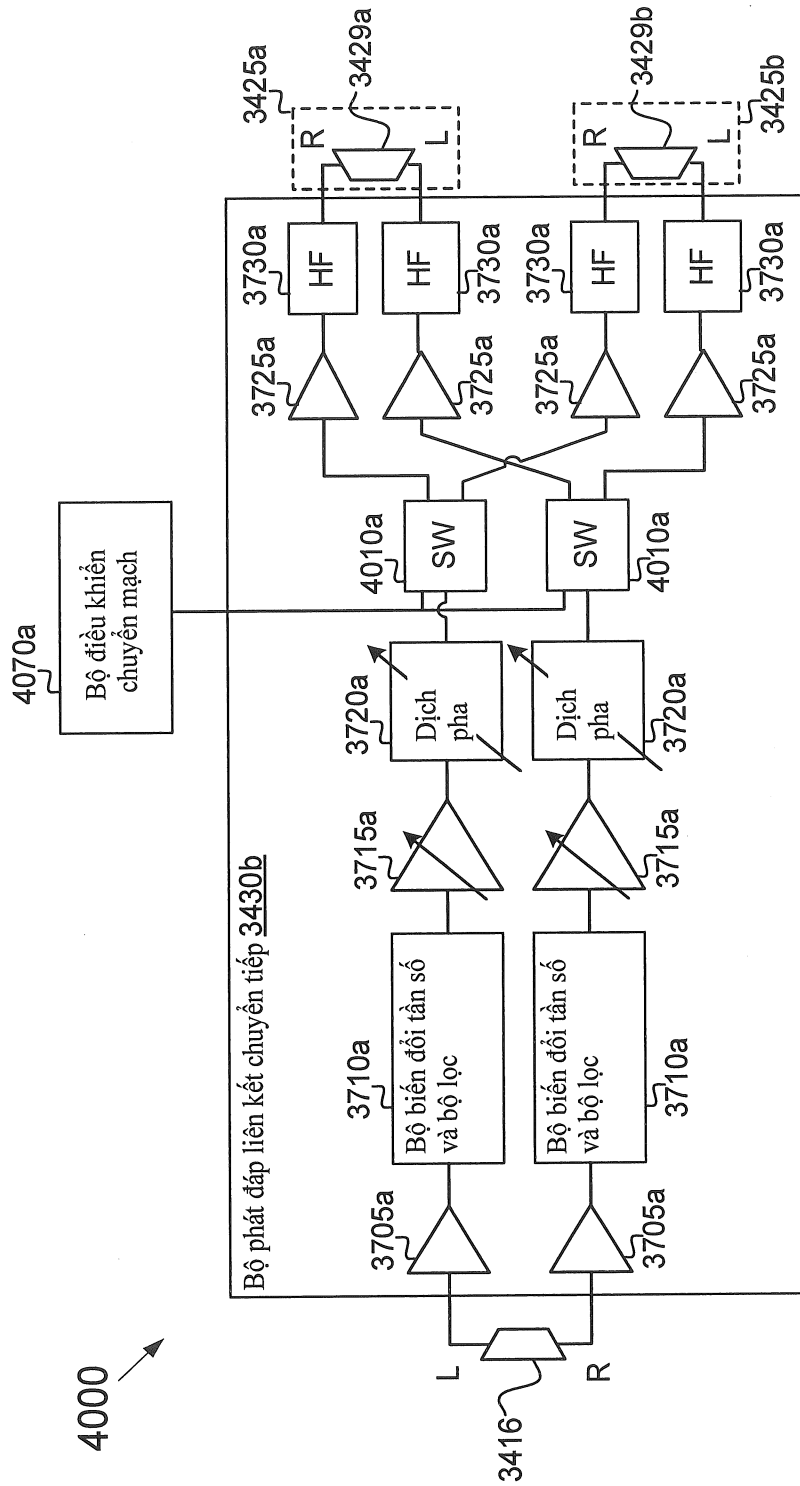


FIG. 47A

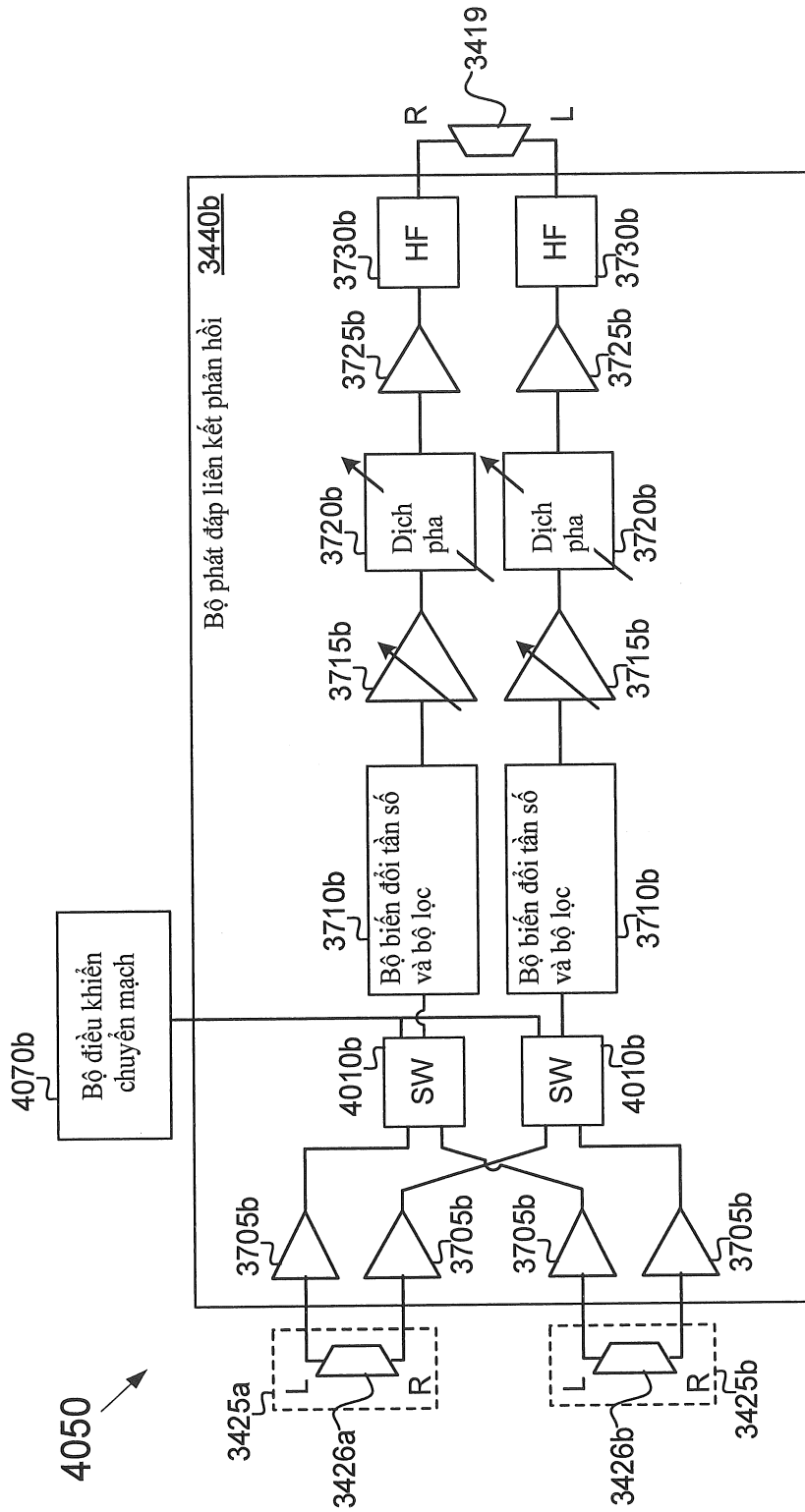


FIG. 47B

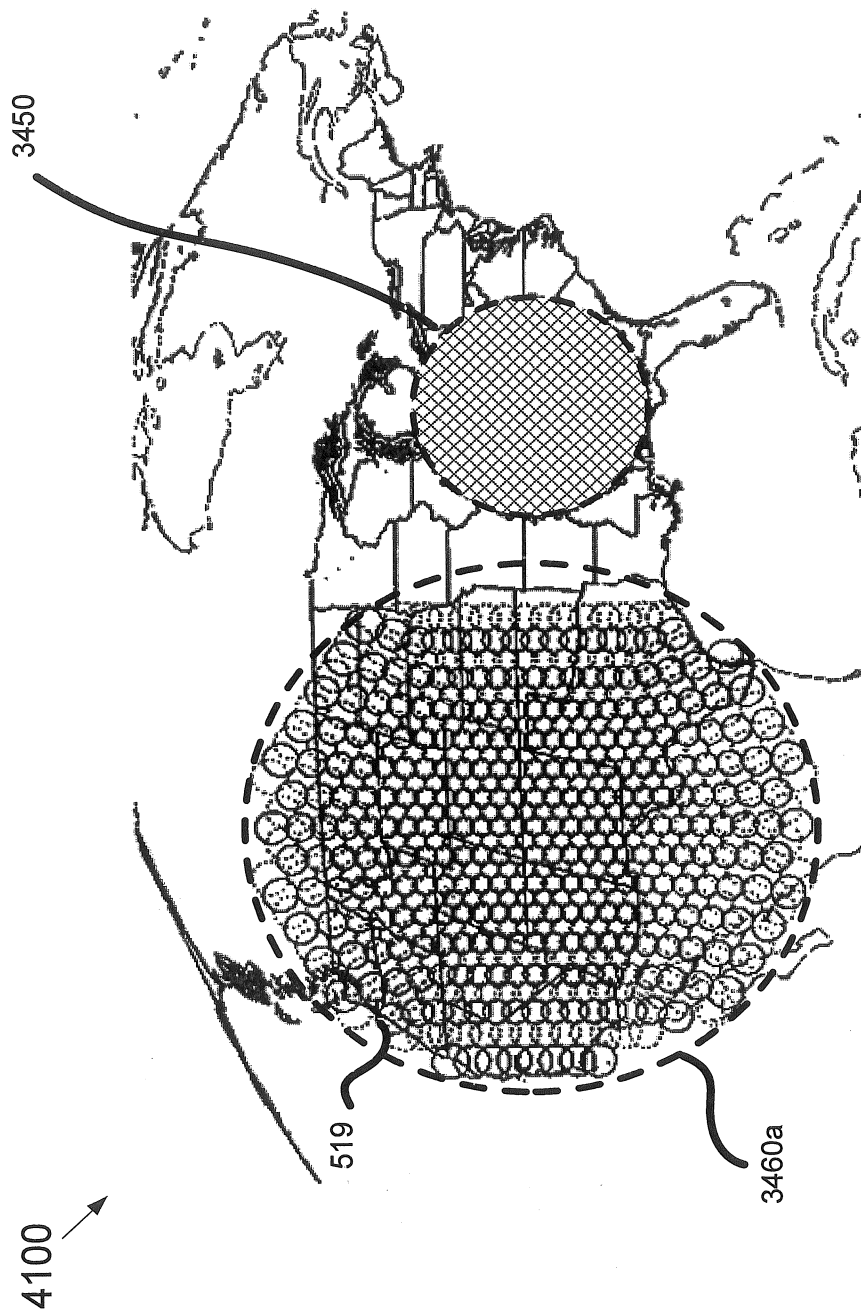


FIG. 48A

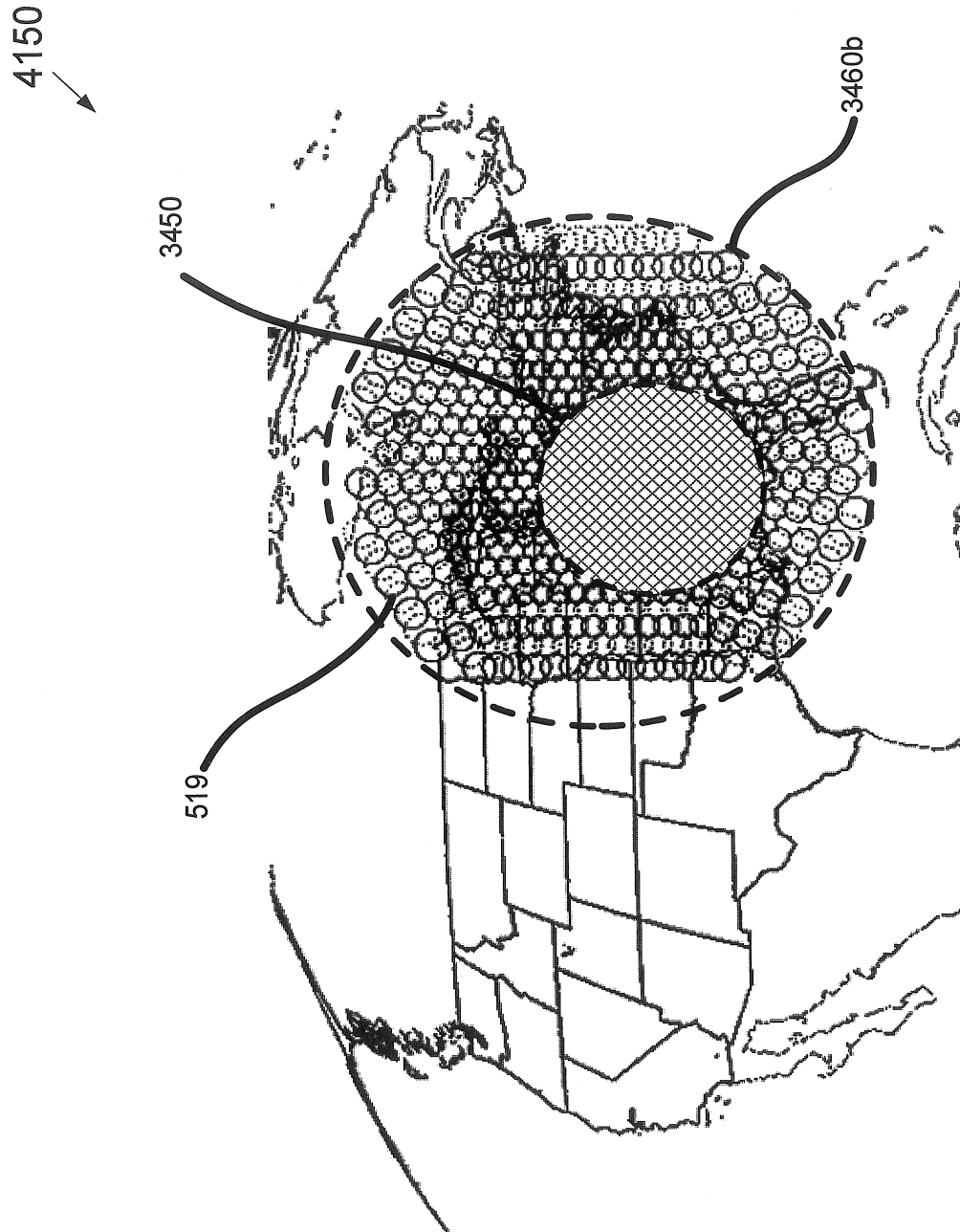


FIG. 48B

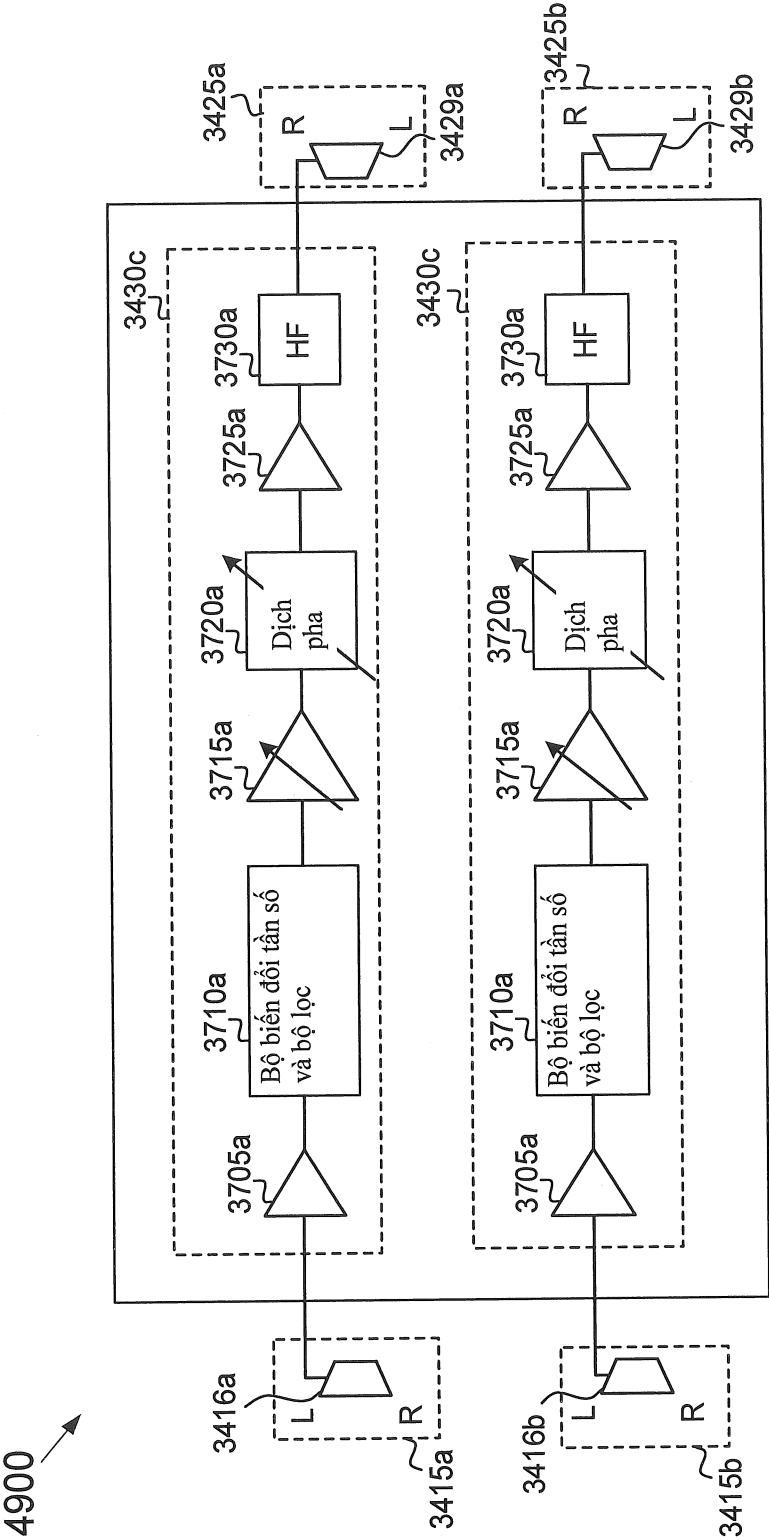


FIG. 49A

