



(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)



1-0041061

(51)⁷ H04B 7/185; H04B 7/204

(13) B

(21) 1-2017-03973

(22) 08/04/2016

(86) PCT/US2016/026813 08/04/2016

(87) WO 2016/195813 08/12/2016

(30) 62/145,804 10/04/2015 US; 62/145,810 10/04/2015 US; 62/164,456 20/05/2015 US;
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

(45) 25/09/2024 438

(43) 25/05/2018 362A

(73) VIASAT, INC. (US)

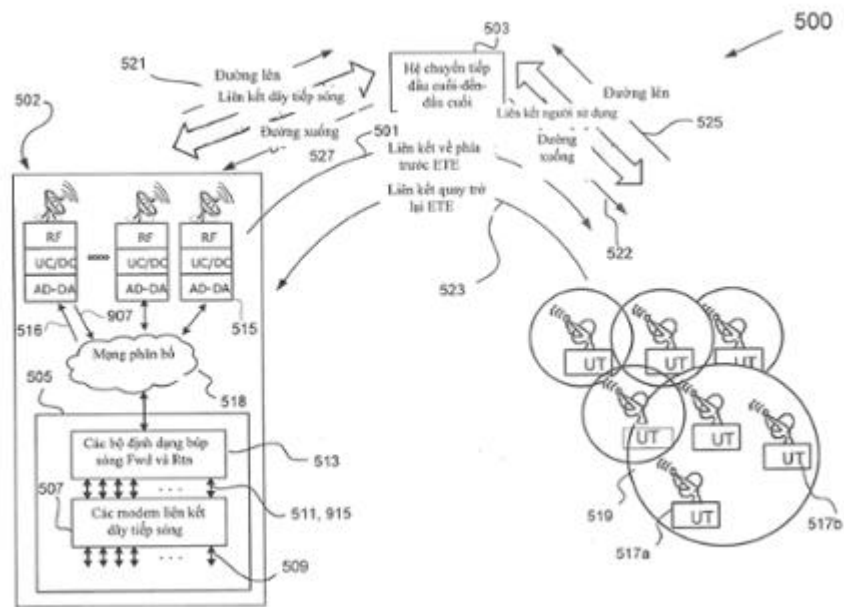
Patent Department, 6155 El Camino Real, Carlsbad, California 92009, United States of America

(72) MILLER, Mark (US); BUER, Kenneth (US).

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

(54) VỆ TINH VÀ HỆ THỐNG ĐỊNH DẠNG BÚP SÓNG ĐẦU CUỐI - ĐẾN - ĐẦU CUỐI

(57) Sáng chế đề cập đến các hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối (500) bao gồm các bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối (503, 1202, 3403) và các mạng mặt đất (502) để tạo ra các sự truyền thông với các thiết bị đầu cuối người dùng (517) được định vị trong các vùng phủ sóng chùm tia người dùng (519). Phần mặt đất có thể bao gồm các nút truy cập được phân bố theo địa lý (515) và hệ thống xử lý trung tâm (505). Các tín hiệu đường lên truyền về (525), được truyền từ các thiết bị đầu cuối người dùng, có đa đường dẫn được cảm ứng bởi các đường dẫn tín hiệu nhận/truyền (1702) trong bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối và được chuyển tiếp đến mạng mặt đất. Mạng mặt đất, sử dụng các bộ định dạng búp sóng (513, 531), khôi phục các dòng dữ liệu người dùng được truyền bởi các thiết bị đầu cuối người dùng từ các tín hiệu đường xuống truyền về (527). Mạng mặt đất, sử dụng các bộ định dạng búp sóng (513, 529) tạo các tín hiệu đường lên truyền đi (521) từ các tổ hợp được xác định trọng số phù hợp của các dòng dữ liệu người dùng, sau khi chuyển tiếp bởi bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối, tạo ra các tín hiệu đường xuống truyền đi (522) mà kết hợp để tạo ra chùm tia người dùng.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến các hệ thống, phương pháp và thiết bị liên quan đến sự định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối trong hệ thống sử dụng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các hệ thống truyền thông không dây, như là các hệ thống truyền thông vệ tinh, tạo ra phương tiện mà nhờ đó dữ liệu, bao gồm âm thanh, video và các dạng dữ liệu khác khác nhau, có thể được truyền thông từ vị trí này đến vị trí khác. Thông tin bắt đầu ở vị trí thứ nhất, như là trạm cơ sở mặt đất thứ nhất và được truyền đến bộ chuyển tiếp không dây, như là vệ tinh truyền thông. Thông tin được nhận bởi bộ chuyển tiếp không dây được truyền lại đến trạm thứ hai, như là trạm cơ sở mặt đất thứ hai. Trong một số hệ thống truyền thông bộ chuyển tiếp không dây, hoặc trạm thứ nhất hoặc trạm thứ hai (hoặc cả hai) được lắp trên phương tiện, như là phương tiện đường hàng không, phương tiện đường thủy hoặc phương tiện trên đất liền. Thông tin có thể được truyền chỉ theo một hướng (ví dụ, chỉ từ trạm cơ sở mặt đất thứ nhất đến trạm cơ sở mặt đất thứ hai) hoặc có thể được truyền theo cả hai hướng (ví dụ, cũng từ trạm cơ sở mặt đất thứ hai đến trạm cơ sở mặt đất thứ nhất).

Trong hệ thống truyền thông bộ chuyển tiếp không dây trong đó bộ chuyển tiếp không dây là vệ tinh, vệ tinh này có thể là vệ tinh địa tĩnh, trong đó trường hợp quỹ đạo của vệ tinh được đồng bộ hóa với vòng quay của Trái đất, giữ vùng phủ sóng của vệ tinh gần như không thay đổi so với Trái đất. Trong các trường hợp khác, vệ tinh có quỹ đạo xoay quanh Trái đất mà khiến vùng phủ sóng của vệ tinh di chuyển trên bề mặt của Trái đất khi vệ tinh đi qua đường quỹ đạo của nó.

Các tín hiệu được định hướng đến hoặc rời trạm thứ nhất có thể được định hướng bằng cách sử dụng ăngten được tạo hình dạng để hội tụ tín hiệu thành chùm tia hẹp. Các ăngten này thường có gương phản xạ dạng parabôn để hội tụ chùm tia.

Trong một số trường hợp, chùm tia có thể được tạo ra một cách điện tử bằng cách điều chỉnh độ khuếch đại và pha (hoặc độ trễ thời gian) của các tín hiệu được

truyền, được nhận hoặc cả hai từ một vài phần tử của giàn ăngten được tạo pha. Bằng cách lựa chọn một cách thích hợp pha và độ khuếch đại tương đối được truyền và/hoặc được nhận bởi mỗi phần tử của giàn ăngten được tạo pha, chùm tia có thể được định hướng. Trong hầu hết các trường hợp, tất cả năng lượng đang được truyền từ trạm cơ sở mặt đất được dự định được nhận bởi một bộ chuyển tiếp không dây. Tương tự, thông tin được nhận bởi trạm thứ hai thường được nhận từ một bộ chuyển tiếp không dây ở một thời điểm. Do đó, thông thường là chùm tia truyền được tạo ra để truyền thông tin đến bộ chuyển tiếp không dây (hoặc bằng cách sử dụng sự định dạng búp sóng điện từ hoặc bằng cách sử dụng ăngten có gương phản xạ được tạo hình dạng) là tương đối hẹp để cho phép nhiều năng lượng được truyền nhất có thể được định hướng đến bộ chuyển tiếp không dây. Tương tự, chùm tia nhận được tạo ra để nhận thông tin từ bộ chuyển tiếp không dây thường hẹp để thu năng lượng từ hướng của bộ chuyển tiếp không dây với độ giao thoa tối thiểu từ các nguồn khác.

Trong nhiều trường hợp đáng chú ý, các tín hiệu được truyền từ bộ chuyển tiếp không dây đến các trạm thứ nhất và thứ hai không được định hướng đến trạm duy nhất. Thay vào đó, bộ chuyển tiếp không dây có thể truyền các tín hiệu trên một vùng địa lý tương đối lớn. Ví dụ, trong một hệ thống truyền thông vệ tinh, vệ tinh có thể cấp dịch vụ cho toàn bộ lục địa hợp chủng quốc Hoa Kỳ. Trong trường hợp này, vệ tinh này được coi là có vùng phủ sóng vệ tinh bao gồm toàn bộ lục địa hợp chủng quốc Hoa Kỳ. Tuy nhiên, để tăng lượng dữ liệu có thể được truyền thông qua vệ tinh, thì năng lượng được truyền bởi vệ tinh được hội tụ thành các chùm tia. Các chùm tia này có thể được định hướng đến các vùng địa lý trên Trái đất.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất vệ tinh (503, 1202, 1502, 3403) dùng để tạo các sự truyền thông giữa các nút truy cập (access node, AN) (515) và các thiết bị đầu cuối người dùng (517), các AN được phân bố theo địa lý trên vùng phủ sóng AN (3450) và các thiết bị đầu cuối người dùng được phân bố theo địa lý trên vùng phủ sóng người dùng (3460), vệ tinh bao gồm: hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng (3410) để chiếu vùng phủ sóng nút truy cập (AN), hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng bao gồm giàn phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp (3419) và giàn phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp (3416); hệ thống con

ăngten liên kết người dùng (3420) để chiếu vùng phủ sóng người dùng, hệ thống con ăngten liên kết người dùng bao gồm giàn phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng kết hợp (3429) và giàn phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng kết hợp (3426); các bộ phát đáp liên kết truyền đi (410, 3430), mỗi bộ phát đáp này được ghép nối giữa một phần tử tương ứng trong số các phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng và một phần tử tương ứng trong số các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng; và các bộ phát đáp liên kết truyền về (410, 3440), mỗi bộ phát đáp này được ghép nối giữa một phần tử tương ứng trong số các phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng và một phần tử tương ứng trong số các phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng.

Mục đích khác của sáng chế là đề xuất phương pháp định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối qua bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối (503, 1202, 1502, 3403) để tạo các sự truyền thông giữa các nút truy cập (AN) (515) và các thiết bị đầu cuối người dùng (517), phương pháp này bao gồm các bước: nhận các tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp (545) là các sự chồng chập của các tín hiệu đường lên truyền đi (521) bởi các phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp từ các AN được phân bố theo địa lý trên vùng phủ sóng AN, tạo ra các tín hiệu đường xuống truyền đi (522) từ các tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp; và truyền các tín hiệu đường xuống truyền đi bởi các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng kết hợp, trong đó các tín hiệu đường xuống truyền đi được truyền đến các thiết bị đầu cuối người dùng được phân bố theo địa lý trên vùng phủ sóng người dùng phân biệt ít nhất một phần với vùng phủ sóng AN.

Mục đích khác của sáng chế là đề xuất hệ thống định dạng búp sóng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối (500, 1200, 3400) bao gồm: các nút truy cập được phân bố theo địa lý (515) mỗi nút này có đầu ra tín hiệu đường lên truyền đi được xác định trọng số chùm tia đầu cuối-đến-đầu cuối; và bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối (503, 1202, 1502, 3403) bao gồm: giàn phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp (406, 3416), truyền thông không dây với các nút truy cập được phân bố; giàn phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng kết hợp (409, 3429) truyền thông không dây với các thiết bị đầu cuối người dùng; các bộ phát đáp dạng ống uốn cong liên kết truyền đi (410, 3430), mỗi bộ phát đáp này được ghép nối giữa một phần tử tương ứng trong số các phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp và một phần tử

tương ứng trong số các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng kết hợp, sao cho sự tiếp nhận các sự chồng chập của các tín hiệu đường lên truyền đi được xác định trọng số chùm tia qua các phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp tạo ra các tín hiệu đường xuống truyền đi ở các bộ phát đáp dạng ống uốn cong liên kết truyền đi và sự truyền dẫn các tín hiệu đường xuống truyền đi bởi các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng kết hợp góp phần tạo ra chùm tia người dùng truyền đi cấp dịch vụ cho ít nhất một số thiết bị đầu cuối người dùng.

Mục đích khác của sáng chế là đề xuất phương pháp định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối sử dụng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối (503, 1202, 1502, 3403), phương pháp này bao gồm các bước: tính toán các trọng số chùm tia truyền đi (918) đối với các kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối (2208) mà ghép nối các nút truy cập được phân bố theo địa lý với thiết bị đầu cuối người dùng trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền đi (519) qua các bộ phát đáp của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối, mỗi kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối có đa đường dẫn được cảm ứng bởi các bộ phát đáp; tạo ra các tín hiệu đường lên truyền đi (521) bằng cách áp dụng các trọng số chùm tia truyền đi vào tín hiệu chùm tia truyền đi (511), sao cho mỗi tín hiệu đường lên truyền đi là duy nhất đối với một nút truy cập tương ứng trong số các nút truy cập; truyền mỗi tín hiệu đường lên truyền đi theo cách đồng bộ hóa thời gian bởi nút truy cập tương ứng của nó; nhận tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp tương ứng (545) bởi mỗi trong số các bộ phát đáp của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối từ các nút truy cập, mỗi tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp tương ứng bao gồm sự chồng chập của các tín hiệu đường lên truyền đi; và truyền tín hiệu đường xuống truyền đi tương ứng (522) tương ứng với tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp tương ứng bởi mỗi trong số các bộ phát đáp, sao cho các tín hiệu đường xuống truyền đi tạo ra chùm tia người dùng truyền đi.

Mục đích khác của sáng chế là đề xuất phương pháp định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối sử dụng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối (503, 1202, 1502, 3403), phương pháp này bao gồm các bước: nhận tín hiệu đường lên tương ứng (525) ở mỗi trong số các bộ phát đáp của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối; truyền các tín hiệu đường xuống truyền về (527) bởi các bộ phát đáp, mỗi tín hiệu đường xuống truyền về tương ứng với một tín hiệu tương ứng trong số các tín hiệu đường lên truyền

về; nhận ở mỗi trong số các nút truy cập, sự chồng chập tương ứng (1706) của các tín hiệu đường xuống truyền về để tạo ra tín hiệu truyền về đa hợp (907); và tạo ra chùm tia người dùng truyền về bằng cách áp dụng các trọng số chùm tia truyền về (937) vào các tín hiệu truyền về đa hợp, mỗi trong số các trọng số chùm tia truyền về được tính toán đối với một trong số các kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối mà ghép nối vị trí tham chiếu nằm trong vùng phủ sóng người dùng với các nút truy cập, mỗi kênh có nhiều đường dẫn được tạo ra bởi các đường dẫn thông qua các bộ phát đáp, trong đó, bước áp dụng các trọng số chùm tia truyền về bao gồm bước áp dụng, vào mỗi tín hiệu truyền về đa hợp, trọng số chùm tia truyền về được kết hợp với nút truy cập đã nhận tín hiệu truyền về đa hợp này.

Mục đích khác của sáng chế là đề xuất hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối (500, 1200, 3400) để truyền thông với thiết bị đầu cuối người dùng (517), hệ thống này bao gồm: các nút truy cập được phân bố theo địa lý (515); bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối (503, 1202, 1502, 3403) có các đường dẫn tín hiệu nhận/truyền (1702), mỗi trong số lượng đường dẫn tín hiệu nhận/truyền bao gồm: phần tử ăngten nhận (406, 3416) truyền thông không dây với thiết bị đầu cuối người dùng trên đường lên để nhận tín hiệu đường lên truyền về tương ứng từ thiết bị đầu cuối người dùng; và phần tử ăngten truyền (409, 3429) để truyền một trong số các tín hiệu đường xuống truyền về tương ứng đến các nút truy cập qua các đường xuống, các tín hiệu đường xuống truyền về, mỗi tín hiệu đường xuống truyền về này tương ứng với tín hiệu đường lên truyền về tương ứng, sao cho sự chồng chập tương ứng (1706) của các tín hiệu đường xuống truyền về được nhận bởi mỗi trong số các nút truy cập, nhờ đó tạo thành tín hiệu truyền về đa hợp tương ứng (907); và bộ định dạng búp sóng truyền về (513, 531, 3016) bao gồm: đầu vào nút truy cập (931) truyền thông với mỗi trong số các nút truy cập; và đầu ra tín hiệu dữ liệu truyền về (933) để truyền thông tín hiệu chùm tia truyền về, sao cho tín hiệu chùm tia truyền về được tạo ra nhờ sử dụng các tín hiệu truyền về đa hợp.

Mục đích khác của sáng chế là đề xuất vệ tinh (503, 1202, 1502, 3403) bao gồm: các phần tử ăngten nhận (406, 3416, 3426) mỗi phần tử này có hình mẫu ăngten chùm tia thành phần nhận, sao cho ít nhất một trong số các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần nhận chồng lên ít nhất một trong số các hình mẫu ăngten chùm tia thành

phần nhận khác, các phần tử ăngten nhận có thể hoạt động ở cùng tần số nhận và cùng phân cực nhận; các phần tử ăngten truyền (409, 3419, 3429), mỗi phần tử này có hình mẫu ăngten chùm tia thành phần truyền, sao cho ít nhất một trong số các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần truyền chồng lên ít nhất một trong số các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần truyền khác, các phần tử ăngten truyền có thể hoạt động ở cùng tần số truyền và cùng phân cực truyền; và các bộ phát đáp (410, 3430, 3440), mỗi bộ phát đáp này có đầu vào được ghép nối với phần tử ăngten nhận được kết hợp và mỗi bộ phát đáp này có đầu ra được ghép nối với phần tử ăngten truyền được kết hợp, sao cho có sự tương quan một-một giữa mỗi bộ phát đáp, phần tử ăngten nhận được kết hợp và phần tử ăngten truyền được kết hợp.

Mục đích khác của sáng chế là đề xuất phương pháp truyền thông thông qua bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối (503, 1202, 1502, 3403), phương pháp này bao gồm các bước: nhận tín hiệu truyền thông (521, 525) ở mỗi trong số các phần tử ăngten nhận của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối, tín hiệu truyền thông bắt nguồn từ bộ truyền tín hiệu mặt đất (515, 517), sao cho mỗi trong số nhóm con của các phần tử ăngten nhận nhận tín hiệu truyền thông ở mức tín hiệu gần như không nhỏ hơn mức tín hiệu tương ứng với độ khuếch đại đỉnh của phần tử ăngten nhận; kết xuất từ mỗi trong số các phần tử ăngten nhận, tín hiệu nhận được tương ứng thu được từ sự tiếp nhận tín hiệu truyền thông của phần tử ăngten nhận; khuếch đại một cách độc lập mỗi tín hiệu nhận được để tạo ra các tín hiệu nhận được được khuếch đại; và truyền, từ mỗi trong số ít nhất một số phần tử ăngten truyền, một trong số các tín hiệu nhận được được khuếch đại khác dưới dạng tín hiệu đường xuống (522, 527), sao cho ít nhất nhóm con của các tín hiệu đường xuống chiếu bộ nhận tín hiệu mặt đất (515, 517) ở mức tín hiệu gần như không nhỏ hơn mức tín hiệu tương ứng với độ khuếch đại đỉnh của các phần tử ăngten truyền tham gia truyền.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các hình vẽ được đưa ra chỉ nhằm mục đích minh họa và chỉ mô tả các ví dụ. Các hình vẽ này được đưa ra để tạo thuận lợi cho việc hiểu phương pháp và thiết bị được bộc lộ đối với người đọc. Chúng không làm giới hạn độ rộng, phạm vi hoặc khả năng ứng dụng của sáng chế được yêu cầu bảo hộ. Để đơn giản và dễ minh họa, các hình vẽ này không cần phải được vẽ theo tỷ lệ.

Fig.1 là hình vẽ minh họa ví dụ của hệ thống truyền thông vệ tinh;

Fig.2 là sơ đồ thể hiện hình mẫu ví dụ của các chùm tia phủ sóng lục địa hợp chủng quốc Hoa Kỳ.

Fig.3 là hình vẽ minh họa ví dụ của liên kết truyền đi của hệ thống truyền thông vệ tinh trong đó vệ tinh có giàn đa tiếp sóng được tạo pha trên mỗi dung lượng định dạng búp sóng trên bo mạch;

Fig.4 là hình vẽ minh họa ví dụ của liên kết truyền đi của hệ thống truyền thông vệ tinh có sự định dạng búp sóng trên mặt đất;

Fig.5 là hình vẽ minh họa của hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối ví dụ;

Fig.6 là hình vẽ minh họa các đường dẫn tín hiệu ví dụ đối với các tín hiệu theo hướng truyền về;

Fig.7 là hình vẽ minh họa các đường dẫn tín hiệu ví dụ theo hướng truyền về từ thiết bị đầu cuối người dùng;

Fig.8 là hình vẽ minh họa được đơn giản hóa của mô hình ma trận kênh truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối ví dụ;

Fig.9 là hình vẽ minh họa các đường dẫn tín hiệu ví dụ theo hướng truyền đi;

Fig.10 là hình vẽ minh họa các đường dẫn tín hiệu ví dụ theo hướng truyền đi đến thiết bị đầu cuối người dùng được định vị nằm trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng;

Fig.11 là hình vẽ minh họa được đơn giản hóa của mô hình ma trận kênh truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối ví dụ;

Fig.12 là hình vẽ minh họa vệ tinh bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối ví dụ hỗ trợ dữ liệu truyền đi và dữ liệu truyền về;

Fig.13 là hình vẽ minh họa ví dụ của dải tần số đường lên được phân chia thành hai phần;

Fig.14 là hình vẽ minh họa bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối ví dụ được ghép kênh theo thời gian giữa dữ liệu truyền đi và dữ liệu truyền về;

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

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

Fig.17 là đồ thị của các hình mẫu cường độ tín hiệu ví dụ của một vài phần tử ăngten;

Fig.18 là hình vẽ minh họa của các đường bao cường độ tín hiệu 3 dB ví dụ đối với một vài phần tử ăngten;

Fig.19 là hình vẽ minh họa của các hình mẫu cường độ tín hiệu chồng lên nhau ví dụ của một vài phần tử ăngten;

Fig.20A đến Fig.20E là các hình vẽ minh họa của các đường bao cường độ tín hiệu 3 dB chồng lên nhau ví dụ đối với một vài phần tử ăngten;

Fig.21 là hình vẽ minh họa ví dụ liệt kê 16 phần tử ăngten và các đường bao cường độ tín hiệu 3 dB chồng lên nhau của chúng;

Fig.22 là bảng thể hiện các ánh xạ ví dụ đối với các phần tử ăngten nhận đến các phần tử ăngten truyền qua 16 bộ phát đáp;

Fig.23 là hình vẽ minh họa mặt cắt ngang của gương phản xạ ăngten dạng parabol và giàn phần tử được định tâm ở tiêu điểm của parabol;

Fig.24 là hình vẽ minh họa mặt cắt ngang của gương phản xạ ăngten dạng parabol và giàn phần tử được đặt cách xa tiêu điểm của parabol;

Fig.25 là hình vẽ minh họa của vùng phủ sóng bộ chuyển tiếp ví dụ (được thể hiện bởi một đường gạch chéo) và vùng (được thể hiện bởi hai đường gạch chéo) được xác định bởi các điểm nằm trong vùng phủ sóng bộ chuyển tiếp cũng được bao gồm trong sáu vùng phủ sóng phần tử ăngten;

Fig.26 là hình vẽ minh họa ví dụ hình mẫu ăngten bộ chuyển tiếp trong đó tất cả các điểm nằm trong vùng phủ sóng bộ chuyển tiếp cũng được bao gồm trong ít nhất bốn vùng phủ sóng phần tử ăngten;

Fig.27 là hình vẽ minh họa của sự phân bố các nút truy cập (access node, AN) và các vùng phủ sóng chùm tia người dùng ví dụ;

Fig.28 là đồ thị ví dụ của dung lượng liên kết truyền đi và truyền về được chuẩn

hóa dưới dạng hàm số của các AN được triển khai;

Fig.29 là sơ đồ khối của phần mặt đất ví dụ 502 cho hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối;

Fig.30 là sơ đồ khối của bộ định dạng búp sóng truyền đi/truyền về ví dụ;

Fig.31 là sơ đồ khối của bộ định dạng búp sóng truyền đi ví dụ bao gồm các bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền về với sự tách kênh và sự ghép kênh miền thời gian;

Fig.32 là hình vẽ minh họa của phần mặt đất ví dụ được đơn giản hóa thể hiện hoạt động của bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi;

Fig.33 là sơ đồ khối của bộ định dạng búp sóng truyền về ví dụ bao gồm các bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền về với sự tách kênh và sự ghép kênh miền thời gian;

Fig.34 là hình vẽ minh họa của phần mặt đất ví dụ được đơn giản hóa thể hiện hoạt động của bộ định dạng búp sóng truyền về sử dụng sự ghép kênh miền thời gian;

Fig.35 là sơ đồ khối của bộ định dạng búp sóng truyền đi/truyền về đa dải ví dụ sử dụng sự tách kênh và sự ghép kênh dải con;

Fig.36 và Fig.37 là các hình vẽ minh họa của sự căn chỉnh định thời ví dụ đối với liên kết truyền đi;

Fig.38 là sơ đồ khối của AN ví dụ;

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

Fig.40 sơ đồ khối của AN ví dụ 515 trong đó các dải con tần số được xử lý riêng;

Fig.41 là hình vẽ minh họa của hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối ví dụ cho phép phân biệt các vùng phủ sóng liên kết người dùng và liên kết dây tiếp sóng;

Fig.42 là hình vẽ minh họa của mô hình ví dụ của các đường dẫn tín hiệu đối với các tín hiệu mang dữ liệu truyền đi trên liên kết truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối;

Fig.43 là hình vẽ minh họa của mô hình ví dụ của các đường dẫn tín hiệu đối

với các tín hiệu mang dữ liệu truyền đi đối với liên kết truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối;

Fig.44A và Fig.44B là các hình vẽ minh họa của đường dẫn tín hiệu truyền đi và đường dẫn tín hiệu truyền về tương ứng làm ví dụ;

Fig.45 là hình vẽ minh họa ví dụ của vùng phủ sóng Trái đất có thể nhìn thấy bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối;

Fig.46 là hình vẽ minh họa ví dụ của vùng phủ sóng Bắc Mỹ bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối;

Fig.47A và Fig.47B là các sơ đồ khối thể hiện đường dẫn tín hiệu truyền đi và đường dẫn tín hiệu truyền về tương ứng ví dụ, mỗi đường dẫn này có sự kích hoạt chọn lọc các hệ thống con ăngten liên kết người dùng;

Fig.48A và Fig.48B là các hình vẽ minh họa ví dụ của vùng phủ sóng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối bao gồm các vùng phủ sóng người dùng được kích hoạt chọn lọc;

Fig.49 là sơ đồ khối của đường dẫn tín hiệu truyền đi ví dụ có sự kích hoạt chọn lọc các hệ thống con ăngten liên kết người dùng và các hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng;

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

Các hình vẽ này không được dự định để bao quát toàn bộ hoặc giới hạn sáng chế được yêu cầu bảo hộ với dạng chính xác được bộc lộ. Phương pháp và thiết bị được bộc lộ có thể được thực hiện với sự cải biến và sự thay đổi và sáng chế chỉ bị giới hạn bởi các điểm yêu cầu bảo hộ và các nội dung tương đương của chúng.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phần mô tả chi tiết này được thực hiện như sau. Đầu tiên, phần giới thiệu các hệ

thông truyền thông bộ chuyển tiếp không dây sử dụng sự truyền thông vệ tinh và sự định dạng búp sóng được mô tả. Thứ hai, sự định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối được mô tả tổng quát và ở mức hệ thống sử dụng sự định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối vệ tinh làm một ví dụ, mặc dù việc ứng dụng sự định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối không bị giới hạn bởi các sự truyền thông vệ tinh. Thứ ba, hoạt động của dữ liệu truyền đi và dữ liệu truyền về được mô tả trong ngữ cảnh của sự định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối. Thứ tư, các bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối và các ăngten của chúng được mô tả sử dụng vệ tinh truyền thông làm một ví dụ. Tiếp theo, các mạng mặt đất để tạo ra các chùm tia đầu cuối-đến-đầu cuối được mô tả, bao gồm các khía cạnh liên quan, như là sự cân bằng độ trễ, sự loại bỏ việc làm yếu liên kết dây tiếp sóng và sự tính toán trọng số chùm tia. Cuối cùng, sự định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối với các vùng phủ sóng liên kết người dùng và liên kết dây tiếp sóng phân biệt được mô tả, cũng như các hệ thống với các vùng phủ sóng.

Sự truyền thông vệ tinh

Fig.1 là hình vẽ minh họa ví dụ của hệ thống truyền thông vệ tinh trung tâm và liên kết 100. Vệ tinh đóng vai trò làm một ví dụ của bộ chuyển tiếp không dây. Mặc dù một số ví dụ được mô tả xuyên suốt sáng chế trong ngữ cảnh của vệ tinh hoặc hệ thống truyền thông vệ tinh, nhưng các ví dụ này không được dự định để bị giới hạn bởi vệ tinh; bộ chuyển tiếp không dây thích hợp khác bất kỳ có thể được sử dụng và hoạt động theo cách tương tự. Hệ thống 100 bao gồm trạm cơ sở mặt đất 101, vệ tinh truyền thông 103 và nguồn truyền mặt đất, như là thiết bị đầu cuối người dùng 105. Vùng phủ sóng vệ tinh có thể được xác định một cách rộng rãi là vùng mà, hoặc là nguồn truyền mặt đất hoặc bộ nhận tín hiệu mặt đất như là trạm cơ sở mặt đất hoặc thiết bị đầu cuối người dùng, có thể truyền thông qua vệ tinh từ đó và/hoặc đến đó. Trong một số hệ thống, vùng phủ sóng đối với mỗi liên kết (ví dụ, vùng phủ sóng đường lên truyền đi, vùng phủ sóng đường xuống truyền đi, vùng phủ sóng đường lên truyền về và vùng phủ sóng đường xuống truyền về) có thể khác nhau. Vùng phủ sóng đường lên truyền đi và vùng phủ sóng đường lên truyền về được gọi chung là vùng phủ sóng vệ tinh đường lên. Tương tự, vùng phủ sóng đường xuống truyền đi và vùng phủ sóng đường xuống truyền về được gọi chung là vùng phủ sóng vệ tinh đường xuống. Mặc dù vùng phủ sóng vệ tinh chỉ kích hoạt đối với vệ tinh trong dịch vụ (ví dụ, trong quỹ đạo dịch

vụ), vệ tinh có thể được xem là có (ví dụ, có thể được thiết kế để có) hình mẫu ăngten vệ tinh mà độc lập với vị trí tương đối của vệ tinh đối với Trái đất. Nghĩa là, hình mẫu ăngten vệ tinh là hình mẫu của sự phân bố năng lượng được truyền từ ăngten của vệ tinh (hoặc được truyền từ ăngten của vệ tinh hoặc được nhận bởi ăngten của vệ tinh). Hình mẫu ăngten vệ tinh chiếu (truyền đến hoặc nhận từ) vùng phủ sóng vệ tinh cụ thể khi vệ tinh trong quỹ đạo dịch vụ. Vùng phủ sóng vệ tinh được xác định bởi hình mẫu ăngten vệ tinh, vị trí quỹ đạo và trạng thái bay mà vệ tinh được thiết kế và ngưỡng khuếch đại ăngten đã cho. Nói chung, sự tương giao của hình mẫu ăngten (ở độ khuếch đại ăngten hữu hiệu cụ thể, ví dụ 3 dB, 4 dB, 6 dB 10 dB từ độ khuếch đại đỉnh) với vùng quan tâm về vật lý cụ thể (ví dụ, vùng trên hoặc gần bề mặt Trái đất) xác định vùng phủ sóng cho ăngten. Các ăngten có thể được thiết kế để tạo ra hình mẫu ăngten (và/hoặc vùng phủ sóng) cụ thể và các hình mẫu ăngten này có thể được xác định theo cách tính toán (ví dụ, bằng cách phân tích hoặc mô phỏng) và/hoặc được đo thực nghiệm (ví dụ, đối với phạm vi thử nghiệm ăngten hoặc trong sử dụng thực tế).

Mặc dù chỉ một thiết bị đầu cuối người dùng 105 được thể hiện trên hình vẽ để đơn giản, thường có nhiều thiết bị đầu cuối người dùng 105 trong hệ thống. Hệ thống truyền thông vệ tinh 100 hoạt động như một điểm với hệ thống nhiều điểm. Nghĩa là, trạm cơ sở mặt đất 101 nằm trong vùng phủ sóng vệ tinh có thể chuyển thông tin đến và nhận thông tin từ các thiết bị đầu cuối người dùng 105 bất kỳ nằm trong vùng phủ sóng vệ tinh. Tuy nhiên, các thiết bị đầu cuối người dùng 105 chỉ truyền thông với trạm cơ sở mặt đất 101. Trạm cơ sở mặt đất 101 nhận dữ liệu truyền đi từ mạng truyền thông 107, điều biến dữ liệu nhờ sử dụng modem liên kết dây tiếp sóng 109 và truyền dữ liệu đến vệ tinh 103 trên đường lên dây tiếp sóng truyền đi 111. Vệ tinh 103 chuyển tiếp dữ liệu truyền đi này đến các thiết bị đầu cuối người dùng 105 trên đường xuống người dùng truyền đi (đôi khi được gọi là đường xuống dịch vụ truyền đi) 113. Trong một số trường hợp, sự truyền thông hướng truyền đi từ trạm cơ sở mặt đất 101 được dự định cho một vài 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 hướng truyền đi từ trạm cơ sở mặt đất 101 được dự định cho chỉ một thiết bị đầu cuối người dùng 105 (ví dụ, truyền đơn điểm đến thiết bị đầu cuối người dùng cụ thể 105). Các thiết bị đầu cuối người dùng 105 truyền dữ liệu truyền về đến vệ tinh 103

trên đường lên người dùng truyền về (đôi khi được gọi là đường lên dịch vụ truyền về) 115. Vệ tinh 103 chuyển tiếp dữ liệu truyền về đến trạm cơ sở mặt đất 101 trên liên kết xuống dây tiếp sóng truyền về 117. Modem liên kết dây tiếp sóng 109 giải điều biến dữ liệu truyền về, mà được truyền đi đến mạng truyền thông 107. Dung lượng liên kết truyền về này thường được chia sẻ bởi các thiết bị đầu cuối người dùng 105.

Fig.2 là sơ đồ thể hiện một ví dụ của một cấu hình các vùng phủ sóng chùm tia của vệ tinh để cấp dịch vụ cho lục địa hợp chủng quốc Hoa Kỳ. Bảy mươi chùm tia được thể hiện trong cấu hình ví dụ. Chùm tia thứ nhất 201 phủ sóng gần hai phần ba bang Washington. Chùm tia thứ hai 203 liền kề với chùm tia thứ nhất 201 phủ sóng một vùng trực tiếp với phía đông của chùm tia thứ nhất 201. Chùm tia thứ ba 205 gần như phủ sóng tiểu bang Oregon với phía nam của chùm tia thứ nhất 201. Chùm tia thứ tư 207 phủ sóng một vùng gần như phía đông nam của chùm tia thứ nhất 201. Thông thường, có một số sự chồng chập giữa các chùm tia lân cận. Trong một số trường hợp, đa màu (ví dụ, hình mẫu sử dụng lại hai, ba hoặc bốn màu) được sử dụng. Theo một ví dụ của hình mẫu bốn màu, các chùm tia 201, 203, 205, 207 được cấp phát một cách riêng lẻ tổ hợp tần số duy nhất (ví dụ, một dải tần số hoặc các dải tần số hoặc một hoặc nhiều kênh) và/hoặc sự phân cực ăngten (ví dụ, trong một số trường hợp ăngten có thể được tạo cấu hình để truyền các tín hiệu với sự phân cực vòng theo tay phải (Right-Hand Circular Polarization, RHCP) hoặc sự phân cực vòng theo tay trái (Left-Hand Circular Polarization, LHCP); 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 chùm tia khác nhau 201, 203, 205, 207. Các tổ hợp của tần số và sự phân cực ăngten này có thể sau đó được sử dụng lại theo hình mẫu sử dụng lại “bốn màu” không chồng lên nhau lặp lại. Trong một số trường hợp, dung lượng truyền thông mong muốn có thể đạt được bằng cách sử dụng một màu. Trong một số trường hợp, sự chia sẻ thời gian giữa các chùm tia và/hoặc các kỹ thuật giảm thiểu giao thoa khác có thể được sử dụng.

Trong phạm vi một số giới hạn, sự hội tụ các chùm tia vào các vùng nhỏ hơn và do đó tăng số lượng chùm tia, tăng dung lượng dữ liệu của vệ tinh bằng cách cho phép cơ hội sử dụng lại tần số lớn hơn. Tuy nhiên, việc tăng số lượng chùm tia có thể tăng độ phức tạp của hệ thống và trong nhiều trường hợp, tăng độ phức tạp của vệ tinh.

Độ phức tạp về thiết kế của vệ tinh thường tạo thành kích thước lớn hơn, trọng

lượng nặng hơn và tiêu thụ năng lượng lớn hơn. Việc phóng các vệ tinh lên quỹ đạo là đắt. Chi phí phóng vệ tinh được xác định một phần bởi trọng lượng và kích thước của vệ tinh. Ngoài ra, có các giới hạn tuyệt đối đối với trọng lượng và kích thước của vệ tinh nếu vệ tinh được phóng nhờ sử dụng công nghệ tên lửa khả dụng hiện nay. Điều này dẫn đến sự đánh đổi các đặc điểm có thể được thiết kế vào trong vệ tinh. Hơn nữa, lượng năng lượng có thể được cấp cho các thành phần của vệ tinh bị giới hạn. Do đó, trọng lượng, kích thước và tiêu thụ năng lượng là các thông số cần phải tính đến trong việc thiết kế vệ tinh.

Xuyên suốt bản mô tả, thuật ngữ phần tử ăngten nhận tham chiếu đến bộ chuyển đổi vật lý dùng để chuyển đổi tín hiệu điện từ thành tín hiệu điện và thuật ngữ phần tử ăngten truyền tham chiếu đến bộ chuyển đổi vật lý dùng để phát tín hiệu điện từ khi được kích thích bởi tín hiệu điện. Phần tử ăngten có thể bao gồm râu, râu được phân cực vách ngăn (ví dụ, mà có thể thực hiện chức năng như hai phần tử được kết hợp với các phân cực khác nhau), râu đa dải đa công (ví dụ, hai dải 20 GHz/30 GHz với sự phân hai cực LHCP/RHCP), khe hốc ngược, F nghịch đảo, ống dẫn sóng được tạo khe, Vivaldi, đường xoắn ốc, vòng lặp, mảng hoặc kết cấu khác bất kỳ của phần tử ăngten hoặc tổ hợp của các phần tử con được liên kết. Phần tử ăngten có hình mẫu ăngten tương ứng, mà mô tả cách mà độ khuếch đại ăngten thay đổi dưới dạng hàm số của hướng (hoặc góc). Phần tử ăngten 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 ở trên bề mặt) trên đó phần tử ăngten tạo ra mức độ khuếch đại cần thiết (ví dụ, nằm trong phạm vi 3 dB, 6 dB, 10 dB, hoặc giá trị khác so với độ khuếch đại đỉnh của phần tử ăngten). Vùng phủ sóng phần tử ăngten có thể được cải biến bởi các kết cấu khác nhau như là gương phản xạ, bề mặt lựa chọn tần số, thấu kính, vòm che radar và dạng tương tự. Một số vệ tinh, bao gồm các vệ tinh được mô tả ở đây, có thể có một vài bộ phát đáp, mỗi bộ phát đáp này có khả năng tiếp nhận và truyền các tín hiệu một cách độc lập. Mỗi bộ phát đáp được ghép nối với các phần tử ăngten (ví dụ, phần tử nhận và phần tử truyền) để tạo đường dẫn tín hiệu nhận/truyền có hình mẫu bức xạ khác nhau (hình mẫu ăngten) từ các đường dẫn tín hiệu nhận/truyền khác để tạo ra các chùm tia duy nhất có thể được cấp phát cho các vùng phủ sóng chùm tia khác nhau. Thông thường, một đường dẫn tín hiệu nhận/truyền được chia sẻ qua các chùm tia nhờ sử dụng các bộ ghép kênh đầu vào và/hoặc đầu ra. Trong cả hai trường

hợp, số lượng chùm tia cũng có thể được tạo ra thường bị giới hạn bởi số lượng đường dẫn tín hiệu nhận/truyền được triển khai trên vệ tinh.

Sự định dạng búp sóng

Sự định dạng búp sóng trên 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, các tín hiệu được truyền và/hoặc được nhận bởi các phần tử của một hoặc nhiều giàn ăngten có các vùng phủ sóng chồng lên nhau. Trong một số trường hợp, một số hoặc tất cả các phần tử ăngten được sắp xếp dưới dạng giàn phần tử nhận và/hoặc truyền cấu thành mà kết hợp để kích hoạt định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối, như được mô tả dưới đây. Đối với các sự truyền dẫn (từ các phần tử truyền của một hoặc nhiều giàn ăngten), các pha liên quan và đôi khi các biên độ của các tín hiệu được truyền được điều chỉnh, sao cho năng lượng được truyền bởi các phần tử ăngten truyền sẽ chồng chập về kết cấu ở vị trí cần thiết. Việc điều chỉnh pha/biên độ này thường được gọi là “áp dụng các trọng số chùm tia” vào các tín hiệu được truyền. Đối với việc tiếp nhận (bởi các phần tử nhận của một hoặc nhiều giàn ăngten), các pha liên quan và đôi khi các biên độ, các tín hiệu nhận được được điều chỉnh (nghĩa là, các trọng số chùm tia giống nhau hoặc khác nhau được áp dụng vào) sao cho năng lượng được nhận từ vị trí mong muốn bởi các phần tử ăngten nhận sẽ chồng chập về kết cấu ở các phần tử ăngten nhận đó. Trong một số trường hợp, bộ định dạng búp sóng tính toán các trọng số chùm tia phần tử ăngten mong muốn. Thuật ngữ sự định dạng búp sóng có thể tham chiếu trong một số trường hợp đến việc áp dụng các trọng số chùm tia. Các bộ định dạng búp sóng thích ứng bao gồm chức năng tính toán động học các trọng số chùm tia. Việc tính toán các trọng số chùm tia có thể yêu cầu sự phát hiện trực tiếp hoặc gián tiếp các đặc điểm kênh truyền thông. Các quy trình tính toán trọng số chùm tia và áp dụng trọng số chùm tia có thể được thực hiện trong các phần tử hệ thống giống nhau hoặc khác nhau.

Các chùm tia ăngten có thể được lái, được tạo ra một cách chọn lọc và/hoặc theo cách khác được tạo cấu hình lại bằng cách áp dụng các trọng số chùm tia khác nhau. Chẳng hạn, số lượng chùm tia hoạt động, vùng phủ sóng của các chùm tia, kích thước của các chùm tia, độ khuếch đại của các chùm tia và các thông số khác có thể được thay đổi theo thời gian. Tính đa dạng này là cần thiết trong các trường hợp cụ

thể. Sự định dạng búp sóng các ăngten thường có thể tạo ra các chùm tia tương đối hẹp. Các chùm tia hẹp có thể cho phép các tín hiệu được truyền trên một chùm tia được phân biệt với các tín hiệu được truyền trên các chùm tia khác (ví dụ, để tránh sự giao thoa). Do đó, các chùm tia hẹp có thể cho phép tần số và sự phân cực được sử dụng lại đến mức lớn hơn so với khi các chùm tia lớn hơn được tạo ra. Chẳng hạn, các chùm tia được tạo ra hẹp có thể cấp dịch vụ cho hai vùng phủ sóng không liền kề mà không chồng lên nhau. Mỗi chùm tia có thể sử dụng cả sự phân cực tay phải và sự phân cực tay trái. Việc sử dụng lại lớn hơn có thể tăng lượng dữ liệu được truyền và/hoặc được nhận.

Một số vệ tinh sử dụng sự định dạng búp sóng trên phương tiện (on-board beamforming, OBBF) để lái điện tử giàn phần tử ăngten. Fig.3 là hình vẽ minh họa của hệ thống vệ tinh 300 trong đó vệ tinh 302 đã định pha dung lượng định dạng búp sóng trên phương tiện giàn đa tiếp sóng trên mỗi chùm sóng (Multi-Feed Per Beam, MFPB). Trong ví dụ này, các trọng số chùm tia được tính toán ở trung tâm tính toán trên mặt đất và sau đó được truyền đến vệ tinh hoặc được lưu trữ trước trên vệ tinh để ứng dụng (không được thể hiện trên hình vẽ). Liên kết truyền đi được thể hiện trên Fig.3, mặc dù kiến trúc này có thể được sử dụng cho các liên kết truyền đi, các liên kết truyền về hoặc cả các liên kết truyền đi và truyền về. Sự định dạng búp sóng có thể được sử dụng trên liên kết người dùng, liên kết dây tiếp sóng, hoặc cả hai. Liên kết truyền đi được minh họa là đường dẫn tín hiệu từ một trong số các cổng (Gateway, GW) 304 với một hoặc nhiều thiết bị đầu cuối người dùng nằm trong một hoặc nhiều vùng phủ sóng trong số các vùng phủ sóng chùm tia tại chỗ 306. Vệ tinh 302 có giàn ăngten nhận 307, giàn ăngten truyền 309, bộ chuyển đổi xuống (Down Converter, D/C) và môđun khuếch đại 311, bộ định dạng búp sóng nhận 313 và bộ định dạng búp sóng truyền 315. Vệ tinh 302 có thể tạo ra các chùm tia trên cả liên kết dây tiếp sóng 308 và liên kết người dùng 310. Mỗi phần tử trong số L phần tử của giàn nhận 307 nhận K tín hiệu từ K GW 304. Đối với mỗi trong số K chùm tia liên kết dây tiếp sóng cần được tạo ra (ví dụ, một chùm tia trên mỗi GW 304), trọng số chùm tia khác nhau được áp dụng vào (ví dụ, sự điều chỉnh pha/biên độ được thực hiện) bởi bộ định dạng búp sóng nhận 313 đến mỗi tín hiệu được nhận bởi mỗi phần tử trong số L phần tử giàn ăngten nhận (của giàn ăngten nhận 307). Do đó, đối với K chùm tia được tạo ra nhờ sử dụng giàn ăngten nhận 307 có L phần tử ăngten nhận, K vector trọng số chùm tia khác nhau có độ

dài L được áp dụng vào L tín hiệu được nhận bởi L phần tử giàn ăngten nhận. Bộ định dạng búp sóng nhận 313 trong vệ tinh 302 điều chỉnh pha/biên độ của các tín hiệu được nhận bởi L phần tử giàn ăngten nhận để tạo K tín hiệu chùm tia nhận. Mỗi chùm tia trong số K chùm tia nhận được hội tụ để nhận tín hiệu từ một GW 304. Do đó, bộ định dạng búp sóng nhận 313 kết xuất K tín hiệu chùm tia nhận đến bộ chuyển đổi xuống D/C và môđun khuếch đại 311. Một tín hiệu chùm tia nhận này được tạo ra đối với tín hiệu được nhận từ mỗi GW truyền 304.

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

Trong một số trường hợp, dung lượng xử lý đáng kể có thể được cần đến trong vệ tinh để điều khiển pha và độ khuếch đại của mỗi phần tử ăngten được sử dụng để tạo ra các chùm tia. Công suất xử lý này tăng độ phức tạp của vệ tinh. Trong một số trường hợp, các vệ tinh có thể hoạt động với sự định dạng búp sóng trên mặt đất (Ground-Based Beamforming, GBBF) để làm giảm độ phức tạp của vệ tinh trong khi vẫn tạo ra ưu điểm của các chùm tia hẹp tạo điện tử.

Fig.4 là hình vẽ minh họa ví dụ của hệ thống truyền thông vệ tinh 400 có GBBF truyền đi. GBBF được thực hiện trên liên kết người dùng truyền đi 317 qua L giàn phần tử tương tự với giàn phần tử được mô tả ở trên. Các pha/biên độ của các tín hiệu được truyền trên liên kết người dùng 317 được xác định trọng số sao cho các chùm tia được tạo ra. Liên kết dây tiếp sóng 319 sử dụng sơ đồ một dây tiếp sóng trên mỗi chùm tia (Single Feed per Beam, SFPB) trong đó mỗi phần tử ăngten nhận và truyền của ăngten 324 được dành riêng cho một chùm tia liên kết dây tiếp sóng.

Trước khi truyền từ GW hoặc các GW 304, đối với mỗi chùm tia trong số K chùm tia liên kết dây tiếp sóng, bộ định dạng búp sóng truyền 321 áp dụng một trong số K vector trọng số chùm tia tương ứng, mỗi vector có độ dài L, vào mỗi trong số K tín hiệu cần được truyền. Việc xác định K vector của L trọng số và áp dụng các vector này vào các tín hiệu cho phép K chùm tia truyền đi được tạo ra trên mặt đất đối với đường

xuống người dùng truyền đi 317. Trên đường lên dây tiếp sóng 319, mỗi trong số L tín hiệu khác nhau được ghép kênh thành tín hiệu ghép kênh phân chia theo tần số (Frequency Division Multiplexed, FMD) 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 ăngten nhận trong ăngten 324 trên liên kết dây tiếp sóng 319. Bộ nhận FDM 325 trên vệ tinh 327 nhận các tín hiệu từ ăngten 324. Bộ chuyển đổi từ tương tự sang kỹ thuật số (A/D) 326 chuyển đổi các tín hiệu tương tự nhận được thành các tín hiệu kỹ thuật số. Bộ xử lý kênh kỹ thuật số 328 tách kênh các tín hiệu FDM, mỗi trong số các tín hiệu này được xác định trọng số một cách thích hợp bởi bộ định dạng búp sóng 321 để truyền qua một trong số L phần tử của giàn phần tử ăngten truyền của ăngten truyền 329. Bộ xử lý kênh kỹ thuật số 328 kết xuất các tín hiệu đến bộ chuyển đổi từ kỹ thuật số sang tương tự (D/A) 331 để được chuyển đổi về dạng tương tự. Các đầu ra tín hiệu tương tự của D/A 331 được chuyển đổi lên và được khuếch đại bởi bộ chuyển đổi lên (U/C) và tầng khuếch đại 330 và được truyền bởi phần tử kết hợp của ăngten truyền 329. Quy trình bổ sung diễn ra ngược lại đối với các chùm tia truyền về. Lưu ý rằng theo kiểu hệ thống này, liên kết dây tiếp sóng FDM cần L lần băng thông như các chùm tia người dùng khiến nó không thực tế đối với các hệ thống có các băng thông dữ liệu rộng hoặc các hệ thống có số lượng lớn L phần tử.

Các hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối

Các hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối được mô tả ở đây tạo ra các chùm tia đầu cuối-đến-đầu cuối thông qua bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối. Hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối có thể kết nối các thiết bị đầu cuối người dùng với các nguồn/bộ chứa dữ liệu. Ngược lại với các hệ thống định dạng búp sóng được mô tả ở trên, trong hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối, các trọng số chùm tia được tính toán ở hệ thống xử lý trung tâm (central processing system, CPS) và các trọng số chùm tia đầu cuối-đến-đầu cuối được áp dụng trong mạng mặt đất (thay vì ở vệ tinh). Các tín hiệu trong các chùm tia đầu cuối-đến-đầu cuối được truyền và được nhận ở giàn nút truy cập (AN), mà có thể là nút truy cập vệ tinh (Satellite Access Node, SAN). Như được mô tả ở trên, dạng thích hợp bất kỳ của các bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối có thể được sử dụng trong hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối và các dạng khác nhau của các AN có thể được

sử dụng để truyền thông với các dạng khác nhau của các bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối. Thuật ngữ “trung tâm” tham chiếu đến yếu tố rằng CPS có thể truy cập đến các AN mà liên quan đến việc truyền và/hoặc nhận tín hiệu và không tham chiếu đến vị trí địa lý cụ thể mà CPS nằm ở đó. Bộ định dạng búp sóng trong CPS tính toán một nhóm các trọng số chùm tia đầu cuối-đến-đầu cuối để giải thích: (1) các đường dẫn đường lên tín hiệu không dây lên đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối; (2) các đường dẫn tín hiệu nhận/truyền qua bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối; và (3) các đường dẫn đường xuống tín hiệu không dây xuống từ bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối. Các trọng số chùm tia có thể được biểu diễn về mặt toán học dưới dạng ma trận. Như được mô tả ở trên, các hệ thống vệ tinh OBBF và GBBF có các kích thước vector trọng số chùm tia được thiết lập bởi số lượng phần tử ăngten trên vệ tinh. Ngược lại, các vector trọng số chùm tia đầu cuối-đến-đầu cuối có nhóm các kích thước được thiết lập bởi số lượng AN, không phải số lượng phần tử trên bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối. Thông thường, số lượng AN không giống với số lượng phần tử ăngten trên bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối. Hơn nữa, các chùm tia đầu cuối-đến-đầu cuối được tạo ra không được kết thúc ở các phần tử ăngten hoặc truyền hoặc nhận của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối. Thay vào đó, các chùm tia đầu cuối-đến-đầu cuối được tạo ra được chuyển tiếp một cách hiệu quả, vì các chùm tia đầu cuối-đến-đầu cuối có các đường dẫn tín hiệu đường lên, các đường dẫn tín hiệu chuyển tiếp (qua vệ tinh hoặc bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối thích hợp khác) và các đường dẫn tín hiệu đường xuống.

Vì sự định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối tính cả liên kết người dùng và liên kết dây tiếp sóng (cũng như bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối) nên chỉ một nhóm các trọng số chùm tia được cần đến để tạo ra các chùm tia người dùng đầu cuối-đến-đầu cuối mong muốn theo một hướng cụ thể (ví dụ, các chùm tia người dùng truyền đi hoặc các chùm tia người dùng truyền về). Do đó, một nhóm của các trọng số chùm tia đầu cuối-đến-đầu cuối (sau đây được gọi một cách đơn giản là các trọng số chùm tia truyền đi) tạo thành các tín hiệu được truyền từ các AN, qua đường lên truyền đi, qua bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối và qua đường xuống truyền đi để kết hợp để tạo ra các chùm tia người dùng truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối (sau đây được gọi là các chùm tia người dùng truyền đi). Ngược lại, các tín hiệu được truyền từ các người dùng truyền về qua đường lên truyền về, qua bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu

cuối và đường xuống truyền về có các trọng số chùm tia truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối (sau đây được gọi là các trọng số chùm tia truyền về) được áp dụng để tạo ra các chùm tia người dùng truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối (sau đây được gọi là các chùm tia người dùng truyền về). Trong một số điều kiện, có thể rất khó hoặc không thể phân biệt giữa các đặc điểm của đường lên và đường xuống. Theo đó, các chùm tia liên kết dây tiếp sóng được tạo ra, tính định hướng chùm tia người dùng được tạo ra và tỷ số sóng mang trên giao thoa (C/I) đường lên và đường xuống riêng lẻ có thể không còn có vai trò truyền thống của chúng trong thiết kế hệ thống, trong khi các khái niệm của tỷ số tín hiệu trên nhiễu (Es/No) đường lên và đường xuống và C/I đầu cuối-đến-đầu cuối có thể vẫn thích hợp.

Fig.5 là hình vẽ minh họa của hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối ví dụ 500. Hệ thống 500 bao gồm: phần mặt đất 502; bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503; và các thiết bị đầu cuối người dùng 517. Phần mặt đất 502 bao gồm M AN 515, mở rộng về mặt địa lý trên vùng phủ sóng AN. Các AN 515 và các thiết bị đầu cuối người dùng 517 có thể được gọi chung là các bộ nhận tín hiệu mặt đất, các bộ truyền tín hiệu mặt đất hoặc các bộ thu phát mặt đất, phụ thuộc vào chức năng cụ thể được nêu, vì chúng được định vị trên hoặc gần với Trái đất và cả hai đều truyền và nhận các 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 thiết bị bay, tàu thủy hoặc được lắp ráp 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 cấp các tín hiệu thông qua mạng phân bố 518 cho CPS 505 trong phần mặt đất 502. CPS 505 được kết nối với nguồn dữ liệu (không được thể hiện trên hình vẽ), như là chẳng hạn, mạng Internet, đầu chia 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 gần khác (ví dụ, như được thể hiện bởi các thiết bị đầu cuối người dùng 517a và 517b). Trong một số trường hợp, các nhóm thiết bị đầu cuối người dùng 517 này được cấp dịch vụ bởi cùng chùm tia người dùng và do đó nằm trong cùng vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền đi và/hoặc truyền về địa lý 519. Thiết bị đầu cuối người dùng 517 là trong phạm vi chùm tia người dùng nếu thiết bị đầu cuối người dùng 517 nằm trong vùng phủ sóng được cấp dịch vụ bởi chùm tia người dùng

đó. Mặc dù chỉ một vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 này được thể hiện trên Fig.5 có nhiều hơn một thiết bị đầu cuối người dùng 517, trong một số trường hợp, vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 có thể có số lượng thiết bị đầu cuối người dùng 517 thích hợp bất kỳ. Hơn nữa, Fig.5 không được dự định để biểu thị kích thước tương đối của các vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 khác nhau. Nghĩa là, các vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519, tất cả có thể xấp xỉ cùng kích thước. Theo cách khác, các vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 có thể có các kích thước thay đổi, với một số vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 lớn hơn nhiều so với các vùng phủ sóng khác. Trong một số trường hợp, số lượng AN 515 là không bằng với số lượng vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519.

Bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 chuyển tiếp các tín hiệu không dây giữa các thiết bị đầu cuối người dùng 517 và các nút truy cập mạng, như là các AN 515 được thể hiện trên Fig.5. Bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 có các đường dẫn tín hiệu. Chẳng hạn, mỗi đường dẫn tín hiệu có thể bao gồm ít nhất một phần tử ăngten nhận, ít nhất một phần tử ăngten truyền và ít nhất một bộ phát đáp (như sẽ được mô tả một cách chi tiết dưới đây). Trong một số trường hợp, các phần tử ăngten nhận được sắp xếp để nhận các tín hiệu được phản xạ bởi gương phản xạ nhận để tạo ra giàn ăngten nhận. Trong một số trường hợp, các phần tử ăngten truyền được sắp xếp để truyền các tín hiệu và do đó tạo ra giàn ăngten truyền.

Trong một số trường hợp, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 được bố trí trên vệ tinh. Trong các trường hợp khác, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 được bố trí trên máy bay, khí cầu nhỏ, tháp, kết cấu dưới nước hoặc kết cấu thích hợp khác bất kỳ hoặc phương tiện trong đó bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 có thể được định vị. Trong một số trường hợp, hệ thống sử dụng các dải tần số khác nhau (theo các dải tần số giống nhau hoặc khác nhau) cho các đường lên và các đường xuống. Trong một số trường hợp, các liên kết dây tiếp sóng và các liên kết người dùng theo các dải tần số khác nhau. Trong một số trường hợp, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 hoạt động dưới dạng gương phản xạ thụ động hoặc chủ động.

Như được mô tả ở đây, các dấu hiệu khác nhau của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 kích hoạt định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối. Một dấu hiệu là bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 bao gồm nhiều bộ phát đáp mà, trong ngữ

cảnh của các hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối, cảm ứng nhiều đường dẫn giữa các AN 515 và các thiết bị đầu cuối người dùng 517. Một dấu hiệu khác là các ăngten (ví dụ, một hoặc nhiều hệ thống con ăngten) của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 góp phần vào sự định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối, sao cho các chùm tia người dùng truyền đi và/hoặc truyền về được tạo ra khi các tín hiệu được xác định trọng số chùm tia thích hợp được truyền thông qua nhiều đường dẫn được cảm ứng bởi bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503. Chẳng hạn, trong quá trình truyền thông truyền đi, mỗi trong số các bộ phát đáp nhận sự đa hợp chồng chập tương ứng của các tín hiệu đường lên truyền đi (được xác định trọng số chùm tia) 521 từ nhiều AN (ví dụ, tất cả) trong số các AN 515 (ở đây được gọi là tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp) và các bộ phát đáp kết xuất các tín hiệu đa hợp tương ứng (ở đây được gọi là các tín hiệu đường xuống truyền đi). Mỗi tín hiệu trong số các tín hiệu đường xuống truyền đi có thể là sự đa hợp duy nhất của các tín hiệu đường lên truyền đi được xác định trọng số chùm tia 521, mà khi được truyền bởi các phần tử ăngten truyền của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503, chồng chập để tạo ra các chùm tia người dùng 519 ở các vị trí mong muốn (ví dụ, các vị trí khôi phục trong các chùm tia người dùng truyền đi, trong trường hợp này). Sự định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối truyền về được kích hoạt một cách tương tự. Do đó, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 có thể khiến nhiều sự chồng chập xảy ra, nhờ đó kích hoạt định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối trên các kênh đa đường dẫn được cảm ứng.

Dữ liệu truyền về

Fig.6 là hình vẽ minh họa của mô hình ví dụ của các đường dẫn tín hiệu đối với các tín hiệu mang dữ liệu truyền về trên liên kết truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối. Dữ liệu truyền 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 đường lên truyền về 525 (mà có các dòng dữ liệu người dùng truyền về) lên đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503. Các tín hiệu đường lên truyền về 525 từ các thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong K vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 được nhận bởi giàn L đường dẫn tín hiệu nhận/truyền 1702. Trong một số trường hợp, vùng phủ sóng đường lên đối với bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 được xác định bởi

nhóm các điểm mà tất cả L phần tử ăngten nhận 406 có thể nhận các tín hiệu từ đó. Trong các trường hợp khác, vùng phủ sóng bộ chuyển tiếp được xác định bởi nhóm các điểm mà từ đó nhóm con (ví dụ, số lượng mong muốn lớn hơn 1, nhưng nhỏ hơn tất cả) của L phần tử ăngten nhận 406 có thể nhận các tín hiệu. Tương tự, trong một số trường hợp, vùng phủ sóng đường xuống được xác định bởi nhóm các điểm mà tất cả L phần tử ăngten truyền 409 có thể gửi các tín hiệu một cách tin cậy đến đó. Trong các trường hợp khác, vùng phủ sóng đường xuống đối với bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 được xác định dưới dạng nhóm các điểm mà nhóm con của các phần tử ăngten truyền 409 có thể gửi các tín hiệu một cách tin cậy đến đó. Trong một số trường hợp, kích thước của nhóm con của hoặc phần tử ăngten nhận 406 hoặc các phần tử ăngten truyền 409 là ít nhất bốn. Trong các trường hợp khác, kích thước của nhóm con là 6, 10, 20, 100, hoặc số lượng khác bất kỳ mà đem lại hiệu suất hệ thống mong muốn.

Để đơn giản, một số ví dụ được mô tả và/hoặc được thể hiện dưới dạng tất cả L phần tử ăngten nhận 406 nhận các tín hiệu từ tất cả các điểm nằm trong vùng phủ sóng đường xuống và/hoặc tất cả các phần tử ăngten truyền 409 truyền đến tất cả các điểm nằm trong vùng phủ sóng đường xuống. Các phần mô tả này không được dự định để yêu cầu rằng tất cả L phần tử nhận và/hoặc truyền các tín hiệu ở mức tín hiệu đáng kể. Chẳng hạn, trong một số trường hợp, nhóm con của L phần tử ăngten nhận 406 nhận tín hiệu đường lên (ví dụ, tín hiệu đường lên truyền về 525 từ thiết bị đầu cuối người dùng 517 hoặc tín hiệu đường lên truyền đi 521 từ AN 515), sao cho nhóm con của các phần tử ăngten nhận 406 nhận tín hiệu đường lên ở mức tín hiệu gần bằng mức tín hiệu nhận được đỉnh của tín hiệu đường lên (ví dụ, gần như không nhỏ hơn mức tín hiệu tương ứng với tín hiệu đường lên có mức tín hiệu cao nhất); các phần tử khác trong số L phần tử ăngten nhận 406 mà không ở trong nhóm con nhận tín hiệu đường lên ở mức thấp hơn có thể chấp nhận (ví dụ, thấp hơn nhiều so với mức tín hiệu nhận được đỉnh của tín hiệu đường lên). Trong một số trường hợp, tín hiệu đường lên được nhận bởi mỗi phần tử ăngten nhận của nhóm con ở mức tín hiệu nằm trong phạm vi 10 dB so với mức tín hiệu tối đa được nhận bởi các phần tử ăngten nhận bất kỳ 406. Trong một số trường hợp, nhóm con bao gồm ít nhất 10% của các phần tử ăngten nhận 406. Trong một số trường hợp, nhóm con bao gồm ít nhất 10 phần tử ăngten nhận 406.

Tương tự, ở phía truyền, nhóm con của L phần tử ăngten truyền 409 truyền tín hiệu đường xuống đến bộ nhận tín hiệu mặt đất (ví dụ, tín hiệu đường xuống truyền về 527 đến AN 515 hoặc tín hiệu đường xuống truyền đi 522 đến thiết bị đầu cuối người dùng 517), sao cho nhóm con của các phần tử ăngten truyền 409 truyền tín hiệu đường xuống đến bộ nhận có mức tín hiệu nhận gần bằng mức tín hiệu được truyền đỉnh của tín hiệu đường xuống (ví dụ, gần như không nhỏ hơn mức tín hiệu tương ứng với tín hiệu đường xuống có mức tín hiệu nhận được cao nhất); các phần tử khác trong số L phần tử ăngten truyền 409 mà không ở trong nhóm con truyền tín hiệu đường xuống sao cho nó được nhận ở mức thấp hơn có thể chấp nhận (ví dụ, thấp hơn nhiều so với mức tín hiệu được truyền đỉnh của tín hiệu đường 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 các phần tử ăngten truyền 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 các phần tử ăngten truyền 409. Trong 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 các phần tử ăngten truyền 409.

Trong một số trường hợp, tín hiệu được nhận bởi mỗi phần tử ăngten nhận 406 bắt nguồn từ cùng nguồn (ví dụ, một trong số các thiết bị đầu cuối người dùng 517) do chồng lên theo hình mẫu ăngten nhận của mỗi phần tử ăngten nhận. Tuy nhiên, trong một số trường hợp, có thể có các điểm nằm trong vùng phủ sóng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối mà thiết bị đầu cuối người dùng được định vị ở đó và không phải tất cả các phần tử ăngten nhận có thể nhận tín hiệu từ đó. Trong một số trường hợp này, có thể có số lượng lớn phần tử ăngten nhận không (hoặc không thể) nhận tín hiệu từ các thiết bị đầu cuối người dùng nằm trong vùng phủ sóng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối. Tuy nhiên, như được mô tả ở đây, cảm ứng đa đường dẫn bởi bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 có thể dựa vào việc nhận tín hiệu bởi ít nhất hai phần tử nhận.

Như được thể hiện trên Fig.6 và sẽ được mô tả một cách chi tiết hơn dưới đây, trong một số trường hợp, đường dẫn tín hiệu nhận/truyền 1702 bao gồm phần tử ăngten nhận 406, bộ phát đáp 410 và phần tử ăngten truyền 409. Trong các trường hợp này, các tín hiệu đường lên truyền về 525 được nhận bởi mỗi trong số các bộ phát đáp

410 qua phần tử ăngten nhận 406 tương ứng. Đầu ra của mỗi đường dẫn tín hiệu nhận/truyền 1702 là tín hiệu đường xuống truyền về 527 tương ứng với sự đa hợp tương ứng của các tín hiệu đường lên truyền về nhận được. Tín hiệu đường xuống truyền về được tạo ra bởi đường dẫn tín hiệu nhận/truyền 1702. Tín hiệu đường xuống truyền về 527 được truyền đến giàn 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 khôi phục) trên toàn bộ vùng phủ sóng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối. Trong một số trường hợp, mỗi bộ phát đáp 410 ghép nối một phần tử tương ứng trong số các phần tử ăngten nhận 406 với một phần tử tương ứng trong số các phần tử ăngten truyền 409. Do đó, có L cách khác nhau đối với tín hiệu để nhận từ thiết bị đầu cuối người dùng 517 được định vị trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 với AN 515 cụ thể. Điều này tạo ra L đường dẫn giữa thiết bị đầu cuối người dùng 517 và AN 515. L đường dẫn giữa một thiết bị đầu cuối người dùng 517 và một AN 515 được gọi chung là kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối 1908 (xem Fig.8). Theo đó, việc nhận tín hiệu đường lên truyền về 525 từ vị trí truyền nằm trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519, qua các bộ phát đáp 410, tạo ra L tín hiệu đường xuống truyền về 527, mỗi tín hiệu này được truyền từ một trong số các bộ phát đáp 410 (nghĩa là, qua L đường dẫn truyền thông được định vị ở cùng vị trí). Mỗi kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối 1908 được kết hợp với vector trong ma trận bức xạ đường lên Ar, ma trận tải tin E và vector trong ma trận bức xạ đường xuống Ct. Lưu ý rằng, do các hình mẫu phủ sóng phần tử ăngten, trong một số trường hợp, một số đường dẫn trong số L đường dẫn ở có thể có năng lượng tương đối nhỏ (ví dụ, 6 dB, 10 dB, 20 dB, 30 dB, hoặc tỷ số công suất thích hợp khác bất kỳ nhỏ hơn so với các đường dẫn khác). Sự chồng chập 1706 của tín hiệu đường xuống truyền về 527 được nhận 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 đường xuống truyền về 527 bao gồm sự chồng chập của các tín hiệu đường xuống truyền về được truyền 527, tạo thành tín hiệu truyền về đa hợp tương ứng. Các tín hiệu truyền về đa hợp tương ứng được ghép nối với bộ định dạng búp sóng truyền về 531 (xem Fig.5 và Fig.29).

Fig.7 thể hiện liên kết truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối ví dụ 523 từ một thiết bị đầu cuối người dùng 517 được định vị nằm trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 đến các AN 515. Tín hiệu đường lên truyền về 525 được truyền từ thiết bị đầu

cuối người dùng 517 được nhận bởi giàn L phần tử ăngten nhận 406 trên bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 (ví dụ hoặc được nhận bởi nhóm con của L phần tử ăngten nhận 406).

A_r là ma trận bức xạ đường lên truyền về $L \times K$. Các giá trị của ma trận bức xạ đường lên truyền về mô hình hóa đường dẫn tín hiệu từ vị trí tham chiếu trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 đến các phần tử ăngten nhận bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 406. Chẳng hạn, $A_{r,L,1}$ là giá trị của một phần tử của ma trận bức xạ đường lên truyền về (nghĩa là, biên độ và pha của đường dẫn) từ vị trí tham chiếu trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng thứ nhất 519 đến phần tử ăngten nhận thứ L. Trong một số trường hợp, tất cả các giá trị trong ma trận bức xạ đường lên truyền về A_r có thể khác 0 (ví dụ, có đường dẫn tín hiệu đáng kể từ vị trí tham chiếu đến mỗi trong số các phần tử ăngten nhận của giàn ăngten nhận).

E (kích thước $L \times L$) là ma trận tải tin và đưa ra mô hình (biên độ và pha) của các đường dẫn từ các phần tử ăngten nhận 406 đến các phần tử ăngten truyền 409. Thuật ngữ “tải tin” của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503, như được sử dụng ở đây, thường bao gồm nhóm các thành phần của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 làm ảnh hưởng và/hoặc bị ảnh hưởng bởi, tín hiệu truyền thông khi chúng được nhận bởi, được chuyển tiếp qua và được truyền từ bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503. Chẳng hạn, tải tin chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối có thể bao gồm các phần tử ăngten, các gương phản xạ, các bộ phát đáp, v.v.; mà bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối có thể còn bao gồm ắc quy, pin mặt trời, các bộ cảm biến và/hoặc các thành phần khác không được xem ở đây như một phần của tải tin (vì chúng không làm ảnh hưởng đến các tín hiệu khi hoạt động bình thường). Việc xem nhóm các thành phần là tải tin có thể cho phép mô hình hóa toán học toàn bộ sự tương tác của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối dưới dạng một ma trận tải tin E). Đường dẫn chiếm ưu thế từ mỗi phần tử ăngten nhận 406 đến mỗi phần tử ăngten truyền tương ứng 409 được mô hình hóa bởi giá trị nằm trên đường chéo của ma trận tải tin E . Giả sử không có giao tiếp chéo giữa các đường dẫn tín hiệu nhận/truyền, các giá trị không nằm trên đường chéo ma trận tải tin là 0. Trong một số trường hợp, giao tiếp chéo có thể khác 0. Sự cách ly các đường dẫn tín hiệu với nhau sẽ giảm thiểu giao tiếp chéo. Trong một số trường hợp, vì giao tiếp chéo là không đáng kể, ma trận tải tin E có thể được đánh giá

bởi ma trận đường chéo. Trong một số trường hợp, các giá trị không ở trên đường chéo (hoặc các giá trị thích hợp khác bất kỳ) của ma trận tải tin có thể được coi là bằng 0, ngay cả khi ở đó có một số sự tương tác tín hiệu tương ứng với các giá trị đó, để làm giảm độ phức tạp toán học và/hoặc cho các lý do khác.

Ct là ma trận bức xạ đường xuống truyền về M x L. Các giá trị của ma trận bức xạ đường xuống truyền về mô hình hóa các đường dẫn tín hiệu từ các phần tử ăngten truyền 409 đến các AN 515. Chẳng hạn, $C_{t,2}$ là giá trị của ma trận bức xạ đường xuống truyền về (ví dụ, độ khuếch đại và pha của đường dẫn) từ phần tử ăngten truyền thứ hai 409b đến AN thứ ba 515c. Trong một số trường hợp, tất cả các giá trị của ma trận bức xạ đường xuống Ct có thể khác 0. Trong một số trường hợp, một số giá trị của ma trận bức xạ đường xuống Ct gần như bằng 0 (ví dụ, hình mẫu ăngten được thiết lập bởi các phần tử ăngten truyền tương ứng 409 của giàn ăngten truyền là sao cho phần tử ăngten truyền 409 không truyền các tín hiệu hữu dụng đến một số AN 515).

Như có thể thấy trên Fig.7, kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối từ thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 cụ thể đến AN 515 cụ thể là tổng của L đường dẫn khác nhau. Kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối có đa đường dẫn được cảm ứng bởi L đường dẫn duy nhất qua các bộ phát đáp 410 trong bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối. Như với một số kênh đa đường dẫn, các biên độ và các pha của đường dẫn có thể được cộng thêm một cách thích hợp (về cấu tạo) để tạo độ khuếch đại kênh đầu cuối-đến-đầu cuối lớn hoặc tạo ra một cách không thích hợp (phá hủy) độ khuếch đại kênh đầu cuối-đến-đầu cuối nhỏ. Khi số lượng đường dẫn khác nhau, L, giữa thiết bị đầu cuối người dùng và AN lớn, độ khuếch đại kênh đầu cuối-đến-đầu cuối có thể có sự phân bố Rayleigh của biên độ. Với sự phân bố này, nó thường không xem một số độ khuếch đại kênh đầu cuối-đến-đầu cuối từ thiết bị đầu cuối người dùng 517 cụ thể đến AN 515 cụ thể là 20 dB hoặc thấp hơn nữa so với mức trung bình của độ khuếch đại kênh từ thiết bị đầu cuối người dùng 517 đến AN 515. Hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối này cảm ứng theo chủ ý môi trường đa đường dẫn đối với đường dẫn đầu cuối-đến-đầu cuối từ thiết bị đầu cuối người dùng bất kỳ đến AN bất kỳ.

Fig.8 là hình vẽ minh họa được đơn giản hóa của mô hình ví dụ của tất cả các kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối từ các vùng phủ sóng chùm tia

người dùng 519 đến các AN 515. Có $M \times K$ kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối trong liên kết truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối (nghĩa là, M từ mỗi trong số K vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519). Kênh 1908 kết nối các thiết bị đầu cuối người dùng trong một vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 với một AN 515 trên L đường dẫn tín hiệu nhận/truyền khác nhau 1702, mỗi đường dẫn đi qua một trong số các đường dẫn tín hiệu nhận/truyền khác nhau (và các bộ phát đáp được kết hợp) của bộ chuyển tiếp. Mặc dù kết quả này được gọi là “đa đường dẫn” ở đây, đa đường dẫn này khác với đa đường dẫn thông thường (ví dụ, trong hệ thống vô tuyến di động hoặc hệ thống đa đầu vào đa đầu ra (Multiple-Input Multiple-Output, MIMO), khi các đường dẫn ở đây được cảm ứng có chủ ý (và như được mô tả ở đây, bị ảnh hưởng) bởi L đường dẫn tín hiệu nhận/truyền. Mỗi kênh trong số $M \times K$ kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối bắt nguồn từ thiết bị đầu cuối người dùng 517 nằm trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 cụ thể có thể được mô hình hóa bởi kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối. Mỗi kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối này là từ vị trí tham chiếu (hoặc khôi phục) nằm trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 đến một trong số các AN 515.

Mỗi kênh trong số $M \times K$ kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối 1908 có thể được mô hình hóa riêng lẻ để tính toán phần tử tương ứng của ma trận kênh truyền về $M \times K$ Hret. Ma trận kênh truyền về Hret có K vectơ, mỗi vectơ có kích thước bằng với M , sao cho mỗi vectơ này mô hình hóa các độ khuếch đại kênh truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối đối với các sự truyền thông đa đường dẫn giữa vị trí tham chiếu trong một vùng phủ sóng trong số K vùng phủ sóng chùm tia người dùng tương ứng và M AN 515. Mỗi kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối ghép nối một trong số M AN 515 với vị trí tham chiếu nằm trong một trong số K chùm tia người dùng truyền về qua các bộ phát đáp 410 (xem Fig.7). Trong một số trường hợp, chỉ nhóm con của các bộ phát đáp 410 trên bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 được sử dụng để tạo kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối (ví dụ, chỉ nhóm con được xem là trong đường dẫn tín hiệu bằng cách đóng góp phần năng lượng đáng kể vào kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối). Trong một số trường hợp, số lượng chùm tia người dùng K lớn hơn số lượng bộ phát đáp trong đường dẫn tín hiệu của kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối. Hơn nữa, trong một số trường hợp, số lượng AN M lớn hơn số lượng bộ phát đáp trong đường

dẫn tín hiệu của kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối 1908. Theo một ví dụ, phần tử $H_{ret4,2}$ của ma trận kênh truyền về Hret được kết hợp với kênh từ vị trí tham chiếu trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng thứ hai 1903 đến AN thứ tư 1901. Ma trận Hret mô hình hóa kênh đầu cuối-đến-đầu cuối dưới dạng tích số 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-đến-đầu cuối của một kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối 1908. Do bản chất đa đường dẫn của kênh, kênh có thể trải qua sự biến thiên cường độ sâu. Các chùm tia người dùng truyền về có thể được tạo ra bởi CPS 505. CPS 505 tính toán các trọng số chùm tia truyền về dựa vào mô hình của $M \times K$ đường dẫn tín hiệu này và tạo ra các chùm tia người dùng truyền về bằng cách áp dụng các trọng số chùm tia truyền về vào các tín hiệu truyền về đa hợp, mỗi trọng số được tính toán đối với mỗi kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối mà ghép nối các thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong một vùng phủ sóng chùm tia người dùng với một trong số các AN 515. Trong một số trường hợp, các trọng số chùm tia truyền về được tính toán trước khi nhận tín hiệu truyền về đa hợp. Có một liên kết truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối từ mỗi trong số K vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 đến M AN 515. Việc xác định trọng số (nghĩa là, pha/biên độ tương đối phức tạp) của mỗi tín hiệu trong số các tín hiệu được nhận bởi M AN 515 cho phép các tín hiệu đó được kết hợp để tạo ra chùm tia người dùng truyền về sử dụng dung lượng định dạng búp sóng của CPS 505 trong phần mặt đất 502. Việc tính toán ma trận trọng số chùm tia được sử dụng để xác định cách để xác định trọng số mỗi kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối 1908, để tạo ra các chùm tia người dùng truyền về, như sẽ được mô tả một cách chi tiết hơn dưới đây. Các chùm tia 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 phân tử ăngten bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối đối với pha và biên độ của các tín hiệu được truyền bởi các phân tử ăngten bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối khác. Thay vào đó, các chùm tia người dùng được tạo ra bằng cách áp dụng các trọng số được kết hợp với $M \times K$ ma trận kênh vào M tín hiệu AN. Các AN tạo phân tập đường dẫn nhận, một bộ phát tín hiệu (thiết bị đầu cuối người dùng) đến các thiết bị nhận tín hiệu (AN), để cho phép truyền dẫn thành công thông tin từ thiết bị đầu cuối người dùng bất kỳ với sự hiện diện của kênh đa đường dẫn được cảm ứng có chủ ý.

Dữ liệu truyền đi

Fig.9 là hình vẽ minh họa của mô hình ví dụ của các đường dẫn tín hiệu đối với các tín hiệu mang dữ liệu truyền đi trên liên kết truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối 501. Dữ liệu truyền đi 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 bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503. Có K vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519. Các tín hiệu từ mỗi AN 515 được chuyển tiếp bởi L đường dẫn tín hiệu nhận/truyền 2001.

Các đường dẫn tín hiệu nhận/truyền 2001 truyền tín hiệu được chuyển tiếp đến các thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong các vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519. Do đó, có thể có L cách khác nhau đối với tín hiệu để nhận từ một AN 515 cụ thể đến thiết bị đầu cuối người dùng 517 được định vị trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519. Điều này tạo ra L đường dẫn giữa mỗi AN 515 và mỗi thiết bị đầu cuối người dùng 517. Lưu ý rằng, do các mẫu phủ sóng phản tử ăngten, một số đường dẫn trong số L đường dẫn có thể có năng lượng thấp hơn so với các đường dẫn khác.

Fig.10 thể hiện một ví dụ liên kết truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối 501 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 chùm tia người dùng (ví dụ, được định vị ở vị trí khôi phục nằm trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519) qua bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503. Trong một số trường hợp, tín hiệu dữ liệu truyền đi được nhận ở bộ định dạng búp sóng trước khi tạo các tín hiệu đường lên truyền đi. Các tín hiệu đường lên truyền đi được tạo ra ở bộ định dạng búp sóng và được truyền thông đến các AN 515. Chẳng hạn, mỗi AN 515 nhận tín hiệu đường lên truyền đi duy nhất (được xác định trọng số chùm tia) được tạo ra theo các trọng số chùm tia tương ứng với AN 515 đó. Mỗi AN 515 có đầu ra truyền tín hiệu đường lên truyền đi qua một trong số M đường lên. Mỗi tín hiệu đường lên truyền đi bao gồm tín hiệu dữ liệu truyền đi được kết hợp với chùm tia người dùng truyền đi. Tín hiệu dữ liệu truyền đi “được kết hợp với” chùm tia người dùng truyền đi, vì được dự định để được nhận bởi các thiết bị đầu cuối người dùng 517 được cấp dịch vụ bởi chùm tia người dùng. Trong một số trường hợp, tín hiệu dữ liệu truyền đi bao gồm hai hoặc nhiều hơn hai dòng dữ liệu người dùng. Các dòng dữ liệu người dùng có thể được ghép kênh với nhau bằng cách ghép kênh phân chia theo thời gian hoặc phân chia theo tần số, v.v. Trong một số trường hợp, mỗi dòng dữ liệu người

dùng dùng để truyền đến một hoặc nhiều thiết bị đầu cuối người dùng trong cùng chùm tia người dùng truyền đi.

Như được mô tả một cách chi tiết hơn dưới đây, mỗi tín hiệu đường lên truyền đi được truyền theo cách được đồng bộ hóa thời gian bởi AN truyền tương ứng 515 của nó. Các tín hiệu đường lên truyền đi 521 được truyền từ các AN 515 được nhận bởi các bộ phát đáp 410 trên bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 qua phần tử ăngten nhận 406 trên bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503. Sự chồng chập 550 của các tín hiệu đường lên truyền đi 521 được nhận từ các vị trí được phân bố theo địa lý tạo tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp 545. Mỗi bộ phát đáp 410 đồng thời nhận tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp 545. Tuy nhiên, mỗi bộ phát đáp 410 sẽ nhận các tín hiệu với sự định thời khác nhau chút ít do các sự khác nhau về vị trí của phần tử ăngten nhận 406 được kết hợp với mỗi bộ phát đáp 401.