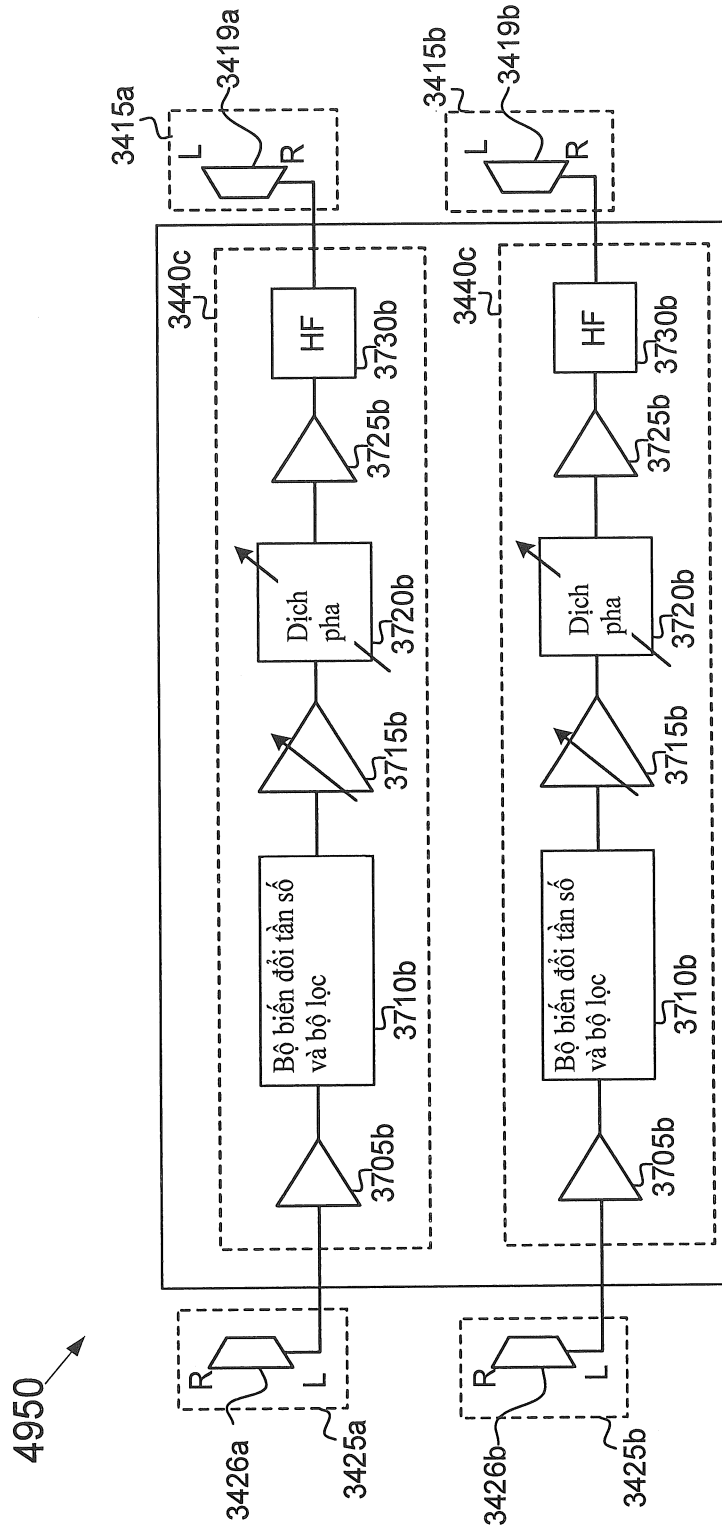


FIG. 49B

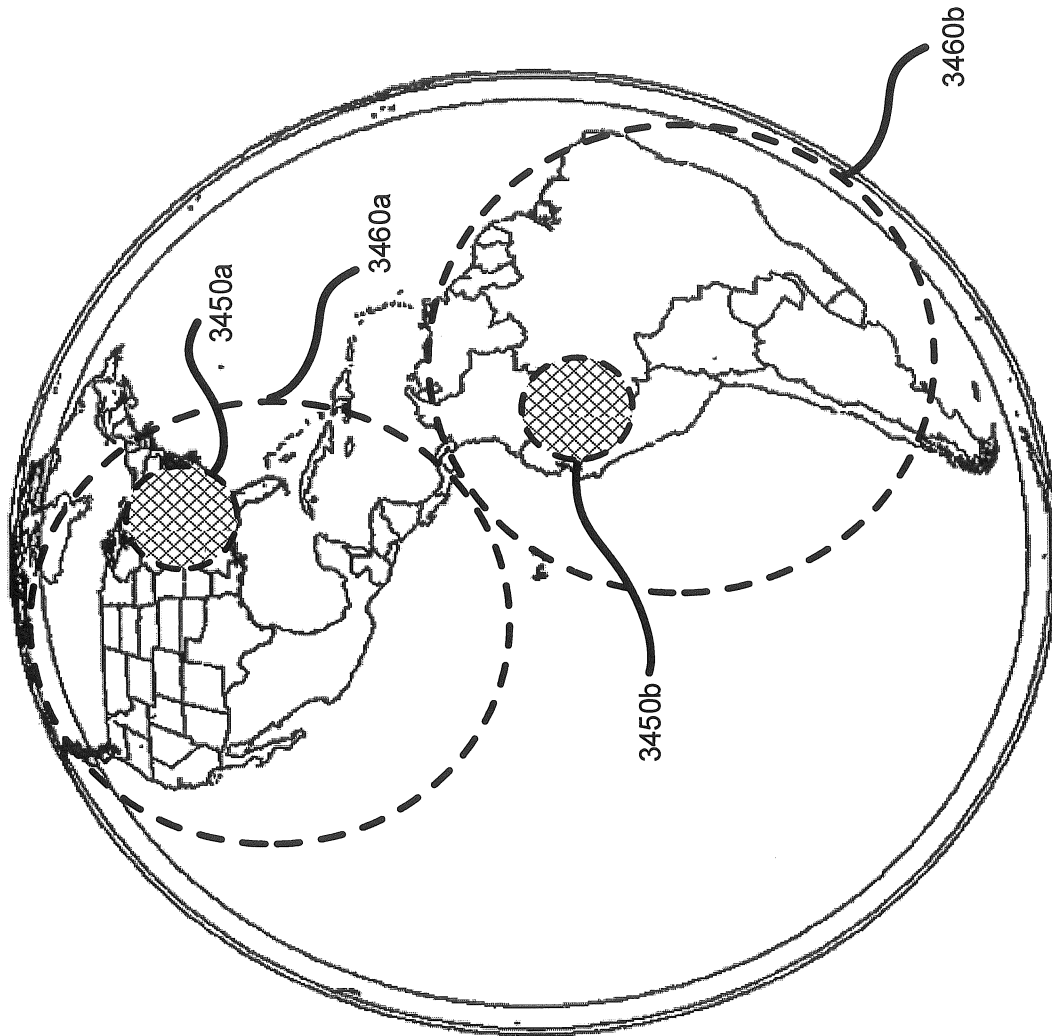


FIG. 50A

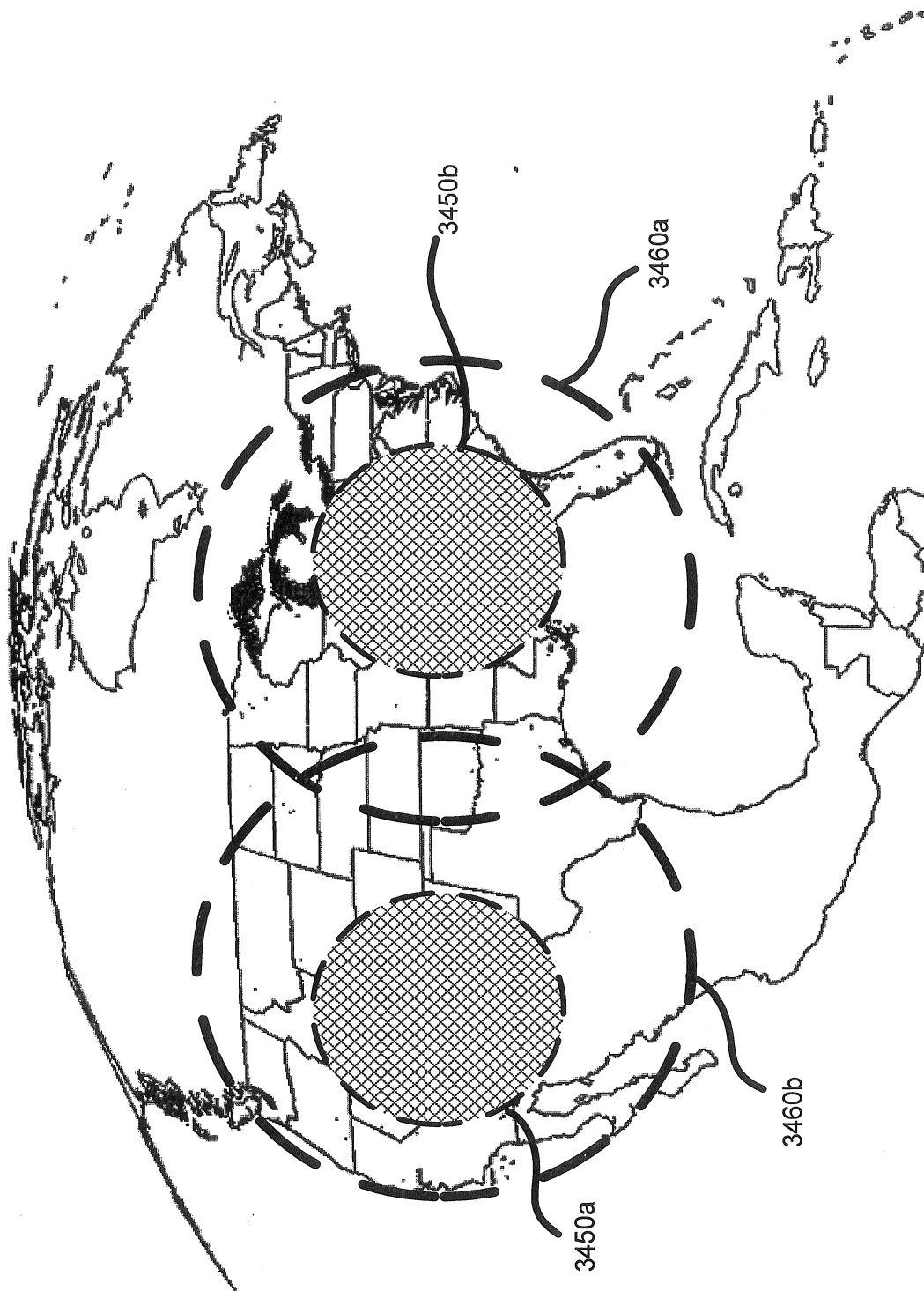


FIG. 50B

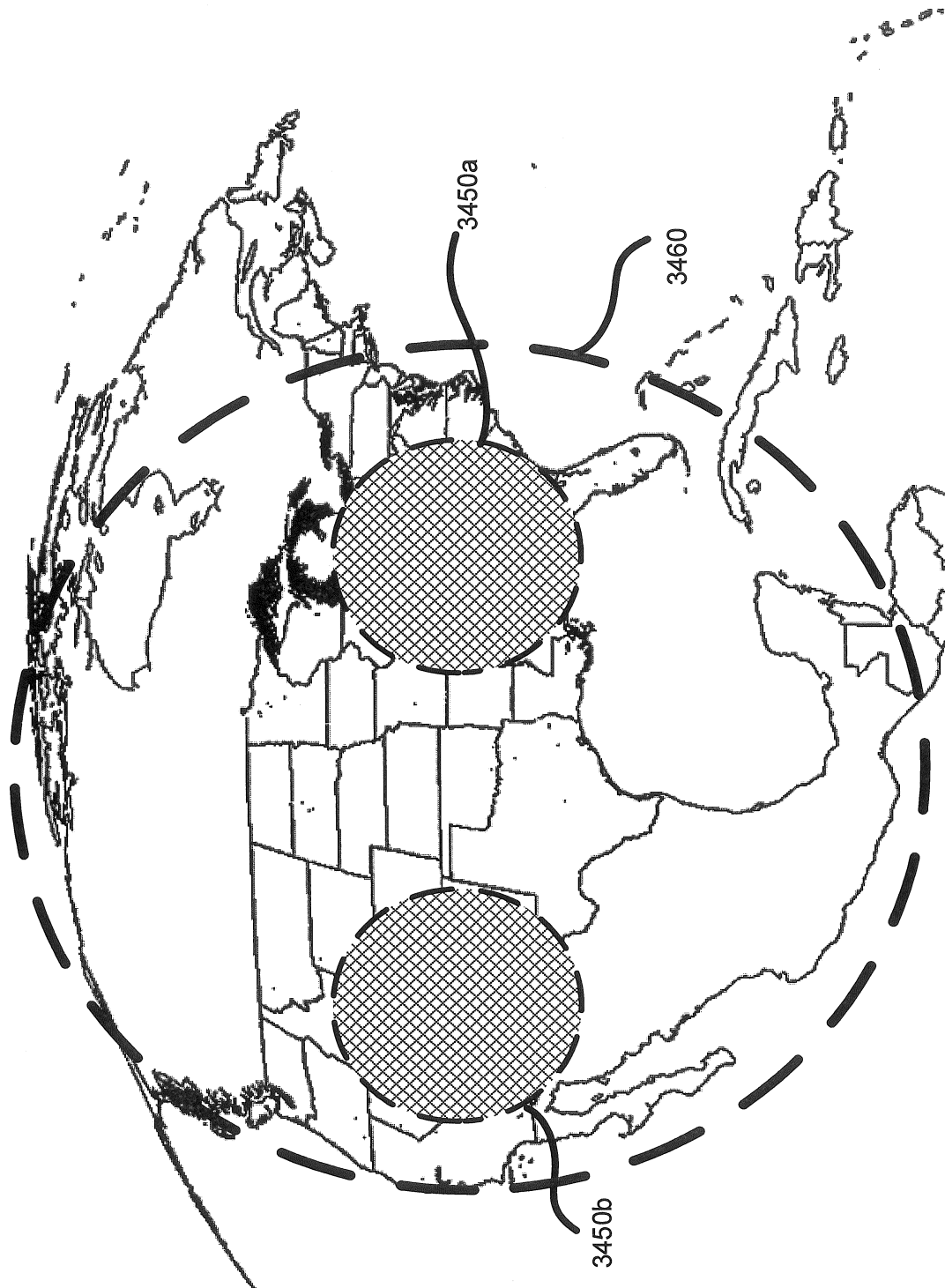


FIG. 50C

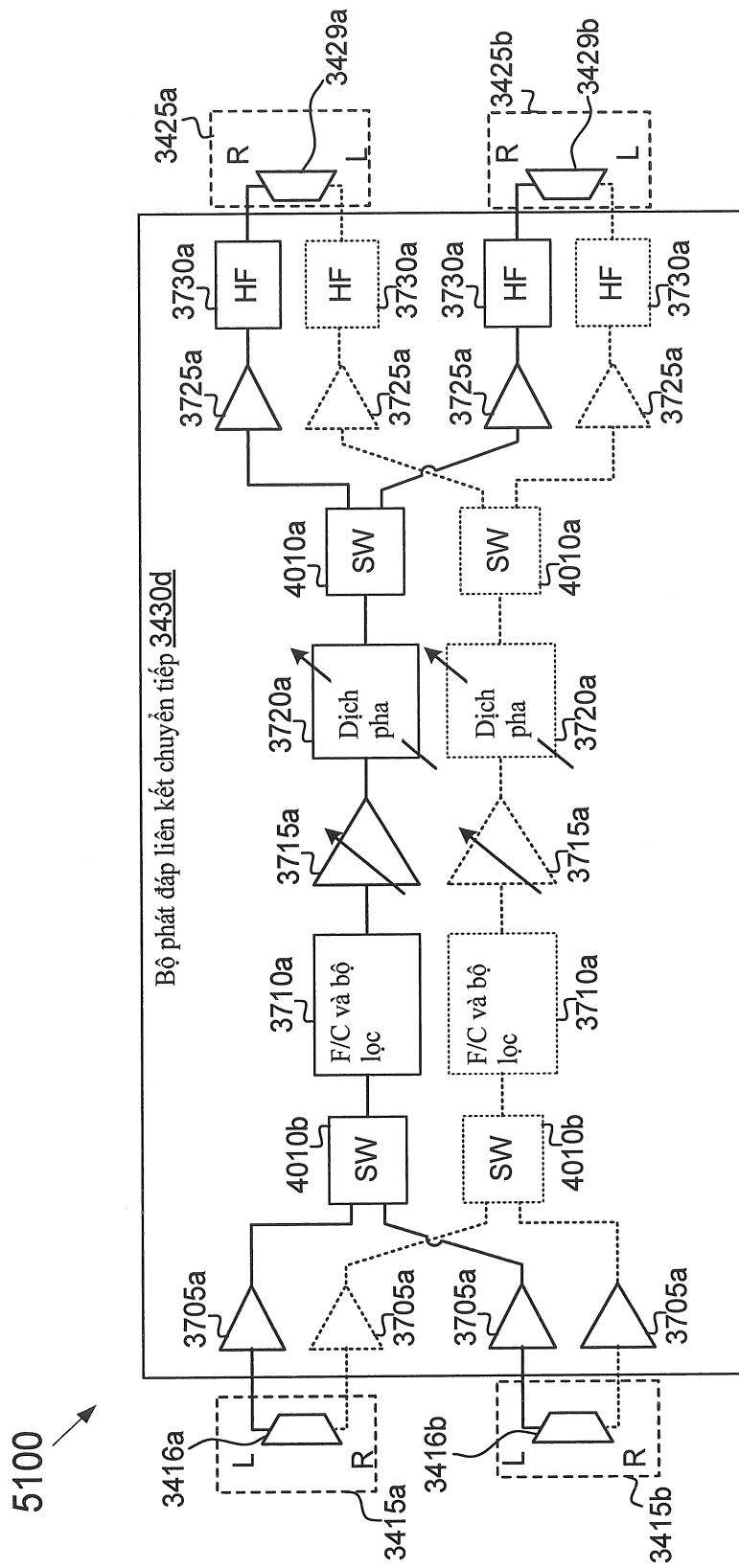


FIG. 51A