Cr là ma trận bức xạ đường lên truyền đi $L \times M$. Các giá trị của ma trận bức xạ đường lên truyền đi mô hình hóa đường dẫn tín hiệu (biên độ và pha) từ các AN 515 đến các phần tử ăngten nhận 406. E là ma trận tải tin $L \times L$ và tạo mô hình của các đường dẫn tín hiệu bộ phát đáp từ các phần tử ăngten nhận 406 đến các phần tử ăngten truyền 409. Độ khuếch đại đường dẫn trực tiếp từ mỗi phần tử ăngten nhận 406 qua một trong số các bộ phát đáp tương ứng đến mỗi phần tử ăngten truyền tương ứng 409 được mô hình hóa bởi các giá trị đường chéo của ma trận tải tin. Như được lưu ý ở trên đối với liên kết truyền về, giả sử không có giao tiếp chéo giữa các phần tử ăngten, các phần tử không ở trên đường chéo của ma trận tải tin là 0. Trong một số trường hợp, giao tiếp chéo có thể khác 0. Sự cách ly các đường dẫn tín hiệu với nhau sẽ giảm thiểu giao tiếp chéo. Trong ví dụ này, mỗi trong số các bộ phát đáp 410 ghép nối một phần tử tương ứng trong số các phần tử ăngten nhận 406 với một phần tử tương ứng trong số các phần tử ăngten truyền 409. Theo đó, tín hiệu đường xuống truyền đi 522 đi ra 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 ăngten truyền 409, sao cho các tín hiệu đường xuống truyền đi 522 tạo chùm tia người dùng truyền đi (bởi sự chồng chập tạo cấu hình và phá hủy kết cấu theo các vị trí khôi phục địa lý được yêu cầu để tạo chùm tia). Trong một số trường hợp, các chùm tia người dùng được tạo ra, mỗi chùm tia tương ứng với vùng phủ sóng chùm tia người dùng theo địa lý 519 cấp dịch vụ cho nhóm các thiết bị

đầu cuối người dùng tương ứng 517 nằm trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519. Đường dẫn từ phần tử ăngten truyền thứ nhất 409a (xem Fig.10) đến vị trí tham chiếu (hoặc khôi phục) trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng thứ nhất 519 được cho theo giá trị At_{11} của ma trận bức xạ đường xuống truyền đi. Như được lưu ý ở trên, liên kết truyền về, hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối này cảm ứng theo chủ ý môi trường đa đường dẫn đối với đường dẫn đầu cuối-đến-đầu cuối từ AN 515 bất kỳ đến thiết bị đầu cuối người dùng 517 bất kỳ. Trong một số trường hợp, nhóm con của các phần tử ăngten truyền 409 truyền các tín hiệu đường xuống truyền đi 522 với năng lượng đáng kể đến thiết bị đầu cuối người dùng 517. Thiết bị đầu cuối người dùng 517 (hoặc thông thường hơn, vị trí tham chiếu hoặc khôi phục trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 để nhận và/hoặc khôi phục) nhận các tín hiệu đường xuống truyền đi 522 và khôi phục ít nhất một phần tín hiệu dữ liệu truyền đi từ các tín hiệu đường xuống truyền đi 522 nhận được. Các tín hiệu đường xuống truyền đi 522 được truyền 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 tín hiệu bất kỳ trong số các tín hiệu khác được truyền bởi các phần tử ăngten truyền 409 trong nhóm con. Trong một số trường hợp, nhóm con của các phần tử ăngten truyền bao gồm ít nhất 10% của các phần tử ăngten truyền có mặt trong bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503. Trong một số trường hợp, nhóm con của các phần tử ăngten truyền bao gồm ít nhất 10 phần tử ăngten truyền, bất kể có bao nhiêu các phần tử ăngten truyền 409 có mặt trong bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503. Trong một trường hợp, việc nhận các tín hiệu đường xuống truyền đi bao gồm bước nhận sự chồng chập 551 của các tín hiệu đường xuống truyền đi.

Fig.11 là hình vẽ minh họa được đơn giản hóa thể hiện mô hình của tất cả các kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối 2208 từ M AN 515 đến K vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519. Như được thể hiện trên Fig.11, có kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối 2208 ghép nối mỗi AN 515 với mỗi vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519. Mỗi kênh 2208 từ một AN 515 đến một vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 có đa đường dẫn được cảm ứng là kết quả của L đường dẫn duy nhất từ AN 515 qua các bộ phát đáp đến vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519. Như vậy, $K \times M$ kênh đa đường dẫn 2208 có thể được mô hình hóa riêng lẻ và mô hình của mỗi kênh dùng làm một phần tử của ma trận kênh truyền đi $K \times M$ Hfwd. Ma

trận kênh truyền đi Hfwd có M vectơ, mỗi vectơ này có kích thước bằng K, sao cho mỗi vectơ này mô hình hóa các độ khuếch đại truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối đối với các sự truyền thông đa đường dẫn giữa một phần tử tương ứng của M AN 515 và các vị trí tham chiếu (hoặc phục hồi) trong K vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền đi. Mỗi kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối ghép nối một M AN 515 với các thiết bị đầu cuối người dùng 517 được cấp dịch vụ bởi một trong số K chùm tia người dùng truyền đi qua các bộ phát đáp 410 (xem Fig.10). Trong một số trường hợp, chỉ nhóm con của các bộ phát đáp 410 trên bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 được sử dụng để tạo kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối (nghĩa là, trong đường dẫn tín hiệu của kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối). Trong một số trường hợp, số lượng chùm tia người dùng K lớn hơn số lượng bộ phát đáp trong đường dẫn tín hiệu của kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối. Hơn nữa, trong một số trường hợp, số lượng AN M lớn hơn số lượng bộ phát đáp trong đường dẫn tín hiệu của kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối.

Hfwd có thể biểu diễn liên kết truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối dưới dạng tích số của các ma trận $A \times E \times C$. Mỗi phần tử trong Hfwd là độ khuếch đại truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối do bản chất đa đường dẫn của đường dẫn và có thể trải qua sự biến thiên cường độ sâu. Trọng số chùm tia thích hợp có thể được tính toán đối với mỗi trong số các kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối 2208 bởi CPS 505 trong phần mặt đất 502 để tạo ra các chùm tia người dùng truyền đi từ nhóm M AN 515 đến mỗi vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519. Các AN 515 tạo độ phân tập đường dẫn truyền, bằng cách sử dụng các bộ phát tín hiệu (AN) đến một thiết bị nhận tín hiệu (thiết bị đầu cuối người dùng), để cho phép truyền dẫn thành công thông tin đến thiết bị đầu cuối người dùng 517 bất kỳ với sự hiện diện của kênh đa đường dẫn được cảm ứng có chủ ý.

Dữ liệu truyền đi và dữ liệu truyền về được kết hợp

Fig.12 là hình vẽ minh họa bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối ví dụ hỗ trợ cả sự truyền thông hướng truyền đi và truyền về. Trong một số trường hợp, các đường dẫn tín hiệu bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối giống nhau (ví dụ, nhóm các phần tử ăngten nhận, các bộ phát đáp và các phần tử ăngten truyền) có thể được sử dụng cho cả hai liên kết truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối 501 và liên kết truyền về đầu cuối-đến-

đầu cuối 523. Một số trường hợp khác bao gồm các bộ phát đáp liên kết truyền đi và các bộ phát đáp liên kết truyền về, có thể hoặc có thể không chia sẻ các phần tử ăngten nhận và truyền. Trong một số trường hợp, hệ thống 1200 có các AN và các thiết bị đầu cuối người dùng được định vị ở cùng vùng địa lý 1208 (mà có thể là, chẳng hạn, một bang cụ thể, toàn bộ quốc gia, khu vực, toàn bộ vùng có thể nhìn thấy hoặc khu vực địa lý thích hợp khác bất kỳ 1208). Một bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 1202 (được bố trí ở vệ tinh hoặc bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối thích hợp khác bất kỳ) nhận các tín hiệu đường lên truyền đi 521 từ các AN và truyền các tín hiệu đường xuống truyền đi 522 đến các thiết bị đầu cuối người dùng. Ở các thời điểm khác hoặc đối với các tần số khác, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 1202 còn nhận các tín hiệu đường lên truyền về 525 từ các thiết bị đầu cuối người dùng và truyền các tín hiệu đường xuống truyền về 527 đến các AN. Trong một số trường hợp, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 1202 được chia sẻ giữa dữ liệu truyền đi và dữ liệu truyền về nhờ sử dụng các kỹ thuật như là 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 truyền đi và dữ liệu truyền về sử dụng cùng dải tần số: dữ liệu truyền đi được truyền trong các khoảng thời gian (không chồng lên nhau) khác với các khoảng thời gian được sử dụng để truyền dữ liệu truyền về. Trong một số trường hợp, với song công miền tần số, các tần số khác nhau được sử dụng cho dữ liệu truyền đi và dữ liệu truyền về, nhờ đó cho phép sự truyền dẫn đồng thời, không giao thoa dữ liệu truyền đi và dữ liệu truyền về.

Fig.13 là hình vẽ minh họa dải tần số đường lên được phân chia thành hai phần. Phần tần số thấp hơn (bên trái) của dải được cấp phát cho đường lên truyền đi và phần tần số cao hơn (bên phải) của dải được cấp phát cho đường lên truyền về. Dải đường lên có thể được phân chia thành nhiều phần của hoặc là dữ liệu truyền đi hoặc là dữ liệu truyền về.

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

trong khoảng thời gian nhận (truyền về) thứ hai không chồng lên khoảng thời gian nhận thứ nhất. Bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối truyền đến một hoặc nhiều thiết bị đầu cuối người dùng trong khoảng thời gian truyền (truyền đi) thứ nhất và đến một hoặc nhiều nút truy cập trong khoảng thời gian truyền (truyền về) thứ hai không chồng lên khoảng thời gian nhận thứ nhất. Dữ liệu khung có thể được lặp lại hoặc có thể thay đổi một cách động. Khung có thể được phân chia thành nhiều phần (ví dụ, không liên kết) đối với dữ liệu truyền đi và dữ liệu truyền về.

Các vệ tinh định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối

Trong một số trường hợp, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 được thực hiện trên vệ tinh, sao cho vệ tinh được sử dụng để chuyển tiếp các tín hiệu từ các AN (có thể được gọi là các nút truy cập vệ tinh (SAN) trong các trường hợp này) đến các thiết bị đầu cuối người dùng và ngược lại. Trong một số trường hợp, vệ tinh trong quỹ đạo địa tĩnh. Vệ tinh ví dụ hoạt động dưới dạng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối có giàn phần tử ăngten nhận, giàn phần tử ăngten truyền và nhiều bộ phát đáp kết nối các phần tử ăngten nhận với các phần tử ăngten truyền. Các giàn có số lượng lớn phần tử ăngten với các vùng phủ sóng phần tử ăngten chồng lên nhau, giống với các ăngten giàn được tạo pha liên kết duy nhất truyền thống. Các vùng phủ sóng phần tử ăngten chồng lên nhau trên cả các phần tử ăngten truyền và nhận tạo môi trường đa đường dẫn như được mô tả ở trên. Trong một số trường hợp, các hình mẫu ăngten được thiết lập bởi các phần tử ăngten tương ứng và các mẫu đó dẫn đến các vùng phủ sóng phần tử ăngten chồng lên nhau (ví dụ, các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần chồng lên nhau) là giống nhau. Đối với các mục đích của sáng chế, thuật ngữ “giống nhau” có nghĩa là chúng về cơ bản tuân theo cùng sự phân bố công suất trên nhóm các điểm đã cho trong không gian, lấy phần tử ăngten làm điểm tham chiếu để định vị các điểm trong không gian. Rất là khó để giống nhau hoàn toàn. Do đó, các hình mẫu có các độ lệch tương đối nhỏ so với nhau nằm trong phạm vi của các hình mẫu “giống nhau”. Trong các trường hợp khác, các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần nhận có thể không giống nhau và thực tế là có thể khác nhau một cách đáng kể. Các hình mẫu ăngten này có thể vẫn tạo thành các vùng phủ sóng phần tử ăngten chồng lên nhau, tuy nhiên, các vùng phủ sóng tạo thành đó sẽ không giống nhau.

Các kiểu ăngten bao gồm, nhưng không bị giới hạn bởi, các gương phản xạ

được cấp giàn, các giàn cùng tiêu điểm, các giàn bức xạ trực tiếp và các dạng khác của các giàn ăngten. Mỗi ăngten có thể là hệ thống bao gồm các thành phần quang học khác để hỗ trợ việc nhận và/hoặc truyền các tín hiệu, như là một hoặc nhiều gương phản xạ. Trong một số trường hợp, vệ tinh bao gồm các thành phần hỗ trợ trong việc căn chỉnh định thời hệ thống và hiệu chỉnh định dạng búp sóng.

Fig.15 là hình vẽ sơ đồ thể hiện vệ tinh ví dụ 1502 có thể được sử dụng làm bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503. Trong một số trường hợp, vệ tinh 1502 có ăngten truyền gương phản xạ được cấp giàn 401 và ăngten nhận gương phản xạ được cấp giàn 402. Ăngten nhận 402 bao gồm gương phản xạ nhận (không được thể hiện trên hình vẽ) và giàn phần tử ăngten nhận 406. Phần tử ăngten nhận 406 được chiếu bởi gương phản xạ nhận. Ăngten truyền 401 bao gồm gương phản xạ truyền (không được thể hiện trên hình vẽ) và giàn phần tử ăngten truyền 409. Các phần tử ăngten truyền 409 được sắp xếp để chiếu gương phản xạ truyền. Trong một số trường hợp, cùng gương phản xạ được sử dụng cho cả nhận và truyền. Trong một số trường hợp, một cổng của phần tử ăngten được sử dụng để nhận và cổng khác để truyền. Một số ăngten có khả năng phân biệt giữa các tín hiệu của các phân cực khác nhau. Chẳng hạn, phần tử ăngten có thể bao gồm bốn cổng ống dẫn sóng đối với sự phân cực vòng theo tay phải (RHCP) nhận, sự phân cực vòng theo tay trái (LHCP) nhận, RHCP truyền và LHCP truyền, một cách tương ứng. Trong một số trường hợp, hai phân cực có thể được sử dụng để tăng dung lượng của hệ thống; trong các trường hợp khác, một phân cực có thể được sử dụng để giảm sự giao thoa (ví dụ, với các hệ thống khác sử dụng phân cực khác).

Vệ tinh ví dụ 1502 còn bao gồm các bộ phát đáp 410. Bộ phát đáp 410 kết nối đầu ra từ một phần tử ăngten nhận 406 đến đầu vào của phần tử ăngten truyền 409. Trong một số trường hợp, bộ phát đáp 410 khuếch đại tín hiệu nhận được. Mỗi phần tử ăngten nhận phát tín hiệu nhận được duy nhất. Trong một số trường hợp, nhóm con của các phần tử ăngten nhận 406 nhận tín hiệu từ bộ truyền tín hiệu mặt đất, như là hoặc thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong trường hợp tín hiệu liên kết truyền về hoặc AN 515 trong trường hợp tín hiệu liên kết truyền đi. Trong một số trường hợp này, độ khuếch đại của mỗi phần tử ăngten nhận trong nhóm con đối với tín hiệu được nhận 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. Do đó, vệ tinh sẽ nhận tín hiệu ở mỗi trong số các phần tử ăngten nhận 406 của vệ tinh, tín hiệu truyền thông bắt nguồn từ bộ truyền tín hiệu mặt đất, sao cho nhóm con của các phần tử ăngten nhận 406 nhận tín hiệu truyền thông ở mức tín hiệu gần như không nhỏ hơn mức tín hiệu tương ứng với độ khuếch đại đỉnh của phần tử ăngten nhận 406.

Trong một số trường hợp, ít nhất 10 bộ phát đáp 410 được tạo ra trong vệ tinh 1502. Trong trường hợp khác, ít nhất 100 bộ phát đáp 410 được tạo ra trong vệ tinh 1502. Trong trường hợp khác nữa, số lượng bộ phát đáp trên mỗi tính phân cực có thể nằm trong khoảng 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024 hoặc số lượng ở giữa hoặc lớn hơn. Trong một số trường hợp, bộ phát đáp 410 bao gồm bộ khuếch đại nhiễu thấp (Low Noise Amplifier, LNA) 412, bộ chuyển đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 414 và bộ khuếch đại công suất (Power Amplifier, PA) 420. Trong một số trường hợp, trong đó tần số đường lên và tần số đường xuống giống nhau, bộ phát đáp không bao gồm bộ chuyển đổi tần số. Trong các trường hợp khác, các phần tử ăngten nhận hoạt động ở tần số thứ nhất. Mỗi phần tử ăngten nhận 406 được kết hợp với một bộ phát đáp 410. Phần tử ăngten nhận 406 được ghép nối với đầu vào của LNA 412. Theo đó, LNA khuếch đại một cách độc lập tín hiệu nhận được duy nhất được tạo ra bởi phần tử ăngten nhận được kết hợp với bộ phát đáp 410. Trong một số trường hợp, đầu ra của LNA 412 được ghép nối với bộ chuyển đổi tần số 414. Bộ chuyển đổi tần số 414 chuyển đổi tín hiệu được khuếch đại thành tần số thứ hai.

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

Fig.16 là hình vẽ minh của họa bộ phát đáp ví dụ 410. Bộ phát đáp 410 có thể là một ví dụ của bộ phát đáp của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503, như được mô tả ở trên (ví dụ, vệ tinh 1502 trên Fig.15). Trong ví dụ này, bộ phát đáp bao gồm bộ dịch chuyển pha 418 ngoài bộ khuếch đại nhiễu thấp (LNA) 412, bộ chuyển 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 ví dụ 410 có thể cũng được ghép nối với bộ điều khiển dịch chuyển pha 427. Chẳng hạn, bộ điều khiển dịch chuyển pha 427 có thể được ghép nối (trực tiếp hoặc gián tiếp) với mỗi bộ phát đáp của một số hoặc tất cả các bộ phát đáp của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503, sao cho bộ điều khiển dịch chuyển pha 427 có thể thiết lập một cách riêng lẻ các pha đối với mỗi bộ phát đáp. Các bộ dịch chuyển pha có thể là hữu ích đối với việc hiệu chỉnh, chẳng hạn, như được mô tả dưới đây.

Các ăngten

Để tạo môi trường đa đường dẫn, các vùng phủ sóng phần tử ăngten có thể chồng lên các vùng phủ sóng phần tử ăngten của ít nhất một phần tử ăngten khác có cùng tính phân cực, tần số và loại (truyền hoặc nhận tương ứng). Trong một số trường hợp, các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần nhận, có thể hoạt động ở cùng phân cực nhận và tần số nhận (ví dụ, có ít nhất một phần của tần số nhận chung), chồng lên nhau. Chẳng hạn, trong một số trường hợp, ít nhất 25% của các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần nhận, có thể hoạt động ở cùng phân cực nhận và tần số nhận (ví dụ, có ít nhất một phần của tần số nhận chung), chồng lên ít nhất năm hình mẫu ăngten chùm tia thành phần truyền khác. Tương tự, trong một số trường hợp, ít nhất 25% của các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần truyền, có thể hoạt động ở cùng phân cực truyền và tần số truyền (ví dụ, có ít nhất một phần của tần số truyền chung), chồng lên ít nhất năm hình mẫu ăngten chùm tia thành phần truyền khác. Mức độ chồng lên nhau sẽ thay đổi từ hệ thống này đến hệ thống khác. Trong một số trường hợp, ít nhất một trong số các phần tử ăngten nhận 406 có các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần chồng lên các hình mẫu ăngten của phần tử ăngten nhận khác 406 có thể hoạt động ở cùng tần số nhận (ví dụ, có ít nhất một phần của tần số nhận chung) và cùng phân cực nhận. Do đó, ít nhất các phần tử ăngten nhận có khả năng tiếp nhận cùng các tín hiệu từ cùng nguồn. Tương tự, ít nhất một trong số các phần tử ăngten truyền 409 có hình mẫu ăngten chùm tia thành phần chồng lên các hình mẫu ăngten của phần tử ăngten truyền khác 409 có thể hoạt động ở cùng tần số truyền (ví dụ, có ít nhất một phần của tần số truyền chung) và phân cực truyền. Do đó, ít nhất một số phần tử trong số các phần tử ăngten truyền có khả năng truyền các tín hiệu có cùng tần số ở cùng phân cực

đến cùng bộ nhận. Trong một số trường hợp, các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần chồng lên nhau có thể có các độ khuếch đại khác nhỏ hơn 3 dB (hoặc giá trị thích hợp khác bất kỳ) trên một vùng địa lý chung. Các phần tử ăngten, hoặc là nhận hoặc là truyền, có thể có hình mẫu ăngten chùm tia thành phần rộng và do đó vùng phủ sóng phần tử ăngten tương đối rộng. Trong một số trường hợp, các tín hiệu được truyền bởi bộ truyền tín hiệu mặt đất, như là thiết bị đầu cuối người dùng 517 hoặc nút truy cập 515, được nhận bởi tất cả các phần tử ăngten nhận 406 của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối (ví dụ, vệ tinh). Trong một số trường hợp, nhóm con của các phần tử 406 nhận các tín hiệu từ bộ truyền tín hiệu mặt đất. Trong một số trường hợp, nhóm con bao gồm ít nhất 50% của các phần tử ăngten nhận. Trong các trường hợp khác, nhóm con bao gồm ít nhất 75% của các phần tử ăngten nhận. Trong các trường hợp khác nữa, nhóm con bao gồm ít nhất 90% (ví dụ, lên đến và bao gồm tất cả) của các phần tử ăngten nhận. Các nhóm con khác nhau của các phần tử ăngten nhận 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, nhóm con của 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, nhóm con bao gồm ít nhất 50% của các phần tử ăngten truyền. Trong các trường hợp khác, nhóm con bao gồm ít nhất 75% của các phần tử ăngten truyền. Trong các trường hợp khác nữa, nhóm con bao gồm ít nhất 90% (ví dụ, lên đến và bao gồm tất cả) của các phần tử ăngten truyền. Các nhóm con khác nhau của 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 nằm trong một vài vùng phủ sóng chùm tia người dùng được tạo ra 519. Đối với mục đích của sáng chế, hình mẫu ăngten là hình mẫu của sự phân bố năng lượng được truyền đến hoặc được nhận từ ăngten. Trong một số trường hợp, năng lượng có thể được bức xạ trực tiếp từ/đến phần tử ăngten. Trong các trường hợp khác, năng lượng từ một hoặc nhiều phần tử ăngten truyền có thể được phản xạ bởi một hoặc nhiều gương phản xạ tạo hình dạng hình mẫu phần tử ăngten. Tương tự, phần tử nhận có thể nhận năng lượng trực tiếp hoặc sau khi năng lượng đã phản xạ từ một hoặc nhiều gương phản xạ. Trong một số trường hợp, các ăngten có thể được tạo ra từ một vài phần tử, mỗi phần tử có hình mẫu ăngten chùm tia thành phần thiết lập vùng phủ sóng phần tử ăngten tương ứng. Tương tự, tất cả hoặc nhóm con của các phần tử ăngten nhận và truyền mà nhận và truyền các tín hiệu đến các AN 515 có thể chồng lên nhau,

sao cho các phần tử ăngten nhận nhận các tín hiệu từ cùng AN 515 và/hoặc các phần tử ăngten truyền truyền các tín hiệu đến cùng AN 515.

Fig.17 là hình vẽ minh họa các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần được tạo ra bởi một vài phần tử ăngten (hoặc các phần tử ăngten nhận 406 hoặc các phần tử ăngten truyền 409) giao nhau ở các điểm 3 dB. Hình mẫu ăngten chùm tia thành phần 1301 của phần tử ăngten thứ nhất có độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần đỉnh theo cỡ ngắm 1303. Hình mẫu ăngten chùm tia thành phần 1301 được thể hiện suy giảm khoảng 3 dB trước khi nó giao với hình mẫu ăngten chùm tia thành phần 1305. Vì mỗi cặp hai hình mẫu ăngten chùm tia thành phần liền kề chồng lên nhau xung quanh đường 3 dB 1307 đối với chỉ một phần tương đối nhỏ của hình mẫu ăngten chùm tia thành phần, các phần tử ăngten tạo các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần này được xem là không chồng lên nhau.

Fig.18 thể hiện các đường bao ăngten 3 dB được lý tưởng hóa 3901, 3902, 3903 của một vài phần tử 406, 409 với độ khuếch đại đỉnh được biểu thị bởi chữ cái 'x'. Các đường bao 3901, 3902, 3903 ở đây được gọi là “được lý tưởng hóa” vì các đường bao này được thể hiện dưới dạng đường tròn để đơn giản. Tuy nhiên, các đường bao 3901, 3902, 3903 không cần phải là dạng đường tròn. Mỗi đường bao biểu thị vị trí mà tín hiệu được truyền hoặc được nhận ở đó là 3 dB dưới mức đỉnh. Bên ngoài đường bao, tín hiệu là trên 3 dB dưới đỉnh. Bên trong đường bao, tín hiệu là dưới 3 dB dưới đỉnh (nghĩa là, trong phạm vi 3 dB của đỉnh). Trong hệ thống trong đó vùng phủ sóng của hình mẫu ăngten chùm tia thành phần nhận là tất cả các điểm mà tại đó độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần nhận nằm trong phạm vi 3 dB so với độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần nhận đỉnh, vùng bên trong đường bao được gọi là vùng phủ sóng phần tử ăngten. Đường bao ăngten 3 dB đối với mỗi thành phần 406, 409 không chồng lên nhau. Nghĩa là, chỉ một phần tương đối nhỏ của vùng bên trong đường bao ăngten 3 dB 3901 chồng lên vùng bên trong các hình mẫu ăngten 3 dB liền kề 3902, 3903.

Fig.19 là hình vẽ minh họa các hình mẫu ăngten 1411, 1413, 1415 của một vài phần tử ăngten (hoặc các phần tử ăngten nhận 406 hoặc các phần tử ăngten truyền 409). Ngược lại với các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần trên Fig.17, các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần được thể hiện trên Fig.19 giao nhau 1417 phía trên đường 3 dB 1307.

Fig.20A đến Fig.20E minh họa các đường bao ăngten 3 dB đối với một vài phân tử ăngten 406, 409 với điểm tâm chùm tia (độ khuếch đại đỉnh) được biểu thị bởi chữ cái 'x'. Fig.20A thể hiện đường bao ăngten cụ thể 1411 của phân tử ăngten thứ nhất 406. Fig.20B thể hiện các đường bao ăngten 3 dB 1411, 1413 đối với hai phân tử 406 cụ thể. Fig.20C thể hiện các đường bao ăngten 3 dB đối với ba phân tử 406. Fig.20D thể hiện các đường bao ăngten 3 dB đối với bốn phân tử ăngten 406. Fig.20E thể hiện các đường bao ăngten 3 dB đối với giàn 16 phân tử ăngten 406. Các đường bao ăngten 3 dB được thể hiện là chồng lên nhau 1418 (ví dụ, 16 đường bao ăngten 3 dB này được thể hiện). Các phân tử ăngten trong hoặc là ăngten nhận hoặc là ăngten truyền có thể được sắp xếp theo kết cấu bất kỳ trong số một vài kết cấu khác nhau. Chẳng hạn, nếu các phân tử có râu tiếp sóng gần giống hình tròn, thì các phân tử này có thể được bố trí theo kết cấu tổ ong để bao chặt các phân tử trong một khoảng không gian nhỏ. Trong một số trường hợp, các phân tử ăngten được căn chỉnh theo các hàng nằm ngang và các cột thẳng đứng.

Fig.21 là một ví dụ thể hiện các vị trí tương đối của các đường bao ăngten 3 dB ăngten nhận được kết hợp với các phân tử ăngten nhận 406. Phân tử 406 định tâm chùm tia được đánh số từ 1 đến 16, với phân tử 406₄ được xác định bởi số '4' đến bên trái phía trên của ký hiệu tâm chùm tia 'x'. Trong một số trường hợp, có thể có nhiều hơn 16 phân tử ăngten nhận 406. Tuy nhiên, để đơn giản, chỉ 16 phân tử được thể hiện trên Fig.21. Giàn tương ứng của các phân tử ăngten truyền 409 và các đường bao ăngten 3 dB được kết hợp của chúng sẽ trông giống với Fig.21. Do đó, để đơn giản, chỉ giàn phân tử ăngten nhận 406 được thể hiện. Vùng 2101 ở tâm là trong đó tất cả các vùng phủ sóng phân tử ăngten chồng lên nhau.

Trong một số trường hợp, ít nhất một điểm nằm trong vùng phủ sóng bộ chuyển tiếp (ví dụ, vùng phủ sóng vệ tinh) nằm trong các đường bao ăngten 3 dB của các chùm tia thành phần của một vài phân tử ăngten 406. Trong trường hợp này, ít nhất một điểm nằm trong các đường bao ăngten 3 dB của ít nhất 100 phân tử ăngten khác nhau 406. Trong trường hợp khác, ít nhất 10% vùng phủ sóng bộ chuyển tiếp nằm trong các đường bao ăngten 3 dB của ít nhất 30 phân tử ăngten khác nhau. Trong trường hợp khác, ít nhất 20% vùng phủ sóng bộ chuyển tiếp nằm trong các đường bao ăngten 3 dB của ít nhất 20 phân tử ăngten khác nhau. Trong trường hợp khác, ít nhất

30% vùng phủ sóng bộ chuyển tiếp nằm trong các đường bao ăngten 3 dB của ít nhất 10 phần tử ăngten khác nhau. Trong trường hợp khác, ít nhất 40% vùng phủ sóng bộ chuyển tiếp nằm trong các đường bao ăngten 3 dB của ít nhất tám phần tử ăngten khác nhau. Trong trường hợp khác, ít nhất 50% vùng phủ sóng bộ chuyển tiếp nằm trong các đường bao ăngten 3 dB của ít nhất bốn phần tử ăngten khác nhau. Tuy nhiên, trong một số trường hợp, nhiều hơn một trong số các tương quan này có thể đúng.

Trong một số trường hợp, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối có vùng phủ sóng bộ chuyển tiếp (ví dụ, vùng phủ sóng vệ tinh) trong đó ít nhất 25% của các điểm nằm trong vùng phủ sóng đường xuống bộ chuyển tiếp nằm trong (ví dụ, trải dài) các vùng phủ sóng chồng lên nhau của ít nhất sáu phần tử ăngten nhận 406. Trong một số trường hợp, 25% của các điểm nằm trong vùng phủ sóng bộ chuyển tiếp đường lên nằm trong (ví dụ, trải dài) các vùng phủ sóng chồng lên nhau của ít nhất bốn phần tử ăngten nhận 406. Trong một số trường hợp, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối có vùng phủ sóng trong đó ít nhất 25% của các điểm nằm trong vùng phủ sóng đường xuống bộ chuyển tiếp nằm trong (ví dụ, trải dài) các vùng phủ sóng chồng lên nhau của ít nhất sáu các phần tử ăngten truyền 409. Trong một số trường hợp, 25% của các điểm nằm trong vùng phủ sóng bộ chuyển tiếp đường xuống nằm trong (ví dụ, trải dài) các vùng phủ sóng chồng lên nhau của ít nhất bốn phần tử ăngten truyền 409.

Trong một số trường hợp, ăngten nhận 402 có thể được biểu thị một cách đại khái ở cùng vùng phủ sóng với ăngten truyền 401, sao cho các vùng phủ sóng phần tử ăngten nhận có thể tương ứng một cách tự nhiên với các vùng phủ sóng phần tử ăngten truyền cụ thể. Trong các trường hợp này, phần tử ăngten nhận 406 có thể được ánh xạ đến các phần tử ăngten truyền 409 tương ứng của chúng qua các bộ phát đáp 410, tạo ra các vùng phủ sóng phần tử ăngten truyền và nhận tương tự đối với mỗi đường dẫn tín hiệu nhận/truyền. Tuy nhiên, trong một số trường hợp, có thể có lợi khi ánh xạ phần tử ăngten nhận 406 đến các phần tử ăngten truyền 409 mà không tương ứng với cùng vùng phủ sóng chùm tia thành phần. Theo đó, việc ánh xạ các phần tử 406 của ăngten nhận 402 đến các phần tử 409 của ăngten truyền 401 có thể được hoán vị một cách ngẫu nhiên (hoặc theo cách khác). Sự hoán vị này bao gồm trường hợp dẫn đến các phần tử ăngten nhận 406 không được ánh xạ đến các phần tử ăngten truyền 409 ở cùng vị trí tương đối nằm trong giàn hoặc có cùng vùng phủ sóng. Chẳng hạn, mỗi

phần tử ăngten nhận 406 nằm trong giàn phần tử ăngten nhận có thể được kết hợp với cùng bộ phát đáp 410 khi phần tử ăngten truyền 409 được định vị ở vị trí gương của giàn phần tử ăngten truyền. Sự hoán vị khác bất kỳ có thể được sử dụng để ánh xạ phần tử ăngten nhận 406 đến các phần tử ăngten truyền 409 theo sự hoán vị (ví dụ, ghép cặp mỗi phần tử ăngten nhận 406 với cùng bộ phát đáp mà phần tử ăngten truyền được kết hợp 409 được ghép nối với đó theo sự hoán vị cụ thể của phần tử ăngten nhận 406 và phần tử ăngten truyền 409).

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

Cột thứ nhất 4202 của dải 4200 xác định bộ phát đáp 410. Cột thứ hai 4204 xác định phần tử ăngten nhận 406 mà bộ phát đáp 410 của cột thứ nhất được ghép nối với đó. Cột thứ ba 4206 của dải 4200 xác định phần tử ăngten truyền được kết hợp 409 mà đầu ra của bộ phát đáp 410 được ghép nối với đó. Mỗi phần tử ăngten nhận 406 được ghép nối với đầu vào của bộ phát đáp 410 được xác định ở cùng hàng của dải 4200. Tương tự, mỗi phần tử ăngten truyền 409 được ghép nối với đầu ra của bộ phát đáp 410 được xác định ở cùng hàng của dải 4200. Cột thứ ba của dải 4200 thể hiện một ví dụ của sự ánh xạ trực tiếp trong đó mỗi phần tử ăngten nhận 406 của giàn ăngten nhận được ghép nối với cùng bộ phát đáp 410 như một phần tử ăngten truyền 409 ở cùng vị trí tương đối nằm trong giàn ăngten truyền. Cột thứ tư 4208 của dải 4200 thể hiện một ví dụ của sự ánh xạ xen kẽ trong đó phần tử ăngten nhận thứ nhất 406 được ghép nối với bộ phát đáp thứ nhất 410 và với phần tử ăngten truyền thứ mười 409. Phần tử ăngten nhận thứ hai 406 được ghép nối với bộ phát đáp thứ hai 410 và với phần tử ăngten truyền thứ chín 409 và v.v. Một số trường hợp có các sự hoán vị khác, bao gồm

ánh xạ ngẫu nhiên trong đó sự ghép cặp cụ thể của phần tử ăngten nhận 406 và phần tử truyền 409 với bộ phát đáp 410 được lựa chọn một cách ngẫu nhiên.

Sự ánh xạ trực tiếp, cố gắng duy trì vùng phủ sóng phần tử ăngten truyền và nhận càng giống càng tốt đối với mỗi đường dẫn tín hiệu nhận/truyền, thường tạo ra tổng dung lượng cao nhất của hệ thống. Các sự hoán vị ngẫu nhiên và xen kẽ thường tạo ra dung lượng nhỏ hơn chút ít nhưng tạo ra hệ thống vững chắc hơn khi đối mặt với các sự cố AN, các sự cố sợi trên mạng mặt đất hoặc sự tổn hao của các đường dẫn tín hiệu nhận/truyền do sự trục trặc điện tử trên bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối (ví dụ, trong một hoặc nhiều bộ phát đáp). Các sự hoán vị ngẫu nhiên và xen kẽ cho phép các AN không dư thừa chi phí thấp hơn được sử dụng. Các sự hoán vị ngẫu nhiên và xen kẽ cũng tạo sự biến thiên ít hơn giữa dung lượng trong chùm tia hiệu suất tốt nhất và dung lượng trong chùm tia hiệu suất kém nhất. Các sự hoán vị ngẫu nhiên và xen kẽ cũng có thể là hữu ích hơn để bắt đầu vận hành hệ thống với chỉ một phần nhỏ của các AN dẫn đến chỉ một phần nhỏ của tổng dung lượng là khả dụng mà không có sự tổn hao trong vùng phủ sóng. Một ví dụ của hiện tượng này là sự cắt giảm 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 dung lượng nhỏ hơn dung lượng toàn phần, trong khi vẫn cho phép hoạt động trên toàn bộ vùng phủ sóng. Khi nhu cầu tăng, nhiều AN hơn có thể được triển khai để tăng dung lượng cho đến khi dung lượng toàn phần đạt được với tất cả các AN kích hoạt. Trong một số trường hợp, sự thay đổi về thành phần của các AN dẫn đến việc tính toán lại các trọng số chùm tia. Sự thay đổi về thành phần có thể bao gồm sự thay đổi số lượng hoặc các đặc điểm của một hoặc nhiều AN. Điều này có thể cần đến việc đánh giá lại các độ khuếch đại truyền đi và/hoặc truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối.

Trong một số trường hợp, ăngten là ăngten gương phản xạ được cấp giàn với gương phản xạ dạng parabol. Trong các trường hợp khác, gương phản xạ không có hình dạng parabol. Giàn phần tử ăngten nhận 406 có thể được phân bố để nhận các tín hiệu được phản xạ bởi gương phản xạ. Tương tự, giàn phần tử ăngten truyền 409 có thể được phân bố để tạo ra giàn để chiếu gương phản xạ. Một cách để tạo các phần tử với các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần chồng lên nhau là có các phần tử 406, 409 nằm cách tiêu điểm (ra khỏi tiêu điểm) như là hệ quả của mặt phẳng tiêu điểm của

gương phản xạ ở phía sau (hoặc ở phía trước của) giàn phần tử 406, 409 (nghĩa là, giàn ăngten nhận được định vị bên ngoài mặt phẳng tiêu điểm của gương phản xạ nhận).

Fig.23 là hình vẽ minh họa mặt cắt ngang của gương phản xạ dạng parabol cấp tâm 1521. Tiêu điểm 1523 nằm trên mặt phẳng tiêu điểm 1525 vuông góc với trục tâm 1527 của gương phản xạ 1521. Các tín hiệu nhận được đập vào gương 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 ăngten được định vị ở tiêu điểm và đập vào gương phản xạ 1521 sẽ được phản xạ vào chùm tia hội tụ từ gương phản xạ 1521 song song với trục tâm 1527. Cách bố trí này thường được sử dụng trong các hệ thống dây tiếp sóng duy nhất trên mỗi chùm tia để tối đa hóa tính định hướng của mỗi chùm tia và giảm thiểu chồng lên các chùm tia được tạo ra bởi các dây tiếp sóng liền nhau.

Fig.24 là hình vẽ minh họa gương phản xạ dạng parabol khác 1621. Bằng cách định vị các phần tử ăngten 1629 (hoặc các phần tử ăngten nhận hoặc các phần tử ăngten truyền 406, 409, 3416, 3419, 3426, 3429,) bên ngoài mặt phẳng tiêu điểm (ví dụ, ở phía trước của mặt phẳng tiêu điểm 1625 của gương phản xạ 1621), đường dẫn của các tín hiệu được truyền 1631 đập vào gương phản xạ 1621 sẽ không song song với nhau khi chúng phản xạ ra từ gương phản xạ 1621, dẫn đến độ rộng chùm tia rộng hơn so với trong trường hợp hội tụ. Trong một số trường hợp, các gương phản xạ có các hình dạng khác so với các dạng parabol được sử dụng. Các gương phản xạ này cũng có thể dẫn đến sự phân kỳ ăngten. Hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối có thể sử dụng loại này nằm cách tiêu điểm ăngten để tạo sự chồng lấp ở vùng phủ sóng của các phần tử ăngten liền kề và do đó tạo số lượng lớn đường dẫn nhận/truyền hữu ích đối với các vị trí chùm tia đã cho trong vùng phủ sóng bộ chuyển tiếp.

Trong một trường hợp, vùng phủ sóng bộ chuyển tiếp được thiết lập, trong đó 25% của các điểm nằm trong vùng phủ sóng bộ chuyển tiếp nằm trong các vùng phủ sóng phần tử ăngten của ít nhất sáu hình mẫu ăngten chùm tia thành phần khi bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối được triển khai (ví dụ, bộ chuyển tiếp vệ tinh đầu cuối-đến-đầu cuối trong quỹ đạo dịch vụ). Theo cách khác, 25% của các điểm nằm trong vùng phủ sóng bộ chuyển tiếp nằm trong các vùng phủ sóng phần tử ăngten của ít nhất bốn phần tử ăngten nhận. Fig.25 là hình vẽ minh họa của vùng phủ sóng bộ

chuyển tiếp ví dụ (đối với bộ chuyển tiếp vệ tinh đầu cuối-đến-đầu cuối, còn được gọi là vùng phủ sóng vệ tinh) 3201 (được thể hiện bởi một đường gạch chéo) và vùng 3203 (được thể hiện bởi hai đường gạch chéo) được xác định bởi các điểm nằm trong vùng phủ sóng bộ chuyển tiếp 3201 cũng được bao gồm trong sáu vùng phủ sóng phần tử ăngten 3205, 3207, 3209, 3211, 3213, 3215. Vùng phủ sóng 3201 và các vùng phủ sóng phần tử ăngten 3205, 3207, 3209, 3211, 3213, 3215 có thể hoặc là các vùng phủ sóng phần tử ăngten nhận hoặc là các vùng phủ sóng phần tử ăngten truyền và có thể được kết hợp chỉ với liên kết truyền đi hoặc liên kết truyền về. Kích thước của các vùng phủ sóng phần tử ăngten 3205, 3207, 3209, 3211, 3213, 3215 được xác định bởi hiệu suất cần thiết được tạo ra bởi hệ thống. Hệ thống chấp nhận các sai số nhiều hơn có thể có các vùng phủ sóng phần tử ăngten lớn hơn so với hệ thống chấp nhận các sai số ít hơn. Trong một số trường hợp, mỗi vùng phủ sóng phần tử ăngten 3205, 3207, 3209, 3211, 3213, 3215 là tất cả các điểm mà tại đó độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần nằm trong phạm vi 10 dB so với độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần đỉnh đối với phần tử ăngten thiết lập hình mẫu ăngten chùm tia thành phần. Trong các trường hợp khác, mỗi vùng phủ sóng phần tử ăngten 3205, 3207, 3209, 3211, 3213, 3215 là tất cả các điểm mà tại đó độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần nằm trong phạm vi 6 dB so với độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần đỉnh. Trong các trường hợp khác nữa, mỗi vùng phủ sóng phần tử ăngten 3205, 3207, 3209, 3211, 3213, 3215 là tất cả các điểm mà tại đó độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần nằm trong phạm vi 3 dB so với độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần đỉnh. Ngay cả khi bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối còn chưa được triển khai (ví dụ, bộ chuyển tiếp vệ tinh đầu cuối-đến-đầu cuối không ở trong quỹ đạo dịch vụ, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối vẫn có các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần liên quan với định nghĩa nêu trên. Nghĩa là, các vùng phủ sóng phần tử ăngten tương ứng với bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối trong quỹ đạo có thể được tính toán từ hình mẫu ăngten chùm tia thành phần ngay cả khi bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối không ở trong quỹ đạo dịch vụ. Bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối có thể bao gồm các phần tử ăngten bổ sung không góp phần vào sự định dạng búp sóng và do đó có thể không có các đặc điểm được nêu trên.