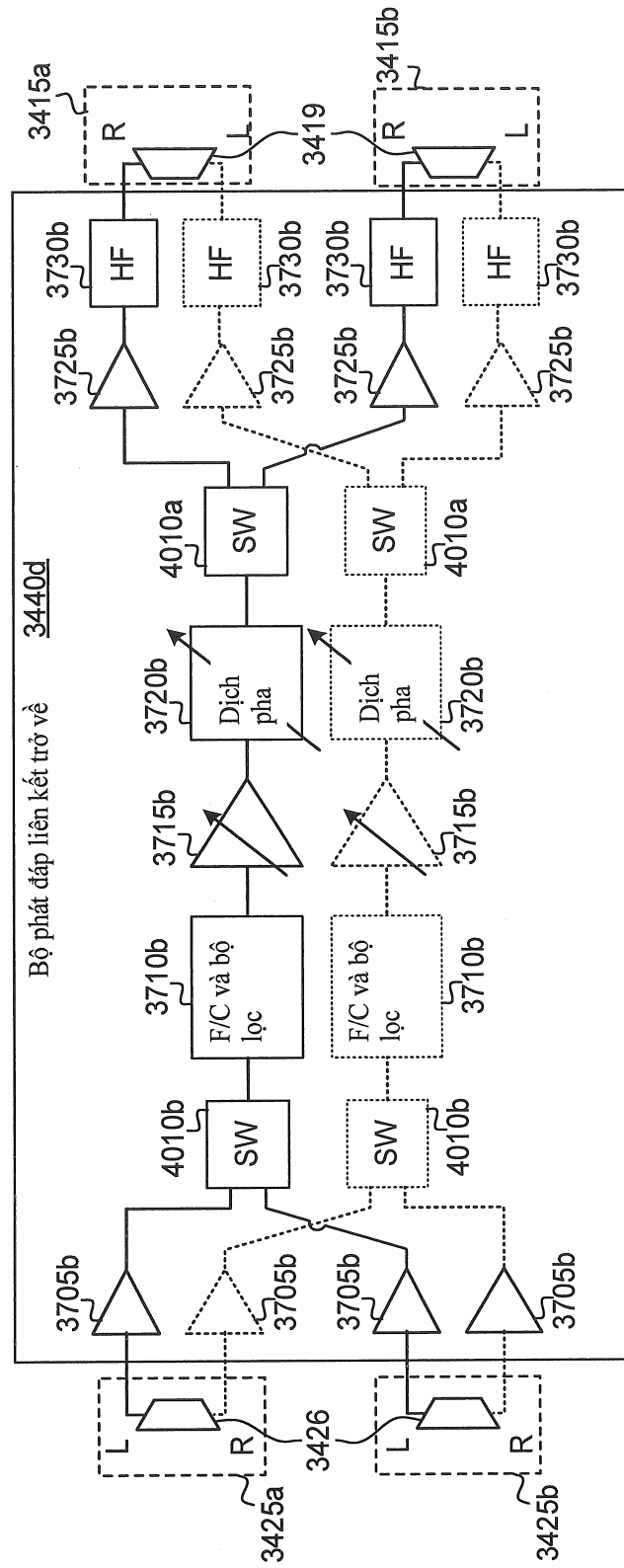


FIG. 51B

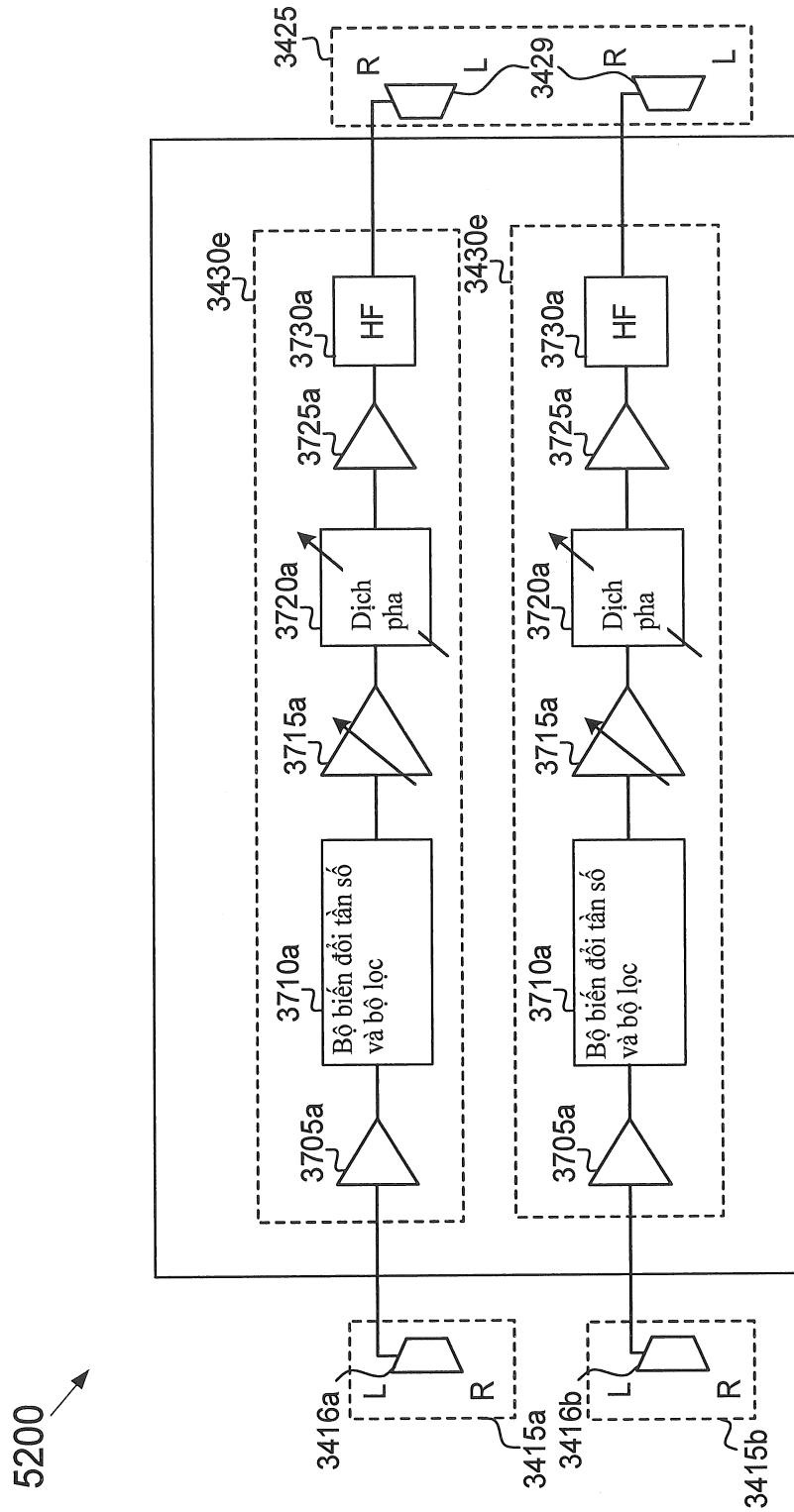


FIG. 52A

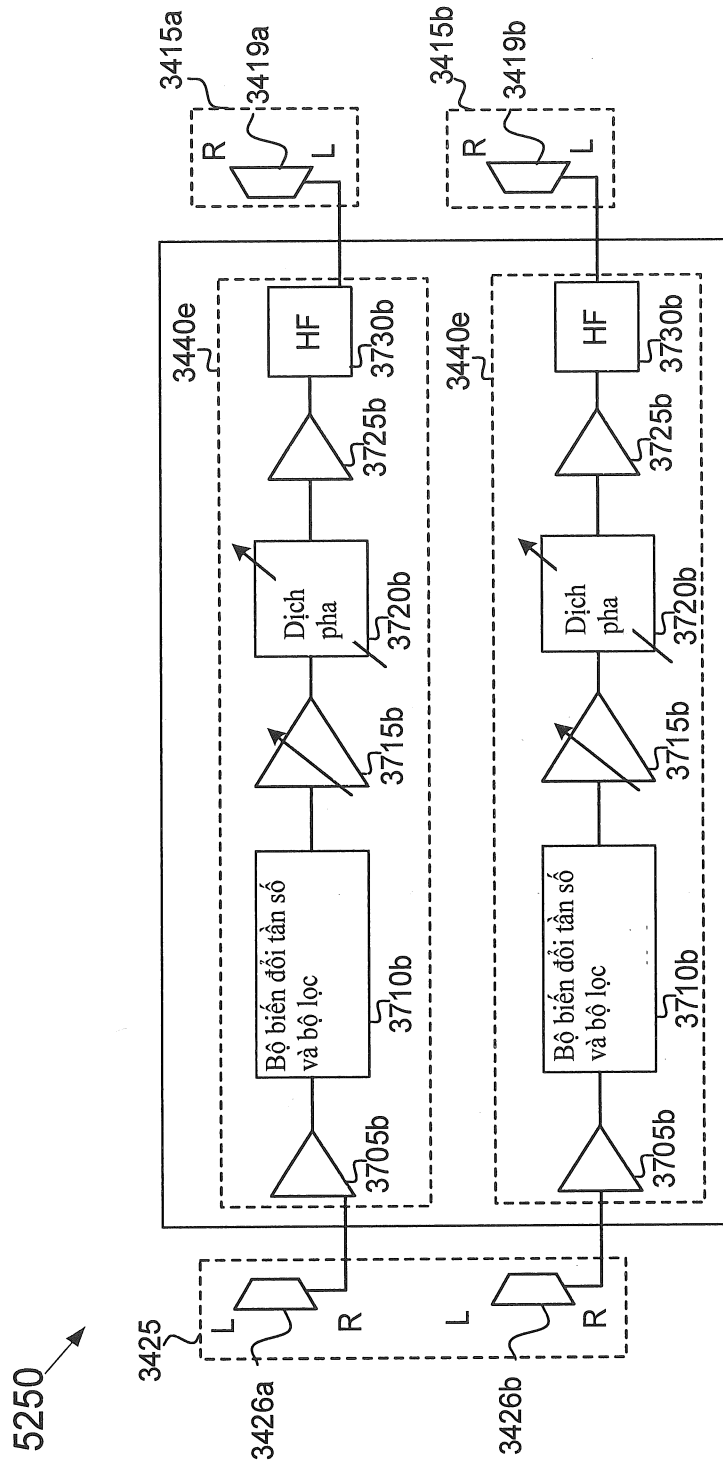


FIG. 52B

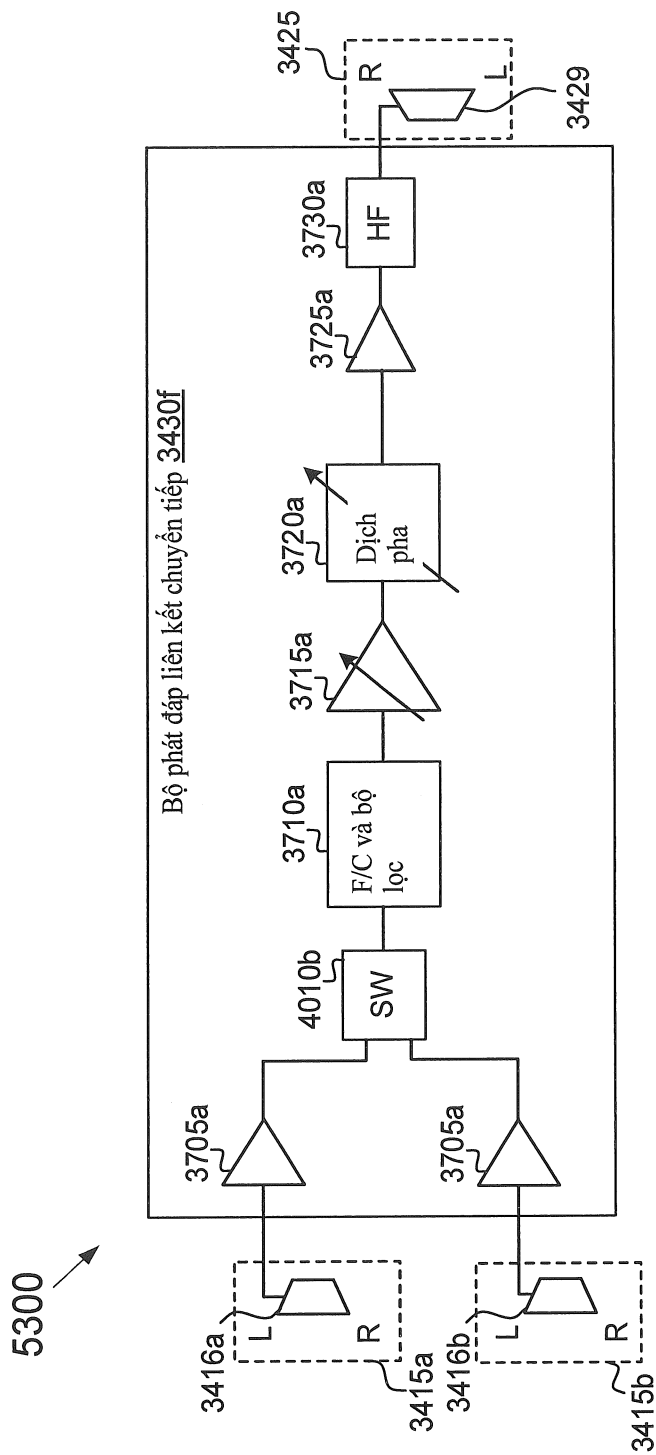


FIG. 53A

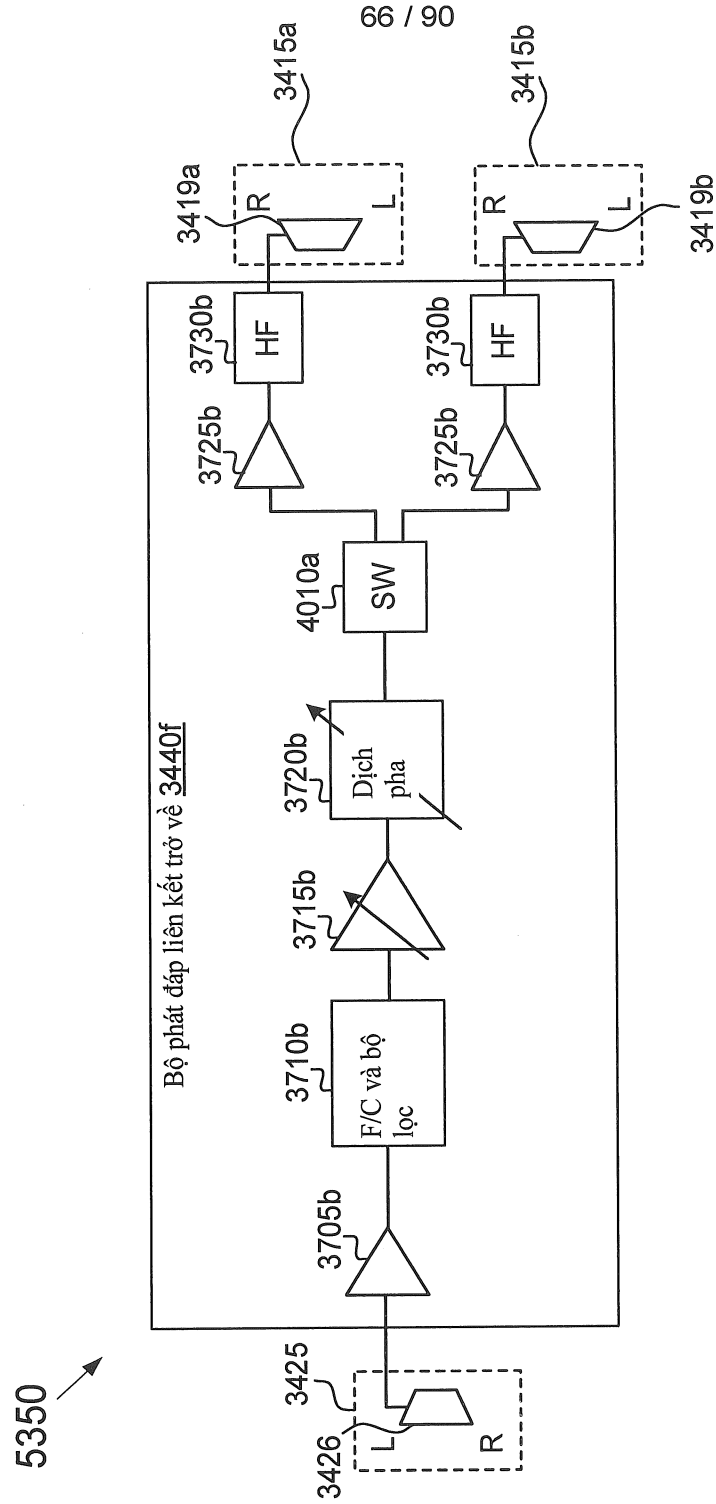


FIG. 53B

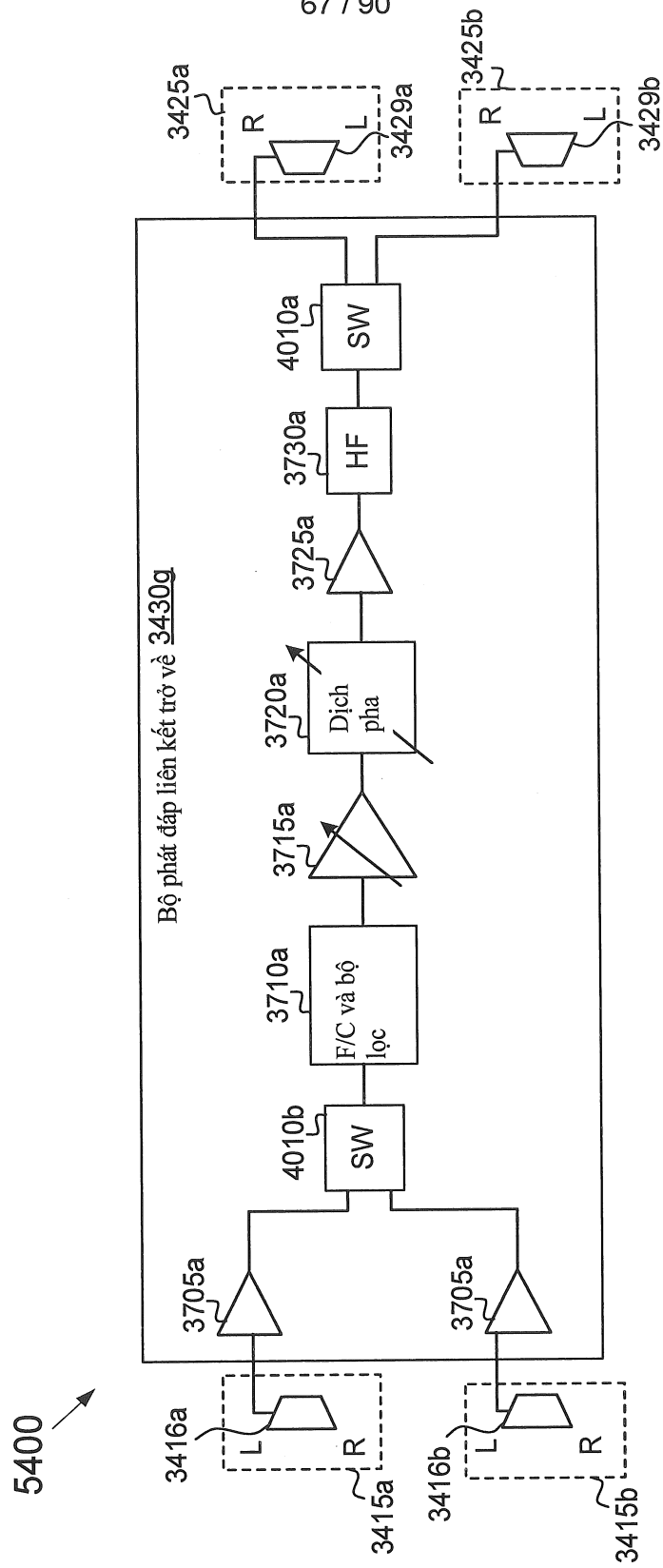


FIG. 54A

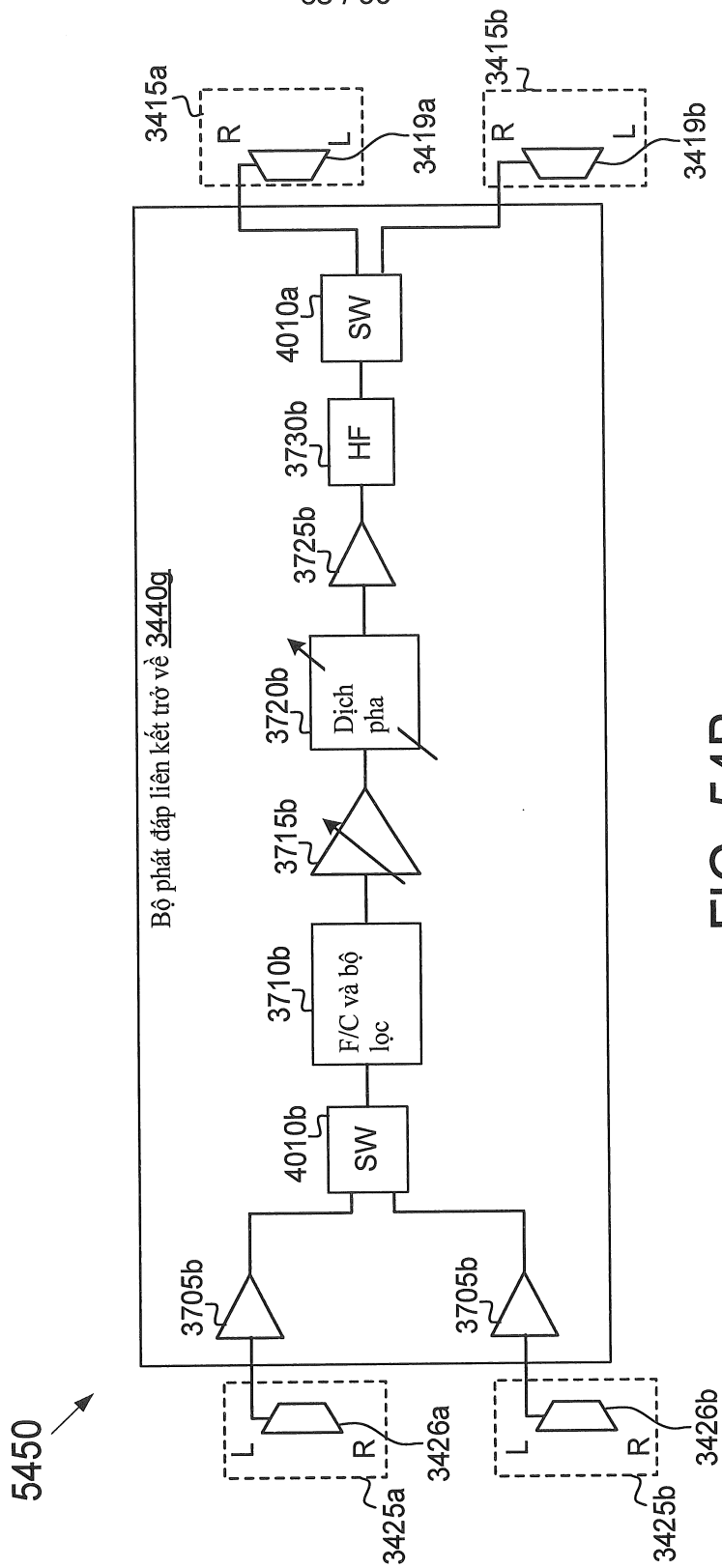


FIG. 54B

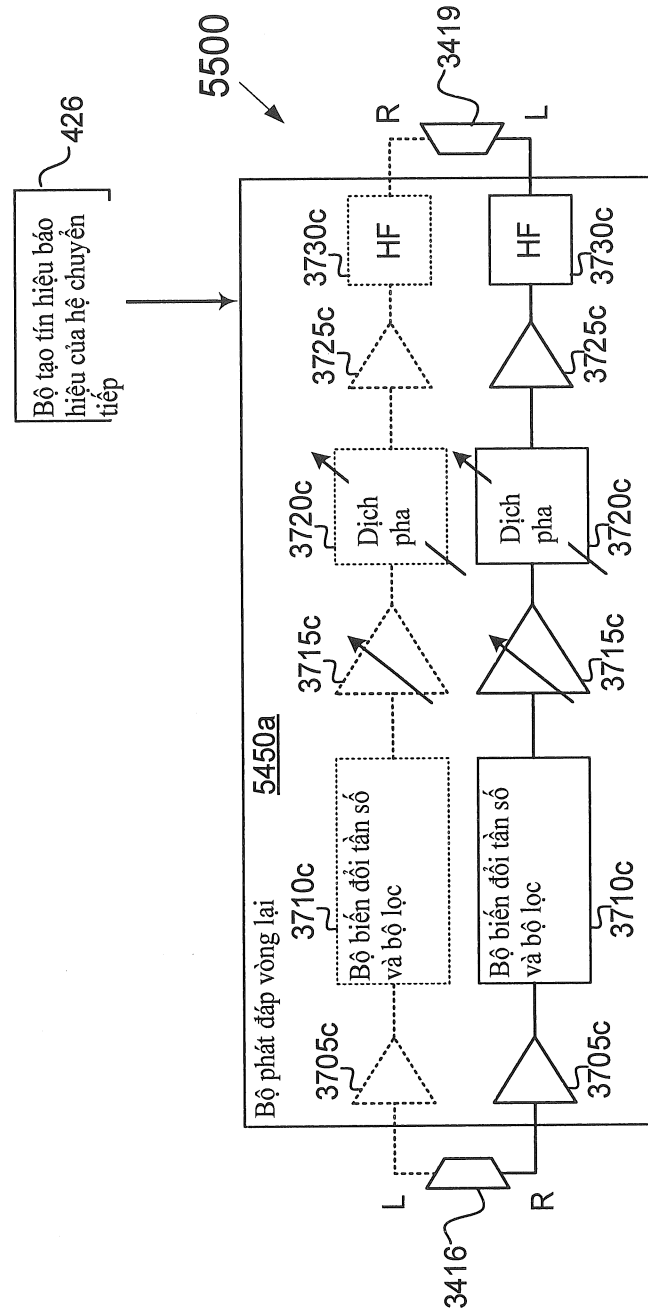


FIG. 55A

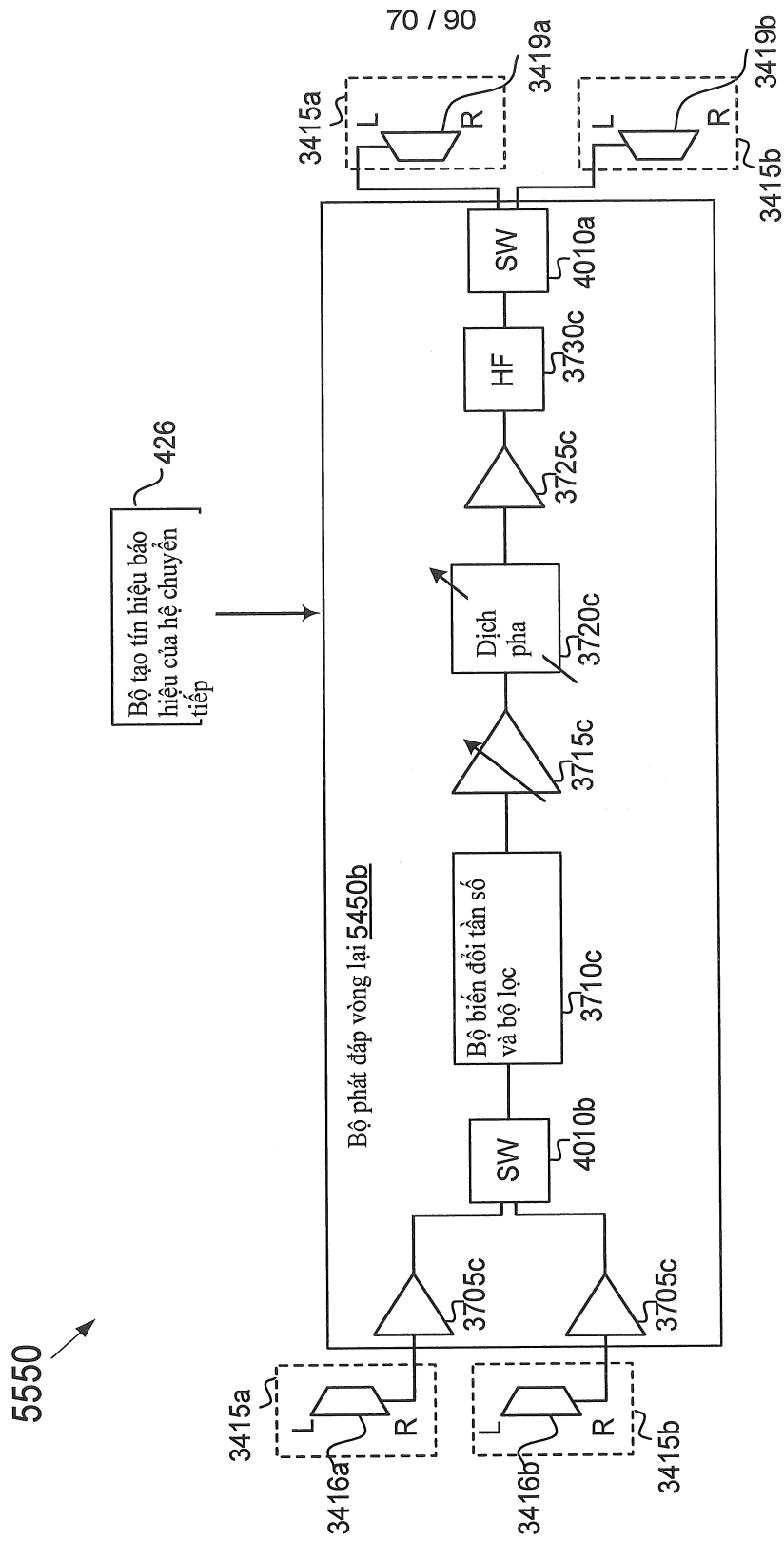


FIG. 55B

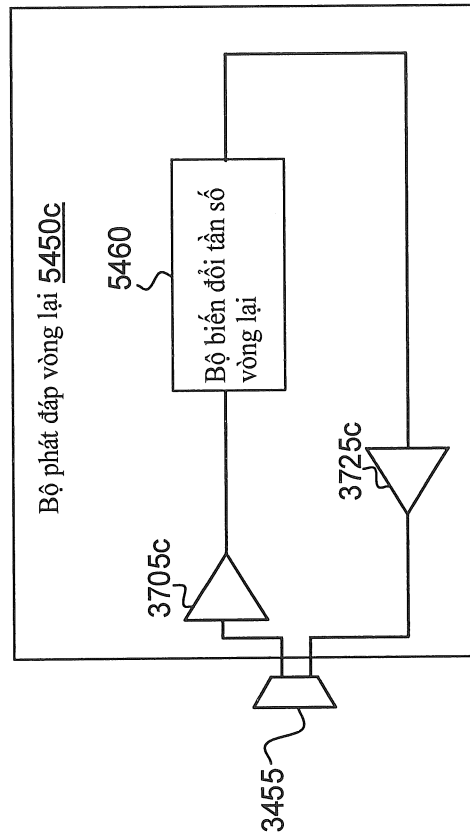


FIG. 55C