Fig.26 là hình vẽ minh họa hình mẫu ăngten bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối (ví dụ, vệ tinh) 3300 trong đó tất cả các điểm nằm trong vùng phủ sóng bộ chuyển

tiếp 3301 (ví dụ vùng phủ sóng vệ tinh) cũng được bao gồm trong ít nhất bốn vùng phủ sóng phân tử ăngten 3303, 3305, 3307, 3309. Các phân tử ăngten khác có thể tồn tại trên bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối và có thể có các vùng phủ sóng phân tử ăngten 3311 chứa ít điểm hơn so với tất cả các điểm nằm trong vùng phủ sóng bộ chuyển tiếp 3301.

Hệ thống có thể hoạt động ở quang phổ thích hợp bất kỳ. Chẳng hạn, hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối có thể hoạt động trong C, L, S, X, V, Ka, Ku hoặc dải hoặc các dải thích hợp khác. Trong một số hệ thống này, phương tiện nhận hoạt động ở C, L, S, X, V, Ka, Ku hoặc dải hoặc các dải thích hợp khác. Trong một số trường hợp, đường lên truyền đi và đường lên truyền về có thể hoạt động ở cùng dải tần số (ví dụ, ở vùng lân cận của 30 GHz); và đường xuống truyền về và đường xuống truyền đi có thể hoạt động ở dải tần số không chồng lên (ví dụ, ở vùng lân cận của 20 GHz). Hệ thống đầu cuối-đến-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 truyền đi và các liên kết truyền về sử dụng cùng các bộ phát đáp.

Để hỗ trợ việc căn chỉnh định thời hệ thống, các độ dài đường dẫn trong số L bộ phát đáp được thiết lập để khớp với các độ trễ thời gian đường dẫn tín hiệu trong một số trường hợp, chẳng hạn qua sự lựa chọn chiều dài dây cáp thích hợp. Bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối (ví dụ, vệ tinh) trong một số trường hợp có bộ phát pha vô tuyến bộ chuyển tiếp 426 (ví dụ, pha vô tuyến vệ tinh) trong môđun hỗ trợ hiệu chỉnh 424 (xem Fig.15). Bộ phát pha vô tuyến 426 tạo tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp. Bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối phát rộng tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp để tiếp tục hỗ trợ căn chỉnh định thời hệ thống cũng như hỗ trợ hiệu chỉnh liên kết dây tiếp sóng. Trong một số trường hợp, tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp là chuỗi ngẫu nhiên giả (được biết như là PN), như là tín hiệu quang phổ lan truyền chuỗi trực tiếp PN chạy ở tốc độ chip cao (ví dụ, 100, 200, 400 hoặc 800 triệu chip trên một giây (Mcps) hoặc giá trị thích hợp khác bất kỳ). Trong một số trường hợp, pha vô tuyến bộ chuyển tiếp phân cực dạng tuyến tính (ví dụ, vệ tinh), có thể nhận được bởi cả các ăngten RHCP và LHCP, được phát rộng trên vùng phủ sóng rộng bởi ăngten, như là râu ăngten (không được thể hiện trên hình vẽ) hoặc được ghép nối thành một hoặc nhiều bộ phát đáp trong số các bộ phát đáp 410 để truyền qua phân tử ăngten truyền

được kết hợp 409. Trong hệ thống ví dụ, các chùm tia được tạo ra trong nhiều kênh băng thông 500 MHz trên dải Ka và mã PN 400 Mcps được lọc hoặc được tạo xung để thích hợp trong kênh băng thông 500 MHz. Khi một số kênh được sử dụng, cùng mã PN có thể được truyền trong mỗi trong số các kênh. Hệ thống có thể sử dụng một pha vô tuyến cho mỗi kênh hoặc một pha vô tuyến cho hai hoặc nhiều hơn hai kênh.

Vì có thể có số lượng lớn đường dẫn tín hiệu nhận/truyền trong bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối, sự dư thừa của các đường dẫn tín hiệu nhận/truyền độc lập có thể không cần thiết. Khi có sự cố của đường dẫn tín hiệu nhận/truyền, hệ thống có thể vẫn thực hiện hiệu suất rất gần bằng mức hiệu suất trước đó của nó, mặc dù sự cải biến của các hệ số định dạng búp sóng có thể được sử dụng để tính toán sự tổn hao.

Các mạng mặt đất

Mạng mặt đất của hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối ví dụ chứa các trạm mặt đất nút truy cập (AN) được phân bố theo địa lý được biểu thị ở bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối chung. Nhìn vào liên kết truyền đi trước tiên, hệ thống xử lý trung tâm (CPS) tính toán các trọng số chùm tia để truyền dữ liệu người dùng và các giao diện đến các AN thông qua mạng phân bố. CPS cũng giao tiếp với các nguồn dữ liệu được cấp cho các thiết bị đầu cuối người dùng. Mạng phân bố có thể được thực hiện theo các cách khác nhau, chẳng hạn sử dụng cơ sở hạ tầng cáp quang sợi. Sự định thời giữa CPS và các SAN có thể xác định (ví dụ, sử dụng các kênh chuyển mạch) hoặc xác định (ví dụ, sử dụng mạng chuyển mạch gói). Trong một số trường hợp, CPS được thực hiện ở vị trí duy nhất, chẳng hạn sử dụng các mạch tích hợp chuyên dụng (application specific integrated circuit, ASIC) tùy chỉnh để thực hiện việc xử lý tín hiệu. Trong một số trường hợp, CPS được thực hiện theo cách phân bố, chẳng hạn sử dụng các kỹ thuật điện toán đám mây.

Tham chiếu đến một ví dụ trên Fig.5, CPS 505 có thể bao gồm các modem liên kết dây tiếp sóng 507. Đối với liên kết truyền đi, các modem liên kết dây tiếp sóng 507, mỗi modem này nhận các dòng dữ liệu người dùng truyền đi 509 từ các nguồn dữ liệu khác nhau, như là mạng Internet, đầu chia video (không được thể hiện trên hình vẽ), v.v.. Các dòng dữ liệu người dùng truyền đi nhận được 509 được điều biến bởi các modem 507 thành K tín hiệu chùm tia truyền đi 511. Trong một số trường hợp, K có thể nằm trong khoảng 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 chùm tia truyền đi mang các dòng dữ liệu người dùng truyền đi cần được truyền trên một trong số K chùm tia người dùng truyền đi. Theo đó, nếu $K = 400$, thì có 400 tín hiệu chùm tia truyền đi 511, mỗi tín hiệu này cần được truyền trên một trong số 400 chùm tia người dùng truyền đi đến vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền đi 519. K tín hiệu chùm tia truyền đi 511 được ghép nối với bộ định dạng búp sóng truyền đi.

Nếu M AN 515 có mặt trong phần mặt đất 502, thì đầu ra của bộ định dạng búp sóng truyền đi là M tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể 516, mỗi tín hiệu này bao gồm các tín hiệu chùm tia truyền đi được xác định trọng số tương ứng với một số hoặc tất cả K tín hiệu chùm tia truyền đi 511. Bộ định dạng búp sóng truyền đi có thể tạo M tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể 516 dựa trên tích số ma trận của ma trận trọng số chùm tia truyền đi $K \times M$ với K tín hiệu dữ liệu truyền đi. Mạng phân bố 518 phân bố mỗi trong số M tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể đến một trong số M AN 515 tương ứng. Mỗi AN 515 truyền tín hiệu đường lên truyền đi 521 bao gồm tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể tương ứng 516. Mỗi AN 515 truyền tín hiệu đường lên truyền đi tương ứng của nó 521 đối với bộ chuyển tiếp đến một hoặc nhiều (ví dụ, lên đến và bao gồm tất cả) vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền đi qua một hoặc nhiều (ví dụ, lên đến và bao gồm tất cả) đường dẫn tín hiệu nhận/truyền truyền đi của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối. Các bộ phát đáp 410, 411 trong bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 nhận tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp bao gồm sự chồng chập 550 của các tín hiệu đường lên truyền đi 521 được truyền bởi các (ví dụ, lên đến và bao gồm tất cả) AN 515. Mỗi bộ phát đáp (ví dụ, mỗi đường dẫn tín hiệu nhận/truyền qua bộ chuyển tiếp) chuyển tiếp tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp dưới dạng tín hiệu đường xuống truyền đi tương ứng đến các thiết bị đầu cuối người dùng 517 trên đường xuống truyền đi.

Fig.27 là hình vẽ minh họa ví dụ sự phân bố của các AN 515. Mỗi trong số các vòng tròn được đánh số nhỏ hơn thể hiện vị trí của AN 515. Mỗi trong số các vòng tròn lớn hơn biểu thị vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519. Trong một số trường hợp, các AN 515 được đặt cách gần như đồng đều trên vùng phủ sóng của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503. Trong các trường hợp khác, các AN 515 có thể được đặt cách không đồng đều trên toàn bộ vùng phủ sóng. Trong 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 bộ chuyển tiếp. Thông thường, hiệu suất hệ thống tốt nhất khi các AN 515 được phân bố một cách đồng đều trên toàn bộ vùng phủ sóng. Tuy nhiên, các sự xem xét có thể tạo ra các sự thỏa hiệp trong việc bố trí AN. Chẳng hạn, AN 515 có thể được bố trí dựa vào độ giao thoa, mưa hoặc các điều kiện môi trường khác, chi phí bất động sản thực tế, truy cập vào mạng phân bố, v.v.. Chẳng hạn, đối với hệ thống bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối dựa vào vệ tinh nhạy cảm với mưa, nhiều AN hơn trong số các AN 515 có thể được đặt ở các vùng mà có ít khả năng trải nghiệm sự giảm cảm nhận mưa (ví dụ, các bang miền Tây hợp chủng quốc). Là một ví dụ khác, các AN 515 có thể được đặt một cách dày đặc hơn trong các vùng có lượng mưa lớn (ví dụ, các bang miền Nam hợp chủng quốc) để tạo ra một số độ khuếch đại đa dạng chống lại các hiệu ứng làm giảm mưa. Các AN 515 có thể được định vị dọc theo các tuyến đường sợi để giảm các chi phí phân bố liên quan đến các AN 515.

Số lượng AN 515, M , là thông số lựa chọn được có thể được lựa chọn dựa vào một vài tiêu chuẩn. Ít AN hơn có thể dẫn đến phần mặt đất đơn giản hơn, chi phí thấp hơn và các chi phí vận hành thấp hơn đối với mạng phân bố. Nhiều AN hơn có thể dẫn đến dung lượng hệ thống lớn hơn. Fig.28 thể hiện sự mô phỏng của dung lượng liên kết truyền đi và truyền về được chuẩn hóa dưới dạng hàm số của số lượng AN được triển khai trong hệ thống ví dụ. Dung lượng được chuẩn hóa là dung lượng với M AN được phân chia bởi dung lượng thu được với số lượng AN lớn nhất theo sự mô phỏng. Dung lượng tăng khi số lượng AN tăng lên, nhưng nó không tăng lên mà không có giới hạn. Cả các dung lượng liên kết truyền đi và liên kết truyền 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 ăngten truyền và nhận và với các AN được phân bố một cách đồng đều trên vùng phủ sóng, mà đặc tính tiệm cận này của dung lượng có thể được nhìn thấy với các giá trị khác đối với L và các sự phân bố không gian AN khác. Các đường cong giống với các đường cong được thể hiện trên Fig.28 có thể hữu ích trong việc lựa chọn số lượng AN, M , cần được triển khai và trong việc hiểu cách mà dung lượng hệ thống có thể được tạo pha khi các AN được triển khai gia tăng, như được mô tả ở trên.

Fig.29 là sơ đồ khối của ví dụ phần mặt đất 502 cho hệ thống định dạng búp

sóng đầu cuối-đến-đầu cuối. Fig.29 có thể minh họa, chẳng hạn, phần mặt đất 502 của Fig.5. Phần mặt đất 502 bao gồm CPS 505, mạng phân bố 518 và các AN 515. CPS 505 bao gồm giao diện tín hiệu chùm tia 524, bộ định dạng búp sóng truyền đi/truyền về 513, giao diện phân bố 536 và bộ tạo trọng số chùm tia 910.

Đối với liên kết truyền đi, giao diện tín hiệu chùm tia 524 thu các tín hiệu chùm tia truyền đi (Forward Beam Signal, FBS) 511 được kết hợp với mỗi trong số các chùm tia người dùng truyền đi. Giao diện tín hiệu chùm tia 524 có thể bao gồm bộ ghép kênh dữ liệu chùm tia truyền đi 526 và bộ điều biến dòng dữ liệu chùm tia truyền đi 528. Bộ ghép kênh dữ liệu chùm tia truyền đi 526 có thể nhận các dòng dữ liệu người dùng truyền đi 509 bao gồm dữ liệu truyền đi để truyền đến các thiết bị đầu cuối người dùng 517. Các dòng dữ liệu người dùng truyền đi 509 có thể bao gồm, chẳng hạn, 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 định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối 500 trên Fig.5. Bộ ghép kênh dữ liệu chùm tia truyền đi 526 nhóm (ví dụ, ghép kênh) các dòng dữ liệu người dùng truyền đi 509 theo các vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền đi tương ứng của chúng để thu các dòng dữ liệu chùm tia truyền đi 532. Bộ ghép kênh dữ liệu chùm tia truyền đi 526 có thể sử dụng, chẳng hạn, sự ghép kênh miền thời gian, sự ghép kênh miền tần số hoặc tổ hợp của các kỹ thuật ghép kênh để tạo các dòng dữ liệu chùm tia truyền đi 532. Bộ điều biến dòng dữ liệu chùm tia truyền đi 528 có thể điều biến các dòng dữ liệu chùm tia truyền đi 532 theo một hoặc nhiều sơ đồ điều biến (ví dụ, ánh xạ các bit dữ liệu đến các ký hiệu điều biến) để tạo ra các tín hiệu chùm tia truyền đi 511, mà đi vào bộ định dạng búp sóng truyền đi/truyền về 513. Trong một số trường hợp, bộ điều biến 528 có thể ghép kênh tần số lượng tín hiệu được điều biến để tạo tín hiệu chùm tia đa sóng mang 511. Giao diện tín hiệu chùm tia 524 có thể, chẳng hạn, thực hiện chức năng của các modem liên kết dây tiếp sóng 507 được mô tả với tham chiếu đến Fig.5.

Bộ định dạng búp sóng truyền đi/truyền về 513 có thể bao gồm bộ định dạng búp sóng truyền đi 529 và bộ định dạng búp sóng truyền về 531. Bộ tạo trọng số chùm tia 910 tạo ma trận trọng số chùm tia truyền đi $M \times K$ 918. Các kỹ thuật tạo ma trận trọng số chùm tia truyền đi $M \times K$ 918 sẽ được mô tả một cách chi tiết hơn dưới đây. Bộ định dạng búp sóng truyền đi 529 có thể bao gồm bộ nhân ma trận mà tính toán M

tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể 516. Chẳng hạn, việc tính toán này có thể dựa vào tích số ma trận của ma trận trọng số chùm tia truyền đi $M \times K$ 918 và vector của K tín hiệu chùm tia truyền đi 511. Theo một số ví dụ, mỗi trong số K tín hiệu chùm tia truyền đi 511 có thể được kết hợp với một dải con của F dải con tần số truyền đi. Trong trường hợp này, bộ định dạng búp sóng truyền đi 529 có thể tạo các mẫu đối với M tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể 516 đối với mỗi trong số F dải con tần số truyền đi (ví dụ, thực hiện một cách hiệu quả phép toán tích số ma trận đối với mỗi trong số F dải con của các nhóm con tương ứng của K tín hiệu chùm tia truyền đi 511. Giao diện phân bố 536 phân bố (ví dụ, qua mạng phân bố 518) M tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể 516 đến các AN tương ứng 515.

Đối với sự liên kết truyền về, giao diện phân bố 536 thu các tín hiệu truyền về đa hợp 907 từ các AN 515 (ví dụ, qua mạng phân bố 518). Mỗi tín hiệu dữ liệu truyền 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 truyền về đa hợp 907. Bộ tạo trọng số chùm tia 910 tạo ma trận trọng số chùm tia truyền về $K \times M$ 937. Các kỹ thuật tạo ma trận trọng số chùm tia truyền về $K \times M$ 937 sẽ được mô tả một cách chi tiết hơn dưới đây. Bộ định dạng búp sóng truyền về 531 tính toán K tín hiệu chùm tia truyền về 915 đối với K vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền về. Chẳng hạn, việc tính toán này có thể dựa vào tích số ma trận của ma trận trọng số chùm tia truyền về 937 và vector của các tín hiệu truyền về đa hợp tương ứng 907. Giao diện tín hiệu chùm tia 524 có thể bao gồm bộ giải điều biến tín hiệu chùm tia truyền về 552 và bộ tách kênh dữ liệu chùm tia truyền về 554. Bộ giải điều biến tín hiệu chùm tia truyền về 552 có thể giải điều biến mỗi trong số các tín hiệu chùm tia truyền về để thu K dòng dữ liệu chùm tia truyền về 534 được kết hợp với K vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền về. Bộ tách kênh dữ liệu chùm tia truyền về 554 có thể tách kênh mỗi trong số K dòng dữ liệu chùm tia truyền về 534 thành các dòng dữ liệu người dùng truyền về tương ứng 535 được kết hợp với các tín hiệu dữ liệu truyền về được truyền từ các thiết bị đầu cuối người dùng 517. Theo một số ví dụ, mỗi trong số các chùm tia người dùng truyền về có thể được kết hợp với một trong số R dải con tần số truyền về. Trong trường hợp này, bộ định dạng búp sóng truyền về 531 có thể tạo các nhóm con tương ứng của các tín hiệu chùm tia truyền về 915 được kết hợp với mỗi trong số R dải con tần số truyền về (ví dụ, thực hiện một cách hiệu quả phép toán tích số ma trận đối với mỗi trong số R dải con tần số

truyền về để tạo các nhóm con tương ứng của các tín hiệu chùm tia truyền về 915).

Fig.30 là sơ đồ khối của bộ định dạng búp sóng truyền đi/truyền về ví dụ 513. Bộ định dạng búp sóng truyền đi/truyền về 513 bao gồm bộ định dạng búp sóng truyền đi 529, môđun định thời truyền đi 945, bộ định dạng búp sóng truyền về 531 và môđun định thời 947. Môđun định thời truyền đi 945 kết hợp mỗi trong số M tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể 516 với nhãn thời gian (ví dụ, ghép kênh nhãn thời gian với tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể truy cập được ghép kênh) mà biểu thị thời điểm mà tín hiệu mong muốn đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối. Theo cách này, dữ liệu của K tín hiệu chùm tia truyền đi 511 được phân chia trong môđun phân chia 904 trong bộ định dạng búp sóng truyền đi 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 được dựa vào các nhãn thời gian. Các mẫu của M tín hiệu truyền về đa hợp (composite return signal, CRS) AN 907 được kết hợp với các nhãn thời gian biểu thị thời điểm mà các mẫu cụ thể đã được truyền từ bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối. Các sự xem xét định thời và việc tạo các nhãn thời gian sẽ được mô tả một cách chi tiết hơn dưới đây.

Bộ định dạng búp sóng truyền đi 529 có đầu vào dữ liệu 925, đầu vào các trọng số chùm tia 920 và đầu ra nút truy cập 923. Bộ định dạng búp sóng truyền đi 529 áp dụng các giá trị của ma trận trọng số chùm tia $M \times K$ vào mỗi trong số K tín hiệu dữ liệu truyền đi 511 để tạo M tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể 521, mỗi tín hiệu này có K tín hiệu chùm tia truyền đi được xác định trọng số. Bộ định dạng búp sóng truyền đi 529 có thể bao gồm môđun phân chia 904 và M môđun xác định trọng số và cộng truyền đi 533. Môđun phân chia 904 phân chia (ví dụ, sao lại) mỗi trong số K tín hiệu chùm tia truyền đi 511 thành M nhóm 906 của K tín hiệu chùm tia truyền đi, một nhóm 906 đối với mỗi trong số M môđun xác định trọng số và cộng truyền đi 533. Do đó, mỗi môđun xác định trọng số và cộng truyền đi 533 tiếp nhận tất cả K tín hiệu dữ liệu truyền đi 511.

Bộ tạo trọng số chùm tia truyền đi 917 tạo ma trận trọng số chùm tia truyền đi $M \times K$ 918. Trong một số trường hợp, ma trận trọng số chùm tia truyền đi 918 được tạo ra dựa vào ma trận kênh trong đó các phần tử được đánh giá đối với các độ khuếch đại truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối đối với mỗi trong số $K \times M$ kênh đa đường dẫn

truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối để tạo ma trận kênh truyền đi, như sẽ được nêu một cách chi tiết hơn dưới đây. Các đánh giá đối với độ khuếch đại truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối được thực hiện trong môđun đánh giá kênh 919. Trong một số trường hợp, bộ đánh giá kênh có kho dữ liệu kênh 921 lưu trữ dữ liệu liên quan đến các thông số khác nhau của các kênh đa đường dẫn đầu cuối-đến-đầu cuối, như sẽ được mô tả một cách chi tiết hơn dưới đây. Bộ đánh giá kênh 919 kết xuất tín hiệu khuếch đại đầu cuối-đến-đầu cuối được đánh giá để cho phép bộ tạo trọng số chùm tia truyền đi 917 tạo ma trận trọng số chùm tia truyền đi 918. Mỗi trong số các môđun xác định trọng số và cộng 533 được ghép nối để nhận các vector tương ứng của các trọng số định dạng búp sóng của ma trận trọng số chùm tia truyền đi 918 (chỉ một sự kết nối này được thể hiện trên Fig.30 nhằm đơn giản). Môđun xác định trọng số và cộng thứ nhất 533 áp dụng trọng số bằng giá trị của 1,1 phần tử của ma trận trọng số chùm tia truyền đi $M \times K$ 918 vào tín hiệu thứ nhất của K tín hiệu chùm tia truyền đi 511 (sẽ được mô tả một cách chi tiết hơn dưới đây). Trọng số bằng giá trị của 1,2 phần tử của ma trận trọng số chùm tia truyền đi $M \times K$ 918 được áp dụng vào tín hiệu thứ hai của K tín hiệu chùm tia truyền đi 511. Các trọng số khác của ma trận được áp dụng theo kiểu tương tự, vào thông qua tín hiệu chùm tia truyền đi thứ K 511, được xác định trọng số với giá trị bằng 1, K phần tử của ma trận trọng số chùm tia truyền đi $M \times K$ 918. Mỗi trong số K tín hiệu chùm tia truyền đi được xác định trọng số 903 sau đó được cộng lại và được kết xuất từ môđun xác định trọng số và cộng thứ nhất 533 dưới dạng tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể 516. Tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể 516 kết xuất bởi môđun xác định 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 truyền đi cho nút truy cập cụ thể 516 đến AN thứ nhất 515 qua mạng phân bố 518 (xem Fig.5). Tương tự, mỗi trong số các môđun xác định trọng số và cộng khác 533 nhận K tín hiệu chùm tia truyền đi 511 và xác định trọng số và tính tổng các tín hiệu chùm tia truyền đi K 511. Các đầu ra từ mỗi trong số M môđun xác định 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 xác định trọng số và cộng thứ m được ghép nối với AN 515 thứ m . Trong một số trường hợp, sự trễ méo rung và không đồng đều thông qua mạng phân bố, cũng như các sự xem xét định thời khác, được xử lý bởi môđun định thời 945 bằng cách kết hợp nhần thời gian với dữ liệu. Chi tiết của kỹ thuật định thời ví dụ được tạo ra dưới đây với tham chiếu đến Fig.36 và Fig.37.

Khi kết quả của các trọng số chùm tia được áp dụng vào bởi các bộ định dạng búp sóng truyền đi 529 ở phần mặt đất 502, thì các tín hiệu được truyền từ các AN 515 thông qua bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 tạo ra các chùm tia người dùng. Kích thước và vị trí của các chùm tia mà có thể được tạo ra có thể là hàm số của số lượng AN 515 được triển khai, số lượng và các hình mẫu ăngten của các phần tử ăngten bộ chuyển tiếp mà tín hiệu đi qua, vị trí của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 và/hoặc không gian địa lý của các AN 515.

Tham chiếu đến liên kết truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối 523 được thể hiện trên Fig.5, thiết bị đầu cuối người dùng 517 nằm trong một trong số các vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 truyền các tín hiệu lên đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503. Các tín hiệu này sau đó được chuyển tiếp xuống đến phần mặt đất 502. Các tín hiệu này được nhận bởi các AN 515.

Lại tham chiếu đến Fig.30, M tín hiệu đường xuống truyền về 527 được nhận bởi M AN 515 và được ghép nối, dưới dạng các tín hiệu truyền về đa hợp 907, từ M AN 515 thông qua mạng phân bố 518 và được nhận ở đầu vào nút truy cập 931 của bộ định dạng búp sóng truyền về 531. Môđun định thời 947 căn chỉnh các tín hiệu truyền về đa hợp từ M AN 515 với nhau và tạo các tín hiệu căn chỉnh định thời vào bộ định dạng búp sóng truyền về 531. Bộ tạo trọng số chùm tia truyền về 935 tạo các trọng số chùm tia truyền về dưới dạng ma trận trọng số chùm tia truyền về $K \times M$ 937 dựa vào thông tin được lưu trữ trong kho dữ liệu kênh 941 trong bộ đánh giá kênh 943. Bộ định dạng búp sóng truyền về 531 có đầu vào các trọng số chùm tia 939 mà qua đó bộ định dạng búp sóng truyền về 531 nhận ma trận trọng số chùm tia truyền về 937. Mỗi trong số M tín hiệu truyền về đa hợp AN 907 được ghép nối với một môđun liên kết của M môđun phân chia và xác định trọng số 539 trong bộ định dạng búp sóng truyền về 531. Mỗi môđun phân chia và xác định trọng số 539 phân chia tín hiệu căn chỉnh định thời thành K bản sao 909. Các môđun phân chia và xác định trọng số 539 xác định trọng số mỗi trong số K bản sao 909 nhờ sử dụng phần tử k, m của ma trận trọng số chùm tia truyền về $K \times M$ 937. Các chi tiết khác liên quan đến ma trận trọng số chùm tia truyền về $K \times M$ được đưa ra dưới đây. Mỗi nhóm của K tín hiệu truyền về đa hợp được xác định 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 truyền về đa hợp được xác định trọng số thứ

k 911 kết xuất từ mỗi môđun phân chia và xác định trọng số 539. Bộ định dạng búp sóng truyền về 531 có đầu ra tín hiệu dữ liệu truyền về 933 mà kết xuất K tín hiệu chùm tia truyền về 915, mỗi tín hiệu này có các mẫu được kết hợp với một trong số K chùm tia người dùng truyền về 519 (ví dụ, các mẫu được nhận thông qua mỗi trong số M AN). Mỗi trong số K tín hiệu chùm tia truyền về 915 có thể có các mẫu từ một hoặc nhiều thiết bị đầu cuối người dùng 517. K tín hiệu chùm tia truyền về được kết hợp và được căn chỉnh, được định dạng búp sóng 915 được ghép nối với các modem liên kết dây tiếp sóng 507 (xem Fig.5). Lưu ý rằng, sự điều chỉnh định thời truyền về có thể được thực hiện sau khi tách ra và xác định trọng số. Tương tự, đối với liên kết truyền đi, sự điều chỉnh định thời truyền đi có thể được thực hiện trước sự định dạng búp sóng.

Như được mô tả ở trên, bộ định dạng búp sóng truyền đi 529 có thể thực hiện các phép toán tích số ma trận đối với các mẫu đầu vào của K tín hiệu chùm tia truyền đi 511 để tính toán M tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể 516 theo thời gian thực. Khi băng thông chùm tia tăng lên (ví dụ, để hỗ trợ khoảng thời gian ký hiệu ngắn hơn) và/hoặc K và M trở nên lớn, phép toán tích số ma trận trở nên phức tạp về tính toán và có thể vượt quá các khả năng của một nút tính toán (ví dụ, một máy chủ tính toán, v.v.). Các phép toán của bộ định dạng búp sóng truyền về 531 tương tự như vậy cũng trở nên phức tạp về tính toán. Các cách khác nhau có thể được sử dụng để phân chia các tài nguyên tính toán của các nút tính toán trong bộ định dạng búp sóng truyền đi/truyền về 513. Theo một ví dụ, bộ định dạng búp sóng truyền đi 529 trên Fig.30 có thể được phân chia thành các môđun xác định trọng số và cộng riêng 533 đối với mỗi trong số M AN, mà có thể được phân bố vào các nút tính toán khác nhau. Thông thường, các sự xem xét đối với các phương án thực hiện bao gồm chi phí, tiêu thụ công suất, khả năng mở rộng phạm vi so với K, M và băng thông, tính khả dụng của hệ thống (ví dụ, do sự trục trặc của nút, v.v.), khả năng nâng cấp và thời gian trễ của hệ thống. Ví dụ ở trên là trên mỗi dây (hoặc mỗi cột). Ngược lại là có thể. Các cách nhóm các phép toán ma trận khác có thể được xem xét (ví dụ, phân chia thành bốn với [từ 1,1 đến K/2,M/2], [...], được tính toán riêng và được cộng lại).

Trong một số trường hợp, bộ định dạng búp sóng truyền đi/truyền về 513 có thể bao gồm kiến trúc ghép kênh miền thời gian để xử lý các phép toán xác định trọng số

chùm tia bởi các bộ định dạng búp sóng lát thời gian. Fig.31 là sơ đồ khối của bộ định dạng búp sóng truyền đi ví dụ 529 bao gồm các bộ định dạng búp sóng lát thời gian với sự tách kênh và sự ghép kênh miền thời gian. Bộ định dạng búp sóng truyền đi 529 bao gồm bộ tách kênh tín hiệu chùm tia truyền đi 3002, N bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi 3006 và bộ ghép kênh tín hiệu nút truy cập truyền đi 3010.

Bộ tách kênh tín hiệu chùm tia truyền đi 3002 nhận các tín hiệu chùm tia truyền đi 511 và tách kênh K tín hiệu chùm tia truyền đi 511 thành các đầu vào lát cắt thời gian truyền đi 3004 để nhập vào N bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi 3006. Chẳng hạn, bộ tách kênh tín hiệu chùm tia truyền đi 3002 gửi nhóm con miền thời gian thứ nhất của các mẫu đối với K tín hiệu chùm tia truyền đi 511 đến bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi thứ nhất 3006, mà tạo ra các mẫu được kết hợp với M tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể tương ứng với nhóm con miền thời gian thứ nhất của các mẫu. Bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi 3006 kết xuất các mẫu được kết hợp với M tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể đối với nhóm con miền thời gian thứ nhất của các mẫu qua đầu ra lát thời gian truyền đi của nó 3008 đến bộ ghép kênh tín hiệu nút truy cập truyền đi 3010. Bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi 3006 có thể kết xuất các mẫu được kết hợp với mỗi trong số M tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể với thông tin định thời đồng bộ (ví dụ, chỉ số lát thời gian tương ứng, v.v.) được sử dụng bởi các nút truy cập để khiến (ví dụ, bằng cách hiệu chỉnh trước) các tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể tương ứng cần được đồng bộ hóa khi được nhận bởi bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối. Bộ ghép kênh tín hiệu nút truy cập truyền đi 3010 ghép kênh các nhóm con miền thời gian của các mẫu đối với M tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể được nhận qua N đầu ra lát thời gian truyền đi 3008 để tạo ra M tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể 516. Mỗi trong số các bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi 3006 có thể bao gồm bộ đệm dữ liệu, bộ đệm ma trận chùm tia và bộ xử lý trọng số chùm tia thực hiện phép toán tích số ma trận. Nghĩa là, mỗi trong số các bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi 3006 có thể thực hiện các phép tính toán học tương đương với môđun phân chia 904 và các môđun xác định trọng số và cộng truyền đi 533 được thể hiện đối với bộ định dạng búp sóng truyền đi 529 trên Fig.30 trong quá trình xử lý các mẫu của chỉ số lát thời gian một lần. Việc cập nhật ma trận trọng số chùm tia có thể được thực hiện tăng dần. Chẳng hạn, các bộ đệm ma trận trọng số chùm tia đối với bộ định dạng búp

sóng lát thời gian có thể được cập nhật trong thời gian nghỉ theo vòng quay của các chỉ số lát thời gian t thông qua N bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi 3006. Theo cách khác, mỗi bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi có thể có hai bộ đệm có thể được sử dụng theo cấu hình bóng bàn (ví dụ, một bộ đệm có thể được cập nhật trong khi bộ đệm khác đang được sử dụng). Trong một số trường hợp, nhiều bộ đệm có thể được sử dụng để lưu trữ các trọng số chùm tia tương ứng với nhiều hình mẫu chùm tia người dùng (ví dụ, các vùng phủ sóng người dùng). Các bộ đệm trọng số chùm tia và các bộ đệm dữ liệu đối với các bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi 3006 có thể được thực hiện dưới dạng bộ nhớ hoặc thiết bị lưu trữ dạng bất kỳ bao gồm bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên (Random Access Memory, RAM) động hoặc tĩnh. Việc xử lý trọng số chùm tia có thể được thực hiện trong mạch tích hợp cho ứng dụng cụ thể (application specific integrated circuit, ASIC) và/hoặc mảng cổng lập trình được dạng trường (Field Programmable Gate Array, FPGA) 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, bộ đệm dữ liệu và bộ xử lý trọng số chùm tia có thể được tích hợp trong một thành phần.

Fig.32 thể hiện ví dụ phân mặt đất được đơn giản hóa thể hiện hoạt động của bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi 529. Trong ví dụ trên Fig.32, bộ định dạng búp sóng truyền đi 529 nhận bốn tín hiệu chùm tia truyền đi (ví dụ, $K=4$), tạo ra các tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể đối với năm AN (ví dụ, $M=5$) và có ba bộ định dạng búp sóng lát thời gian (ví dụ, $N=3$). Các tín hiệu chùm tia truyền đi được biểu thị bởi $FB_k:t$, trong đó k là chỉ số tín hiệu chùm tia truyền đi và t là chỉ số lát thời gian (ví dụ, tương ứng với nhóm con miền thời gian của các mẫu). Bộ tách kênh tín hiệu chùm tia truyền đi 3002 nhận bốn nhóm con miền thời gian của các mẫu của các tín hiệu chùm tia truyền đi được kết hợp với bốn chùm tia người dùng truyền đi và tách kênh mỗi tín hiệu chùm tia truyền đi sao cho một đầu vào lát thời gian truyền đi 3004 bao gồm, đối với chỉ số lát thời gian cụ thể t , các nhóm con miền thời gian của các mẫu từ mỗi trong số các tín hiệu chùm tia truyền đi 511. Chẳng hạn, các nhóm con miền thời gian có thể là một mẫu, một khối liên kề của các mẫu hoặc một khối không liên kề (ví dụ, được chèn vào) của các mẫu như được mô tả dưới đây. Bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi 3006 tạo ra (ví dụ, dựa vào các tín hiệu chùm tia truyền đi 511 và ma trận trọng số chùm tia truyền đi 918) mỗi trong số M tín hiệu truyền đi cho nút truy

cập cụ thể đối với chỉ số lát thời gian t , được biểu thị bởi $AF_m:t$. Chẳng hạn, các nhóm con miền thời gian của các mẫu $FB1:0$, $FB2:0$, $FB3:0$ và $FB4:0$ đối với chỉ số lát thời gian $t=0$ được nhập vào bộ định dạng chùm tia lát thời gian truyền đi thứ nhất TSBF[1] 3006, mà tạo ra các mẫu tương ứng của các tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể $AF1:0$, $AF2:0$, $AF3:0$, $AF4:0$ và $AF5:0$ ở đầu ra lát thời gian truyền đi 3008. Đối với các giá trị chỉ số lát thời gian tiếp theo $t=1, 2$, các nhóm con miền thời gian của các mẫu của các tín hiệu chùm tia truyền đi 511 được tách kênh bởi bộ tách kênh tín hiệu chùm tia truyền đi 3002 để nhập vào các bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi thứ hai và thứ ba 3006, mà tạo ra các tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể được kết hợp với các chỉ số lát thời gian tương ứng t ở các đầu ra lát thời gian truyền đi 3008. Fig.32 cũng thể hiện rằng ở giá trị chỉ số lát thời gian $t=3$, bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi thứ nhất tạo ra các tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể được kết hợp với chỉ số lát thời gian tương ứng 3. Phép toán tích số ma trận được thực hiện bởi mỗi bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi 3006 đối với một giá trị chỉ số lát thời gian t có thể diễn ra lâu hơn so với thời gian thực của nhóm con miền thời gian của các mẫu (ví dụ, số lượng mẫu S được nhân với tốc độ mẫu tS). Tuy nhiên, mỗi bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi 3006 chỉ có thể xử lý một nhóm con miền thời gian của các mẫu trên mỗi N chỉ số lát thời gian t . Bộ ghép kênh tín hiệu nút truy cập truyền đi 3010 nhận các đầu ra lát thời gian truyền đi 3030 từ mỗi trong số các bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi 3006 và ghép kênh các nhóm con miền thời gian của các mẫu để tạo ra M tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể 516 để phân bố đến các AN tương ứng.

Fig.33 là sơ đồ khối của bộ định dạng búp sóng truyền về ví dụ 531 bao gồm các bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền về với sự tách kênh và sự ghép kênh miền thời gian. Bộ định dạng búp sóng truyền về 531 bao gồm bộ tách kênh tín hiệu đa hợp truyền về 3012, N bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền về 3016 và bộ ghép kênh tín hiệu chùm tia truyền về 3020. Bộ tách kênh tín hiệu đa hợp truyền về 3012 nhận M tín hiệu truyền về đa hợp 907 (ví dụ, từ M AN) và tách kênh M tín hiệu truyền về đa hợp 907 thành các đầu vào lát thời gian truyền về 3014 để nhập vào N bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền về 3016. Mỗi trong số các bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền về 3016 kết xuất các mẫu được kết hợp với K tín hiệu chùm tia truyền về 915 đối với các nhóm con miền thời gian tương ứng của các mẫu qua các

đầu ra lát thời gian truyền về tương ứng 3018 đến bộ ghép kênh tín hiệu chùm tia truyền về 3020. Bộ ghép kênh tín hiệu chùm tia truyền về 3020 ghép kênh các nhóm con miền thời gian của các mẫu đối với K tín hiệu chùm tia truyền về được nhận qua các đầu ra lát thời gian truyền về 3018 để tạo ra K tín hiệu chùm tia truyền về 915. Mỗi trong số các bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền về 3016 có thể bao gồm bộ đệm dữ liệu, bộ đệm ma trận chùm tia và bộ xử lý trọng số chùm tia thực hiện phép toán tích số ma trận. Nghĩa là, mỗi trong số các bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền về 3016 có thể ứng dụng các phép tính toán học tương đương với các môđun phân chia và xác định trọng số 539 và môđun kết hợp 913 được thể hiện đối với bộ định dạng búp sóng truyền về 531 trên Fig.30 trong quá trình xử lý các mẫu của chỉ số lát thời gian. Như được mô tả ở trên với các bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi, việc cập nhật ma trận trọng số chùm tia có thể được thực hiện tăng dần nhờ sử dụng cấu hình bộ đệm trọng số chùm tia bóng bàn (ví dụ, một bộ đệm có thể được cập nhật trong khi bộ đệm khác đang được sử dụng). Trong một số trường hợp, nhiều bộ đệm có thể được sử dụng để lưu trữ các trọng số chùm tia tương ứng với các hình mẫu chùm tia người dùng (ví dụ, các vùng phủ sóng người dùng). Các bộ đệm trọng số chùm tia và các bộ đệm dữ liệu đối với các bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền về 3016 có thể được thực hiện dưới dạng bộ nhớ hoặc thiết bị lưu trữ dạng bất kỳ bao gồm bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên (RAM) động hoặc tĩnh. Việc xử lý trọng số chùm tia có thể được thực hiện trong mạch tích hợp cho ứng dụng cụ thể (ASIC) và/hoặc mảng cổng 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 chùm tia, bộ đệm dữ liệu và bộ xử lý trọng số chùm tia có thể được tích hợp trong một thành phần.

Fig.34 là hình vẽ ví dụ phần mặt đất được đơn giản hóa thể hiện hoạt động của bộ định dạng búp sóng truyền về 531 sử dụng sự ghép kênh miền thời gian. Trong ví dụ trên Fig.33, bộ định dạng búp sóng truyền về 531 nhận năm tín hiệu truyền về đa hợp (ví dụ, $M=5$), tạo ra các tín hiệu chùm tia truyền về đối với bốn chùm tia người dùng truyền về (ví dụ, $K=5$) và có ba bộ định dạng búp sóng lát thời gian (ví dụ, $N=3$). Các tín hiệu truyền về đa 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 nhóm con miền thời gian của các mẫu). Bộ tách kênh tín hiệu đa hợp truyền về 3012 nhận bốn nhóm con miền thời gian của các mẫu của các tín hiệu truyền về đa hợp từ năm AN và tách kênh mỗi tín hiệu truyền về

đa hợp sao cho một đầu vào lát thời gian truyền về 3014 bao gồm, đối với chỉ số lát thời gian cụ thể t , các nhóm con miền thời gian tương ứng của các mẫu từ mỗi tín hiệu trong số các tín hiệu truyền về đa hợp 907. Chẳng hạn, các nhóm con miền thời gian có thể là một mẫu, khối liền kề của các mẫu hoặc khối không liền kề (ví dụ, được chèn vào) của các mẫu như được mô tả dưới đây. Bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền về 3016 tạo ra (ví dụ, dựa vào các tín hiệu truyền về đa hợp 907 và ma trận trọng số chùm tia truyền về 937) mỗi trong số K tín hiệu chùm tia truyền về đối với chỉ số lát thời gian t , được biểu thị bởi $RB_k:t$. Chẳng hạn, các nhóm con miền thời gian của 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 định dạng chùm tia lát thời gian truyền về thứ nhất 3016, mà tạo ra các mẫu tương ứng của các tín hiệu chùm tia truyền về $RB1:0$, $RB2:0$, $RB3:0$ và $RB4:0$ ở đầu ra lát thời gian truyền về 3018. Đối với các giá trị chỉ số lát thời gian tiếp theo $t=1, 2$, các nhóm con miền thời gian của các mẫu của các tín hiệu truyền về đa hợp 907 được tách kênh bởi bộ tách kênh tín hiệu đa hợp truyền về 3012 để nhập vào bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền về thứ hai và thứ ba 3016, tương ứng, mà tạo ra các mẫu đối với các tín hiệu chùm tia truyền về được kết hợp với các chỉ số lát thời gian tương ứng t ở các đầu ra lát thời gian truyền về 3018. Fig.34 cũng thể hiện rằng ở giá trị chỉ số lát thời gian $t=3$, bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền về thứ nhất tạo ra các mẫu của các tín hiệu chùm tia truyền về được kết hợp với chỉ số lát thời gian tương ứng 3. Phép toán tích số ma trận được thực hiện bởi mỗi bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền về 3016 đối với một giá trị chỉ số lát thời gian t có thể diễn ra lâu hơn so với thời gian thực của nhóm con miền thời gian của các mẫu (ví dụ, số lượng mẫu S được nhân với tốc độ mẫu t_s). Tuy nhiên, mỗi bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền về 3016 có thể chỉ xử lý một nhóm con miền thời gian của các mẫu trên mỗi N chỉ số lát thời gian t . Bộ ghép kênh tín hiệu chùm tia truyền về 3020 nhận các đầu ra lát thời gian truyền về 3018 từ mỗi trong số các bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền về 3016 và ghép kênh các nhóm con miền thời gian của các mẫu để tạo ra K tín hiệu chùm tia truyền về 915.