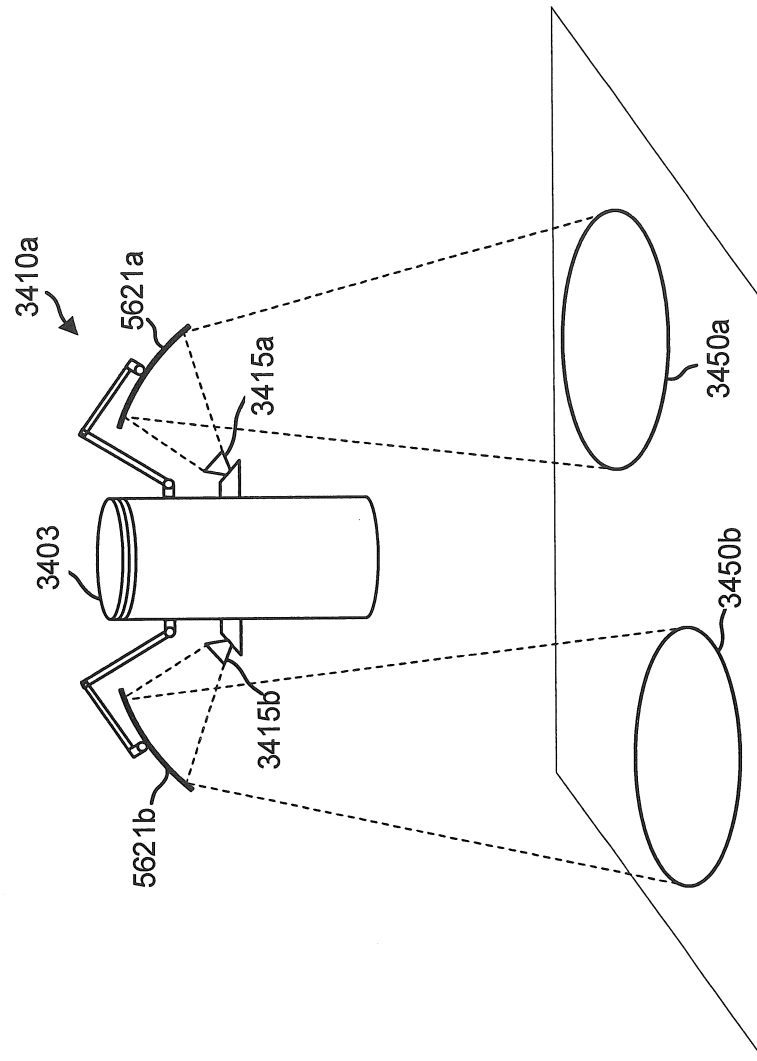


FIG. 56A

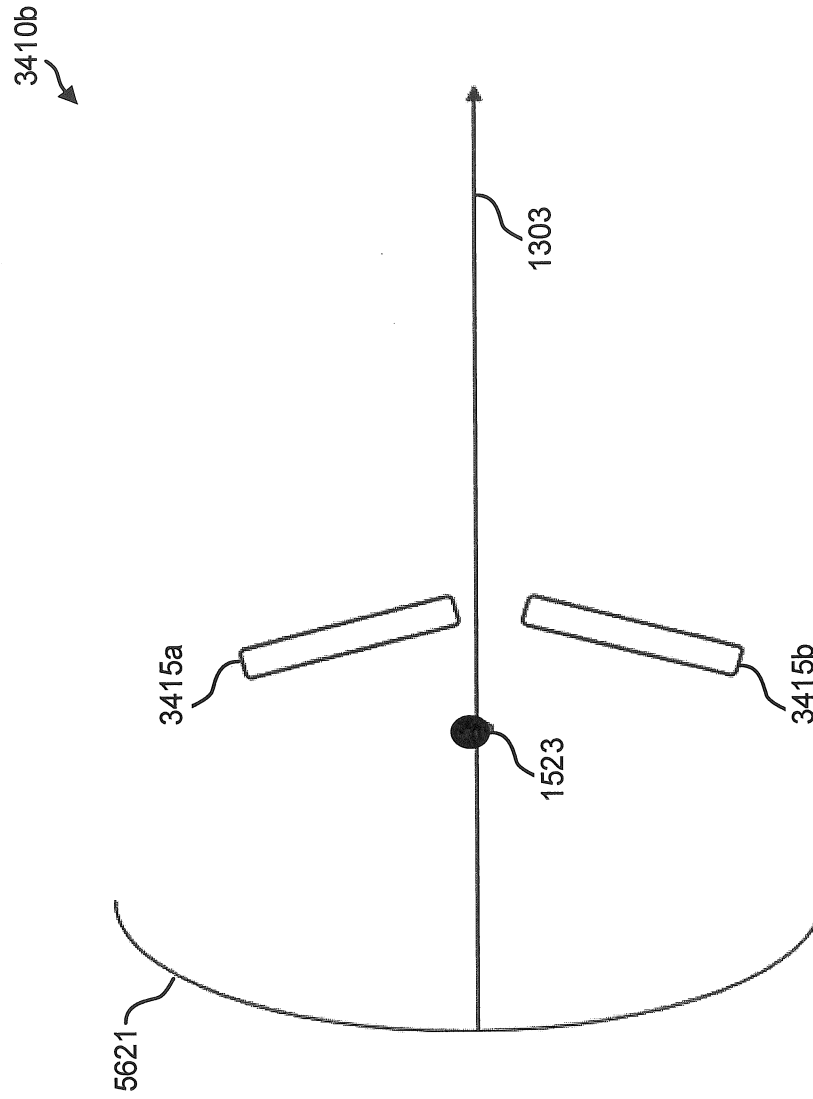


FIG. 56B

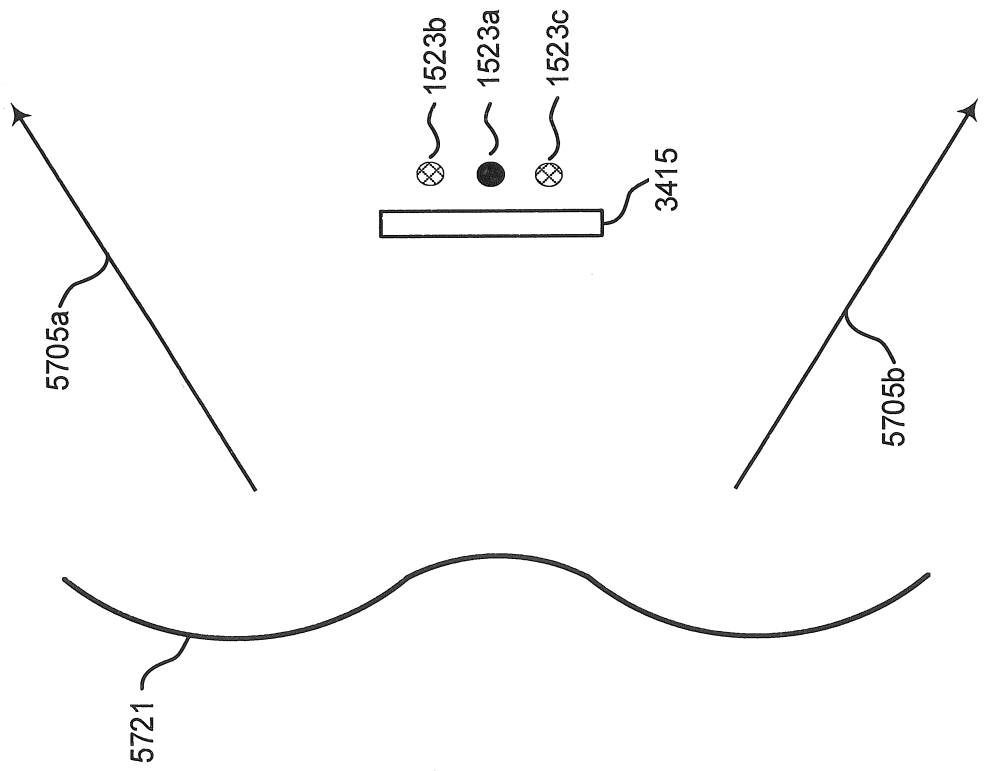
3410c
↙

FIG. 57

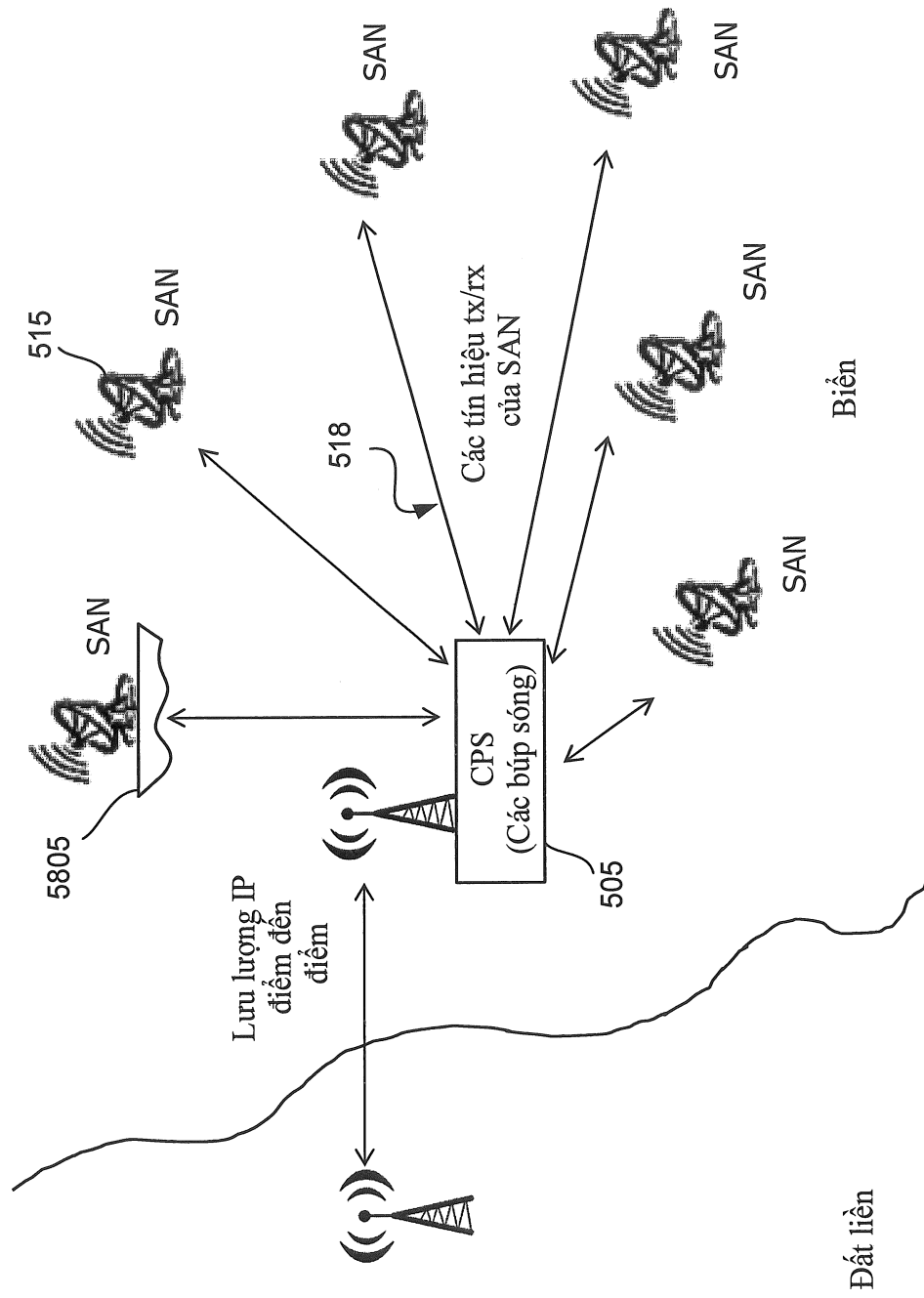


FIG. 58

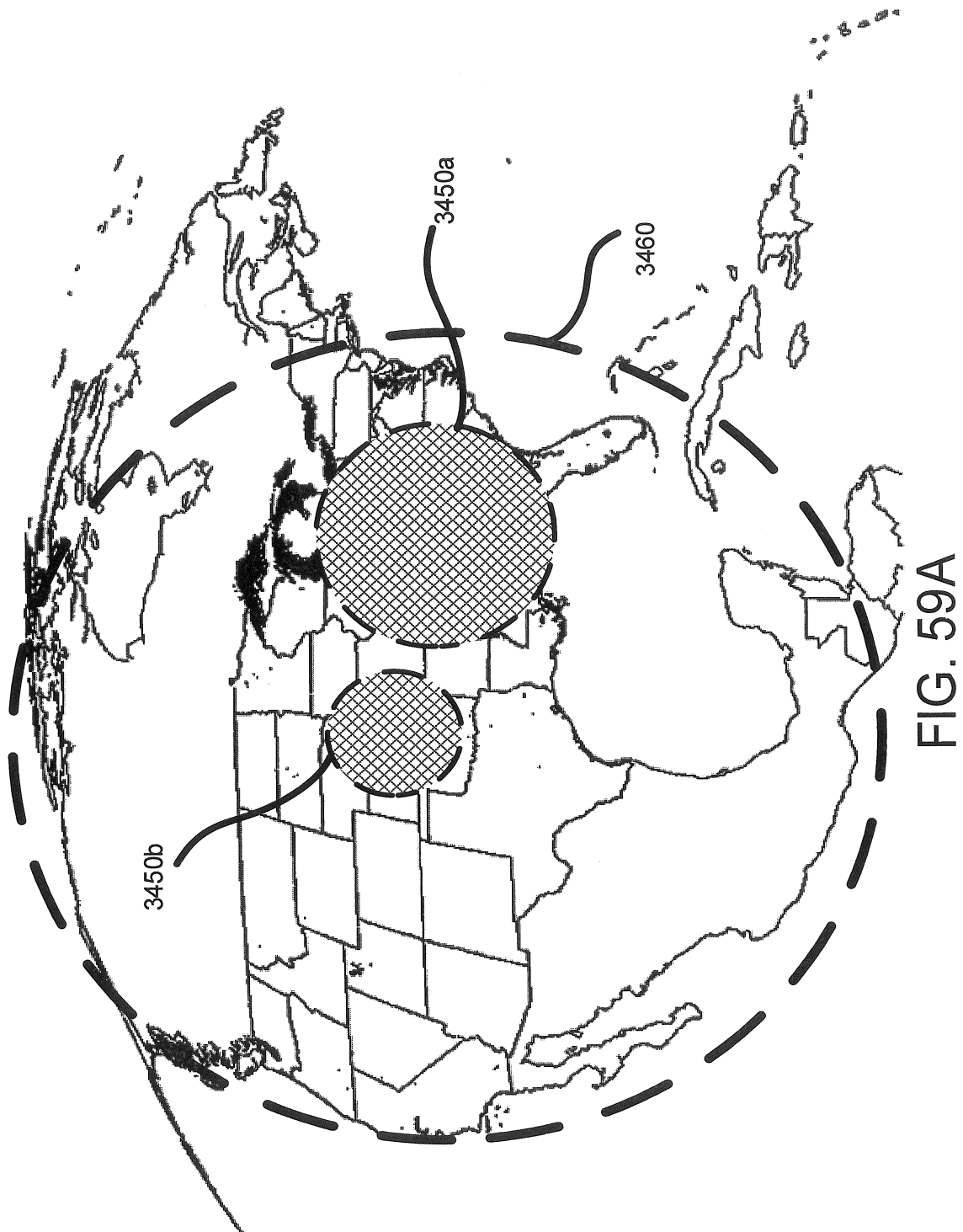


FIG. 59A