Mặc dù các hình vẽ từ Fig.31 đến Fig.34 thể hiện cùng số lượng N bộ định dạng búp sóng lát thời gian 3006 dưới dạng các bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền về 3016, các phương án thực hiện có thể có số lượng bộ định dạng búp sóng lát thời gian 3006 nhiều hơn hoặc ít hơn so với các bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền

về 3016. Trong một số ví dụ, bộ định dạng búp sóng truyền đi 529 và/hoặc bộ định dạng búp sóng truyền về 531 có thể có dung lượng dự phòng để hoạt động đối với sự trục trặc nút. Chẳng hạn, nếu mỗi bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi 3006 chiếm t_{FTS} để xử lý một nhóm của các mẫu đối với chỉ số lát thời gian t có khoảng thời gian lát thời gian thời gian thực t_D , trong đó $t_{\text{FTS}} = N \cdot t_D$, bộ định dạng búp sóng truyền đi 529 có thể có $N+E$ bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi 3006. Theo một số ví dụ, mỗi trong số $N+E$ bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi 3006 được sử dụng hoạt động, với mỗi bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi 3006 có dung lượng dư hữu hiệu là E/N . Nếu một bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi 3006 bị hư hỏng, thì các hoạt động có thể được chuyển sang bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi khác 3006 (ví dụ, bằng cách điều chỉnh cách mà các mẫu (hoặc các nhóm của các mẫu) miền thời gian được định tuyến bằng cách tách kênh và ghép kênh miền thời gian.). Như vậy, bộ định dạng búp sóng truyền đi 529 có thể có dung sai lên đến E bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi 3006 trục trặc trước khi hiệu suất hệ thống bị ảnh hưởng. Ngoài ra, dung lượng dư cho phép bảo dưỡng và nâng cấp hệ thống của các bộ định dạng búp sóng lát thời gian trong khi hệ thống đang hoạt động. Chẳng hạn, việc nâng cấp các bộ định dạng búp sóng lát thời gian có thể được thực hiện tăng dần vì hệ thống có dung sai của hiệu suất chênh lệch giữa các bộ định dạng búp sóng lát thời gian. Các mẫu dữ liệu được kết hợp với chỉ số lát thời gian t có thể được chèn vào. Chẳng hạn, 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 $1, P+1, 2P+1 \dots (S-1) \cdot P+1$, v.v., trong đó S là số lượng mẫu trong mỗi nhóm của các mẫu và P là khoảng thời gian chèn. Việc chèn cũng có thể làm cho hệ thống mạnh hơn đối với các sự hư hỏng bộ định dạng búp sóng lát thời gian, vì mỗi khối bộ định dạng búp sóng lát thời gian của các mẫu được tách ra theo thời gian sao cho các sai số do khối bị thiếu sẽ được phân bố theo thời gian, tương tự với lợi ích từ việc chèn để hiệu chỉnh sai số truyền đi. Thực vậy, các sai số bị gây ra bởi hư hỏng bộ định dạng búp sóng lát thời gian có thể gây ra các hậu quả giống với nhiễu và không dẫn đến các sai số bất kỳ đối với dữ liệu người dùng, đặc biệt nếu mã hóa sai số truyền đi 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 mối quan hệ cụ thể bất kỳ với K hoặc M .

Như được mô tả ở trên, bộ định dạng búp sóng truyền đi 529 và bộ định dạng

búp sóng truyền về 531 được thể hiện tương ứng trên Fig.31 và Fig.33, có thể thực hiện việc tách kênh và ghép kênh miền thời gian đối với sự định dạng búp sóng lát thời gian đối với một kênh hoặc dải con tần số. Các dải con có thể được xử lý một cách độc lập nhờ sử dụng lớp chuyển ghép kênh/tách kênh dải con bổ sung. Fig.35 là sơ đồ khối của bộ định dạng búp sóng truyền đi/truyền về đa dải ví dụ 513 sử dụng sự tách kênh và sự ghép kênh dải con. Bộ định dạng búp sóng truyền đi/truyền về đa dải 513 có thể hỗ trợ F dải con truyền đi và R dải con truyền về.

Bộ định dạng búp sóng truyền đi/truyền về đa dải 513 bao gồm F bộ định dạng búp sóng dải con truyền đi 3026, R bộ định dạng búp sóng dải con truyền về 3036 và bộ ghép kênh/bộ tách kênh dải con 3030. Chẳng hạn, các tín hiệu chùm tia truyền đi 511 có thể được phân chia thành F dải con truyền đi. Mỗi trong số F dải con truyền đi có thể được kết hợp với nhóm con của K vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền đi. Nghĩa là, K vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền đi có thể bao gồm các nhóm con của các vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền đi được kết hợp với các dải con tần số khác nhau (tần số và/hoặc sự phân cực khác nhau, v.v.), trong đó các vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền đi trong mỗi trong số các nhóm con có thể không chồng chập (ví dụ, ở các đường bao tín hiệu 3 dB, v.v.). Như vậy, mỗi trong số các đầu vào định dạng búp sóng dải con truyền đi 3024 có thể bao gồm nhóm con K_1 của các tín hiệu chùm tia truyền đi 511. Mỗi trong số F bộ định dạng búp sóng truyền đi 3026 có thể bao gồm chức năng của bộ định dạng búp sóng truyền đi 529, tạo ra các đầu ra định dạng búp sóng dải con truyền đi 3028 bao gồm M tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể được kết hợp với nhóm con của các tín hiệu chùm tia truyền đi 511 (ví dụ, tích số ma trận của K_1 tín hiệu chùm tia truyền đi với ma trận trọng số chùm tia truyền đi $M \times K_1$). Do đó, mỗi trong số các AN 515 có thể nhận các tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể được kết hợp với các dải con tần số khác nhau (ví dụ, đối với mỗi trong số F dải con truyền đi). Các AN có thể kết hợp (ví dụ, tổng) các tín hiệu theo các dải con khác nhau trong các tín hiệu đường lên truyền đi, như sẽ được mô tả một cách chi tiết hơn dưới đây. Tương tự, các AN 515 có thể tạo ra các tín hiệu truyền về đa hợp 907 đối với R dải con truyền về khác nhau. Mỗi trong số R dải con truyền về có thể được kết hợp với nhóm con của K vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền về. Nghĩa là, K vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền về có thể bao gồm nhiều nhóm con của các vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền về được kết hợp

với các dải con tần số khác nhau, trong đó các vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền về trong mỗi trong số các nhóm con có thể không chồng lên nhau (ví dụ, ở các đường bao tín hiệu 3 dB, v.v.). Bộ ghép kênh/bộ tách kênh dải con 3030 có thể phân chia các tín hiệu truyền về đa hợp 907 thành R đầu vào định dạng búp sóng dải con truyền về 3034. Mỗi trong số các bộ định dạng búp sóng dải con truyền về 3036 có thể sau đó tạo ra đầu ra định dạng búp sóng dải con truyền về 3038, mà có thể bao gồm các tín hiệu chùm tia truyền về 915 đối với nhóm con của các chùm tia người dùng truyền về (ví dụ, đến các modem liên kết dây tiếp sóng 507 hoặc bộ giải điều biến tín hiệu chùm tia truyền về, v.v.). Theo một số ví dụ, bộ định dạng búp sóng truyền đi/truyền về đa dải 513 có thể hỗ trợ nhiều phân cực (ví dụ, sự phân cực vòng theo tay phải (RHCP), sự phân cực vòng theo tay trái (LHCP), v.v.), mà trong một số trường hợp có thể tăng gấp đôi số lượng dải con một cách hiệu quả.

Trong một số trường hợp, việc ghép kênh và tách kênh lát thời gian đối với bộ định dạng búp sóng truyền đi 529 và bộ định dạng búp sóng truyền về 531 (ví dụ, bộ tách kênh tín hiệu chùm tia 3002, bộ ghép kênh tín hiệu nút truy cập truyền đi 3010, bộ tách kênh tín hiệu đa hợp truyền về 3012, bộ ghép kênh tín hiệu chùm tia truyền về 3020) và sự ghép kênh/tách kênh dải con (bộ ghép kênh/bộ tách kênh dải con 3030) có thể được thực hiện bằng cách chuyển gói (ví dụ, sự chuyển Ethernet, v.v.). Trong một số trường hợp, việc chuyển lát thời gian và dải con có thể được thực hiện trong cùng các nút chuyển hoặc theo thứ tự khác. Chẳng hạn, kiến trúc chuyển dạng vải có thể được sử dụng trong đó mỗi nút vải chuyển có thể được ghép nối với nhóm con của các AN 515, bộ định dạng búp sóng lát thời gian 3006, các bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền về 3016 hoặc các modem liên kết dây tiếp sóng 507. Kiến trúc chuyển dạng vải có thể cho phép, chẳng hạn, AN bất kỳ kết nối (ví dụ, qua các bộ chuyển và/hoặc liên kết dạng vải chuyển) với bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi hoặc bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền về bất kỳ theo thời gian trễ thấp, kiến trúc phẳng phân cấp. Theo một ví dụ, hệ thống hỗ trợ băng thông $K \leq 600$, $M \leq 600$ và 500 MHz (ví dụ, trên mỗi dải con) với mười bốn dải con đối với các liên kết truyền đi hoặc truyền về có thể được thực hiện bởi nền tảng chuyển liên kết khả dụng thương mại với 2048 cổng 10GigE.

Sự cân bằng độ trễ

Trong một số trường hợp, các sự chênh lệch về các độ trễ lan truyền trên mỗi trong số các đường dẫn giữa bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 và CPS 505 là không đáng kể. Chẳng hạn, trên liên kết truyền về, khi cùng tín hiệu (ví dụ, dữ liệu đến hoặc từ thiết bị đầu cuối người dùng cụ thể) được nhận bởi nhiều AN 515, mỗi trường hợp của tín hiệu có thể đến CPS về cơ bản được căn chỉnh với mẫu tín hiệu khác. Tương tự, khi cùng tín hiệu được truyền đến thiết bị đầu cuối người dùng 517 qua một vài AN 515, mỗi mẫu tín hiệu có thể đến thiết bị đầu cuối người dùng 517 về cơ bản được căn chỉnh với mẫu tín hiệu khác. Nói cách khác, các tín hiệu có thể là pha và thời gian được căn chỉnh với độ chính xác đáng kể mà các tín hiệu sẽ kết hợp một cách mạch lạc, sao cho các độ trễ đường dẫn và các ảnh hưởng định dạng búp sóng là nhỏ so với tốc độ ký hiệu được truyền. Là một ví dụ được thể hiện, nếu sự chênh lệch về các độ trễ đường dẫn là 10 microgiây, thì băng thông định dạng búp sóng có thể ở mức hàng chục kHz và thiết bị có thể sử dụng tín hiệu băng thông hẹp, chẳng hạn là ≈ 10 ksps với sự suy giảm có thể nhỏ về hiệu suất. Tốc độ báo hiệu 10 ksps có khoảng thời gian ký hiệu là 100 microgiây và độ lan truyền trễ 10 microgiây chỉ bằng một phần mười của khoảng thời gian ký hiệu. Trong trong các trường hợp này, nhằm mục đích phân tích hệ thống, có thể giả sử rằng, các tín hiệu được nhận bởi bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối tại một thời điểm sẽ được chuyển tiếp và được truyền gần như đồng thời, như được mô tả ở trên.

Trong các trường hợp khác, có thể có sự chênh lệch đáng kể về độ trễ lan truyền so với khoảng thời gian báo hiệu (khoảng thời gian ký hiệu được truyền) của các tín hiệu được truyền từ các phần tử ăngten truyền 409 đến các AN 515. Đường dẫn mà các tín hiệu lấy từ mỗi AN 515 thông qua mạng phân bố 518 có thể chứa các sự thay đổi độ trễ đáng kể. Trong trong các trường hợp này, cân bằng độ trễ có thể được sử dụng để khớp với các độ trễ đường dẫn.

Đối với các tín hiệu liên kết truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối được nhận thông qua mạng phân bố 518 bởi CPS 505, các tín hiệu có thể là thời gian được căn chỉnh bằng cách sử dụng tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp được truyền từ bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối, chẳng hạn pha vô tuyến PN như được mô tả ở trên. Mỗi AN 515 có thể tạo nhãn thời gian tín hiệu truyền về đa hợp sử dụng tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp làm tham chiếu. Do đó, các AN khác nhau 515 có thể nhận cùng tín

hiệu ở các thời điểm khác nhau, nhưng các tín hiệu nhận được trong mỗi AN 515 có thể là thời gian được gắn nhãn để cho phép CPS 505 căn chỉnh thời gian chúng. CPS 505 có thể đệm các tín hiệu sao cho sự định dạng búp sóng được thực hiện bằng cách kết hợp các tín hiệu có cùng nhãn thời gian.

Tham chiếu đến Fig.33 và Fig.34, sự cân bằng độ trễ đối với liên kết truyền về có thể được thực hiện bằng cách tách kênh các tín hiệu truyền về đa hợp đến bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền về 3016. Chẳng hạn, mỗi AN có thể phân chia tín hiệu truyền về đa hợp thành các nhóm của các mẫu được kết hợp với các chỉ số lát thời gian t , mà có thể bao gồm các mẫu được chèn vào của tín hiệu truyền về đa hợp. Các chỉ số lát thời gian t có thể được xác định dựa vào tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp. Các AN có thể chuyển các nhóm con của các mẫu được ghép kênh với các chỉ số lát thời gian tương ứng t (ví dụ, dưới dạng tín hiệu truyền về đa hợp được ghép kênh) đến bộ định dạng búp sóng truyền về 531, mà có thể dùng làm thông tin định thời đồng bộ hóa trên liên kết truyền về. Các nhóm con của các mẫu từ mỗi AN có thể được tách kênh (ví dụ, qua sự chuyển mạch) và một bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền về 3016 có thể nhận các nhóm con của các mẫu từ mỗi AN đối với chỉ số lát thời gian t (đối với một trong một số các dải con, trong một số trường hợp). Bằng cách thực hiện tích số ma trận của ma trận trọng số chùm tia truyền về và các nhóm con của các mẫu từ mỗi trong số M tín hiệu truyền về đa hợp được kết hợp với chỉ số lát thời gian t , bộ định dạng búp sóng lát thời gian truyền về 3016 có thể căn chỉnh các tín hiệu được chuyển tiếp bởi bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối tại cùng thời điểm để áp dụng ma trận trọng số chùm tia truyền về.

Đối với liên kết truyền đi, bộ định dạng búp sóng 513 trong CPS 505 có thể tạo ra nhãn thời gian mà biểu thị thời gian mỗi tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể được truyền bởi các AN 515 cần đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503. Mỗi AN 515 có thể truyền tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2530, chẳng hạn tín hiệu PN vòng lặp ngược. Mỗi tín hiệu này có thể được lặp ngược và được truyền quay về các AN 515 bởi bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503. Các AN 515 có thể nhận cả tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp và các tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập được chuyển tiếp (được lặp ngược) từ AN bất kỳ hoặc tất cả các AN. Sự định thời nhận của tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập so với sự định thời nhận của tín hiệu pha vô tuyến

bộ chuyển tiếp biểu thị thời gian tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối. Việc điều chỉnh định thời của tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập sao cho, sau khi chuyển tiếp bởi bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối, nó đến AN tại cùng thời điểm khi tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp đến AN, ép tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối được đồng bộ hóa với pha vô tuyến chuyển tiếp. Có tất cả các AN thực hiện chức năng này cho phép tất cả các tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối được đồng bộ hóa với pha vô tuyến chuyển tiếp. Bước cuối cùng trong quá trình là có mỗi AN truyền các tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể của nó được đồng bộ hóa với tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập của nó. Điều này có thể được thực hiện nhờ sử dụng các nhãn thời gian như được mô tả dưới đây. Theo cách khác, CPS có thể quản lý sự cân bằng độ trễ bằng cách gửi độ lệch các tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể tương ứng bởi các độ lệch miền thời gian tương ứng đến các AN (ví dụ, trong đó sự định thời qua mạng phân bố mang tính quyết định).

Fig.36 là hình vẽ minh họa của các dãy PN được sử dụng để căn chỉnh sự định thời của hệ thống. Trục ngang của hình vẽ thể hiện thời gian. Dãy PN AN₁ 2301 của các chip 2303 được truyền theo tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập từ AN thứ nhất. Thời gian tương đối mà dãy này đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối được thể hiện bởi dãy PN 2305. Có sự dịch chuyển thời gian của dãy PN 2305 so với dãy PN AN₁ 2301, do độ trễ lan truyền từ AN đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối. Dãy pha vô tuyến PN chuyển tiếp 2307 được tạo ra trong, và được truyền từ, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối theo tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp. Chip PN của dãy pha vô tuyến PN chuyển tiếp 2307 ở thời điểm T₀ 2315 được căn chỉnh với chip PN 2316 của tín hiệu được nhận PN AN₁ 2305 ở thời điểm T₀. Chip PN 2316 của tín hiệu được nhận PN AN₁ 2305 được căn chỉnh với chip PN 2315 của pha vô tuyến PN chuyển tiếp 2307 khi sự định thời truyền AN₁ được điều chỉnh bằng mức thích hợp. Dãy PN 2305 được lặp vòng ngược từ bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối và dãy PN 2317 được nhận ở AN₁. Dãy PN 2319 được truyền từ bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối trong pha vô tuyến PN chuyển tiếp được nhận ở AN₁. Lưu ý rằng, các dãy PN 2317, 2319 được căn chỉnh ở AN₁ biểu thị rằng chúng được căn chỉnh ở bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối.

Fig.37 là hình vẽ minh họa ví dụ của AN₂ mà đã không được điều chỉnh một cách thích hợp sự định thời của dây PN được tạo ra trong AN₂. Lưu ý rằng, dây PN 2311 được tạo bởi AN₂ được nhận ở bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối được thể hiện dưới dạng dây 2309 với độ lệch theo mức dt từ dây PN pha vô tuyến PN chuyển tiếp 2307. Độ lệch này là do sai số của sự định thời được sử dụng để tạo dây trong AN₂. Đồng thời, lưu ý rằng, sự tiếp cận của dây PN AN₂ 2321 ở AN₂ là độ lệch từ sự tiếp cận của dây PN pha vô tuyến PN chuyển tiếp ở AN₂ 2323 bởi cùng mức dt. Việc xử lý tín hiệu trong AN₂ sẽ tuân theo sai số này và có thể thực hiện việc hiệu chỉnh đối với sự định thời truyền bằng cách điều chỉnh sự định thời bằng mức dt để căn chỉnh các dây PN 2321, 2323.

Trên Fig.36 và Fig.37, cùng tốc độ chip PN đã được sử dụng cho pha vô tuyến PN chuyển tiếp và tất cả các tín hiệu PN AN (vòng lặp ngược) để dễ dàng thể hiện khái niệm. Các khái niệm sự định thời giống nhau có thể được áp dụng với các tốc độ chip PN khác nhau. Tham chiếu đến Fig.31 và Fig.32, các chỉ số lát thời gian t có thể được sử dụng để đồng bộ hóa các tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể được nhận từ mỗi trong số các AN ở bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối. Chẳng hạn, các chỉ số lát thời gian t có thể được ghép kênh với các tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể 516. Mỗi AN có thể truyền các mẫu của các tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể với chỉ số lát thời gian cụ thể t được căn chỉnh với thông tin định thời tương ứng trong dây PN của các chip được truyền theo các tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập tương ứng. Vì các tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập tương ứng đã được điều chỉnh để bù cho các độ trễ đường dẫn và các sự dịch chuyển pha tương ứng giữa các AN và bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối, các mẫu được kết hợp với chỉ số lát thời gian t sẽ đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối với sự định thời được đồng bộ hóa và pha được căn chỉnh một cách chính xác so với nhau.

Trong các trường hợp trong đó các AN nhận các tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập riêng của chúng, có thể tạo vòng lặp ngược các tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập nhờ sử dụng cùng phần cứng truyền thông bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối mà cũng mang dữ liệu truyền thông hướng truyền đi. Trong các trường hợp này, các độ khuếch đại và/hoặc các pha liên quan của các bộ phát đáp trong bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối có thể có thể được điều chỉnh, như được mô tả dưới đây.

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

Trên liên kết truyền về, bộ nhận 4002 nhận tín hiệu đường xuống truyền về 527. Tín hiệu đường xuống truyền về 527 có thể bao gồm, chẳng hạn, sự đa hợp của các tín hiệu đường lên truyền về được chuyển tiếp bởi bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối (ví dụ, qua các đường dẫn tín hiệu nhận/truyền, v.v.) và tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp. Bộ nhận 4002 có thể thực hiện, chẳng hạn, việc chuyển đổi xuống và việc lấy mẫu. Bộ giải điều biến tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp 2511 có thể giải điều biến tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp trong tín hiệu truyền về đa hợp được số hóa 907 để thu thông tin định thời chuyển tiếp 2520. Chẳng hạn, bộ giải điều biến tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp 2511 có thể thực hiện việc giải điều biến để khôi phục sự định thời chip được kết hợp với mã PN chuyển tiếp và tạo ra các nhãn thời gian tương ứng với thời gian truyền từ bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối cho các mẫu của tín hiệu truyền về đa hợp được số hóa 527. Bộ ghép kênh 4004 có thể ghép kênh thông tin định thời chuyển tiếp 2520 với các mẫu của tín hiệu truyền về đa hợp được số hóa (ví dụ, để tạo tín hiệu truyền về đa hợp được ghép kênh) cần được gửi đến CPS 505 (ví dụ, qua giao diện mạng 4006). Việc ghép kênh thông tin định thời chuyển tiếp 2520 có thể bao gồm bước tạo ra các nhóm con của các mẫu tương ứng với các chỉ số lát thời gian t để gửi đến CPS 505. Chẳng hạn, bộ ghép kênh 4004 có thể kết xuất các nhóm con của các mẫu được kết hợp với mỗi chỉ số lát thời gian t để nhập vào kết cấu định dạng búp sóng lát thời gian truyền về được mô tả ở trên với tham chiếu đến Fig.33, Fig.34 và Fig.35. Bộ ghép kênh 4004 có thể bao gồm bộ chèn 4044 để chèn các mẫu cho mỗi nhóm con của các mẫu, trong một số trường hợp.

Trên liên kết truyền đi, 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 4014 để thu tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể 516 và thông tin định thời truyền tín hiệu truyền đi 4016 biểu thị sự định thời truyền đối với tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể 516. Chẳng hạn, tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể 516

có thể bao gồm thông tin định thời truyền tín hiệu truyền đi (ví dụ, được ghép kênh với các mẫu dữ liệu, v.v.). Theo một ví dụ, tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể 516 bao gồm các nhóm của các mẫu (ví dụ, trong các gói dữ liệu), trong đó mỗi nhóm của các mẫu được kết hợp với chỉ số lát thời gian t . Chẳng hạn, mỗi nhóm của các mẫu có thể là các mẫu của tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể 516 được tạo ra theo kết cấu định dạng búp sóng lát thời gian truyền đi, được mô tả ở trên với tham chiếu đến Fig.31, Fig.32 và Fig.35. Bộ tách kênh 4060 có thể bao gồm bộ giải chèn 4050 để giải chèn các mẫu được kết hợp với các chỉ số lát thời gian t .

Bộ bù định thời và pha truyền 4020 có thể nhận và dem tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể 516 và kết xuất các mẫu tín hiệu đường lên truyền đi 4022 để truyền bởi thiết bị truyền 4012 ở thời điểm thích hợp đối với tín hiệu đường lên truyền đi 521. Thiết bị truyền 4012 có thể thực hiện việc chuyển đổi từ kỹ thuật số sang tương tự và sự chuyển đổi tăng tần số để kết xuất tín hiệu đường lên truyền đi 521. Các mẫu tín hiệu đường lên truyền đi 4022 có thể bao gồm tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể 516 và tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2530 (ví dụ, tín hiệu PN vòng lặp ngược), mà có thể bao gồm thông tin định thời truyền (ví dụ, thông tin định thời chip mã hóa PN, thông tin định thời khung, v.v.). Bộ bù định thời và pha truyền 4020 có thể ghép kênh tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể 516 với tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2530 sao cho thông tin định thời và pha truyền tín hiệu truyền đi 4016 được đồng bộ hóa với thông tin định thời và pha truyền tương ứng theo tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2530.

Theo một số ví dụ, sự tạo tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2530 được thực hiện cục bộ ở AN 515 (ví dụ, trong bộ phát tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2529). Theo cách khác, việc tạo ra tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2530 có thể được thực hiện trong thành phần riêng (ví dụ, CPS 505) và được gửi vào AN 515 (ví dụ, qua giao diện mạng 4006). Như được mô tả ở trên, tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2530 có thể được sử dụng để bù cho tín hiệu đường lên truyền đi 521 cho các chênh lệch đường dẫn và các sự dịch chuyển pha giữa AN và bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối. Chẳng hạn, tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2530 có thể được truyền trong tín hiệu đường lên truyền đi 521 và được chuyển tiếp bởi bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối để được nhận về ở bộ nhận 4002. Bộ điều khiển 2523 có thể so sánh thông tin định

thời và pha truyền được chuyển tiếp 4026 được thu (ví dụ, bằng cách giải điều biến, v.v.) từ tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập được chuyển tiếp với sự định thời nhận và thông tin pha 4028 được thu (ví dụ, bằng cách giải điều biến, v.v.) từ tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp. Bộ điều khiển 2523 có thể tạo ra sự điều chỉnh định thời và pha 2524 để nhập vào bộ bù định thời và pha truyền 4020 để điều chỉnh tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2530 để bù cho độ trễ đường dẫn và các sự dịch chuyển pha. Chẳng hạn, tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2530 có thể bao gồm mã PN và thông tin định thời khung (ví dụ, một hoặc nhiều bit của số khung, v.v.). Bộ bù định thời truyền và pha 4020 có thể, chẳng hạn, điều chỉnh thông tin định thời khung để bù cho độ trễ đường dẫn (ví dụ, kết xuất thông tin tín hiệu định thời khung theo tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập sao cho tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập được chuyển tiếp sẽ có thông tin định thời khung truyền được chuyển tiếp được căn chỉnh thô với thông tin định thời khung tương ứng trong tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp, sự thay đổi mã chip của mã PN được xem xét là LSB, v.v.). Ngoài ra hoặc theo cách khác, bộ bù định thời và pha truyền 4020 có thể thực hiện việc điều chỉnh định thời và pha đối với các mẫu tín hiệu đường lên truyền đi 4022 để bù cho các sự chênh lệch định thời hoặc pha giữa thông tin định thời và pha truyền được chuyển tiếp 4026 và thông tin định thời và pha nhận 4028. Chẳng hạn, trong đó tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2530 được tạo ra dựa vào bộ dao động cục bộ, các sự chênh lệch định thời hoặc pha giữa bộ dao động cục bộ và tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp được nhận có thể được hiệu chỉnh bằng cách điều chỉnh định thời và pha đối với các mẫu tín hiệu đường lên truyền đi 4022. Theo một số ví dụ, việc giải điều biến tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập được thực hiện cục bộ ở AN 515 (ví dụ, trong bộ giải điều biến tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2519). Theo cách khác, việc giải điều biến tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập có thể được thực hiện trong thành phần riêng (ví dụ, CPS 505) và thông tin định thời và pha truyền được chuyển tiếp 4026 có thể được thu trong báo hiệu khác (ví dụ, qua giao diện mạng 4006). Chẳng hạn, sự thay đổi cường độ sâu có thể tạo sự tiếp nhận và sự giải điều biến của tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập được chuyển tiếp riêng của AN khó mà không có sự truyền dẫn ở công suất cao hơn so với báo hiệu khác, mà có thể làm giảm quỹ công suất đối với các tín hiệu truyền thông. Như vậy, sự tiếp nhận kết hợp của tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập được chuyển tiếp từ các AN 515 có thể tăng công suất được nhận hữu hiệu và độ chính xác giải điều biến đối với tín hiệu pha vô

tuyến nút truy cập được chuyển tiếp. Như vậy, việc giải điều biến tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập từ một AN 515 có thể được thực hiện nhờ sử dụng các tín hiệu đường xuống được nhận ở nhiều AN 515. Sự giải điều biến của tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập có thể được thực hiện ở CPS 505 dựa vào các tín hiệu truyền về đa hợp 907, mà cũng có thể bao gồm thông tin tín hiệu đối với các tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập từ hầu hết AN hoặc tất cả các AN 515. Nếu cần, sự định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối đối với các tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập có thể được thực hiện có tính đến các đường lên pha vô tuyến nút truy cập (ví dụ, C_r), vòng lặp ngược chuyển tiếp (ví dụ, E) và/hoặc các đường xuống pha vô tuyến nút truy cập (ví dụ, C_t).

Loại bỏ sự hư hỏng liên kết dây tiếp sóng

Ngoài sự cân bằng độ trễ của các đường dẫn tín hiệu đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối từ tất cả các AN, các sự dịch chuyển pha được cảm ứng bởi các liên kết dây tiếp sóng có thể được loại bỏ trước khi định dạng búp sóng. Sự dịch chuyển pha của mỗi trong số các liên kết giữa bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối và M AN sẽ là khác nhau. Các nguyên nhân đối với các sự dịch chuyển pha khác nhau đối với mỗi liên kết bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở, độ dài đường dẫn lan truyền, các điều kiện môi trường như là sự nhấp nháy, sự dịch chuyển tần số Doppler và các sai số dao động AN khác nhau. Các sự dịch chuyển pha này thường là khác nhau đối với mỗi AN và là thời gian biến đổi (do sự nhấp nháy, sự dịch chuyển Doppler và sự khác nhau trong các sai số dao động AN). Bằng cách loại bỏ các hư hỏng liên kết dây tiếp sóng động, tốc độ mà các trọng số chùm tia thích nghi có thể là chậm hơn so với sự thay thế trong đó các trọng số chùm tia thích nghi đủ nhanh để theo dõi tính động của sự liên kết dây tiếp sóng.

Theo hướng truyền về, các sự hư hỏng đường xuống dây tiếp sóng vào AN là chung đối với cả pha vô tuyến PN chuyển tiếp và các tín hiệu dữ liệu người dùng (ví dụ, các tín hiệu đường xuống truyền về). Trong một số trường hợp, sự giải điều biến mạch lạc của pha vô tuyến PN chuyển tiếp tạo thông tin kênh được sử dụng để loại bỏ hầu hết hoặc tất cả các hư hỏng này khỏi tín hiệu dữ liệu truyền về. Trong một số trường hợp, tín hiệu pha vô tuyến PN chuyển tiếp là dãy PN đã biết mà được truyền và được định vị một cách liên tục theo dải với dữ liệu truyền thông. Công suất được bức xạ đẳng hướng tương đương (hoặc hữu hiệu) (Equivalent (or Effective) Isotropically

Radiated Power, EIRP) của tín hiệu PN theo dải được thiết lập sao cho sự giao thoa với dữ liệu truyền thông không lớn hơn mức có thể chấp nhận tối đa. Trong một số trường hợp, quá trình loại bỏ sự hư hỏng liên kết dây tiếp sóng đối với liên kết truyền về bao gồm sự giải điều biến mạch lạc và sự theo dõi định thời và pha được nhận của tín hiệu pha vô tuyến PN chuyển tiếp. Chẳng hạn, bộ giải điều biến tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp 2511 có thể xác định các sự điều chỉnh định thời nhận và pha 2512 để bù cho các sự hư hỏng liên kết dây tiếp sóng dựa vào sự so sánh tín hiệu pha vô tuyến PN chuyển tiếp với tín hiệu tham chiếu cục bộ (ví dụ, bộ dao động cục bộ hoặc PLL). Các chênh lệch định thời và pha được khôi phục sau đó được loại bỏ khỏi tín hiệu đường xuống truyền về (ví dụ, bởi bộ điều chỉnh định thời và pha nhận 4024), vì vậy việc loại bỏ các sự hư hỏng liên kết dây tiếp sóng khỏi tín hiệu truyền thông (ví dụ, các tín hiệu đường xuống truyền về 527). Sau khi loại bỏ sự hư hỏng liên kết dây tiếp sóng, các tín hiệu liên kết truyền về từ chùm tia sẽ có sai số tần số chung ở tất cả các AN và do đó thích hợp để định dạng búp sóng. Sai số tần số chung có thể bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở, các sự đóng góp từ sai số tần số thiết bị đầu cuối người dùng, Doppler đường lên thiết bị đầu cuối người dùng, sai số tần số dịch chuyển tần số bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối và sai số tần số pha vô tuyến PN chuyển tiếp.

Theo hướng truyền đi, tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập từ mỗi AN có thể được sử dụng để giúp loại bỏ các hư hỏng đường lên dây tiếp sóng. Các hư hỏng đường lên dây tiếp sóng sẽ được đặt lên các dữ liệu truyền thông liên kết truyền đi (ví dụ, tín hiệu nút truy cập cụ thể) cũng như tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập. Việc giải điều biến mạch lạc tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập có thể được sử dụng để khôi phục các chênh lệch định thời và pha của tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập (ví dụ, so với tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp). Các chênh lệch sự định thời và pha được khôi phục sau đó được loại bỏ khỏi tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập được truyền sao cho tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập đến theo pha với tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp.

Trong một số trường hợp, quá trình loại bỏ liên kết dây tiếp sóng truyền đi là vòng lặp khóa pha (phase locked loop, PLL) với độ trễ đường dẫn từ AN đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối và ngược lại trong kết cấu vòng lặp. Trong một số

trường hợp, độ trễ truyền đi và về từ AN đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối và quay về AN có thể là đáng kể. Chẳng hạn, vệ tinh địa tĩnh thực hiện chức năng như bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối sẽ tạo ra độ trễ truyền đi và về là khoảng 250 mili giây (ms). Để giữ 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 1 Hz. Trong các trường hợp này, các bộ dao động có độ ổn định cao có thể được sử dụng trên cả vệ tinh và AN để duy trì sự khóa pha tin cậy, như được biểu thị bởi khối 2437 trên Fig.39 (xem dưới đây).

Trong một số trường hợp, tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập là tín hiệu tách rời 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 bỏ sự giao thoa này với tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập. Vì không có dữ liệu truyền thông được truyền trong khoảng thời gian hiệu chỉnh, nên công suất được truyền của tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập có thể là lớn, so với những gì cần thiết nếu nó đã được phát rộng trong quá trình dữ liệu truyền thông. Đó là vì không có lo ngại về việc gây ra sự giao thoa với dữ liệu truyền thông (dữ liệu truyền thông không có mặt ở thời điểm này). Kỹ thuật này cho phép tỷ số tín hiệu trên nhiễu (SNR) mạnh đối với tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập khi được truyền trong khoảng thời gian hiệu chỉnh. Tần số xảy ra của các khoảng thời gian hiệu chỉnh là sự tịnh tiến của thời gian trôi qua giữa các khoảng thời gian hiệu chỉnh. Vì mỗi khoảng thời gian hiệu chỉnh tạo mẫu pha đối với PLL, tần số hiệu chỉnh này là tốc độ mẫu của thời gian rời rạc này PLL. Trong một số trường hợp, tốc độ mẫu đủ cao để hỗ trợ băng thông vòng lặp kín của PLL với lượng răng cưa không đáng kể. Tích số của tần số hiệu chỉnh (tốc độ mẫu vòng lặp) và khoảng thời gian hiệu chỉnh thể hiện phần thời gian bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối có thể không được sử dụng cho dữ liệu truyền thông không có sự giao thoa bổ sung từ tín hiệu thăm dò 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 của bộ thu phát AN 2409 ví dụ. Đầu vào 2408 đến bộ thu phát AN 2409 nhận các tín hiệu liên kết truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối được nhận bởi AN 515 (ví dụ, đối với một trong số các dải con tần số). Đầu vào 2408 được ghép nối với đầu vào 2501 của bộ chuyển đổi xuống (D/C) 2503. Đầu ra của bộ chuyển đổi

xuống D/C 2503 được ghép nối với bộ chuyển đổi từ tương tự sang kỹ thuật số (A/D) 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 thể hiện các khía cạnh của bộ điều chỉnh định thời và pha nhận 4024 trên Fig.38. Bộ chuyển đổi xuống D/C 2503 là bộ chuyển đổi xuống cầu phương. Do đó, bộ chuyển đổi xuống D/C 2503 kết xuất tín hiệu theo pha và đầu ra cầu phương đến A/D 2509. Các tín hiệu nhận được có thể bao gồm các tín hiệu truyền thông (ví dụ, sự đa hợp của các tín hiệu đường lên truyền về được truyền bởi các thiết bị đầu cuối người dùng), các tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập (ví dụ, được truyền từ cùng AN và/hoặc các AN khác) và tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp. Các mẫu kỹ thuật số được ghép nối với bộ giải điều biến tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp 2511. Bộ giải điều biến tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp 2511 giải điều biến tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp. Ngoài ra, bộ giải điều biến tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp 2511 tạo ra tín hiệu điều khiển thời gian 2513 và tín hiệu điều khiển pha 2514 để loại bỏ các sự hư hỏng liên kết dây tiếp sóng dựa vào tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp nhận được. Các sự hư hỏng này bao gồm Doppler, sai số tần số AN, các hiệu ứng nhấp nháy, các sự thay đổi độ dài đường dẫn, v.v.. Bằng cách thực hiện việc giải điều biến mạch lạc tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp, vòng lặp khóa pha (PLL) có thể được sử dụng để hiệu chỉnh đối với hầu hết hoặc tất cả các sai số này. Bằng cách hiệu chỉnh đối với các sai số theo tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp, các sai số tương ứng trong các tín hiệu truyền thông và các tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập trên liên kết dây tiếp sóng cũng được hiệu chỉnh (ví dụ, vì các sai số này là chung đối với tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp, các tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập và các tín hiệu truyền thông). Sau khi loại bỏ sự hư hỏng liên kết dây tiếp sóng, tín hiệu truyền thông liên kết truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối từ thiết bị đầu cuối người dùng 517 thường có cùng sai số tần số ở mỗi trong số M AN. Sai số chung đó bao gồm sai số tần số thiết bị đầu cuối người dùng, Doppler liên kết người dùng, sai số dịch chuyển tần số bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối và sai số tần số tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp.

Các mẫu kỹ thuật số, với các sự hư hỏng liên kết dây tiếp sóng được loại bỏ, được ghép nối với bộ ghép kênh 2518, mà có thể là một ví dụ của bộ ghép kênh 4004 trên Fig.38. Bộ ghép kênh 2518 kết hợp (ví dụ, các nhãn thời gian) các mẫu với thông tin định thời chuyển tiếp 2520 từ bộ giải điều biến tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp

2511. Đầu ra của bộ ghép kênh 2518 được ghép nối với cổng đầu ra 2410 của bộ thu phát AN 2409. Cổng đầu ra 2410 được ghép nối với bộ ghép kênh 2413 và thông qua giao diện 2415 (xem Fig.40) đến CPS 505. CPS 505 có thể sau đó sử dụng các mẫu kỹ thuật số được kết hợp với các mẫu kỹ thuật số nhận được để căn chỉnh các mẫu kỹ thuật số được nhận từ mỗi trong số các AN 515. Ngoài ra hoặc theo cách khác, việc loại bỏ sự hư hỏng liên kết dây tiếp sóng có thể được thực hiện ở CPS 505. Chẳng hạn, các mẫu kỹ thuật số của các tín hiệu liên kết truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối với tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp được nhúng có thể được gửi từ AN 515 đến CPS 505 và CPS 505 có thể sử dụng thông tin định thời đồng bộ hóa (ví dụ, tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp được nhúng) trong mỗi trong số các tín hiệu truyền về đa hợp để xác định các sự điều chỉnh tương ứng cho các tín hiệu truyền về đa hợp tương ứng để bù cho sự hư hỏng kênh đường xuống.

Tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2530 có thể được tạo ra một cách cục bộ bởi bộ phát tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2529. Bộ giải điều biến tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2519 giải điều biến tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập được nhận bởi AN 515 (ví dụ, sau khi đang được chuyển tiếp bởi bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối và được nhận ở đầu vào 2408). Bộ giải điều biến tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp 2511 cấp tín hiệu thông tin định thời và pha chuyển tiếp nhận được 2521 cho bộ điều khiển 2523. Bộ điều khiển 2523 cũng nhận tín hiệu thông tin định thời và pha chuyển tiếp nhận được 2525 từ bộ giải điều biến tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2519. Bộ điều khiển 2523 so sánh thông tin định thời và pha chuyển tiếp nhận được với thông tin định thời và pha truyền được chuyển tiếp và tạo ra tín hiệu điều chỉnh thời gian 2527. Tín hiệu điều chỉnh thời gian 2527 được ghép nối với bộ phát tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2529. Bộ phát tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2529 tạo ra tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2530 với thông tin định thời truyền được nhúng cần được truyền từ AN 515 đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503. Như được lưu ý trong phần mô tả ở trên, sự khác nhau giữa thông tin định thời và pha chuyển tiếp (được nhúng trong tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp) và thông tin thời gian và pha truyền (được nhúng trong tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập) được sử dụng để điều chỉnh thông tin định thời và pha truyền để đồng bộ hóa thông tin định thời và pha truyền được chuyển tiếp với thông tin định thời và pha chuyển tiếp nhận được. Thời gian thô được điều chỉnh bởi tín hiệu 2527 đến bộ phát tín hiệu pha vô tuyến nút

truy cập 2529 và thời gian tinh được điều chỉnh bởi tín hiệu 2540 đến bộ điều chỉnh thời gian Tx 2539. Với thông tin định thời và pha truyền được chuyển tiếp 2525 từ bộ giải điều biến tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2519 được đồng bộ hóa với thông tin định thời và pha chuyển tiếp nhận được 2521, bộ phát tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2529 tạo ra các nhãn thời gian 2531 hỗ trợ đồng bộ hóa tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2530 và tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể từ CPS 505 được truyền. Nghĩa là, các mẫu dữ liệu từ CPS 505 được nhận trên cổng đầu vào 2423 cùng với các nhãn thời gian 2535 biểu thị thời gian mà các mẫu dữ liệu kết hợp cần đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503. Bộ đệm, môđun căn chỉnh và cộng thời gian 2537 đệm các mẫu dữ liệu được ghép nối từ CPS 505 và cộng chúng với các mẫu từ bộ phát tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2529 dựa vào các nhãn thời gian 2535, 2531. Các mẫu PN và các mẫu dữ liệu truyền thông với các thời gian giống nhau, như được biểu thị bởi các nhãn thời gian, được cộng với nhau. Trong ví dụ này, nhiều tín hiệu chùm tia ($x_k(n) * b_k$) được cộng với nhau trong CPS 505 và tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể bao gồm sự đa hợp của các tín hiệu chùm tia được gửi đến AN bởi CPS 505.