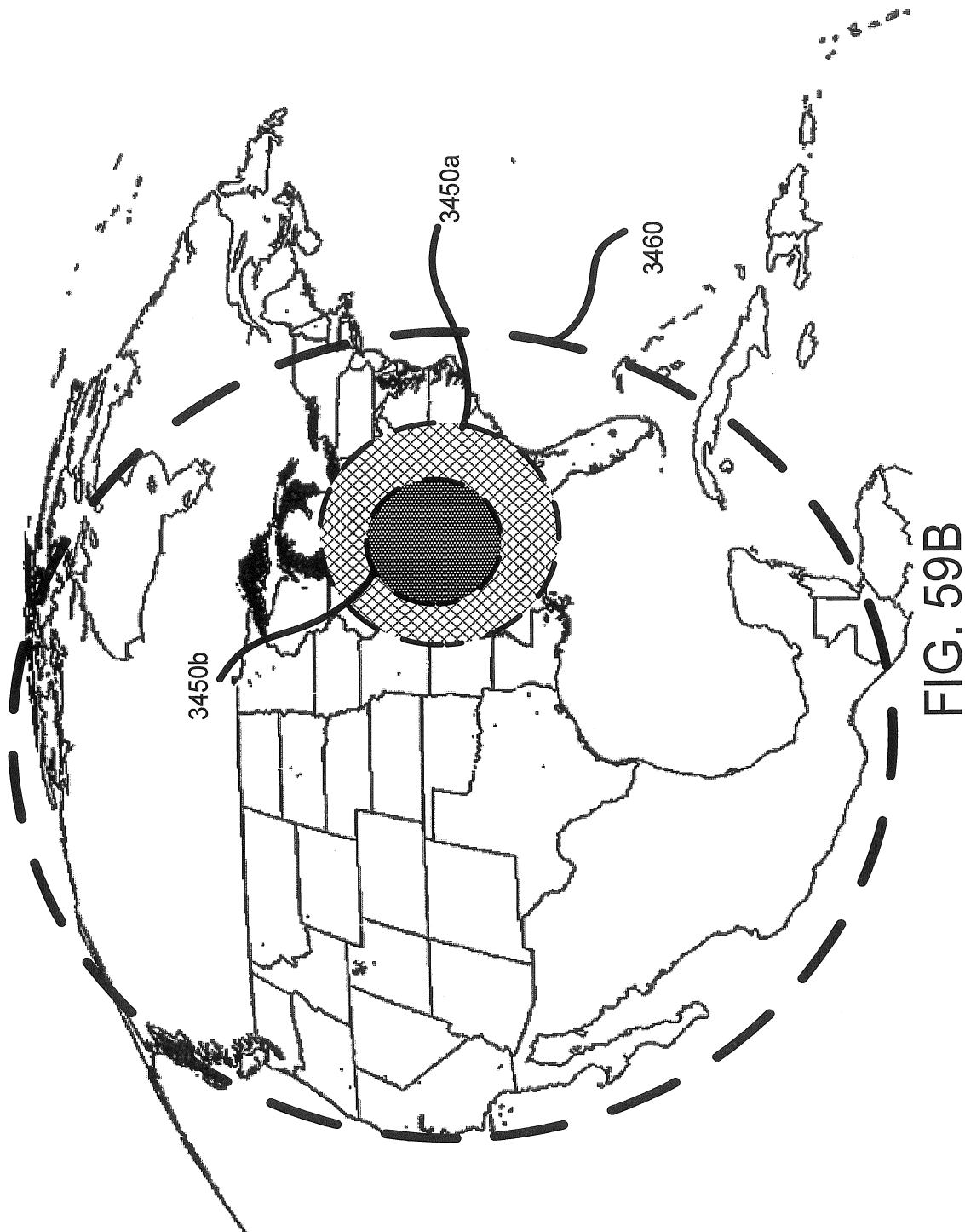


FIG. 59B

6000

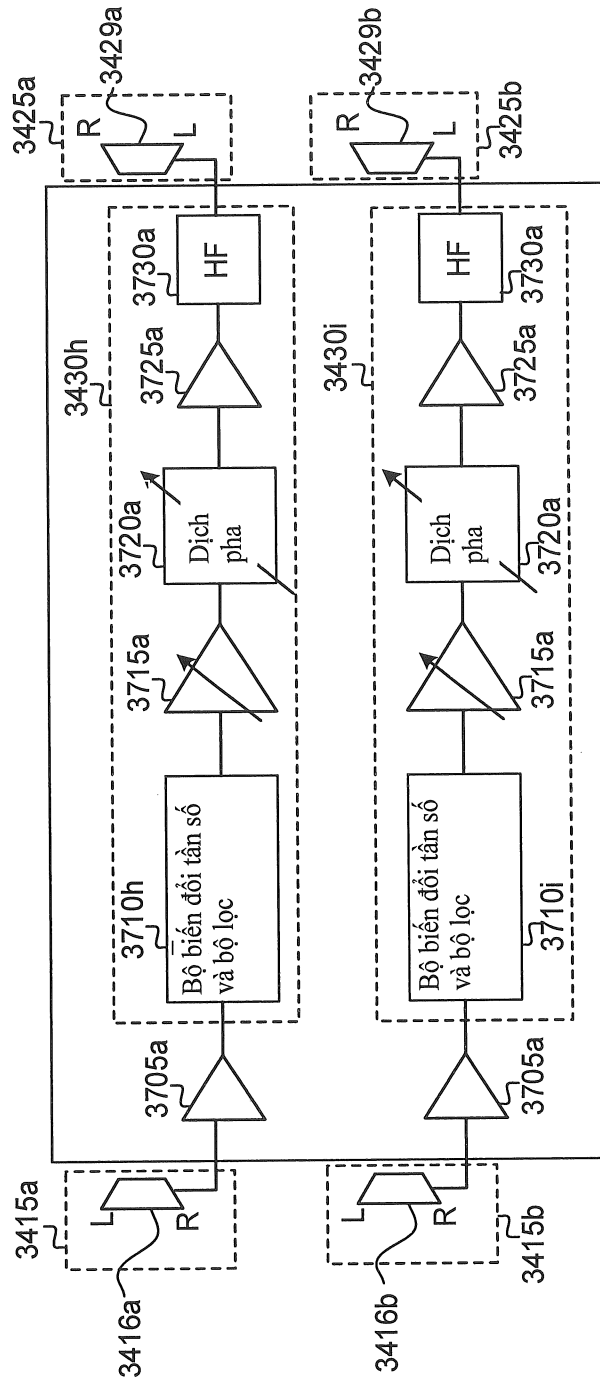


FIG. 60A

6050

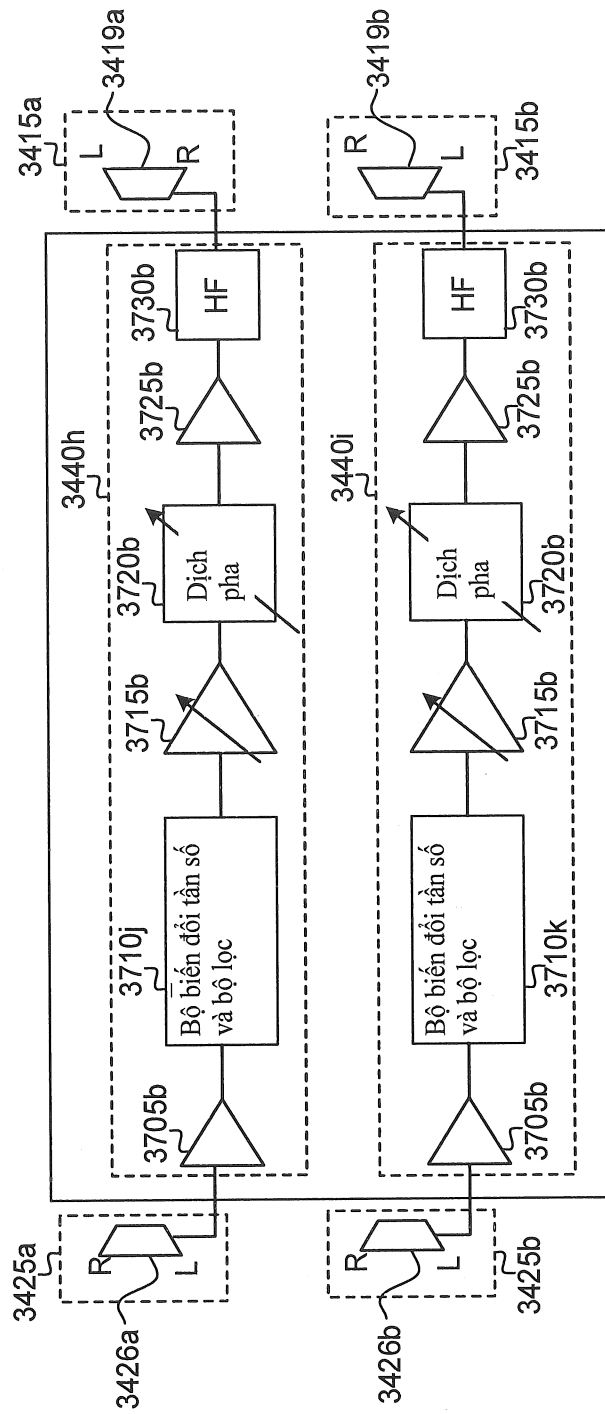


FIG. 60B

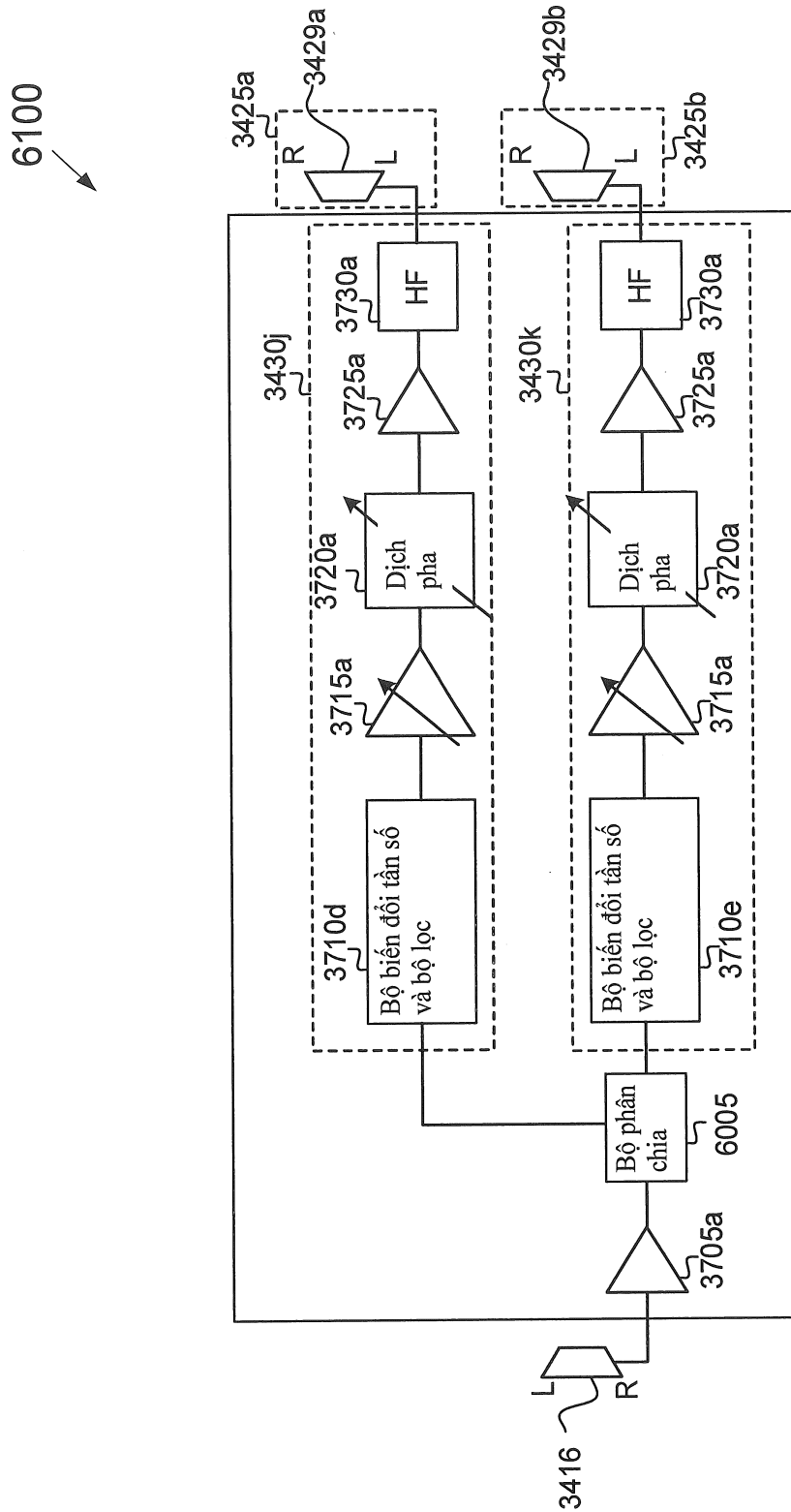


FIG. 61A

6150

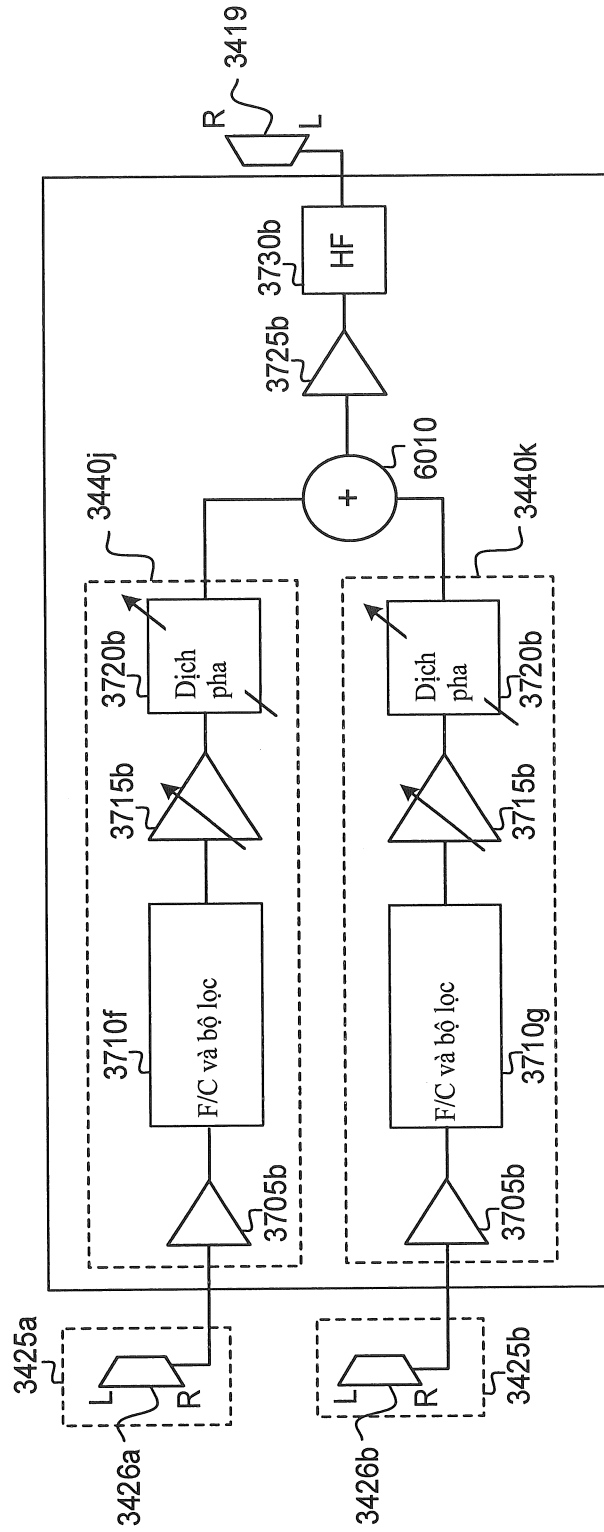