Khi được căn chỉnh một cách thích hợp bởi các AN, các mẫu dữ liệu đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 tại thời điểm mong muốn (ví dụ, tại cùng thời điểm mà cùng các mẫu dữ liệu từ các AN khác đến). Bộ điều chỉnh thời gian truyền 2539 thực hiện các sự điều chỉnh thời gian tinh dựa vào tín hiệu đầu ra của bộ điều khiển thời gian tinh 2540 từ môđun điều khiển thời gian 2523. Bộ điều chỉnh pha truyền 2541 thực hiện các sự 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 pha vô tuyến nút truy cập 2519. Bộ điều chỉnh thời gian truyền 2539 và bộ điều chỉnh pha truyền 2541 có thể thể hiện, chẳng hạn, các khía cạnh của bộ bù định thời và pha truyền 4020 trên Fig.38.

Đầu ra của bộ điều chỉnh pha truyền 2541 được ghép nối với đầu vào của bộ chuyển đổi từ kỹ thuật số sang tương tự (D/A) 2543. Đầu ra tương tự cầu phương từ D/A 2543 được ghép nối với bộ chuyển đổi lên (U/C) 2545 cần được truyền bởi HPA 2433 (xem Fig.40) đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503. Tín hiệu điều khiển biên độ 2547 được tạo bởi bộ giải điều biến tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2519 tạo phản hồi biên độ đến U/C 2545 để bù cho các mục như là các thay đổi mưa mờ đường lên.

Trong một số trường hợp, mã PN được sử dụng bởi mỗi AN cho tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập 2530 khác với mã PN được sử dụng bởi mỗi AN khác. Trong một số trường hợp, các mã PN trong các tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập, mỗi mã này khác với mã PN chuyển tiếp được sử dụng trong tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp. Do đó, mỗi AN 515 có thể có khả năng phân biệt tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập riêng của nó với các tín hiệu của các AN khác 515. Các AN 515 có thể phân biệt các tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập riêng của chúng với tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp.

Như được mô tả ở trên, độ khuếch đại đầu cuối-đến-đầu cuối từ điểm bất kỳ trong vùng phủ sóng đến điểm khác bất kỳ trong vùng là kênh đa đường dẫn với L đường dẫn khác nhau mà có thể tạo thành các sự thay đổi cường độ rất sâu đối với một số điểm đến các kênh điểm. Sự phân tập truyền (liên kết truyền đi) và sự phân tập nhận (liên kết truyền về) là rất hữu hiệu trong việc làm giảm các thay đổi cường độ sâu và cho phép hệ thống truyền thông làm việc. Tuy nhiên, đối với các tín hiệu pha vô tuyến nút truy cập, sự phân tập truyền và nhận không hiện diện. Kết quả là, liên kết điểm với điểm của tín hiệu vòng lặp ngược, là sự truyền dẫn tín hiệu từ AN quay về cùng AN, có thể trải nghiệm các độ khuếch đại đầu cuối-đến-đầu cuối thấp hơn nhiều so với mức trung bình. Các giá trị 20 dB dưới mức trung bình có thể xảy ra với số lượng lớn đường dẫn tín hiệu nhận/truyền (L). Các độ khuếch đại đầu cuối-đến-đầu cuối thấp ít này dẫn đến SRN thấp hơn đối với các AN đó và có thể tạo ra sự đóng kín liên kết như một thách thức. Do đó, trong một số trường hợp, các ăngten độ khuếch đại cao hơn được sử dụng ở các AN. Theo cách khác, tham chiếu đến bộ phát đáp ví dụ trên Fig.16, bộ điều chỉnh pha 418 có thể được bao gồm trong mỗi trong số các đường dẫn tín hiệu nhận/truyền. Bộ điều chỉnh pha 418 có thể được điều chỉnh một cách riêng lẻ bởi bộ điều khiển dịch chuyển pha 427 (chẳng hạn, dưới sự điều khiển của phép đo đặc từ xa, liên kết bám sát và lệnh (TT&C) từ trung tâm điều khiển trên mặt đất). Bước điều chỉnh các pha liên quan có thể hữu hiệu trong việc làm tăng các độ khuếch đại đầu cuối-đến-đầu cuối của các đường dẫn vòng lặp ngược độ khuếch đại thấp. Chẳng hạn, đối tượng có thể được chọn là các thiết lập dịch chuyển pha làm tăng giá trị của độ khuếch đại vòng lặp ngược trường hợp xấu nhất (độ khuếch đại từ AN quay 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 đánh giá đối với tất cả các điểm nằm trong vùng phủ sóng

so với tất cả các điểm khác trong vùng phủ sóng, mà nó có thể tăng các độ khuếch đại của các đường dẫn vòng lặp ngược độ khuếch đại thấp.

Bổ sung thêm, xem xét nhóm các độ khuếch đại từ mỗi trong số các M AN 515 so với tất cả các AN khác 515. Có các độ khuếch đại M^2 , trong đó chỉ M của chúng là các đường dẫn vòng lặp ngược. Xem xét hai sự phân bố độ khuếch đại, thứ nhất là toàn bộ sự phân bố của tất cả các đường dẫn (M^2) mà có thể được đánh giá bằng cách biên dịch sơ đồ của tất cả các đường dẫn M^2 . Đối với các AN được phân bố một cách đồng đều trên toàn bộ vùng phủ sóng, sự phân bố này có thể là tiêu biểu của sự phân bố độ khuếch đại đầu cuối-đến-đầu cuối từ điểm bất kỳ đến điểm khác bất kỳ trong vùng phủ sóng. Sự phân bố thứ hai là sự phân bố độ khuếch đại vòng lặp ngược (sự phân bố vòng lặp ngược) mà có thể được đánh giá bằng cách biên dịch sơ đồ của chính các đường dẫn vòng lặp ngược M. Trong nhiều trường hợp, sự lựa chọn thông thường các thiết lập pha đường dẫn tín hiệu nhận/truyền (và các thiết lập độ khuếch đại tùy chọn) không tạo sự thay đổi đáng kể đối với sự phân bố tổng thể. Đặc biệt là trường hợp với các ánh xạ ngẫu nhiên hoặc được chèn vào của các phần tử truyền để nhận. Tuy nhiên, trong hầu hết các trường hợp, sự phân bố vòng lặp ngược có thể được cải thiện với sự lựa chọn thông thường (ngược với các giá trị ngẫu nhiên) của các thiết lập pha (và độ khuếch đại tùy chọn). Đó là vì nhóm các độ khuếch đại vòng lặp ngược bao gồm M đường dẫn (ngược với M^2 đường dẫn tổng thể) và số mức tự do theo các sự điều chỉnh pha và độ khuếch đại là L. Thông thường số lần L là theo cùng bậc như M mà cho phép cải thiện đáng kể theo nhóm các độ khuếch đại vòng lặp ngược thấp với sự lựa chọn pha thông thường. Một cách khác của sự tìm kiếm ở đây là sự lựa chọn pha thông thường không cần phải loại trừ các kênh đa đường dẫn đầu cuối-đến-đầu cuối, mà tốt hơn là dịch chuyển chúng từ nhóm các độ khuếch đại vòng lặp ngược (M thành phần trong nhóm) đến nhóm các độ khuếch đại không phải vòng lặp ngược (M^2 -M thành phần). Đối với các giá trị không thông thường của M, nhóm lớn hơn thường lớn hơn nhiều so với nhóm trước.

AN 515 có thể xử lý một hoặc nhiều dải con tần số. Fig.40 sơ đồ khối của AN ví dụ 515 trong đó nhiều dải con tần số được xử lý riêng. Trên liên kết truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối 523 (xem Fig.5), AN 515 nhận các tín hiệu đường xuống truyền về 527 từ bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 qua bộ khuếch đại nhiễu thấp (LNA)

2401. Các tín hiệu khuếch đại được ghép nối từ LNA 2401 đến 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 trong số các cổng đầu ra 2405, 2407 của bộ chia công suất 2403. Một trong số các cổng đầu ra 2407 có thể được bố trí dưới dạng cổng kiểm tra. Các cổng khác 2405 được ghép nối với đầu vào 2408 của một bộ thu phát AN tương ứng trong số các bộ thu phát AN 2409 (chỉ một bộ được thể hiện trên hình vẽ). Các bộ thu phát AN 2409 xử lý các tín hiệu được nhận trên các dải con tương ứng. Bộ thu phát AN 2409 thực hiện một vài chức năng, như được mô tả một cách chi tiết ở 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 dải con 2413. Các đầu ra được kết hợp trong bộ ghép kênh dải con 2413 và kết xuất đến giao diện mạng phân bố 2415. Giao diện 2415 tạo giao diện cho dữ liệu từ/đến AN 515 đến/từ CPS 505 trên mạng phân bố (xem Fig.5). Việc xử lý các dải con tần số có thể có lợi trong việc làm giảm các yêu cầu hiệu suất đối với các thành phần RF được sử dụng để thực hiện bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối và AN. Chẳng hạn, bằng cách phân chia 3,5 GHz của băng thông (ví dụ, như có thể được sử dụng trong hệ thống dải Ka) thành bảy dải con, mỗi dải con này chỉ rộng 500 MHz. Nghĩa là, mỗi trong số các tín hiệu truyền đi cho nút truy cập cụ thể có thể bao gồm nhiều tín hiệu con được kết hợp với các dải con khác (ví dụ, được kết hợp với các nhóm con khác của các vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền đi) và các bộ thu phát AN 2409 có thể chuyển đổi lên các tín hiệu con thành các tần số sóng mang khác nhau. Sự phân chia băng thông này có thể cho phép để các thành phần dung sai thấp hơn được sử dụng vì các biến thể biên độ và pha giữa các dải con khác nhau có thể được bù bởi các trọng số, sự hiệu chỉnh định dạng búp sóng riêng, v.v. cho các dải con khác nhau. Tất nhiên, các hệ thống khác có thể sử dụng số lượng dải con và/hoặc cổng kiểm tra khác nhau. Một số trường hợp có thể sử dụng dải con duy nhất và có thể không bao gồm tất cả các thành phần được thể hiện ở đây (ví dụ, lược bỏ bộ chia công suất 2403 và bộ ghép kênh 2413).

Đối với liên kết truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối 501, dữ liệu được nhận từ CPS 505 bởi giao diện 2415. Dữ liệu nhận được được ghép nối với đầu vào 2417 của bộ tách kênh dải con 2419. Bộ tách kênh dải con 2419 phân chia dữ liệu thành các tín hiệu dữ liệu. Các tín hiệu dữ liệu được ghép nối từ các cổng đầu ra 2421 của bộ tách kênh dải 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 đầu ra tín hiệu từ bảy bộ thu phát AN 2409. Cổng đầu ra 2431 của môđun cộng 2429 ghép nối đầu ra của môđun cộng 2429 với cổng đầu vào 2433 của bộ khuếch đại công suất cao (HPA) 2435. Đầu ra của HPA 2435 được ghép nối với ăngten (không được thể hiện trên hình vẽ) để truyền các đầu ra tín hiệu đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-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.

Phép tính trọng số chùm tia

Lại tham chiếu đến Fig.8 là hình vẽ mô tả ví dụ của các tín hiệu trên liên kết truyền về, mô hình toán học của liên kết truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối có thể được sử dụng để mô tả liên kết như sau:

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

trong đó,

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

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

$\mathbf{Ar}$ là ma trận bức xạ đường lên truyền về $L \times K$. Phần tử a_{lk} chứa độ khuếch đại và pha của đường dẫn từ vị trí tham chiếu được định vị trong chùm tia K đến phần tử ăngten nhận thứ l (chữ cái “el”) 406 trên giàn Rx. Trong một số trường hợp, các giá trị của ma trận bức xạ đường lên truyền về được lưu trữ trong kho dữ liệu kênh 941 (xem Fig.30).

$\mathbf{E}$ là ma trận tải tin $L \times L$. Phần tử e_{ij} xác định độ khuếch đại và pha của tín hiệu từ phần tử ăngten thứ j 406 trên giàn nhận đến phần tử ăngten thứ i 409 trên giàn truyền. Trong một số trường hợp, ngoài các giao tiếp chéo ngẫu nhiên giữa các đường dẫn (tạo thành từ sự cách ly có giới hạn của các thiết bị điện tử), ma trận $\mathbf{E}$ là ma trận đường chéo. Ma trận $\mathbf{E}$ có thể được chuẩn hóa sao cho tổng biên độ bình phương của

tất cả các phần tử trong ma trận là L . Trong một số trường hợp, các giá trị của ma trận tải tin được lưu trữ trong kho dữ liệu kênh 941 (xem Fig.29).

C_t là ma trận bức xạ đường xuống truyền về $M \times L$. Phần tử c_{ml} chứa độ khuếch đại và pha của đường dẫn phần tử ăngten thứ l (chữ cái “el”) trên giàn Tx đến AN thứ m 515 từ trong số M AN 515. Trong một số trường hợp, các giá trị của ma trận bức xạ đường xuống truyền về được lưu trữ trong kho dữ liệu kênh 941 (xem Fig.29).

H_{ret} là ma trận kênh truyền về $M \times K$, 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 đường lên $E[n_{ul}n_{ul}^H] = 2\sigma_{ul}^2 I_L \cdot I_L$ là ma trận đơn vị $L \times L$.

σ^2 là phương sai nhiễu. σ_{ul}^2 được trải nghiệm trên đường lên, trong khi σ_{dl}^2 được trải nghiệm trên đường xuống.

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

B_{ret} là ma trận $K \times M$ của các trọng số chùm tia liên kết truyền về đầu cuối-đến-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 cách giả sử các sự tương đồng nhất định giữa các kênh đa đường dẫn đầu cuối-đến-đầu cuối truyền đi và truyền về. Chẳng hạn, các ma trận kênh truyền đi và truyền về được mô tả ở trên với sự tham chiếu chung đến M , K , E và các mô hình khác. Tuy nhiên, các phần mô tả này chỉ được dự định để đơn giản hóa phần mô tả nhằm rõ ràng hơn và không được dự định để giới hạn các ví dụ chỉ ở các trường hợp có các cấu hình giống hệt theo các hướng truyền đi và truyền về. Chẳng hạn, trong một số trường hợp, cùng các bộ phát đáp được sử dụng cho cả lưu lượng truyền đi và truyền về và do đó, ma trận tải tin E có thể giống nhau đối với cả sự định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối truyền đi và truyền về (và các phép tính trọng số chùm tia tương ứng). Trong các trường hợp khác, các bộ phát đáp khác nhau được sử dụng cho lưu lượng truyền đi và truyền về và ma trận tải tin truyền đi (E_{fwd}) và ma trận tải tin truyền về (E_{ret}) khác có thể được sử dụng để mô hình hóa các kênh đa đường dẫn đầu

cuối-đến-đầu cuối tương ứng và để tính toán các trọng số chùm tia 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 các kênh đa đường dẫn đầu cuối-đến-đầu cuối truyền đi và truyền về. Trong các trường hợp khác, M và K có thể đề cập đến các nhóm con khác nhau của các AN 515 và/hoặc các thiết bị đầu cuối người dùng 517 và/hoặc các số khác nhau của các AN 515 và/hoặc các thiết bị đầu cuối người dùng 517, theo các hướng truyền đi và truyền về.

Các trọng số chùm tia có thể được tính toán theo nhiều cách để thỏa mãn các yêu cầu hệ thống. Trong một số trường hợp, chúng được tính toán sau khi triển khai bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối. Trong một số trường hợp, ma trận tải tin E được đo trước khi triển khai. Trong một số trường hợp, các trọng số chùm tia được tính toán với mục đích làm tăng tỷ số tín hiệu trên giao thoa cộng nhiễu (signal to interference plus noise, SINR) của mỗi chùm tia và có thể được tính toán như sau:

$$\mathbf{B}_{ret} = (\mathbf{R}^{-1} \mathbf{H})^H$$

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

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

Phần tử k, m của ma trận trọng số chùm tia truyền về K x M Bret tạo các trọng số để tạo chùm tia đến AN thứ m 515 từ thiết bị đầu cuối người dùng trong chùm tia người dùng thứ k. Do đó, trong một số trường hợp, mỗi trọng số các trọng số chùm tia truyền về được sử dụng để tạo ra các chùm tia người dùng truyền về được tính toán bằng cách đánh giá các độ khuếch đại truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối (nghĩa là, các phần tử của ma trận kênh Hret) đối với mỗi trọng số các kênh đa đường dẫn đầu cuối-đến-đầu cuối (ví dụ, mỗi trọng số các kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối).

EQ. 2 giữ giá trị đúng trong đó R là hiệp phương sai của tín hiệu nhận được như được tạo ra trong EQ. 3. Do đó, khi tất cả các ma trận trong EQ. 1, EQ. 2 và EQ. 3 được biết, các trọng số chùm tia được sử dụng để tạo ra các chùm tia đầu cuối-đến-đầu cuối có thể được xác định một cách trực tiếp.

Nhóm các trọng số chùm tia này làm giảm sai số bình phương trung bình giữa x

và y . Nó cũng làm tăng tỷ số tín hiệu trên nhiễu cộng nhiễu đầu cuối-đến-đầu cuối (SINR) đối với mỗi trong số K tín hiệu liên kết truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối 525 (bắt nguồn từ mỗi trong số các chùm tia K).

Số hạng thứ nhất $2\sigma_{dl}^2 \mathbf{I}_M$ trong EQ. 3 là hiệp phương sai của nhiễu đường xuống (không được hiệu chỉnh). Số hạng thứ hai $2\sigma_{dl}^2 \mathbf{C}_t \mathbf{E} \mathbf{E}^H \mathbf{C}_t^H$ trong EQ. 3 là hiệp phương sai của nhiễu đường lên (được hiệu chỉnh ở các AN). Số hạng thứ ba $\mathbf{H} \mathbf{H}^H$ trong EQ. 3 là hiệp phương sai của tín hiệu. Việc xác định phương sai của nhiễu đường lên với 0 và bỏ qua số hạng cuối cùng ($\mathbf{H} \mathbf{H}^H$) tạo thành nhóm các trọng số làm tăng tỷ số tín hiệu trên nhiễu đường xuống bằng cách căn chỉnh pha các tín hiệu nhận được trên mỗi trong số M AN 515. Việc thiết lập phương sai nhiễu đường xuống so với 0 và bỏ qua số hạng thứ ba tạo thành nhóm các trọng số làm tăng SINR đường lên. Việc thiết lập cả hai phương sai nhiễu đường lên và đường xuống so với 0 tạo thành bộ nhận khử hiệu chỉnh làm tăng tỷ số sóng mang trên giao thoa (C/I).

Trong một số trường hợp, các trọng số chùm tia được chuẩn hóa để tạo tổng biên độ bình phương của dãy bất kỳ của tổng đơn vị Bret.

Trong một số trường hợp, phép giải cho EQ. 2 được xác định bởi sự hiểu biết trước về các ma trận $\mathbf{A}_r$, $\mathbf{C}_t$ và $\mathbf{E}$ cũng như các phương sai của các vector nhiễu $\mathbf{n}_{ul}$ và $\mathbf{n}_{dl}$. Sự hiểu biết về các giá trị phân tử của các ma trận có thể được thu trong quá trình đo được thực hiện trong quá trình sản xuất và kiểm tra của các thành phần liên quan của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối. Điều này có thể làm tốt đối với các hệ thống trong đó người ta không mong đợi 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 hoạt động ở các dải tần số cao hơn, các sự mong đợi này có thể không có mặt. Trong các trường hợp này, các ma trận $\mathbf{A}_r$, $\mathbf{C}_t$ và $\mathbf{E}$ có thể được đánh giá sau khi triển khai thiết bị (như là vệ tinh) mà bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối được bố trí trên đó.

Trong một số trường hợp trong đó thông tin ưu tiên không ở được sử dụng để xác định các trọng số, phép giải cho EQ. 2 có thể được xác định bằng cách đánh giá các giá trị của $\mathbf{R}$ và $\mathbf{H}$. Trong một số trường hợp, các thiết bị đầu cuối người dùng

được chỉ định 517 ở tâm của mỗi vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 truyền các tín hiệu đã biết x trong các khoảng thời gian hiệu chỉnh. Vector được nhận ở AN 515 là:

$$\mathbf{u} = \mathbf{H} \mathbf{x} + \mathbf{Ct} \mathbf{E} \mathbf{n}_{ul} + \mathbf{n}_{dl} \quad \text{EQ. 4}$$

Trong một ví dụ, CPS 505 đánh giá các giá trị của $\mathbf{R}$ và $\mathbf{H}$ dựa vào các tương quan sau:

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

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

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

$\hat{\mathbf{R}}$ là giá trị ước tính của ma trận hiệp phương sai $\mathbf{R}$, $\hat{\mathbf{H}}$ là giá trị ước tính của ma trận kênh $\mathbf{H}$ 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 sai số tần số được đưa vào bởi sự truyền dẫn đường lên. Trong một số trường hợp, không có dữ liệu truyền thông truyền về nào được truyền trong khoảng thời gian hiệu chỉnh. Nghĩa là, chỉ các tín hiệu hiệu chỉnh mà đã biết đối với các AN được truyền trên liên kết truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối trong khoảng thời gian hiệu chỉnh để cho phép giá trị $\hat{p}_k$ được xác định từ vector nhận được $\mathbf{u}$ nhờ sử dụng biểu thức nêu trên. Điều này lượt cho phép giá trị $\hat{\mathbf{H}}$ được xác định. Cả sự đánh giá ma trận hiệp phương sai $\hat{\mathbf{R}}$ và sự đánh giá ma trận kênh $\hat{\mathbf{H}}$ được xác định dựa vào các tín hiệu được nhận trong khoảng thời gian hiệu chỉnh.

Trong một số trường hợp, CPS 505 có thể đánh giá ma trận hiệp phương sai $\hat{\mathbf{R}}$ trong khi dữ liệu truyền thông có mặt (ví dụ, ngay cả khi $\mathbf{x}$ chưa được biết đến). Điều này có thể được thấy từ thực tế là $\hat{\mathbf{R}}$ được xác định chỉ dựa vào tín hiệu nhận được $\mathbf{u}$.

Tuy nhiên, giá trị $\hat{\mathbf{H}}$ được đánh giá dựa vào các tín hiệu được nhận trong khoảng thời gian hiệu chỉnh trong đó chỉ các tín hiệu hiệu chỉnh được truyền trên liên kết truyền về.

Trong một số trường hợp, các sự đánh giá của cả ma trận kênh $\hat{\mathbf{H}}$ và ma trận hiệp phương sai $\hat{\mathbf{R}}$ được thực hiện trong khi dữ liệu truyền thông đang được truyền trên liên kết truyền về. Trong trường hợp này, ma trận hiệp phương sai $\hat{\mathbf{R}}$ được đánh giá như được lưu ý ở trên. Tuy nhiên, giá trị x được xác định bằng cách giải điều biến tín hiệu nhận được. Khi giá trị x được biết đến, thì ma trận kênh có thể được đánh giá như được lưu ý ở trên trong EQ. 6 và EQ. 7.

Các thành phần tín hiệu và giao thoa của tín hiệu sau khi định dạng búp sóng chứa trong vector Bret H x. Các công suất tín hiệu và giao thoa đối với mỗi trong số các chùm tia được chứa trong ma trận K x K Bret H. Công suất trong phần tử đường chéo thứ K của Bret H là công suất tín hiệu mong muốn từ chùm tia k. Tổng biên độ bình phương của tất cả các phần tử trong dãy k ngoại trừ phần tử đường chéo là công suất giao thoa trong chùm tia k. Vì vậy C/I đối với chùm tia 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. Nhiễu đường lên được chứa trong vector Bret Ct En_{ul}, có ma trận hiệp phương sai K x K của $2\sigma_{ul}^2 \mathbf{Bret Ct E E^H Ct^H Bret^H}$. Phần tử đường chéo thứ k của ma trận hiệp phương sai chứa công suất nhiễu đường lên trong chùm tia k. Tỷ số tín hiệu trên nhiễu đường lên đối với chùm tia 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 đường

lên. Nhiều đường xuống được chứa trong vector $\mathbf{B}_{ndl}$, có hiệp phương sai là $2\sigma_{dl}^2 \mathbf{I}_K$ vì các trọng số chùm tia được chuẩn hóa. Vì vậy, tỷ số tín hiệu trên nhiễu đường xuống là:

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

SINR đầu cuối-đến-đầu cuối là tổ hợp của phương trình EQ. 8 đến EQ. 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 để tính toán SINR đầu cuối-đến-đầu cuối được cho ma trận tải tin $\mathbf{E}$. Ma trận tải tin có thể được xây dựng bởi sự lựa chọn thông minh độ khuếch đại và các pha của mỗi trong số các phần tử $\mathbf{E}$. Độ khuếch đại và pha của các phần tử đường chéo $\mathbf{E}$ tối ưu hóa một số số liệu hữu ích (thường là hàm số của K chùm tia SINR như được tính toán ở trên) có thể được lựa chọn và được thực hiện bằng cách thiết lập bộ dịch chuyển pha 418 trong mỗi trong số các bộ phát đáp 411. Các hàm số hữu ích ứng viên bao gồm, nhưng không bị giới hạn bởi, tổng của SINR_k (tổng SINR), tổng của $\text{Log}(1+\text{SINR}_k)$ (tỷ lệ thuận với toàn bộ lưu lượng) hoặc toàn bộ công suất trong ma trận kênh $\mathbf{H}$. Trong một số trường hợp, sự cải thiện về hàm số hữu ích bằng cách tùy chỉnh 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 chèn vào của các phần tử ăngten được sử dụng. Trong một số trường hợp, hàm số hữu ích có thể được cải thiện bằng một lượng không bình thường bằng cách lựa chọn tùy chỉnh độ khuếch đại tín hiệu và pha nhận/truyền.

Tham chiếu đến Fig.9, mô hình toán học của liên kết truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối 501 có thể được sử dụng để mô tả liên kết 501 như sau:

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

trong đó,

$\mathbf{x}$ là vectơ cột $K \times 1$ của tín hiệu được truyền. Biên độ bình phương của mỗi phần tử trong $\mathbf{x}$ được xác định là đơn vị (bằng công suất tín hiệu). Trong một số trường hợp, công suất truyền không bằng nhau có thể đạt được bằng cách lựa chọn các trọng số chùm tia truyền đi.

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

$\mathbf{C}_r$ là ma trận bức xạ đường lên truyền đi $L \times M$. Phần tử c_{lm} chứa độ khuếch đại và pha của đường dẫn 2002 từ AN 515 thứ m đến phần tử ăngten nhận thứ l (chữ cái “el”) 406 của giàn Rx của ăngten trên bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503. Trong một số trường hợp, các giá trị của ma trận bức xạ đường lên truyền đi được lưu trữ trong kho dữ liệu kênh 921 (xem Fig.29).

$\mathbf{E}$ là ma trận tải tin $L \times L$. Phần tử e_{ij} xác định độ khuếch đại và pha của tín hiệu từ phần tử ăngten giàn nhận thứ j đến phần tử ăngten thứ i của giàn truyền. Ngoài các giao tiếp chéo ngẫu nhiên giữa các đường dẫn (thu được từ sự cách ly có giới hạn của các thiết bị điện tử), ma trận $\mathbf{E}$ là ma trận đường chéo. Trong một số trường hợp, ma trận $\mathbf{E}$ được chuẩn hóa sao cho tổng biên độ bình phương của tất cả các phần tử trong ma trận là L . Trong một số trường hợp, các giá trị của ma trận tải tin được lưu trữ trong kho dữ liệu kênh 921 (xem Fig.29).

$\mathbf{A}_t$ là ma trận bức xạ đường xuống truyền đi $K \times L$. Phần tử a_{kl} chứa độ khuếch đại và pha của đường dẫn từ phần tử ăngten L (chữ cái “el”) trên giàn Tx của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 đến vị trí tham chiếu trong chùm tia người dùng k . Trong một số trường hợp, các giá trị của ma trận bức xạ đường xuống truyền đi được lưu trữ trong kho dữ liệu kênh 921 (xem Fig.29).

$\mathbf{H}_{fwd}$ là ma trận kênh truyền đi $K \times M$, là bằng tích $\mathbf{A}_t \mathbf{E} \mathbf{C}_r$.

$\mathbf{n}_{ul}$ là vectơ nhiễu $L \times 1$ của nhiễu Gaussian phức. Hiệp phương sai của nhiễu đường lên là:

$$E[\mathbf{n}_{ul} \mathbf{n}_{ul}^H] = 2\sigma_{ul}^2 \mathbf{I}_L,$$

trong đó $\mathbf{I}_L$ là ma trận đơn vị $L \times L$.

$\mathbf{n}_{dl}$ là vector nhiễu $K \times 1$ của nhiễu Gaussian phức. Hiệp phương sai của nhiễu đường xuống là:

$$E[\mathbf{n}_{dl} \mathbf{n}_{dl}^H] = 2\sigma_{dl}^2 \mathbf{I}_K,$$

trong đó $\mathbf{I}_K$ là ma trận đơn vị $K \times K$.

$\mathbf{B}_{fwd}$ là ma trận trọng số chùm tia $M \times K$ của các trọng số chùm tia liên kết truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối.

Các trọng số chùm tia đối với chùm tia người dùng k là các phần tử trên cột k của $\mathbf{B}_{fwd}$. Không giống như liên kết truyền về, C/I đối với chùm tia k không được xác định bởi các trọng số chùm tia đối với chùm tia k . Các trọng số chùm tia đối với chùm tia k xác định tỷ số tín hiệu trên nhiễu (SNR) đường lên và SNR đường xuống, cũng như công suất sóng mang (C) trong C/I . Tuy nhiên, công suất giao thoa trong chùm tia k được xác định bởi các trọng số chùm tia đối với tất cả các chùm tia khác, ngoại trừ đối với chùm tia k . Trong một số trường hợp, trọng số chùm tia đối với chùm tia k được lựa chọn để tăng SNR. Các trọng số chùm tia này đồng thời làm tăng C/I đối với chùm tia k , vì C được tăng lên. Tuy nhiên, sự giao thoa có thể được tạo ra đối với các chùm tia khác. Như vậy, không giống như trong trường hợp liên kết truyền về, các trọng số chùm tia tối ưu không được tính toán dựa trên từng chùm tia (sự độc lập của các chùm tia khác).

Trong một số trường hợp, các trọng số chùm tia (bao gồm các ma trận bức xạ và tải tin được sử dụng để tính toán chúng) được xác định sau khi triển khai bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối. Trong một số trường hợp, ma trận tải tin $\mathbf{E}$ được đo trước khi triển khai. Trong một số trường hợp, có thể tính toán nhóm các trọng số chùm tia bằng cách sử dụng sự giao thoa được tạo ra trong các chùm tia khác bởi chùm tia k và tính sự giao thoa này là sự giao thoa trong chùm tia k . Mặc dù cách này có thể không tính toán các trọng số chùm tia tối ưu, nhưng cách này có thể được sử dụng để đơn giản phép tính trọng số. Điều này cho phép nhóm các trọng số được xác định đối với mỗi chùm tia độc lập với tất cả các chùm tia khác. Các trọng số chùm tia truyền đi tạo thành sau đó được tính toán tương tự với các trọng số chùm tia truyền về:

$$\mathbf{B}_{fwd} = \mathbf{H}^H \mathbf{R}^{-1}, \text{ EQ. 13, trong đó}$$

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

Số hạng thứ nhất $2\sigma_{dl}^2 \mathbf{I}_K$ trong EQ. 14 là hiệp phương sai của nhiễu đường xuống (không được hiệu chỉnh). Số hạng thứ hai $2\sigma_{ul}^2 \mathbf{A}_t \mathbf{E} \mathbf{E}^H \mathbf{A}_t^H$ là hiệp phương sai của nhiễu đường lên (được hiệu chỉnh ở các AN). Số hạng thứ ba $\mathbf{H} \mathbf{H}^H$ là hiệp phương sai của tín hiệu. Việc thiết lập phương sai của nhiễu đường lên so với 0 và bỏ qua số hạng cuối cùng ($\mathbf{H} \mathbf{H}^H$) tạo thành nhóm các trọng số làm tăng tỷ số tín hiệu trên nhiễu đường xuống bằng cách căn chỉnh pha các tín hiệu nhận được ở M AN 515. Việc thiết lập phương sai nhiễu đường xuống so với 0 và bỏ qua số hạng thứ ba tạo thành nhóm các trọng số làm tăng SNR đường lên. Việc thiết lập cả hai phương sai nhiễu đường lên và đường xuống so với 0 tạo thành bộ nhận khử hiệu chỉnh làm tăng tỷ số C/I. Đối với liên kết truyền đi, nhiễu đường xuống và giao thoa thường trội hơn. Do đó, các số hạng này thường hữu ích trong việc tính toán trọng số chùm tia. Trong một số trường hợp, số hạng thứ hai trong EQ. 14 (nhiễu đường lên) là không đáng kể so với số hạng thứ nhất (nhiễu đường xuống). Trong các trường hợp này, số hạng thứ hai có thể được bỏ qua trong các phép tính hiệp phương sai, đơn giản hóa hơn nữa phép tính toán trong khi vẫn tạo ra nhóm các trọng số chùm tia làm tăng SINR đầu cuối-đến-đầu cuối.

Đối với liên kết truyền về, các trọng số chùm tia có thể được chuẩn hóa. Đối với các trọng số chùm tia truyền với công suất bằng nhau được cấp phát cho tất cả K tín hiệu liên kết truyền đi, mỗi cột của Bfwd có thể được thay đổi tỷ lệ sao cho tổng biên độ bình phương của các phần tử trên cột bất kỳ sẽ cộng thành một đơn vị. Việc chia sẻ công suất bằng nhau sẽ cho mỗi trong số các tín hiệu một phần bằng nhau 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 truyền đi, sự chia sẻ công suất không bằng nhau giữa các tín hiệu liên kết truyền đi được thực hiện. Theo đó, trong một số trường hợp, các tín hiệu chùm tia nhận 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 chùm tia hoặc cho các chùm tia quan trọng hơn SINR lớn hơn so với các chùm tia ít quan trọng hơn. Để tạo các trọng số chùm tia đối với sự chia sẻ công suất không bằng nhau,

ma trận trọng số chùm tia công suất bằng nhau $M \times K$, Bfwd được nhân sau bởi ma trận đường chéo $K \times K$, P, do đó $Bfwd = Bfwd P$. mới. Cho phép

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

sau đó bình phương giá trị của phần tử đường chéo thứ k thể hiện 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 phải là đường chéo là 0).

Trong một số trường hợp, phép giải cho EQ. 13 được xác định bằng sự hiểu biết trước về 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, sự hiểu biết về các ma trận có thể được thu trong quá trình đo được thực hiện trong quá trình sản xuất và kiểm tra các thành phần liên quan của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối. Điều này có thể làm tốt đối với các hệ thống trong đó không mong đợi các giá trị trong các ma trận thay đổi một cách đáng kể từ những kết quả được đo trong quá trình vận hành hệ thống. Tuy nhiên, đối với một số hệ thống, đặc biệt là các hệ thống hoạt động ở các dải tần số cao hơn, điều này có thể không xảy ra.

Trong một số trường hợp trong đó thông tin ưu tiên không ở được sử dụng để xác định các trọng số, các giá trị của R và H đối với liên kết truyền đi có thể được đánh giá để xác định phép giải cho EQ. 13. Trong một số trường hợp, các AN truyền đầu thăm dò kênh trong các khoảng thời gian hiệu chỉnh. Các đầu thăm dò kênh có thể có nhiều loại tín hiệu khác nhau. Trong một trường hợp, các dãy PN khác nhau, trực giao và đã biết được truyền bởi mỗi AN. Các đầu thăm dò kênh có thể được hiệu chỉnh trước theo thời gian, tần số và/hoặc pha để loại bỏ các sự hư hỏng liên kết dây tiếp sóng (như sẽ được mô tả tiếp theo 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 đầu thăm dò kênh. Trong một số trường hợp, các đầu thăm dò kênh có thể là cùng các tín hiệu với các tín hiệu được sử dụng để loại bỏ sự hư hỏng liên kết dây tiếp sóng.

Trong khoảng thời gian hiệu chỉnh, thiết bị đầu cuối ở tâm của mỗi chùm tia có thể được chỉ định để nhận và xử lý các đầu thăm dò 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 vector $M \times 1$ của các đầu thăm dò kênh được truyền. Trong một số trường hợp, mỗi thiết bị được chỉ định đầu tiên loại bỏ sai số tần số ngẫu nhiên (thu được từ sự dịch chuyển Doppler và sai số dao động đầu cuối) và sau đó hiệu chỉnh tín hiệu thu được với mỗi trong số M dãy PN trực giao, đã biết. Các kết quả của các sự hiệu chỉnh này là các số phức M (biên độ và pha) đối với mỗi thiết bị và các kết quả này được truyền về CPS qua liên kết truyền về. Các số phức M được tính toán bởi thiết bị đầu cuối ở tâm của chùm tia thứ k có thể được sử dụng để tạo hàng thứ k của sự đánh giá của ma trận

kênh, $\hat{H}$. Bằng cách sử dụng các phép đo từ tất cả K thiết bị được chỉ định, giá trị đánh giá của toàn bộ ma trận kênh được thu. Trong nhiều trường hợp, việc kết hợp phép đo từ nhiều khoảng thời gian hiệu chỉnh là hữu ích để cải thiện sự đánh giá của ma trận kênh. Khi sự đánh giá của ma trận kênh được xác định, sự đánh giá của ma trận hiệp

phương sai, $\hat{R}$, có thể được xác định từ EQ. 14 nhờ sử dụng giá trị 0 đối với số hạng thứ hai. Điều này có thể là sự đánh giá rất chính xác của ma trận hiệp phương sai nếu nhiễu đường lên (số hạng thứ hai trong EQ. 14) là không đáng kể so với nhiễu đường xuống (số hạng thứ nhất trong EQ. 14). Các trọng số chùm tia liên kết truyền đi có thể sau đó được tính toán bằng cách sử dụng các sự đánh giá của ma trận kênh và ma trận hiệp phương sai trong EQ. 13. Theo đó, trong một số trường hợp, việc tính toán các trọng số chùm tia bao gồm bước đánh giá các độ khuếch đại truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối (nghĩa là, các giá trị của các phần tử của ma trận kênh H_{fwd}) cho mỗi trong số các kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối giữa AN 515 và vị trí tham chiếu trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng. Trong các trường hợp khác, việc tính toán các trọng số chùm tia bao gồm bước đánh giá các độ khuếch đại truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối cho $K \times M$ kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối từ M AN 515 đến các vị trí tham chiếu được định vị trong K vùng phủ sóng chùm tia người dùng.

Các thành phần tín hiệu và giao thoa của tín hiệu sau khi định dạng búp sóng chứa trong vector $H_{Bfwd} \times$ (tích số của H , B_{fwd} , x). Các công suất tín hiệu và giao thoa đối với mỗi trong số các chùm tia 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 muốn được dự định đối với chùm tia k . Tổng biên độ bình phương của tất cả các phần tử trong dãy k

ngoại trừ phần tử đường chéo là công suất giao thoa trong chùm tia k. Vì vậy, C/I đối với chùm tia 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 B fwd. Nhiều đường lên được chứa 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 nhiều đường lên trong chùm tia k. Tỷ số tín hiệu trên nhiều đường lên đối với chùm tia 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 đường lên. Nhiều đường xuống được chứa trong vector n_{dl} , có hiệp phương sai là $2\sigma_{dl}^2 \mathbf{I}_K$. Vì vậy, tỷ số tín hiệu trên nhiều đường xuống là:

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

SINR đầu cuối-đến-đầu cuối là tổ hợp của các phương trình từ EQ. 15 đến 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 để tính toán SINR đầu cuối-đến-đầu cuối được cho ma trận tải tín hiệu E. Ma trận tải tín hiệu có thể được xây dựng bởi sự lựa chọn thông minh độ khuếch đại và các pha của mỗi phần tử của các phần tử E. Độ khuếch đại và

pha của các phần tử đường chéo E tối ưu hóa một số số liệu hữu ích (thường là hàm số của K chùm tia của SINR như được tính toán ở trên) có thể được lựa chọn và được thực hiện bằng cách thiết lập bộ dịch chuyển pha 418 trong mỗi trong số các bộ phát đáp 411. Các hàm số hữu ích ứng viên bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở, tổng của $SINR_k$ (toàn bộ SINR), tổng của $\text{Log}(1+SINR_k)$ (tỷ lệ thuận với toàn bộ lưu lượng) hoặc toàn bộ công suất trong ma trận kênh, H. Trong một số trường hợp, sự cải thiện theo hàm số hữu ích bằng cách tùy chỉnh 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 chèn vào của các phần tử ăngten được sử dụng. Trong một số trường hợp, hàm số hữu ích có thể được cải thiện bằng một lượng không bình thường bằng cách lựa chọn tùy chỉnh độ khuếch đại tín hiệu và pha nhận/truyền.