FIG. 61B

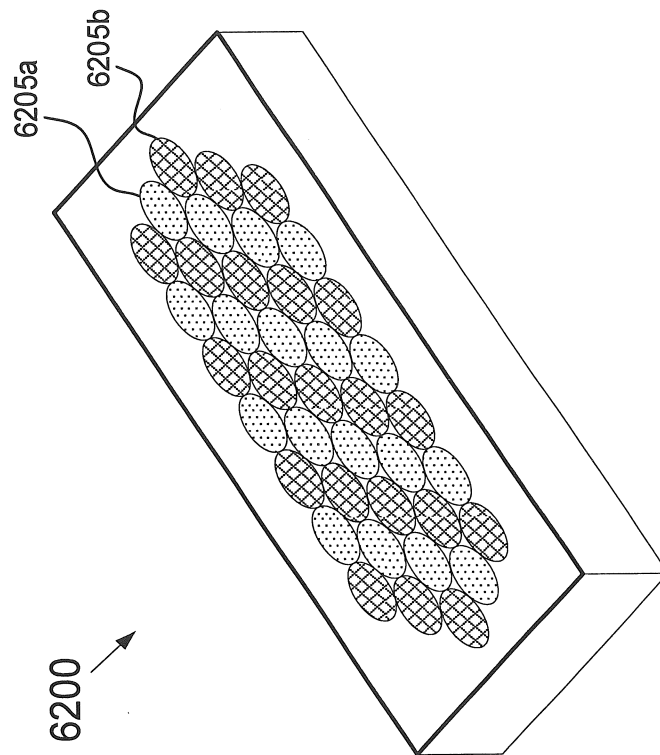


FIG. 62

6300

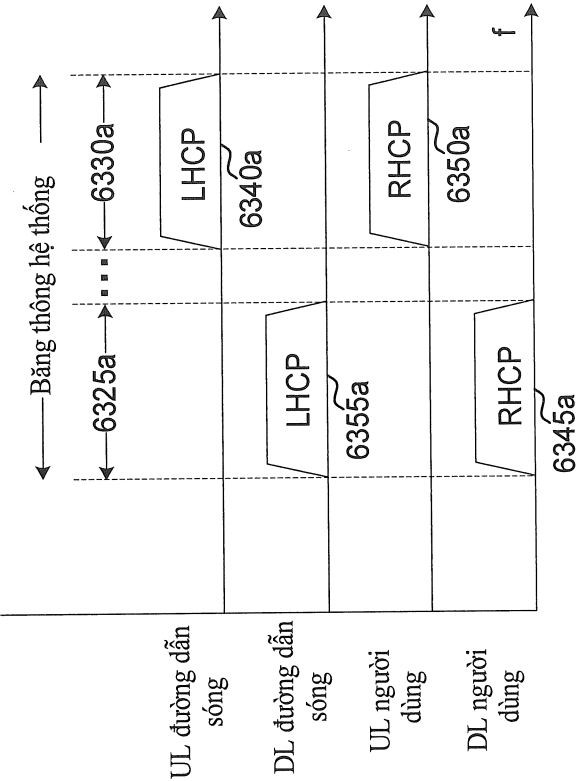


FIG. 63A

6301

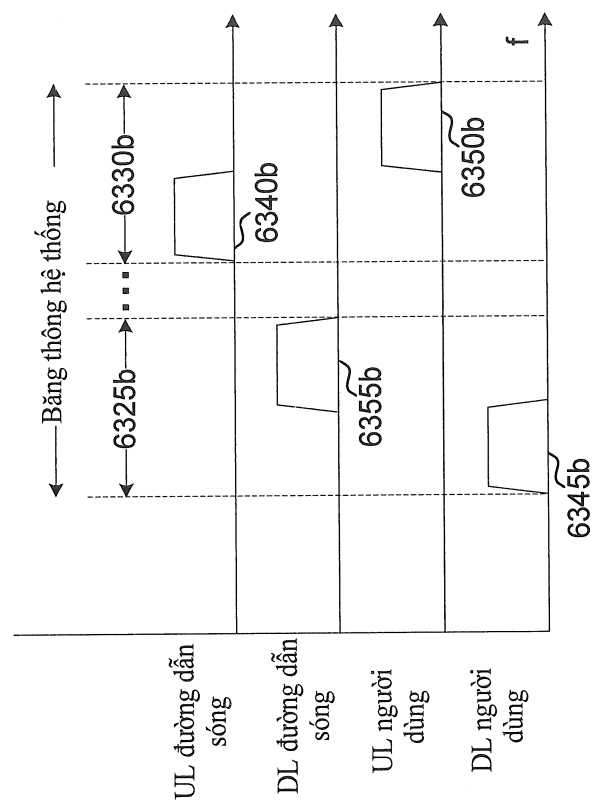


FIG. 63B

6400

Bảng thông hệ thống

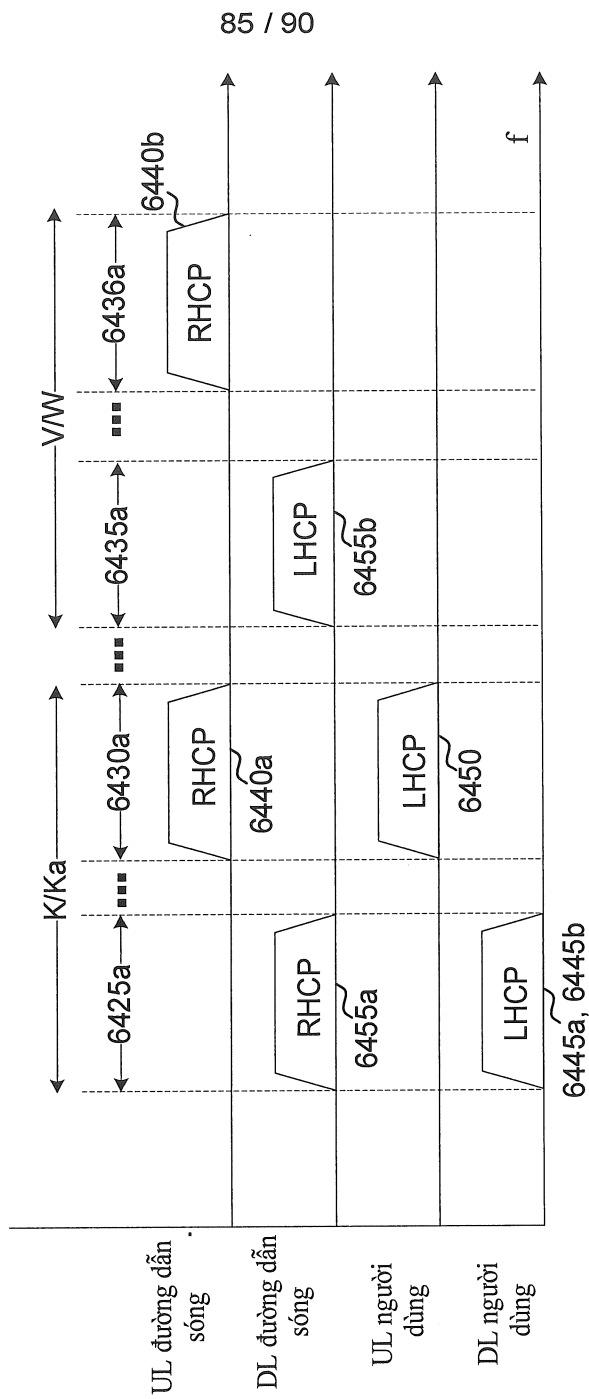


FIG. 64A

6401

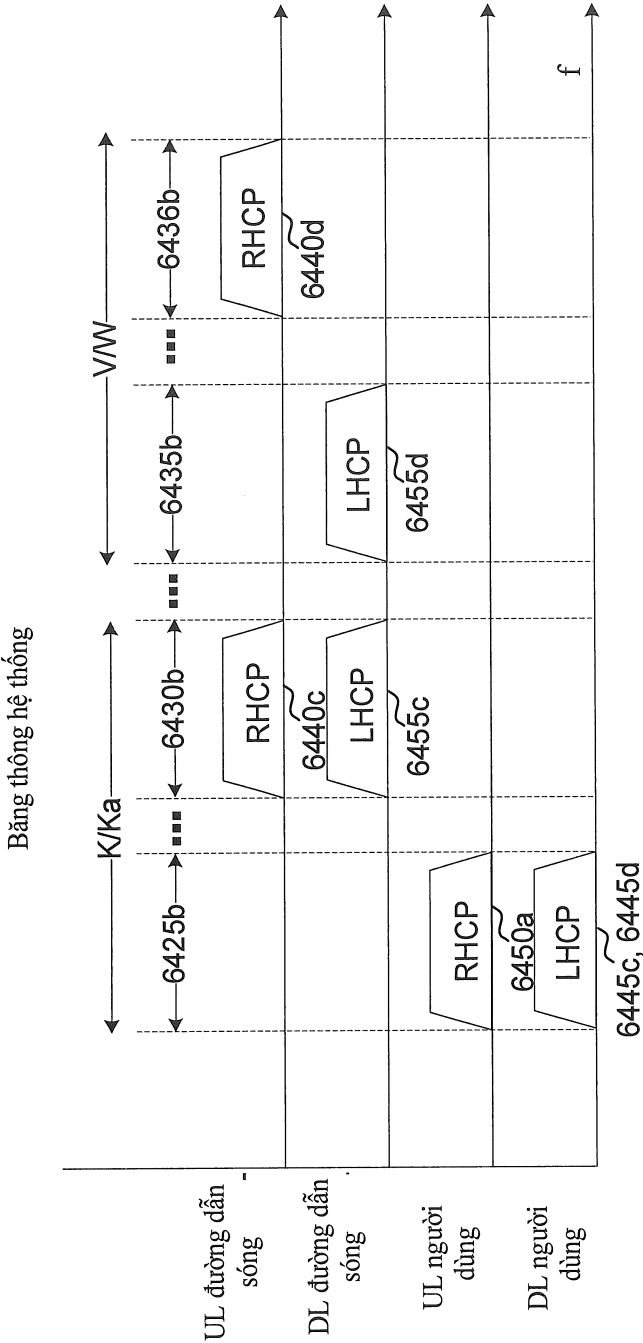


FIG. 64B

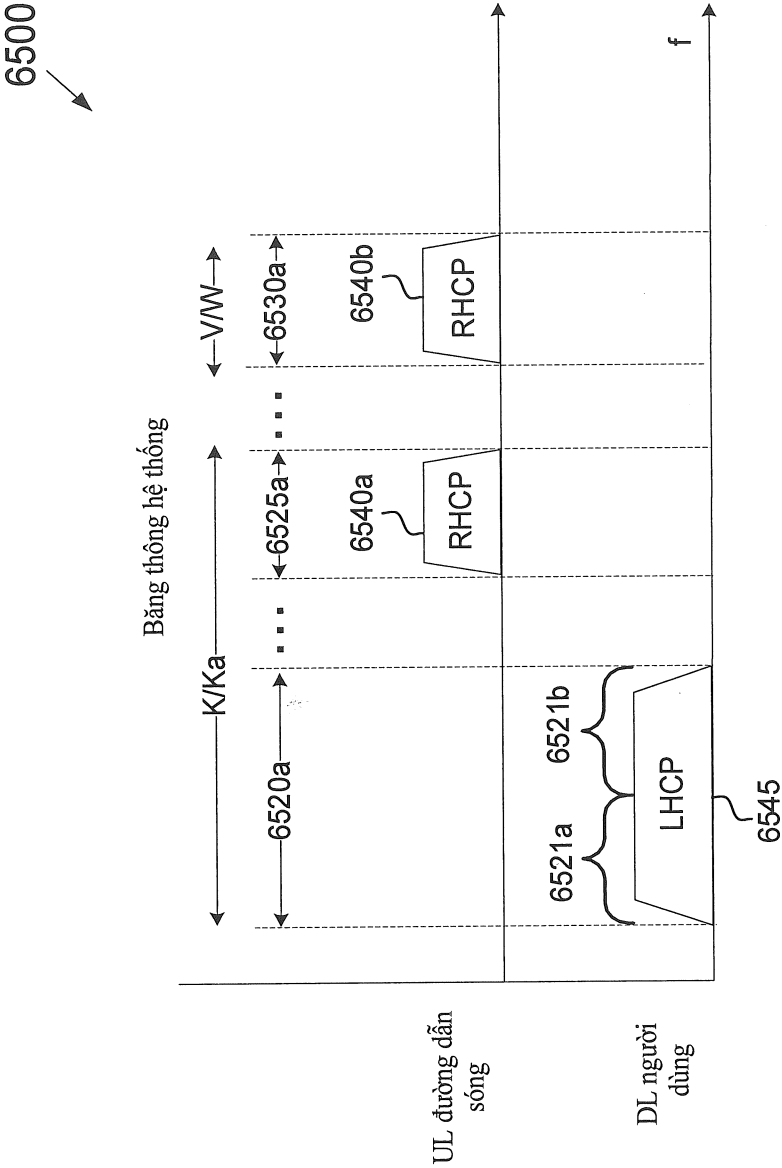


FIG. 65A

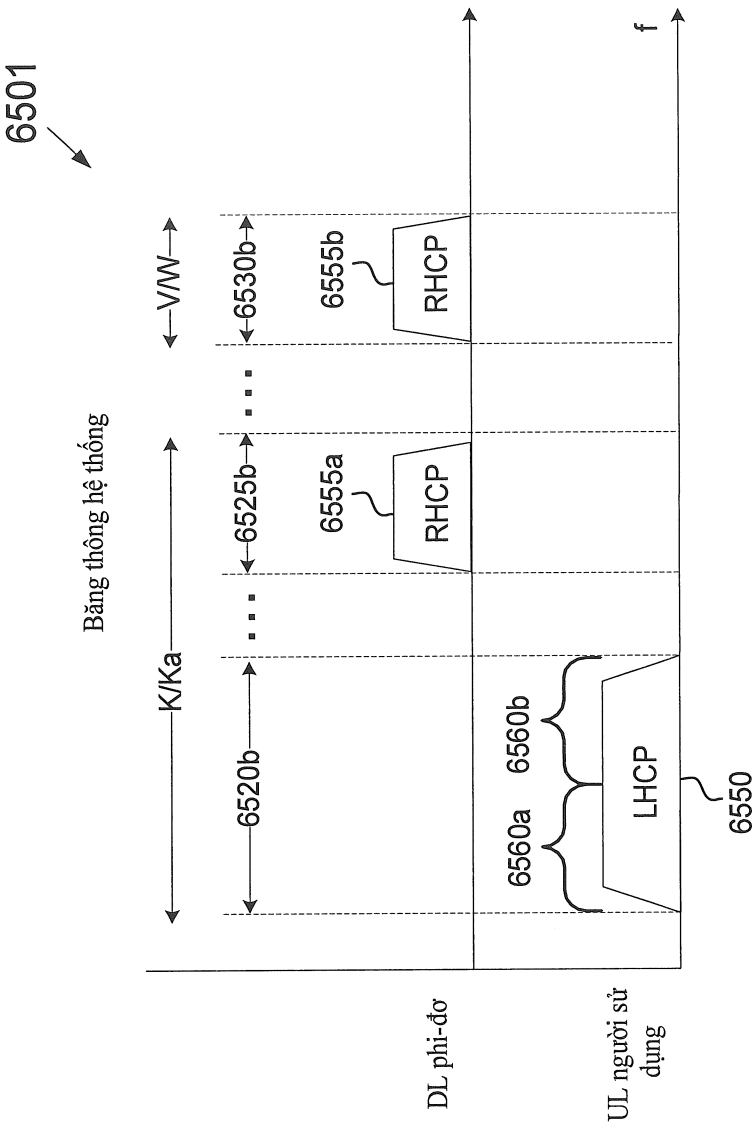


FIG. 65B

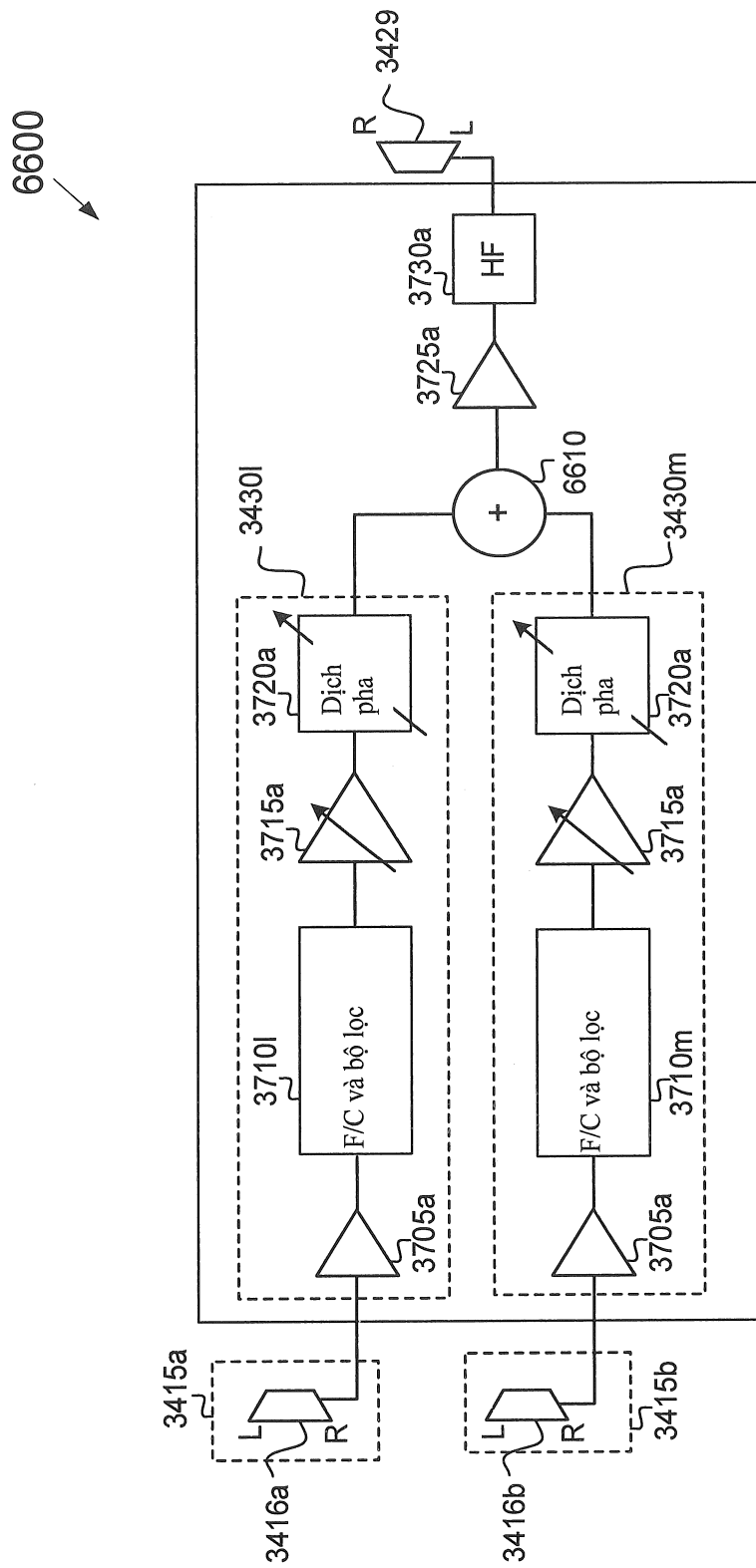


FIG. 66A

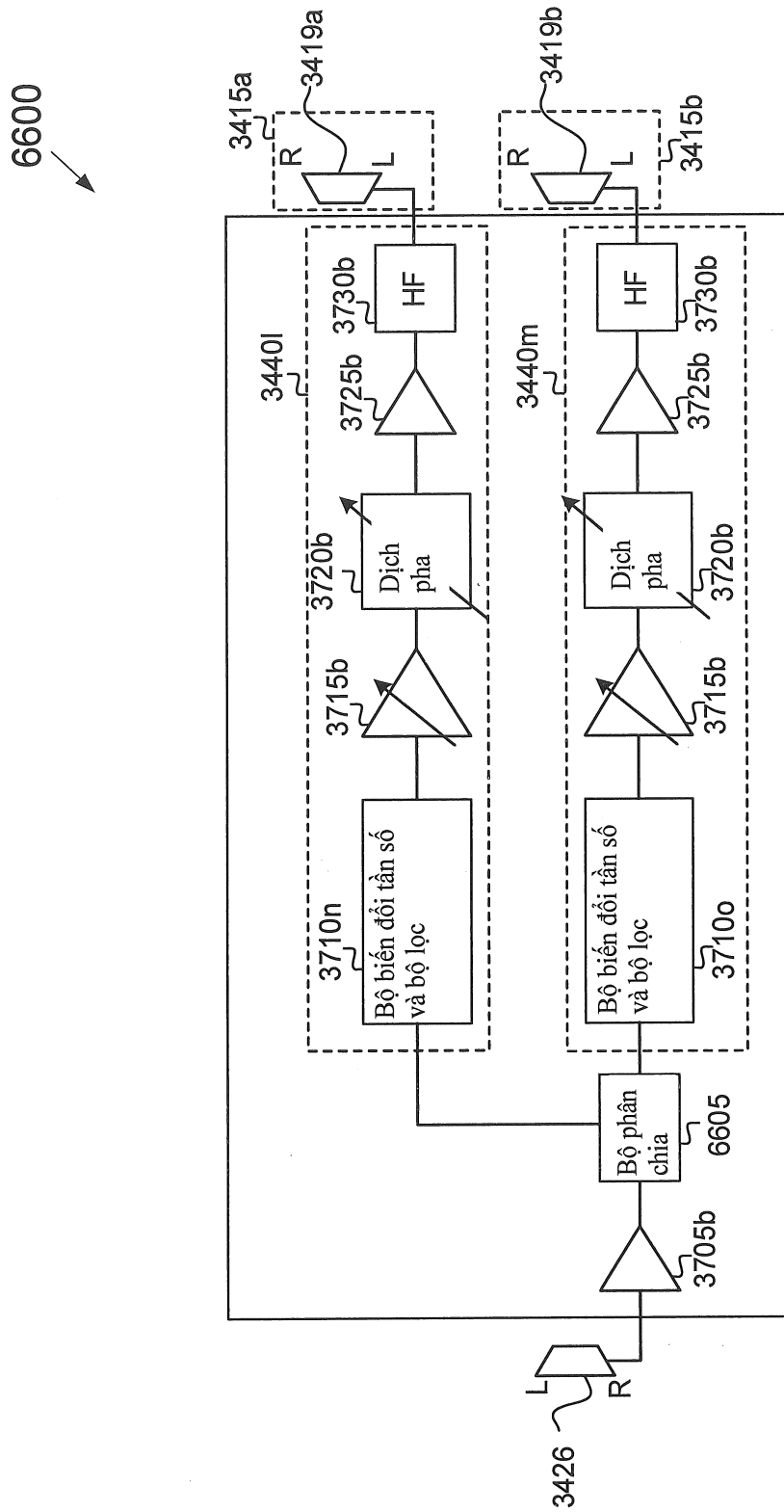


FIG. 66B