Các vùng phủ sóng phân biệt

Một số ví dụ được mô tả ở trên giả sử rằng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-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. Chẳng hạn, một số trường hợp mô tả vệ tinh có hệ thống ăngten chiếu đến vùng phủ sóng vệ tinh và cả các AN và các thiết bị đầu cuối người dùng được phân bố về mặt địa lý xuyên suốt vùng phủ sóng vệ tinh (ví dụ, như trên Fig.27). Số lượng chùm tia có thể được tạo ra trong vùng phủ sóng vệ tinh và các kích thước (các vùng phủ sóng chùm tia) của các chùm tia đó có thể bị ảnh hưởng bởi các khía cạnh của thiết kế hệ thống ăngten, như là số lượng và cách bố trí các phần tử ăngten, kích thước gương phản xạ, v.v. Chẳng hạn, việc thực hiện dung lượng rất lớn có thể bao gồm bước triển khai số lượng lớn AN (ví dụ, hàng trăm) với khoảng cách đủ lớn giữa các AN để cho phép định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối. Chẳng hạn, như được lưu ý ở trên với tham chiếu đến Fig.28, việc tăng số lượng AN có thể tăng dung lượng hệ thống, mặc dù với việc giảm bớt các sự truyền về khi số lượng tăng lên. Khi một hệ thống ăngten hỗ trợ cả các thiết bị đầu cuối người dùng và các AN, việc đạt được sự triển khai này với khoảng cách đủ giữa các AN có thể ép phân bố địa lý rất rộng các AN (ví dụ, qua toàn bộ vùng phủ sóng vệ tinh, như trên Fig.27). Thực tế, việc đạt được sự phân bố này có thể bao gồm bước đặt các AN ở các vị trí không mong muốn, như là trên các vùng với sự truy cập kém đến mạng tốc độ cao (ví dụ, cơ sở hạ tầng sợi quang kém trở về CPS 505, một hoặc nhiều đại dương,

v.v.), các phạm vi quyền hạn hợp pháp, ở các vùng đất đỏ và/hoặc mật độ dân số cao, v.v.. Theo đó, việc đặt AN thường bao gồm các yếu tố cân bằng khác nhau.

Các ví dụ của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 được thiết kế với các hệ thống ăngten, nhờ đó cho phép cấp dịch vụ riêng cho hai hoặc nhiều hơn hai vùng phủ sóng phân biệt từ một bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503. Như được mô tả dưới đây, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 có thể bao gồm ít nhất hệ thống ăngten thứ nhất cấp dịch vụ cho vùng phủ sóng AN và ít nhất hệ thống ăngten thứ hai cấp dịch vụ cho vùng phủ sóng người dùng. Vì thiết bị đầu cuối người dùng và các vùng phủ sóng AN được cấp dịch vụ bởi các hệ thống ăngten khác nhau, mỗi hệ thống ăngten có thể được thiết kế để đáp ứng các thông số thiết kế khác nhau và mỗi vùng phủ sóng có thể phân biệt ít nhất một phần (ví dụ, theo địa lý, theo kích thước chùm tia và/hoặc mật độ, theo dải tần số, v.v.). Chẳng hạn, việc sử dụng sự tiếp cận hệ thống đa ăngten này có thể cho phép các thiết bị đầu cuối người dùng được phân bố trên vùng địa lý diện tích tương đối lớn (ví dụ, toàn bộ hợp chủng quốc Hoa Kỳ) để được cấp dịch vụ bởi số lượng lớn AN được phân bố trên một vùng địa lý tương đối nhỏ (ví dụ, một phần của miền tây hợp chủng quốc Hoa Kỳ). Chẳng hạn, vùng phủ sóng AN 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 trong vùng vật lý.

Fig.41 là hình vẽ minh họa của hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối ví dụ 3400. Hệ thống 3400 là hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối bao gồm: các nút truy cập được phân bố theo địa lý (AN) 515; bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403); và các thiết bị đầu cuối người dùng 517. Bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 có thể là một ví dụ của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 503 được mô tả ở đây. Các AN 515 được phân bố theo địa lý trong vùng phủ sóng AN 3450, các thiết bị đầu cuối người dùng 517 được phân bố theo địa lý trong vùng phủ sóng người dùng 3460. Vùng phủ sóng AN 3450 và vùng phủ sóng người dùng 3460 đều nằm trong vùng phủ sóng của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403, nhưng vùng phủ sóng AN 3450 khác biệt với vùng phủ sóng người dùng 3460. Nói cách khác, vùng AN không giống với vùng phủ sóng người dùng, nhưng thay vào đó có diện tích đáng kể (không bình thường) (ví dụ, nhiều hơn một phần tư, một nửa, v.v. của vùng phủ sóng AN) không chồng lên vùng phủ sóng người dùng. Chẳng hạn, trong

một số trường hợp, ít nhất một nửa vùng phủ sóng người dùng không chồng lên vùng phủ sóng AN. Như được mô tả ở trên (ví dụ, trên Fig.5), các AN 515 có thể tạo các tín hiệu thông qua mạng phân bố 518 đến CPS 505 trong phần mặt đất 502 và CPS 505 có thể được kết nối với nguồn dữ liệu.

Bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 bao gồm hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng riêng 3410 và hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420. Mỗi trong số hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng 3410 và hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 có khả năng hỗ trợ định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối. Chẳng hạn, như được mô tả dưới đây, mỗi hệ thống con ăngten có thể có (các) giàn riêng của nó của các phần tử ăngten kết hợp, các gương phản xạ riêng của nó, v.v.. Hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng 3410 có thể bao gồm giàn phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp 3416 và giàn phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp 3419. Hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 có thể bao gồm giàn phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng kết hợp 3426 và giàn phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng kết hợp 3429. Các phần tử cấu thành được “kết hợp” theo nghĩa giàn phần tử cấu thành này có các đặc điểm làm cho hệ thống con ăngten tương ứng của nó thích hợp để sử dụng trong hệ thống định dạng búp sóng. Chẳng hạn, phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng đã cho 3426 có thể nhận sự đa hợp chồng chập của các tín hiệu đường lên truyền về từ một số (ví dụ, tất cả) các vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 theo cách góp phần tạo các chùm tia người dùng truyền về. Phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng đã cho 3429 có thể truyền tín hiệu đường xuống truyền đi theo cách chồng chập với các sự truyền dẫn tương ứng từ các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng khác 3429 để tạo một số hoặc tất cả các chùm tia người dùng truyền đi. Phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng đã cho 3416 có thể nhận sự đa hợp chồng chập của các tín hiệu đường lên truyền đi từ nhiều (ví dụ, tất cả) AN 515 theo cách góp phần tạo các chùm tia người dùng truyền đi (ví dụ, bằng cách cảm ứng đa đường dẫn ở bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403). Phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng đã cho 3419 có thể truyền tín hiệu đường xuống truyền về theo cách chồng chập với các sự truyền dẫn tương ứng từ các phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng khác 3419 để góp phần tạo một số hoặc tất cả các chùm tia người dùng truyền về (ví dụ, bằng cách cho phép các AN 515 nhận các tín hiệu truyền về đa hợp mà có thể được xác định trọng số chùm tia để tạo

các chùm tia người dùng truyền về).

Bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối ví dụ 3403 bao gồm các bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 và các bộ phát đáp liên kết truyền về 3440. Các bộ phát đáp có thể là dạng thích hợp bất kỳ của đường dẫn tín hiệu dạng ống uốn cong giữa các hệ thống con ăngten. Mỗi bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 ghép nối một phần tử tương ứng trong số các phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3416 với một phần tử tương ứng trong số các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng 3429. Mỗi bộ phát đáp liên kết truyền về 3440 ghép nối một phần tử tương ứng trong số các phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng 3426 với một phần tử tương ứng trong số các phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3419. Chẳng hạn, một số ví dụ được mô tả dưới dạng có sự tương ứng một-một giữa mỗi phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng 3426 và phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng tương ứng 3419 (hoặc ngược lại) hoặc mỗi phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng 3426 được ghép nối với “một và chỉ một” phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp 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 nhận và phía khác của bộ phát đáp được ghép nối với một phần tử truyền. Trong các trường hợp khác, một hoặc cả hai phía của bộ phát đáp có thể được ghép nối một cách chọn lọc (ví dụ, bởi bộ chuyển mạch hoặc các thiết bị khác, như được mô tả dưới đây) với một trong số các phần tử. Chẳng hạn, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 có thể bao gồm một hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng 3410 và hai hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420; và mỗi bộ phát đáp có thể được ghép nối, ở một phía, với phần tử liên kết dây tiếp sóng duy nhất và được ghép nối một cách chọn lọc, ở phía khác, hoặc với một phần tử liên kết người dùng của hệ thống con ăngten liên kết người dùng thứ nhất 3420 hoặc với một phần tử liên kết người dùng của hệ thống con ăngten liên kết người dùng thứ hai 3420. Trong các trường hợp ghép nối một cách chọn lọc này, mỗi phía của mỗi bộ phát đáp có thể còn được xem xét ở thời điểm đã cho bất kỳ (ví dụ, đối với giao dịch liên quan đến tín hiệu cụ thể) dưới dạng đang được ghép nối với “một và chỉ một” phần tử hoặc dạng tương tự.

Đối với các sự truyền thông hướng truyền đi, các sự truyền dẫn từ các AN 515 có thể được nhận (qua các đường lên dây tiếp sóng 521) bởi các phần tử nhận cấu

thành liên kết dây tiếp sóng 3416, được chuyển tiếp bởi các bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 đến các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng 3429 và được truyền bởi các phần tử truyền 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 truyền về, các sự truyền dẫn từ các thiết bị đầu cuối người dùng 517 có thể được nhận bởi các phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng, được chuyển tiếp bởi các bộ phát đáp liên kết truyền về 3440 đến các phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3419 và được truyền bởi các phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3419 đến các AN 515 trong vùng phủ sóng AN 3450 (qua các tín hiệu đường xuống dây tiếp sóng 527). Đường dẫn tín hiệu toàn phần từ AN 515 đến thiết bị đầu cuối người dùng 517 qua bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 được gọi là liên kết truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối 501; và đường dẫn tín hiệu toàn phần từ thiết bị đầu cuối người dùng 517 đến AN 515 qua bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 được gọi là liên kết truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối 523. Như được mô tả ở đây, liên kết truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối 501 và liên kết truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối 523, mỗi liên kết này có thể bao gồm nhiều kênh đa đường dẫn đối với các sự truyền thông hướng truyền đi và truyền về.

Trong một số trường hợp, mỗi trong số các nút truy cập được phân bố theo địa lý (ví dụ, các AN 515) có đầu ra tín hiệu đường lên truyền đi được xác định trọng số chùm tia đầu cuối-đến-đầu cuối. Bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối (ví dụ, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403) bao gồm giàn phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp 3416 truyền thông không dây với các nút truy cập được phân bố, giàn phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng kết hợp 3419 truyền thông không dây với các thiết bị đầu cuối người dùng 517 và các bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430. Các bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 là các bộ phát đáp “dạng ống uốn cong” (hoặc không xử lý), sao cho mỗi bộ phát đáp kết xuất tín hiệu tương ứng với tín hiệu nó nhận mà ít hoặc không xử lý. Chẳng hạn, mỗi bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 có thể khuếch đại và/hoặc dịch tần số tín hiệu nhận được của nó, nhưng không thực hiện việc xử lý phức tạp hơn (ví dụ, không có sự giải điều biến và/hoặc sự điều biến, không có sự định dạng búp sóng trên thiết bị, v.v.). Trong một số trường hợp, mỗi bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 tiếp nhận đầu vào ở dải tần số thứ nhất (ví dụ, 30 GHz LHCP) và kết xuất tín hiệu đầu ra ở dải tần số thứ hai (ví dụ, 20 GHz RHCP) và mỗi

bộ phát đáp liên kết truyền về 3440 tiếp nhận tín hiệu đầu vào ở dải tần số thứ nhất (ví dụ, 30 GHz RHCP) và kết xuất tín hiệu đầu ra ở dải tần số thứ hai (ví dụ, 20 GHz LHCP). Tổ 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 dây tiếp sóng có thể sử dụng các dải tần số giống nhau hoặc khác nhau. Mỗi bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 được ghép nối giữa một phần tử tương ứng trong số các phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3416 và một phần tử tương ứng trong số các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng 3419 (ví dụ, với sự tương ứng một-một). Các bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 chuyển đổi các sự chồng chập của các tín hiệu đường lên truyền đi được xác định trọng số chùm tia qua các phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3416 thành các tín hiệu đường xuống truyền đi (ví dụ, các tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp). Sự truyền dẫn các tín hiệu đường xuống truyền đi bởi các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng 3429 góp phần tạo chùm tia người dùng truyền đi cấp dịch vụ cho ít nhất một số thiết bị đầu cuối người dùng trong số các thiết bị đầu cuối người dùng 517. Như được mô tả ở đây, các tín hiệu đường lên truyền đi có thể được xác định trọng số chùm tia và được đồng bộ hóa đầu cuối-đến-đầu cuối (ví dụ, pha được đồng bộ hóa và nếu cần, thời gian được đồng bộ hóa) trước khi truyền dẫn từ các AN 515, mà có thể cho phép sự chồng chập mong muốn của các tín hiệu đó ở các phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3416.

Sự truyền dẫn góp phần định dạng chùm tia người dùng truyền đi theo nghĩa sự định dạng búp sóng là đầu cuối-đến-đầu cuối, như được mô tả ở đây; sự định dạng búp sóng là kết quả của một số bước, bao gồm bước tính toán và bước áp dụng các trọng số thích hợp vào các tín hiệu đường lên truyền đi trước khi truyền dẫn đến bộ chuyển tiếp từ các AN 515, bước cảm ứng đa đường dẫn bởi các bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 và bước truyền các tín hiệu đường xuống truyền đi với ăngten giàn liên kết người dùng. Hơn nữa, để đơn giản, một số phần mô tả có thể tham chiếu đến chùm tia truyền đi dưới dạng được tạo ra bởi sự chồng chập của các tín hiệu đường xuống truyền đi được truyền. Trong một số trường hợp, mỗi trong số các thiết bị đầu cuối người dùng 517 truyền thông không dây với giàn phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng kết hợp 3429 để nhận sự đa hợp (ví dụ, sự chồng chập) của các tín hiệu đường xuống truyền đi được truyền.

Trong một số trường hợp, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 còn bao gồm giàn phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng 3426 truyền thông không dây với các thiết bị đầu cuối người dùng 517, giàn phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp 3419 truyền thông không dây với các AN 515 được phân bổ và các bộ phát đáp liên kết truyền về 3440. Các bộ phát đáp liên kết truyền về 3440 có thể tương tự hoặc giống với bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 (ví dụ, các bộ phát đáp dạng ống uốn cong), ngoại trừ mỗi bộ phát đáp này được ghép nối giữa một phần tử tương ứng trong số các phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng 3426 và một phần tử tương ứng trong số các phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3419. Sự tiếp nhận các tín hiệu đường lên truyền về qua giàn phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng kết hợp 3426 tạo ra các tín hiệu đường xuống truyền về trong các bộ phát đáp liên kết truyền về 3440. Trong một số trường hợp, mỗi tín hiệu đường xuống truyền về là sự chồng chập tương ứng của các tín hiệu đường lên truyền về được nhận bởi phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng 3426 từ nhiều thiết bị đầu cuối người dùng 517 (ví dụ, từ các vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519). Trong một số trường hợp này, mỗi trong số các thiết bị đầu cuối người dùng truyền thông không dây với giàn phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng kết hợp 3426 để truyền tín hiệu đường lên tương ứng với các phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng 3426.

Trong một số trường hợp, các tín hiệu đường xuống truyền về được truyền bởi phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3419 đến các AN 515 được phân bổ theo địa lý. Như được mô tả ở đây, mỗi AN 515 có thể nhận sự đa hợp chồng chập của các tín hiệu đường xuống truyền về được truyền từ các phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3419 (nghĩa là, tương ứng với các tín hiệu đường xuống truyền về). Các tín hiệu đường xuống truyền về nhận được (được gọi là các tín hiệu nhận đa hợp) có thể được ghép nối với bộ định dạng búp sóng truyền về, mà có thể kết hợp, đồng bộ hóa, xác định trọng số chùm tia và thực hiện việc xử lý thích hợp khác bất kỳ. Chẳng hạn, bộ định dạng búp sóng truyền về có thể xác định trọng số các sự chồng chập nhận được 1706 của các tín hiệu đường xuống truyền về (nghĩa là, áp dụng các trọng số chùm tia truyền về vào các tín hiệu truyền về đa hợp) trước khi kết hợp các tín hiệu. Bộ định dạng búp sóng truyền về cũng có thể đồng bộ hóa các tín hiệu truyền về đa hợp trước khi kết hợp các tín hiệu để tính ít nhất đối với các chênh lệch độ trễ đường dẫn tương ứng giữa bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 và các AN 515. Trong

một số trường hợp, sự đồng bộ hóa có thể là tương ứng với tín hiệu pha vô tuyến được nhận (được nhận bởi một hoặc nhiều hoặc tất cả các AN 515).

Vì bản chất đầu cuối-đến-đầu cuối của sự định dạng búp sóng, việc áp dụng thích hợp các trọng số chùm tia truyền về bởi bộ định dạng búp sóng truyền về cho phép tạo các chùm tia người dùng truyền về, ngay cả khi bộ định dạng búp sóng truyền về có thể được ghép nối với phía liên kết dây tiếp sóng của các kênh đa đường dẫn đầu cuối-đến-đầu cuối và các chùm tia người dùng có thể được tạo ra ở phía liên kết người dùng của các kênh đa đường dẫn đầu cuối-đến-đầu cuối. Theo đó, bộ định dạng búp sóng truyền về có thể được gọi là góp phần vào việc tạo các chùm tia người dùng truyền về (nhiều khía cạnh khác của hệ thống 3400 cũng góp phần vào sự định dạng búp sóng truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối, như là sự cảm ứng đa đường dẫn bởi các bộ phát đáp liên kết truyền về 3440 của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403). Hơn nữa, bộ định dạng búp sóng truyền về có thể được gọi là tạo ra các chùm tia người dùng truyền về để đơn giản.

Trong một số trường hợp, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 còn bao gồm hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng 3410 để chiếu vùng phủ sóng nút truy cập (vùng phủ sóng AN 3450) mà trong đó các nút truy cập được phân bố được định vị. Hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng 3410 bao gồm giàn phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp 3416. Trong một số trường hợp, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 còn bao gồm hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 để chiếu vùng phủ sóng người dùng 3460 mà trong đó các thiết bị đầu cuối người dùng 517 được phân bố theo địa lý (ví dụ, trong các vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519). Hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 bao gồm giàn phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng kết hợp 3429. Trong một số trường hợp, hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 bao gồm giàn nhận liên kết người dùng và giàn truyền liên kết người dùng (ví dụ, các giàn riêng, song công một nửa của các phần tử cấu thành liên kết người dùng kết hợp). Giàn nhận liên kết người dùng và giàn truyền liên kết người dùng có thể được chèn theo không gian (ví dụ, vào điểm đến cùng gương phản xạ), được tách theo không gian (ví dụ, vào điểm ở các gương phản xạ nhận và truyền, một cách tương ứng) hoặc được bố trí theo cách thích hợp khác bất kỳ. Trong các trường hợp khác, hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 bao gồm

các phần tử song công toàn phần (ví dụ, mỗi phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng 3429 chia sẻ kết cấu bức xạ với phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng tương ứng 3426). Tương tự, trong một số trường hợp, hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng 3410 bao gồm giàn nhận liên kết dây tiếp sóng và giàn truyền liên kết dây tiếp sóng, mà có thể tương quan về không gian theo cách thích hợp bất kỳ và có thể bức xạ trực tiếp, đi đến gương phản xạ duy nhất, đi đến các gương phản xạ truyền và nhận riêng, v.v.. Trong các trường hợp khác, hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng 3410 bao gồm các phần tử song công toàn phần. Hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng 3410 và hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 có thể có các kích thước lỗ giống nhau hoặc khác nhau. Trong một số trường hợp, hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng 3410 và hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 hoạt động theo cùng dải tần số (ví dụ, dải Ka, v.v.). Trong một số trường hợp, hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng 3410 và hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 hoạt động theo các dải tần số khác nhau (ví dụ, liên kết dây tiếp sóng sử dụng dải V, liên kết người dùng sử dụng dải Ka, v.v.).

Trong các ví dụ, như là các ví dụ được thể hiện trên Fig.41, vùng phủ sóng AN 3450 khác biệt với vùng phủ sóng người dùng 3460. Vùng phủ sóng AN 3450 có thể là vùng phủ sóng liền kề duy nhất hoặc nhiều vùng vùng phủ sóng riêng. Tương tự (và độc lập với việc liệu có một hay nhiều vùng phủ sóng AN), vùng phủ sóng người dùng 3460 có thể là vùng phủ sóng liền kề duy nhất hoặc các vùng phủ sóng riêng. Trong một số trường hợp, vùng phủ sóng AN 3450 là nhóm con của vùng phủ sóng người dùng 3460. Trong một số trường hợp, ít nhất một nửa vùng phủ sóng người dùng 3460 không chồng lên vùng phủ sóng AN 3450. Như được mô tả dưới đây, trong một số trường hợp, hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng 3410 còn bao gồm một hoặc nhiều gương phản xạ liên kết dây tiếp sóng và hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 còn bao gồm một hoặc nhiều gương phản xạ liên kết người dùng. Trong một số trường hợp, gương phản xạ liên kết dây tiếp sóng 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 gương phản xạ liên kết người dùng. Trong một số trường hợp, gương phản xạ liên kết dây tiếp sóng xấp xỉ bằng vùng phủ sóng (ví dụ, nằm trong khoảng 5%, 10%, 25%) như gương phản xạ liên kết người dùng.

Trong một số trường hợp, hệ thống 3400 hoạt động trong ngữ cảnh của các chức năng mạng mặt đất, như được mô tả với tham chiếu đến Fig.5. Chẳng hạn, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 truyền thông với các AN 515, truyền thông với CPS 505 qua mạng phân bố 518. Trong một số trường hợp, CPS 505 bao gồm bộ định dạng búp sóng truyền đi 529 và/hoặc bộ định dạng búp sóng truyền về 531, chẳng hạn, như được mô tả với tham chiếu đến Fig.29. Như được mô tả ở trên, bộ định dạng búp sóng truyền đi 529 có thể tham gia vào việc tạo các chùm tia đầu cuối-đến-đầu cuối truyền đi bằng cách áp dụng các trọng số chùm tia truyền đi được tính toán (ví dụ, được cấp bởi bộ tạo trọng số chùm tia truyền đi 918) vào các tín hiệu liên kết truyền đi; và bộ định dạng búp sóng truyền về 531 có thể tham gia vào việc tạo các chùm tia đầu cuối-đến-đầu cuối truyền về bằng cách áp dụng các trọng số chùm tia truyền về được tính toán (ví dụ, được cấp bởi bộ tạo trọng số chùm tia truyền về 935) vào các tín hiệu liên kết truyền về. Như được mô tả ở trên, các trọng số chùm tia đầu cuối-đến-đầu cuối và/hoặc nhóm các trọng số chùm tia truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối có thể được tính toán theo các độ khuếch đại đầu cuối-đến-đầu cuối được đánh giá đối với các kênh đa đường dẫn đầu cuối-đến-đầu cuối, mỗi kênh đa đường dẫn đầu cuối-đến-đầu cuối ghép nối truyền thông một AN tương ứng trong số các AN 515 được phân bố với vị trí tương ứng trong vùng phủ sóng người dùng (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 uốn cong liên kết truyền đi tương ứng 3430 và/hoặc qua các bộ phát đáp dạng ống uốn cong liên kết truyền về tương ứng 3440. Trong một số trường hợp, mặc dù không được thể hiện trên hình vẽ, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 bao gồm bộ truyền tín hiệu pha vô tuyến. Bộ truyền tín hiệu pha vô tuyến có thể được thực hiện dưới dạng được mô tả ở trên với tham chiếu đến bộ phát tín hiệu pha vô tuyến và mô đun hỗ trợ hiệu chỉnh 424 trên Fig.15. Trong một số trường hợp, tín hiệu pha vô tuyến 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 bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 (ví dụ, với các phản tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3416 theo tín hiệu pha vô tuyến).

Trong một số trường hợp, hệ thống 3400 bao gồm hệ thống để tạo ra các chùm tia người dùng sử dụng sự định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối. Các trường hợp này bao gồm các phương tiện để truyền các tín hiệu đường lên truyền đi từ các vị trí được phân bố theo địa lý, trong đó các tín hiệu đường lên truyền đi được tạo ra từ tổ

hợp được xác định trọng số của các tín hiệu chùm tia người dùng và trong đó mỗi tín hiệu chùm tia người dùng tương ứng với một và chỉ một chùm tia người dùng. Chẳng hạn, các vị trí được phân bố theo địa lý có thể bao gồm các AN 515 và các phương tiện để truyền các tín hiệu đường lên truyền đi có thể bao gồm một số hoặc tất cả bộ định dạng búp sóng truyền đi 529, mạng phân bố 518 và các AN 515 được phân bố theo địa lý (truyền thông với bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403). Các trường hợp này có thể còn bao gồm các thiết bị để chuyển tiếp các tín hiệu đường lên truyền đi để tạo ra các tín hiệu đường xuống truyền đi. Mỗi tín hiệu đường xuống truyền đi được tạo ra bằng cách khuếch đại sự chồng chập duy nhất của các tín hiệu đường lên truyền đi và các tín hiệu đường xuống truyền đi chồng chập để tạo ra các chùm tia người dùng, trong đó mỗi tín hiệu chùm tia người dùng là vượt trội trong chùm tia người dùng tương ứng. Chẳng hạn, các phương tiện dùng để chuyển tiếp các tín hiệu đường lên truyền đi để tạo ra các tín hiệu đường xuống truyền đi có thể bao gồm bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 (truyền thông với một hoặc nhiều thiết bị đầu cuối người dùng trong các vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519) với các đường dẫn tín hiệu được định vị ở cùng vị trí của nó, mà có thể bao gồm các bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 và các bộ phát đáp liên kết truyền về 3440.

Các trường hợp này bao gồm các phương tiện thứ nhất dùng để nhận sự chồng chập thứ nhất của các tín hiệu đường xuống truyền đi và khôi phục một trong số các tín hiệu chùm tia 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 ăngten thiết bị đầu cuối người dùng và modem hoặc các thành phần khác để khôi phục các tín hiệu chùm tia người dùng từ các tín hiệu đường xuống truyền đi). Một số trường hợp này còn bao gồm phương tiện thứ hai (ví dụ, bao gồm thiết bị đầu cuối người dùng thứ hai 517) dùng để nhận sự chồng chập thứ hai của các tín hiệu đường xuống truyền đi và khôi phục một trong số các tín hiệu chùm tia người dùng thứ hai. Chẳng hạn, các phương tiện thứ nhất để nhận được định vị trong phạm vi chùm tia người dùng thứ nhất và phương tiện thứ hai dùng để nhận được định vị trong chùm tia người dùng thứ hai.

Fig.42 là hình vẽ minh họa của mô hình ví dụ của các đường dẫn tín hiệu đối với các tín hiệu mang dữ liệu truyền về trên liên kết truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối 523. Mô hình ví dụ có thể hoạt động tương tự như vậy đối với mô hình được mô tả với

tham chiếu đến các hình vẽ từ Fig.6 đến Fig.8, ngoại trừ bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 bao gồm các đường dẫn tín hiệu liên kết truyền về 3502 được dành riêng cho các sự truyền thông liên kết truyền về. Mỗi đường dẫn tín hiệu liên kết truyền về 3502 có thể bao gồm bộ phát đáp liên kết truyền về 3440 được ghép nối giữa phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng 3426 và phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3419. Các tín hiệu bắt nguồn từ các thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong K vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 được truyền (dưới dạng các tín hiệu đường lên truyền về 525) lên đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403, được nhận bởi giàn L đường dẫn tín hiệu liên kết truyền về 3502, được truyền thông qua L bộ phát đáp liên kết truyền về 3440 đến L phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng tương ứng 3419 và được truyền bởi mỗi trong số L phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3419 với một số hoặc tất cả M AN 515 (tương tự với những gì được thể hiện trên Fig.7). Theo cách này, các đường dẫn tín hiệu liên kết truyền về 3502 (ví dụ, các bộ phát đáp liên kết truyền về 3440) cảm ứng các đường dẫn trong các sự truyền thông liên kết truyền về. Chẳng hạn, đầu ra của mỗi đường dẫn tín hiệu liên kết truyền về 3502 là tín hiệu đường xuống truyền về 527 tương ứng với một tín hiệu tương ứng trong số các tín hiệu đường lên truyền về được nhận 525 (ví dụ, tương ứng với đa hợp nhận được của các tín hiệu đường lên truyền về 525 được truyền từ nhiều vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519) và được truyền trên các tín hiệu đường xuống truyền về 527 đến M AN 515 (ví dụ, được phân bố theo địa lý trên vùng phủ sóng AN 3450). Như được mô tả ở trên, có L (hoặc lên đến L) cách khác nhau để tín hiệu được nhận từ thiết bị đầu cuối người dùng 517 được định vị trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 với AN 515 cụ thể. Bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 nhờ đó tạo L đường dẫn giữa thiết bị đầu cuối người dùng 517 và AN 515, được gọi chung là kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối 1908 (ví dụ, giống với Fig.8).

Các kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối có thể được mô hình hóa theo cùng cách được mô tả ở trên. Chẳng hạn, Ar là ma trận bức xạ đường lên truyền về $L \times K$, Ct là ma trận bức xạ đường xuống truyền về $M \times L$ và Eret là ma trận tải tin truyền về $L \times L$ đối với các đường dẫn từ các phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng 3426 đến các phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3419. Như được mô tả ở trên, kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối từ thiết bị đầu

cuối người dùng 517 trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 cụ thể đến AN 515 cụ thể là hiệu ứng rỗng của L đường dẫn tín hiệu khác nhau được cảm ứng bởi L đường dẫn tín hiệu liên kết truyền về duy nhất 3502 thông qua bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403. Với K vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 và M AN 515, có thể có $M \times K$ kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối được cảm ứng trong liên kết truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối 523 (qua bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403) và mỗi đối tượng có thể được mô hình hóa một cách riêng lẻ để tính toán phần tử tương ứng của ma trận kênh truyền về $M \times K$ Hret ($C_t \times E_{ret} \times A_r$). Như được lưu ý ở trên (ví dụ, với tham chiếu đến các hình vẽ từ Fig.6 đến Fig.8), không phải tất cả các AN 515, các vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 và/hoặc các bộ phát đáp liên kết truyền về 3440 phải tham gia vào các kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối. Trong một số trường hợp, số lượng chùm tia người dùng K lớn hơn số lượng bộ phát đáp L trong đường dẫn tín hiệu của kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối; và/hoặc số lượng AN M lớn hơn số lượng bộ phát đáp L trong đường dẫn tín hiệu của kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối. Như được mô tả với tham chiếu đến Fig.5, CPS 505 có thể cho phép tạo các chùm tia người dùng truyền về bằng cách áp dụng các trọng số chùm tia truyền về vào các tín hiệu truyền về đường xuống nhận được 527 (các tín hiệu nhận được, sau khi tiếp nhận bởi AN được gọi là các tín hiệu truyền về đa hợp 907, như sẽ được giải thích tiếp dưới đây). Các trọng số chùm tia truyền về có thể được tính toán dựa vào mô hình của $M \times K$ đường dẫn tín hiệu đối với mỗi kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối mà ghép nối các thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong một vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 với một trong số các AN 515.

Fig.43 là hình vẽ minh họa của mô hình ví dụ của các đường dẫn tín hiệu đối với các tín hiệu mang dữ liệu truyền đi trên liên kết truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối 501. Mô hình ví dụ có thể hoạt động tương tự với mô hình được mô tả với tham chiếu đến các hình vẽ từ Fig.9 đến Fig.11, ngoại trừ bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 bao gồm các đường dẫn tín hiệu liên kết truyền đi 3602 được dành riêng cho các sự truyền thông liên kết truyền đi. Mỗi đường dẫn tín hiệu liên kết truyền đi 3602 có thể bao gồm bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 được ghép nối giữa phần tử nhận cầu thành liên kết dây tiếp sóng 3416 và phần tử truyền cầu thành liên kết người dùng 3429. Như được mô tả ở trên, mỗi tín hiệu đường lên truyền đi 521 được xác định

trọng số chùm tia (ví dụ, ở bộ định dạng búp sóng truyền đi 515 trong CPS 505 của phần mặt đất 502) trước khi truyền dẫn từ AN 515. Mỗi AN 515 nhận tín hiệu đường lên truyền đi duy nhất 521 và truyền tín hiệu đường lên truyền đi duy nhất 521 qua một trong số M đường lên (ví dụ, theo cách được đồng bộ hóa thời gian). Các tín hiệu đường lên truyền đi 521 được nhận 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 truyền đi 3430 theo cách chồng chập mà tạo các tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp 545. Mỗi bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 đồng thời nhận tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp 545, dù với sự định thời khác nhau chút ít do các chênh lệch về các vị trí của mỗi phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng nhận 3416 được kết hợp với mỗi bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430. Chẳng hạn, ngay cả khi mỗi phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3416 có thể nhận sự đa hợp của cùng các tín hiệu đường lên truyền đi 521, các tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp nhận được 545 có thể hơi khác nhau. Các tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp 545 được nhận bởi các bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 qua các phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng tương ứng 3416, được truyền thông qua L bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 đến L phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng 3429 và được truyền bởi L phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng 3429 với một hoặc nhiều vùng phủ sóng trong số K vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 (ví dụ, dưới dạng tín hiệu đường xuống truyền đi 522, mỗi tín hiệu này tương ứng với một tín hiệu tương ứng trong số các tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp nhận được 521). Theo cách này, các đường dẫn tín hiệu liên kết truyền đi 3602 (ví dụ, các bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430) cảm ứng đa đường dẫn trong các sự truyền thông liên kết truyền đi. Như được mô tả ở trên, có L cách khác nhau để tín hiệu được nhận từ AN 515 đến thiết bị đầu cuối người dùng 517 cụ thể trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519. Bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 nhờ đó cảm ứng nhiều (ví dụ, lên đến L) đường dẫn tín hiệu giữa một AN 515 và một thiết bị đầu cuối người dùng 517 (hoặc một vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519), mà có thể được gọi chung là kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối 2208 (ví dụ, tương tự với Fig.10).

Các kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối 2208 có thể được mô hình hóa theo cùng cách được mô tả ở trên. Chẳng hạn, Cr là ma trận bức xạ đường lên truyền đi $L \times M$, At là ma trận bức xạ đường xuống truyền đi $K \times L$ và Efwd là ma trận tải tín hiệu truyền đi $L \times L$ đối với các đường dẫn từ các phần tử nhận cấu thành liên kết

dây tiếp sóng 3416 đến các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng 3429. Trong một số trường hợp, ma trận tải tin truyền đi E_{fwd} và ma trận tải tin truyền về E_{ret} có thể khác nhau để phản xạ các sự khác nhau giữa các đường dẫn tín hiệu liên kết truyền đi 3602 và các đường dẫn tín hiệu liên kết truyền về 3502. Như được mô tả ở trên, kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối từ một AN 515 cụ thể đến thiết bị đầu cuối người dùng 517 trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 cụ thể là hiệu ứng rỗng của L đường dẫn tín hiệu khác nhau được cảm ứng bởi L đường dẫn tín hiệu liên kết truyền đi duy nhất 3602 qua bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403. Với K vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 và M AN 515, có thể có M x K kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối được cảm ứng trong liên kết truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối 501 và mỗi vùng phủ sóng có thể được mô hình hóa một cách riêng lẻ để tính toán phần tử tương ứng của M x K ma trận kênh truyền đi H_{fwd} ($A_t \times E_{fwd} \times C_r$). Như được lưu ý với tham chiếu đến hướng truyền về, không phải tất cả các AN 515, các vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 và/hoặc các bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 phải tham gia trong các kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối. Trong một số trường hợp, số lượng chùm tia người dùng K lớn hơn số lượng bộ phát đáp L trong đường dẫn tín hiệu của kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối; và/hoặc số lượng AN M lớn hơn số lượng bộ phát đáp L trong đường dẫn tín hiệu của kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối. Như được mô tả với tham chiếu đến Fig.5, trọng số chùm tia thích hợp có thể được tính toán đối với mỗi trong số các kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối bởi CPS 505 để tạo ra các chùm tia người dùng truyền đi. Việc sử dụng các bộ phát tín hiệu (các AN 515) với một thiết bị nhận tín hiệu (thiết bị đầu cuối người dùng 517) có thể tạo độ phân tập đường dẫn truyền để cho phép truyền dẫn thành công thông tin đến thiết bị đầu cuối người dùng 517 bất kỳ với sự hiện diện của kênh đa đường dẫn được cảm ứng có chủ ý.

Các hình vẽ từ Fig.41 đến Fig.43 mô tả các bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 được thực hiện với các bộ phát đáp liên kết truyền đi riêng 3430 và các bộ phát đáp liên kết truyền về 3440. Fig.44A và Fig.44B thể hiện đường dẫn tín hiệu truyền đi ví dụ 3700 (giống như đường dẫn tín hiệu truyền đi 3602 trên Fig.43) và đường dẫn tín hiệu truyền về 3750 (giống với đường dẫn tín hiệu truyền về 3502 trên Fig.42), một cách tương ứng. Như được mô tả ở trên, đường dẫn tín hiệu truyền đi

3700 bao gồm bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 được ghép nối giữa phần tử nhận cầu thành liên kết dây tiếp sóng 3416 và phần tử truyền cầu thành liên kết người dùng 3429. Đường dẫn tín hiệu truyền về 3750 bao gồm bộ phát đáp liên kết truyền về 3440 được ghép nối giữa phần tử nhận cầu thành liên kết người dùng 3426 và phần tử truyền cầu thành liên kết dây tiếp sóng 3419. Trong một số trường hợp, mỗi bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 và mỗi bộ phát đáp liên kết truyền về 3440 là bộ phát đáp cực giao nhau. Chẳng hạn, bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 nhận tín hiệu đường lên truyền đi ở tần số đường lên với sự phân cực vòng theo tay trái (LHCP) và phát tín hiệu đường xuống truyền đi ở tần số đường xuống với sự phân cực vòng theo tay phải (RHCP); và mỗi bộ phát đáp liên kết truyền về 3440 nhận tín hiệu đường lên truyền về ở tần số đường lên với sự phân cực vòng theo tay phải (RHCP) và kết xuất tín hiệu đường xuống truyền về ở tần số đường xuống với sự phân cực vòng theo tay trái (LHCP). Một trường hợp như vậy (nghĩa là, theo các phân cực được mô tả trong ví dụ trước) được thể hiện chỉ theo các đường nét liền trên Fig.44A và Fig.44B và trường hợp khác (nghĩa là, theo các phân cực đối nhau từ các tín hiệu 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 cặp đường dẫn tín hiệu hai cực. Chẳng hạn, theo cả các đường nét liền và các đường nét đứt trên Fig.44A và Fig.44B, các bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 và các bộ phát đáp liên kết truyền về 3440 có thể nhận các tín hiệu đường lên truyền đi ở tần số đường lên giống nhau hoặc khác nhau với cả hai phân cực (LHCP và RHCP) và có thể đều kết xuất các tín hiệu đường xuống truyền đi ở tần số đường xuống giống nhau hoặc khác nhau với cả hai phân cực (RHCP và LHCP). Chẳng hạn, các trường hợp này có thể cho phép một số hệ thống hoạt động song song sử dụng dạng thích hợp bất kỳ của các kỹ thuật làm dịu sự giao thoa (ví dụ, sử dụng sự phân chia theo thời gian, sự phân chia theo tần số, v.v.). Trong một số trường hợp, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 bao gồm số lượng lớn bộ phát đáp, như là 512 bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 và 512 bộ phát đáp liên kết truyền về 3440 (ví dụ, tổng cộng là 1024 bộ phát đáp). Một số phương án thực hiện khác có thể bao gồm số lượng bộ phát đáp nhỏ hơn, như là 10 hoặc số lượng thích hợp khác bất kỳ. Trong một số trường hợp, các phần tử ăngten được thực hiện dưới dạng các kết cấu song công toàn phần, sao cho mỗi phần tử ăngten nhận chia sẻ kết cấu với phần tử ăngten truyền tương ứng. Chẳng hạn, mỗi phần tử ăngten được thể hiện có thể

được thực hiện dưới dạng hai trong số bốn cổng ống dẫn sóng của kết cấu bức xạ được làm thích ứng đối với cả sự truyền dẫn và sự tiếp nhận các tín hiệu. Trong một số trường hợp, chỉ các phần tử liên kết dây tiếp 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 kiểu phân cực khác nhau. Chẳng hạn, trong một số phương án thực hiện, các bộ phát đáp có thể được ghép nối giữa phần tử ăngten nhận và phần tử ăngten truyền có cùng tính phân cực.

Cả bộ phát đáp ví dụ liên kết truyền đi 3430 và bộ phát đáp liên kết truyền về 3440 có thể bao gồm các bộ khuếch đại nhiễu thấp (LNA) 3705, các bộ chuyển đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710, các bộ khuếch đại kênh 3715, các bộ dịch chuyển pha 3720, các bộ khuếch đại công suất 3725 (ví dụ, các bộ khuếch đại ống sóng di chuyển (Traveling Wave Tube Amplifier, TWTA), các bộ khuếch đại công suất trạng thái rắn (Solid State Power Amplifier, SSPA), v.v.) và các bộ lọc điều hòa 3730. Trong các phương án thực hiện hai cực, như được thể hiện, mỗi cực có đường dẫn tín hiệu riêng với một nhóm các thành phần bộ phát đáp riêng của nó. Một số phương án thực hiện có thể có nhiều thành phần hơn hoặc ít thành phần hơn. Chẳng hạn, các bộ chuyển đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710 có thể hữu ích trong các trường hợp trong đó các tần số đường lên và đường xuống khác nhau. Là một ví dụ, mỗi bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 có thể chấp nhận đầu vào ở dải tần số thứ nhất và có thể kết xuất tín hiệu ở dải tần số thứ hai; và mỗi bộ phát đáp liên kết truyền về 3440 có thể chấp nhận đầu vào ở dải tần số thứ nhất và có thể kết xuất tín hiệu ở dải tần số thứ hai.

Trong một số trường hợp, nhiều dải con được sử dụng (ví dụ, bảy dải con 500 MHz, như được mô tả ở trên). Chẳng hạn, trong một số trường hợp, các bộ phát đáp có thể được tạo ra để hoạt động trên cùng các dải con như được sử dụng theo phương án thực hiện dải con của mạng mặt đất, một cách hiệu quả kích hoạt các hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối độc lập và song song thông qua bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối duy nhất (mỗi hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối hoạt động theo dải con khác). Trong các trường hợp khác, hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối băng thông rộng có thể sử dụng nhiều dải con trong mạng mặt đất, nhưng đi qua một hoặc nhiều (hoặc tất cả) dải con thông qua các bộ phát đáp băng rộng (ví dụ, đi qua 7 dải con, mỗi bộ phát đáp này có băng rộng 500 MHz, thông

qua các bộ phát đáp băng thông 3,5 GHz). Trong các trường hợp này, mỗi bộ phát đáp có thể bao gồm nhiều bộ chuyển đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710 và/hoặc các thành phần khác, dành riêng để xử lý một hoặc nhiều dải con.). Việc sử dụng nhiều dải con tần số có thể cho phép các yêu cầu tích thoát đối với biên độ và pha tương ứng của bộ phát đáp, khi mạng mặt đất có thể xác định riêng các trọng số chùm tia được sử dụng trong mỗi trong số các dải con, hiệu chỉnh một cách hiệu quả sự biến đổi biên độ và pha băng thông của các bộ phát đáp. Chẳng hạn, với các bộ phát đáp truyền đi và truyền về riêng và sử dụng 7 dải con, tổng 14 trọng số chùm tia khác nhau có thể được sử dụng cho mỗi chùm tia, nghĩa là 7 dải con * 2 hướng (truyền đi và truyền về). Trong một số trường hợp, mỗi đường dẫn 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 bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 bao gồm các bộ điều khiển dịch chuyển pha và/hoặc các bộ điều khiển khác mà có thể thiết lập một cách riêng lẻ các pha và/hoặc các đặc điểm khác của mỗi bộ phát đáp như được mô tả ở trên.

Các phân tử ăngten có thể truyền và/hoặc nhận các tín hiệu theo cách thích hợp bất kỳ. Trong một số trường hợp, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 có một hoặc nhiều gương phản xạ được cấp giàn. Chẳng hạn, hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng 3410 có thể có gương phản xạ liên kết dây tiếp sóng đối với cả sự truyền và tiếp nhận hoặc hoặc gương phản xạ truyền liên kết dây tiếp sóng và gương phản xạ nhận liên kết dây tiếp sóng riêng. Tương tự, hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 có thể có gương phản xạ liên kết người dùng đối với cả sự truyền và tiếp nhận hoặc gương phản xạ truyền liên kết người dùng và gương phản xạ nhận liên kết người dùng riêng. Theo một trường hợp ví dụ, hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng 3410 bao gồm giàn các kết cấu bức xạ và mỗi kết cấu bức xạ bao gồm phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3416 và phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3419. Trong trường hợp này, hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng 3410 có thể còn bao gồm gương phản xạ liên kết dây tiếp sóng để chiếu các phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3416 và được chiếu bởi các phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3419. Trong một số trường hợp, gương phản xạ được thực hiện dưới dạng một số gương phản xạ, mà có thể có các hình dạng, kích thước hoặc các sự định hướng khác nhau, v.v.. Trong các trường hợp khác, hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng 3410 và/hoặc hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 được thực hiện

không có các gương phản xạ, chẳng hạn, như giàn bức xạ trực tiếp.

Như được lưu ý ở trên, việc tách hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng 3410 và hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 có thể cho phép cấp dịch vụ cho một hoặc nhiều vùng trong số các vùng phủ sóng AN 3450 được phân biệt với một hoặc nhiều vùng trong số các vùng phủ sóng người dùng 3460. Chẳng hạn, hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng 3410 có thể được thực hiện với gương phản xạ có vùng vật lý lớn hơn một cách đáng kể so với gương phản xạ của vùng phủ sóng người dùng 3460. Gương phản xạ lớn hơn có thể cho phép số lượng lớn AN 515 được phân bố theo địa lý trong vùng phủ sóng AN nhỏ hơn một cách đáng kể 3450, như là trong nhóm con của vùng phủ sóng người dùng 3460. Một số ví dụ được thể hiện trên Fig.45 và Fig.46.

Fig.45 thể hiện một ví dụ của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 (ví dụ, vệ tinh) vùng phủ sóng Trái đất có thể nhìn thấy 3800. Theo bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối ví dụ 3403, hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng 3410 bao gồm gương phản xạ liên kết dây tiếp sóng 18 mét và hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 bao gồm gương phản xạ liên kết người dùng 2 mét (ví dụ, diện tích gương phản xạ liên kết dây tiếp sóng lớn hơn khoảng tám mươi lần so với diện tích gương phản xạ liên kết người dùng). Mỗi hệ thống con ăngten còn bao gồm giàn 512 phần tử nhận/truyền cấu thành kết hợp. Chẳng hạn, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối ví dụ 3403 có thể bao gồm 512 bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 (ví dụ, tạo 512 đường dẫn tín hiệu truyền đi 3700 như được thể hiện trên Fig.44A) và 512 bộ phát đáp liên kết truyền về 3440 (ví dụ, tạo 512 đường dẫn tín hiệu truyền về 3750 như được thể hiện trên Fig.44B). Vùng phủ sóng người dùng 3460 bao gồm 625 vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519. Khu vực tạo bong nhỏ ở vùng miền Tây hợp chủng quốc Hoa Kỳ là vùng phủ sóng AN 3450 có 597 AN 515 được phân bố ở đây. Vùng phủ sóng AN 3450 là nhóm con nhỏ của vùng phủ sóng người dùng 3460, nhưng chỉ tạo dung lượng lớn với số lượng lớn AN 515. Vùng phủ sóng AN mật độ tương đối này 3450 được gọi ở đây “nông trang AN”.

Fig.46 là hình vẽ minh họa ví dụ của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 (ví dụ, vệ tinh) vùng phủ sóng lục địa hợp chủng quốc Hoa Kỳ (Continental United States, CONUS) 3900. Bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối ví dụ 3403 tương

tự với một ví dụ được thể hiện trên Fig.45, ngoại trừ hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 bao gồm gương phản xạ liên kết người dùng 5 mét (ví dụ, gương phản xạ liên kết dây tiếp sóng lớn hơn khoảng bốn lần so với gương phản xạ liên kết người dùng). Vùng phủ sóng người dùng 3460 bao gồm 523 vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519. Vùng phủ sóng AN 3450 (nông trang AN) giống với vùng trên Fig.45: khu vực ở vùng miền Tây hợp chủng quốc Hoa Kỳ có 597 AN 515 được phân bố ở đây, là nhóm con nhỏ của vùng phủ sóng người dùng 3460.

Các vùng phủ sóng

Theo một ví dụ các bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 được mô tả ở trên, hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 được mô tả dưới dạng hệ thống con ăngten (ví dụ, với một gương phản xạ liên kết người dùng) và hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng 3410 được mô tả dưới dạng hệ thống con ăngten (ví dụ, với một gương phản xạ liên kết dây tiếp sóng). Trong một số trường hợp, hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 có thể bao gồm một hoặc nhiều hệ thống con ăngten (ví dụ, hai hoặc nhiều hơn hai giàn con của các phần tử ăngten cấu thành) được kết hợp với một hoặc nhiều gương phản xạ liên kết người dùng và hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng 3410 có thể bao gồm một hoặc nhiều hệ thống con ăngten được kết hợp với một hoặc nhiều gương phản xạ liên kết dây tiếp sóng. Chẳng hạn, một số bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 có thể có hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 bao gồm nhóm thứ nhất của các phần tử nhận/truyền cấu thành liên kết người dùng được kết hợp với gương phản xạ liên kết người dùng thứ nhất (ví dụ, mỗi phần tử được sắp xếp để chiếu và/hoặc được chiếu bởi, gương phản xạ liên kết người dùng thứ nhất) và nhóm thứ hai của các phần tử nhận/truyền cấu thành liên kết người dùng được kết hợp với gương phản xạ liên kết người dùng thứ hai. Trong một số trường hợp, hai gương phản xạ liên kết người dùng gần như có cùng vùng vật lý (ví dụ, nằm trong khoảng 5%, 10%, 25%, 50%) với nhau. Trong một số trường hợp, một gương phản xạ liên kết người dùng lớn hơn đáng kể (ví dụ, ít nhất gấp đôi vùng vật lý) so với vùng kia. Mỗi nhóm các phần tử nhận/truyền cấu thành liên kết người dùng và gương phản xạ liên kết người dùng được kết hợp của nó, có thể chiếu đến vùng phủ sóng người dùng phân biệt, tương ứng. Chẳng hạn, nhiều vùng phủ sóng người dùng có thể không chồng chập, chồng chập một phần, chồng chập toàn phần (ví dụ, vùng phủ sóng người

dùng nhỏ hơn có thể được chứa trong vùng phủ sóng người dùng lớn hơn), v.v.. Trong một số trường hợp, nhiều vùng phủ sóng người dùng có thể được kích hoạt (được chiếu) tại cùng thời điểm. Các trường hợp khác, như được mô tả dưới đây, có thể cho phép kích hoạt chọn lọc các phần khác nhau của các phần tử nhận/truyền cấu thành liên kết người dùng, nhờ đó kích hoạt các vùng phủ sóng người dùng khác nhau ở các thời điểm khác nhau. Việc chuyển giữa các vùng phủ sóng có thể được phối hợp với CPS. Chẳng hạn, sự hiệu chỉnh định dạng búp sóng, sự tính toán trọng số chùm tia và áp dụng trọng số chùm tia có thể xảy ra trong hai bộ định dạng búp sóng song song, một bộ định dạng búp sóng cho mỗi trong số hai vùng phủ sóng khác nhau. Việc sử dụng các trọng số thích hợp trong các bộ định dạng búp sóng có thể được định thời để tương ứng với hoạt động của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối. Các trọng số chùm tia trong một số trường hợp có thể thay đổi trong lát thời gian nếu các bộ định dạng búp sóng lát thời gian được sử dụng.

Fig.47A và Fig.47B lần lượt thể hiện đường dẫn tín hiệu truyền đi ví dụ 4000 và đường dẫn tín hiệu truyền về 4050, mỗi hệ thống con có sự kích hoạt chọn lọc các hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420. Mỗi đường dẫn tín hiệu có bộ phát đáp được ghép nối giữa các phần tử ăngten cấu thành. Trước tiên tham chiếu Fig.47A, bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 là giống với ví dụ được mô tả với tham chiếu đến Fig.44A, ngoại trừ phía đầu ra của bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 được ghép nối một cách chọn lọc với một trong hai phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng 3429, mỗi phần của hệ thống con ăngten liên kết người dùng riêng 3420 (ví dụ, mỗi phần của giàn riêng của các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng kết hợp 3429). Như được mô tả ở trên, bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 có thể bao gồm một số hoặc tất cả các LNA 3705, các bộ chuyển đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710, các bộ khuếch đại kênh 3715, các bộ dịch chuyển pha 3720, các bộ khuếch đại công suất 3725 và các bộ lọc điều hòa 3730.

Bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 trên Fig.47A còn bao gồm các bộ chuyển mạch 4010 (các bộ chuyển mạch liên kết truyền đi) ghép nối một cách chọn lọc bộ phát đáp hoặc với phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng thứ nhất 3429a (của hệ thống con ăngten liên kết người dùng thứ nhất 3420) qua nhóm thứ nhất của các bộ khuếch đại công suất 3725 và các bộ lọc điều hòa 3730 hoặc với phần tử truyền cấu

thành liên kết người dùng thứ hai 3429b (của hệ thống con ăngten liên kết người dùng thứ hai 3420) qua nhóm thứ hai của các bộ khuếch đại công suất 3725 và các bộ lọc điều hòa 3730. Chẳng hạn, ở chế độ chuyển mạch thứ nhất, bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 tạo một cách hiệu quả đường dẫn tín hiệu giữa phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3416 và phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng thứ nhất 3429; và ở chế độ chuyển mạch thứ hai, bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 tạo một cách hiệu quả đường dẫn tín hiệu giữa cùng phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3416 và phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng thứ hai 3429. Các bộ chuyển mạch 4010 có thể được thực hiện nhờ sử dụng các phương tiện chuyển mạch thích hợp bất kỳ, như là bộ chuyển mạch cơ điện, bộ chuyển tiếp, tranzito, v.v.. Mặc dù được thể hiện dưới dạng các bộ chuyển mạch 4010, các phương án thực hiện khác có thể sử dụng các phương tiện thích hợp khác bất kỳ để ghép nối một cách chọn lọc đầu vào của bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 với nhiều đầu ra. Chẳng hạn, các bộ khuếch đại công suất 3725 có thể được sử dụng làm các bộ chuyển mạch (ví dụ, tạo độ khuếch đại cao khi “đóng mạch” và độ khuếch đại (hoặc tổn hao) bằng 0 khi “ngắt mạch”).

Tham chiếu đến Fig.47B, bộ phát đáp liên kết truyền về 3440 phản chiếu theo chức năng bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 trên Fig.47A. Hơn so với sự ghép nối một cách chọn lọc phía đầu ra của bộ phát đáp, như trong trường hợp liên kết truyền đi trên Fig.47A, phía đầu vào của bộ phát đáp liên kết truyền về 3440 trên Fig.47B được ghép nối một cách chọn lọc với một trong hai phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng 3426. Một lần nữa, mỗi phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng 3426 có thể là một phần của hệ thống con ăngten liên kết người dùng riêng 3420 (ví dụ, mỗi phần của giàn riêng của các phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng kết hợp 3426). Như được mô tả ở trên (ví dụ, trên Fig.44B), bộ phát đáp liên kết truyền về 3440 có thể bao gồm một số hoặc tất cả các LNA 3705, các bộ chuyển đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710, các bộ khuếch đại kênh 3715, các bộ dịch chuyển pha 3720, các bộ khuếch đại công suất 3725 và các bộ lọc điều hòa 3730.

Bộ phát đáp liên kết truyền về 3440 trên Fig.47B còn bao gồm các bộ chuyển mạch 4010 (các bộ chuyển mạch liên kết truyền về) ghép nối một cách chọn lọc bộ phát đáp hoặc với phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng thứ nhất 3426 (của hệ thống con ăngten liên kết người dùng thứ nhất 3420) qua nhóm thứ nhất của các LNA

3705 hoặc với phần tử nhận cầu thành liên kết người dùng thứ hai 3426 (của hệ thống con ăngten liên kết người dùng thứ hai 3420) qua nhóm thứ hai của các LNA 3705. Chẳng hạn, ở chế độ chuyển mạch thứ nhất, bộ phát đáp liên kết truyền về 3440 tạo một cách hiệu quả đường dẫn tín hiệu giữa phần tử nhận cầu thành liên kết người dùng thứ nhất 3426 và phần tử truyền cầu thành liên kết dây tiếp sóng 3419; và ở chế độ chuyển mạch thứ hai, bộ phát đáp liên kết truyền về 3440 tạo một cách hiệu quả đường dẫn tín hiệu giữa phần tử nhận cầu thành liên kết người dùng thứ hai 3426 và cùng phần tử truyền cầu thành liên kết dây tiếp sóng 3419. Các bộ chuyển mạch 4010 có thể được thực hiện nhờ sử dụng phương tiện chuyển mạch thích hợp bất kỳ, như là bộ chuyển mạch cơ điện, bộ chuyển tiếp, tranzito, v.v.. Mặc dù được thể hiện dưới dạng các bộ chuyển mạch 4010, các phương án thực hiện khác có thể sử dụng phương tiện thích hợp khác bất kỳ để ghép nối một cách chọn lọc đầu vào của bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 với các đầu ra. Chẳng hạn, các bộ khuếch đại 3705 có thể được sử dụng làm các bộ chuyển mạch (ví dụ, tạo độ khuếch đại cao khi “đóng mạch” và độ khuếch (hoặc tổn hao) đại 0 khi “ngắt mạch”).

Các ví dụ của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 có thể bao gồm bộ điều khiển chuyển mạch 4070 để chuyển mạch một cách chọn lọc một số hoặc tất cả các bộ chuyển mạch 4010 (hoặc phương tiện ghép nối một cách chọn lọc thích hợp khác) theo lập lịch chuyển mạch. Chẳng hạn, lập lịch chuyển mạch có thể được lưu trữ trong thiết bị lưu trên phương tiện bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403. Trong một số trường hợp, lập lịch chuyển mạch lựa chọn một cách hiệu quả hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 để kích hoạt (ví dụ, nhóm các chùm tia người dùng 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 cho các hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 (ví dụ, mỗi hệ thống con trong số hai hệ thống con được kích hoạt trong khoảng một nửa thời gian). Trong các trường hợp khác, sự chuyển mạch có thể được sử dụng để thực hiện các mục đích chia sẻ dung lượng. Chẳng hạn, một hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 có thể được kết hợp với các người dùng có nhu cầu cao hơn và có thể được cấp phát một phần thời gian lớn hơn trong lập lịch, trong khi hệ thống con ăngten liên kết người dùng khác 3420 có thể được kết hợp với các người dùng có nhu cầu thấp hơn và có thể được cấp phát một phần thời gian nhỏ hơn trong lập lịch.

Fig.48A và Fig.48B thể hiện các vùng phủ sóng 4100 và 4150 bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối ví dụ 3403 bao gồm các vùng phủ sóng người dùng được kích hoạt một cách chọn lọc 3460a, 3460b. Bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối ví dụ 503 tương tự với các bộ chuyển tiếp trên Fig.38 và Fig.39, ngoại trừ đối với các hệ thống con ăngten khác nhau. Trong ví dụ này, hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 bao gồm hai gương phản xạ liên kết người dùng 9 mét và các bộ phát đáp được tạo cấu hình để kích hoạt một cách chọn lọc chỉ một nửa các chùm tia người dùng ở thời gian đã cho bất kỳ (ví dụ, các bộ phát đáp được thực hiện như trên Fig.47A và Fig.47B). Chẳng hạn, trong khoảng thời gian thứ nhất, như được thể hiện trên Fig.48A, vùng phủ sóng người dùng 3460a bao gồm năm trăm chín mươi vùng phủ sóng chùm tia người dùng kích hoạt 519. Các vùng phủ sóng chùm tia người dùng kích hoạt 519 phủ sóng một cách hiệu quả một nửa phía tây Hoa Kỳ. Vùng phủ sóng AN 3450 (nông trang AN) giống với vùng trên Fig.38 và Fig.39: một khu vực ở miền Tây hợp chủng quốc Hoa Kỳ có 597 AN 515 được phân bố ở đó. Trong khoảng thời gian thứ nhất, vùng phủ sóng AN 3450 không chồng lên vùng phủ sóng người dùng kích hoạt 3460. Trong khoảng thời gian thứ hai, như được thể hiện trên Fig.48B, vùng phủ sóng người dùng 3460b bao gồm năm trăm chín mươi vùng phủ sóng chùm tia người dùng kích hoạt khác 519. Các vùng phủ sóng chùm tia người dùng kích hoạt 519 trong khoảng thời gian thứ hai phủ sóng một cách hiệu quả một nửa miền Đông Hoa Kỳ. Vùng phủ sóng AN 3450 không thay đổi. Tuy nhiên, trong khoảng thời gian thứ hai, vùng phủ sóng AN 3450 được chồng lên hoàn toàn bởi (là nhóm con của) vùng phủ sóng người dùng kích hoạt 3460. Dung lượng có thể được cấp phát một cách linh hoạt cho các khu vực khác nhau (ví dụ, giữa các vùng phủ sóng người dùng miền Đông và miền Tây) bằng cách điều chỉnh động tỷ lệ thời gian được cấp phát cho các hệ thống con ăngten liên kết người dùng tương ứng.

Mặc dù ví dụ nêu trên thể hiện hai vùng phủ sóng người dùng có kích thước tương tự, số lượng vùng phủ sóng người dùng khác có thể được bố trí (ví dụ, ba hoặc nhiều hơn ba) và có thể là có các kích thước khác nhau (ví dụ, vùng phủ sóng mặt đất, chỉ lục địa Hoa Kỳ, chỉ Hoa Kỳ, chỉ một vùng, v.v.). Trong các trường hợp có nhiều vùng phủ sóng người dùng 3460, các vùng phủ sóng người dùng 3460 có thể có sự tương quan địa lý thích hợp bất kỳ. Trong một số trường hợp, các vùng phủ sóng người dùng thứ nhất và thứ hai 3460 chồng lên nhau 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 nhóm con của vùng phủ sóng người dùng thứ nhất 3460 (ví dụ, như được thể hiện trên Fig.45 và Fig.46). Trong các trường hợp khác, các vùng phủ sóng người dùng thứ nhất và thứ hai không chồng lên nhau (ví dụ, được tách ra).

Fig.47A và Fig.47B là các hình vẽ minh họa của sự lựa chọn đường dẫn 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 dẫn tín hiệu ở phía liên kết dây tiếp sóng. Fig.49 thể hiện đường dẫn tín hiệu truyền đi ví dụ 4200 có sự kích hoạt chọn lọc các hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 và các hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng 3410. Đường dẫn tín hiệu có bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 được ghép nối giữa các phần tử ăngten cấu thành. Như được mô tả ở trên, bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 có thể bao gồm một số hoặc tất cả các LNA 3705, các bộ chuyển đổi tần số và các bộ lọc được kết hợp 3710, các bộ khuếch đại kênh 3715, các bộ dịch chuyển pha 3720, các bộ khuếch đại công suất 3725 và các bộ lọc điều hòa 3730. Phía đầu vào của bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 được ghép nối một cách chọn lọc với một trong hai phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3416 (ví dụ, sử dụng các bộ chuyển mạch 4010a và 4010b hoặc phương tiện lựa chọn đường dẫn thích hợp khác bất kỳ). Mỗi phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3416 có thể là một phần của hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng riêng 3410 (ví dụ, mỗi phần của giàn riêng của các phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp 3416). Phía đầu ra của bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430 được ghép nối một cách chọn lọc với một trong hai phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng 3429 (ví dụ, sử dụng các bộ chuyển mạch 4010c và 4010d hoặc phương tiện lựa chọn đường dẫn thích hợp khác bất kỳ). Mỗi phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng 3429 có thể là một phần của hệ thống con ăngten liên kết người dùng riêng 3420 (ví dụ, mỗi phần của giàn riêng của các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng kết hợp 3429). Một hoặc nhiều bộ điều khiển chuyển mạch (không được thể hiện trên hình vẽ) có thể nằm trong bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 để lựa chọn giữa một số hoặc tất cả đường dẫn tín hiệu trong số bốn đường dẫn tín hiệu khả thi được kích hoạt bởi bộ phát đáp liên kết truyền đi 3430. Các bộ phát đáp trên Fig.47A, Fig.47B và Fig.49 chỉ được dự định để thể hiện một vài trường hợp trong số nhiều trường hợp có thể có. Hơn nữa, một số trường hợp có thể bao gồm sự lựa chọn đường dẫn giữa nhiều hơn hai hệ thống

con ăngten liên kết người dùng 3420 và/hoặc nhiều hơn hai hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng 3410. Tương tự, sự lựa chọn đường dẫn bổ sung có thể nằm trong các trường hợp trong đó hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 và/hoặc phân tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng 3416 có các gương phản xạ truyền và nhận riêng hoặc dạng tương tự.

Theo cách tương tự, nhiều vùng phủ sóng AN cũng có thể được bố trí. Là một ví dụ, có thể mong muốn lưu lượng của các khu vực địa lý cụ thể kết thúc ở các khu vực tương ứng của chúng. Chẳng hạn, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 có thể có hoặc không có các bộ phát đáp tạo cặp giống với các thiết bị được thể hiện trên Fig.49 có thể cấp dịch vụ cho vùng phủ sóng AN thứ nhất 3450 và vùng phủ sóng người dùng thứ nhất 3460, cả hai vùng phủ sóng này ở Bắc Mỹ và vùng phủ sóng AN thứ hai 3450 và vùng phủ sóng người dùng thứ hai 3460, cả hai vùng phủ sóng này ở Nam Mỹ. Việc sử dụng sự lựa chọn đường dẫn (ví dụ, sự chuyển mạch) trong các bộ phát đáp, bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 duy nhất (ví dụ, một vệ tinh) có thể cấp dịch vụ cho lưu lượng được kết hợp với vùng phủ sóng người dùng Bắc Mỹ 3460 sử dụng các AN 515 trong vùng phủ sóng AN Bắc Mỹ 3450 và lưu lượng dịch vụ được kết hợp với vùng phủ sóng người dùng Nam Mỹ 3460 sử dụng các AN 515 trong vùng phủ sóng AN Nam Mỹ 3450. Dung lượng có thể được cấp phát một cách linh hoạt cho các vùng khác nhau (ví dụ, giữa các vùng phủ sóng người dùng Bắc Mỹ và Nam Mỹ) bằng cách điều chỉnh động tỷ lệ thời gian được cấp phát cho các hệ thống con ăngten tương ứng.

Thông thường, các dấu hiệu của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 được mô tả trên Fig.41 cho phép cấp dịch vụ đến ít nhất một vùng phủ sóng chùm tia người dùng 519 phân biệt với ít nhất một vùng phủ sóng AN 3450. Trong một số trường hợp, việc cấp dịch vụ vùng phủ sóng phân biệt có thể cho phép sử dụng các nông trang AN để cấp dung lượng cao cho vùng phủ sóng người dùng lớn 3460. Fig.45, Fig.46, Fig.48A và Fig.48B là các hình vẽ minh họa các ví dụ khác nhau của các phương án thực hiện nông trang AN này. Việc triển khai các số lượng lớn AN 515 trong một vùng địa lý tương đối nhỏ có thể tạo nhiều dấu hiệu. Chẳng hạn, có thể dễ dàng hơn để đảm bảo rằng, nhiều AN hơn (hoặc thậm chí tất cả) các AN 515 được triển khai gần hơn với mạng tốc độ cao (ví dụ, trong một vùng có độ kết nối sợi tốt

quay về CPS 505), nằm trong các đường biên giới của một đất nước hoặc một khu vực, trên mặt đất, v.v., với độ lệch nhỏ hơn so với sự phân bố lý tưởng AN 515. Việc ứng dụng sự cấp dịch vụ vùng phủ sóng phân biệt với sự lựa chọn đường dẫn (ví dụ, như trên Fig.47A và Fig.47B) có thể tạo các dấu hiệu bổ sung. Chẳng hạn, như được mô tả ở trên, một nông trang AN (và một bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403) có thể được sử dụng để cấp dịch vụ một cách chọn lọc cho các vùng phủ sóng người dùng 3460. Tương tự, một bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 có thể được sử dụng để phân biệt và cấp dịch vụ lưu lượng theo vùng.

Trong một số trường hợp, việc cấp dịch vụ vùng phủ sóng phân biệt với sự lựa chọn đường dẫn có thể cho phép các đặc điểm quản lý giao thoa và/hoặc quản lý dung lượng khác nhau. Chẳng hạn, tham chiếu lại đến Fig.48A và Fig.48B, bốn loại của các liên kết truyền thông có thể được xem xét: các sự truyền thông liên kết truyền đi từ nông trang AN đến vùng phủ sóng người dùng kích hoạt phía tây 3460 trên Fig.48A (“Liên kết A”); các sự truyền thông liên kết truyền đi từ nông trang AN đến vùng phủ sóng người dùng kích hoạt phía đông 3460 trên Fig.48B (“Liên kết B”); các sự truyền thông liên kết truyền về từ vùng phủ sóng người dùng kích hoạt phía tây 3460 trên Fig.48A đến nông trang AN (“Liên kết C”); và các sự truyền thông liên kết truyền về từ vùng phủ sóng người dùng kích hoạt phía đông 3460 trên Fig.48B đến nông trang AN (“Liên kết D”). Trong khoảng thời gian thứ nhất, vùng phủ sóng người dùng phía đông 3460 trên Fig.48B được kích hoạt, sao cho các sự truyền thông trên liên kết B và Liên kết D. Vì có sự chồng chập hoàn toàn giữa vùng phủ sóng AN 3450 và vùng phủ sóng người dùng phía đông 3460, các liên kết B và D có khả năng giao thoa. Theo 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 3460 trên Fig.48A được kích hoạt, sao cho các sự truyền thông trên liên kết A và liên kết C. Vì không có sự chồng lấp giữa vùng phủ sóng AN 3450 và vùng phủ sóng người dùng phía đông 3460, liên kết A và liên kết C có thể sử dụng băng thông đầy đủ (ví dụ, 3,5 GHz) của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 trong khoảng thời gian thứ hai. Chẳng hạn, trong khoảng thời gian thứ nhất, các tín hiệu đường lên truyền đi có thể được nhận nhờ sử dụng dải tần số thứ nhất và các tín hiệu đường lên truyền về có thể được nhận nhờ sử dụng dải tần số thứ hai khác với dải tần số thứ nhất;

và trong khoảng thời gian thứ hai, các tín hiệu đường lên truyền đi và các tín hiệu đường lên truyền về có thể được nhận nhờ sử dụng cùng dải tần số (ví dụ, dải tần số thứ nhất, thứ hai hoặc dải tần số khác). Trong một số trường hợp, có thể có việc sử dụng lại tần số trong cả hai 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 dẫn có thể được lựa chọn để bù cho sự chênh lệch này trong việc cấp phát băng thông trong các khoảng thời gian khác nhau. Chẳng hạn, khoảng thời gian thứ nhất có thể dài hơn khoảng thời gian thứ hai, sao cho các liên kết B và D được cấp phát băng thông ít hơn trong thời gian dài hơn để bù ít nhất một phần để cấp phát các liên kết A và C bằng thông nhiều hơn trong khoảng thời gian ngắn hơn.

Trong một số trường hợp, các tín hiệu đường lên truyền về thứ nhất được nhận trong khoảng thời gian thứ nhất bởi các phần tử nhận 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 vùng phủ sóng người dùng thứ nhất (ví dụ, vùng phủ sóng người dùng phía đông 3460) và các tín hiệu đường lên truyền về thứ hai được nhận trong quá trình khoảng thời gian thứ hai bởi các phần tử nhận 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 vùng phủ sóng người dùng thứ hai (ví dụ, vùng phủ sóng người dùng phía đông 3460). Khi vùng phủ sóng AN 3450 (nông trang AN) là nhóm con của vùng phủ sóng người dùng thứ nhất (ví dụ, như được thể hiện trên Fig.48A và Fig.48B), sự định thời AN có thể được sự hiệu chỉnh với bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 trong khung thời gian thứ nhất (ví dụ, khi có sự chồng chập giữa vùng phủ sóng người dùng 3460 và vùng phủ sóng AN 3450).

Như được mô tả ở trên, một số trường hợp có thể bao gồm bước xác định sự điều chỉnh định thời tương đối tương ứng đối với mỗi trong số các AN 515, sao cho các sự truyền dẫn kết hợp từ các AN 515 đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 theo cách đồng bộ (ví dụ, với sự định thời được kết hợp đủ so với khoảng thời gian ký hiệu, mà thường là một phần của khoảng thời gian ký hiệu như là 10%, 5%, 2% hoặc giá trị thích hợp khác). Trong các trường hợp này, các tín hiệu đường lên truyền đi được truyền bởi các AN 515 theo các sự điều chỉnh định thời tương đối

tương ứng. Trong một số trường hợp này, tín hiệu pha vô tuyến đồng bộ (ví dụ, tín hiệu PN được tạo ra bởi bộ phát tín hiệu pha vô tuyến, như được mô tả ở trên) được nhận bởi ít nhất một số AN 515 từ bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 và các sự điều chỉnh định thời tương đối tương ứng được xác định theo tín hiệu pha vô tuyến đồng bộ hóa. Trong các trường hợp khác, một số hoặc tất cả các AN 515 có thể nhận các sự truyền dẫn vòng lặp từ bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403 và các sự điều chỉnh định thời tương đối tương ứng được xác định theo các sự truyền dẫn vòng lặp. Các cách khác nhau để hiệu chỉnh các AN 515 có thể phụ thuộc vào khả năng của AN 515 để truyền thông với bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403. Theo đó, một số trường hợp có thể hiệu chỉnh các AN 515 chỉ trong các khoảng thời gian mà các vùng phủ sóng thích hợp được chiếu. Chẳng hạn, các sự truyền dẫn vòng lặp có thể chỉ được sử dụng trong các khoảng thời gian mà có một số sự chồng chập giữa vùng phủ sóng AN 3450 và vùng phủ sóng người dùng 3460 (ví dụ, các AN 515 truyền thông trên chùm tia vòng lặp ngược mà có thể sử dụng cả hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng 3410 và hệ thống con ăngten liên kết người dùng 3420 của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối 3403). Trong một số trường hợp, sự hiệu chỉnh thích hợp có thể tiếp tục dựa vào một số sự chồng chập giữa dải tần số đường xuống dây tiếp sóng và dải tần số đường xuống người dùng.

Kết luận

Mặc dù phương pháp và thiết bị được bộc lộ được mô tả ở trên xét theo các ví dụ, các trường hợp và các phương án thực hiện khác nhau, cần hiểu rằng các dấu hiệu, khía cạnh và chức năng cụ thể được mô tả trong một hoặc nhiều ví dụ trong số các ví dụ riêng lẻ có thể được áp dụng vào các ví dụ khác. Do đó, độ rộng và phạm vi của sáng chế được yêu cầu bảo hộ không bị giới hạn bởi ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ được đưa ra ở trên mà thay vào đó được xác định bởi các điểm yêu cầu bảo hộ.

Các thuật ngữ và các cụm từ được sử dụng trong bản mô tả và các biến thể của chúng, trừ khi được nêu khác đi một cách rõ ràng, thì cần được hiểu là được kết thúc mở trái với việc làm giới hạn. Là các ví dụ của các thuật ngữ nêu trên: thuật ngữ “bao gồm” được sử dụng có nghĩa là “bao gồm, không làm giới hạn” hoặc dạng tương tự; thuật ngữ “ví dụ” được sử dụng để đưa ra các ví dụ chỉ các mục trong phần mô tả, không bao quát mọi khía cạnh hoặc liệt kê sự giới hạn của chúng; các thuật ngữ “a

(một)” hoặc “an (một)” có nghĩa là “ít nhất một”, “một hoặc nhiều” hoặc dạng tương tự.

Xuyên suốt bản mô tả, thuật ngữ “ghép nối” hoặc “được ghép nối” được sử dụng để tham chiếu rộng rãi đến hoặc là sự kết nối vật lý hoặc là sự kết nối điện (bao gồm 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 thông qua thành phần thứ ba trung gian được bố trí giữa thành phần thứ nhất và thành phần thứ hai. Chẳng hạn, các thành phần này có thể được ghép nối thông qua sự kết nối trực tiếp, các mạng tương thích trở kháng, các bộ khuếch đại, bộ suy giảm, bộ lọc, các khối dòng điện một chiều, các khối dòng điện xoay chiều, v.v..

Nhóm các mục được liên kết với liên từ “và” có nghĩa là không phải mỗi mục và tất cả mục trong số các mục đó cần có mặt trong nhóm, mà thay vào đó bao gồm tất cả nhóm con hoặc nhóm con bất kỳ của tất cả các mục trừ khi được nêu khác đi một cách rõ ràng. Tương tự, nhóm các mục được liên kết với liên từ “hoặc” không cần loại trừ lẫn nhau trong nhóm, mà thay vào đó bao gồm tất cả nhóm con hoặc nhóm con bất kỳ của tất cả các mục trừ khi được nêu khác đi một cách rõ ràng. Hơn nữa, mặc dù các mục, các phần tử hoặc các thành phần của phương pháp và thiết bị được bộc lộ có thể được mô tả hoặc được yêu cầu bảo hộ ở dạng số ít, dạng số nhiều được hiểu là nằm trong phạm vi của nó trừ khi sự giới hạn ở dạng số ít được nêu một cách rõ ràng.

Sự hiện diện của các từ và các cụm từ theo nghĩa rộng như là “một hoặc nhiều”, “ít nhất” hoặc các cụm từ tương tự khác trong các ví dụ không có nghĩa là trường hợp thu hẹp hơn được dự định hoặc cần thiết trong các ví dụ trong đó các cụm từ có nghĩa rộng này có thể không hiện diện.

Mặc dù các số chỉ dẫn có thể được bao gồm trong các điểm yêu cầu bảo hộ, các số chỉ dẫn này được đưa ra với chức năng duy nhất là khiến các điểm yêu cầu bảo hộ dễ hiểu hơn và việc bao gồm (hoặc lược bỏ) các số chỉ dẫn không được coi là sự giới hạn đối với đối tượng được bảo hộ bởi các điểm yêu cầu bảo hộ.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Vệ tinh (503, 1202, 1502, 3403) dùng để tạo các sự truyền thông giữa các nút truy cập (access node, AN) (515) và các thiết bị đầu cuối người dùng (517), các AN được phân bố theo địa lý trên vùng phủ sóng AN (3450) và các thiết bị đầu cuối người dùng được phân bố theo địa lý trên vùng phủ sóng người dùng (3460), vệ tinh bao gồm:

hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng (3410) để chiếu vùng phủ sóng nút truy cập (AN), hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng bao gồm giàn phân tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp (3419) và giàn phân tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp (3416);

hệ thống con ăngten liên kết người dùng (3420) để chiếu vùng phủ sóng người dùng, hệ thống con ăngten liên kết người dùng bao gồm giàn phân tử truyền cấu thành liên kết người dùng kết hợp (3429) và giàn phân tử nhận cấu thành liên kết người dùng kết hợp (3426);

các bộ phát đáp liên kết truyền đi (410, 3430), mỗi bộ phát đáp này được ghép nối giữa một phần tử tương ứng trong số các phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng và một phần tử tương ứng trong số các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng; và

các bộ phát đáp liên kết truyền về (410, 3440), mỗi bộ phát đáp này được ghép nối giữa một phần tử tương ứng trong số các phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng và một phần tử tương ứng trong số các phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng.

2. Vệ tinh theo điểm 1, trong đó các bộ phát đáp liên kết truyền đi và các bộ phát đáp liên kết truyền về là các bộ phát đáp dạng ống uốn cong.

3. Vệ tinh theo điểm 1, trong đó các bộ phát đáp liên kết truyền đi được ghép nối với các phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng tương ứng để tạo ra các tín hiệu đường xuống truyền đi từ các sự chồng chập nhận được của các tín hiệu đường lên truyền đi được xác định trọng số chùm tia đầu cuối-đến-đầu cuối được đồng bộ hóa thời gian được nhận từ các AN.

4. Vệ tinh theo điểm 3, trong đó các tín hiệu đường xuống truyền đi được truyền bởi các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng chồng chập theo không gian để góp

phần tạo các chùm tia truyền đi trong vùng phủ sóng người dùng.

5. Vệ tinh theo điểm 1, trong đó các bộ phát đáp liên kết truyền về được ghép nối với các phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng tương ứng để tạo ra các tín hiệu đường xuống truyền về từ các sự chồng chập tương ứng của các tín hiệu đường lên truyền về được nhận từ ít nhất một số thiết bị đầu cuối người dùng.

6. Vệ tinh theo điểm 1, trong đó mỗi bộ phát đáp liên kết truyền đi và mỗi bộ phát đáp liên kết truyền về là bộ phát đáp hai cực.

7. Vệ tinh theo điểm 1, trong đó hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng khác với hệ thống con ăngten liên kết người dùng về kích thước khẩu độ.

8. Vệ tinh theo điểm 1, trong đó hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng và hệ thống con ăngten liên kết người dùng hoạt động theo cùng dải tần số.

9. Vệ tinh theo điểm 1, trong đó:

mỗi bộ phát đáp liên kết truyền đi tiếp nhận tín hiệu đầu vào ở dải tần số thứ nhất và kết xuất tín hiệu đầu ra ở dải tần số thứ hai;

mỗi bộ phát đáp liên kết truyền về tiếp nhận tín hiệu đầu vào ở dải tần số thứ hai và kết xuất tín hiệu đầu ra ở dải tần số thứ nhất.

10. Vệ tinh theo điểm 1, trong đó vùng phủ sóng người dùng khác với vùng phủ sóng AN.

11. Vệ tinh theo điểm 1, trong đó vùng phủ sóng AN là một vùng phủ sóng liên kề.

12. Vệ tinh theo điểm 1, trong đó vùng phủ sóng AN là nhóm con của vùng phủ sóng người dùng.

13. Vệ tinh theo điểm 1, trong đó vùng phủ sóng AN nhỏ hơn một phần năm vùng phủ sóng người dùng trong vùng vật lý.

14. Vệ tinh theo điểm 1, trong đó:

hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng còn bao gồm gương phản xạ liên kết dây tiếp sóng (1521, 1621); và

hệ thống con ăngten liên kết người dùng còn bao gồm gương phản xạ liên kết người dùng (1521, 1621).

15. Vệ tinh theo điểm 14, trong đó vùng vật lý của gương phản xạ liên kết dây tiếp sóng ít nhất gấp năm lần vùng vật lý của gương phản xạ liên kết người dùng.

16. Vệ tinh theo điểm 1, trong đó hệ thống con ăngten liên kết người dùng bao gồm hệ thống con ăngten liên kết người dùng thứ nhất có vùng phủ sóng người dùng thứ nhất tương ứng và hệ thống con ăngten liên kết người dùng thứ hai có vùng phủ sóng người dùng thứ hai.

17. Vệ tinh theo điểm 16, trong đó:

mỗi bộ phát đáp liên kết truyền đi bao gồm bộ chuyển mạch liên kết truyền đi (4010);

bộ chuyển mạch liên kết truyền đi ghép nối một phần tử tương ứng trong số các phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng với một phần tử tương ứng trong số các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng của hệ thống con ăngten liên kết người dùng thứ nhất khi bộ chuyển mạch liên kết truyền đi ở chế độ chuyển mạch thứ nhất; và

bộ chuyển mạch liên kết truyền đi ghép nối một phần tử tương ứng trong số các phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng với một phần tử tương ứng trong số các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng của hệ thống con ăngten liên kết người dùng thứ hai khi bộ chuyển mạch liên kết truyền đi ở chế độ chuyển mạch thứ hai.

18. Vệ tinh theo điểm 16, trong đó:

mỗi bộ phát đáp liên kết truyền về bao gồm bộ chuyển mạch liên kết truyền về (4010);

mỗi bộ chuyển mạch liên kết truyền về ghép nối một phần tử tương ứng trong số các phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng của hệ thống con ăngten liên kết người dùng thứ nhất với một phần tử tương ứng trong số các phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng khi bộ chuyển mạch liên kết truyền về ở chế độ chuyển mạch thứ nhất; và

mỗi bộ chuyển mạch liên kết truyền về ghép nối một phần tử tương ứng trong số các phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng của hệ thống con ăngten liên kết người dùng thứ hai với một phần tử tương ứng trong số các phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng khi bộ chuyển mạch liên kết truyền về ở chế độ chuyển mạch thứ

hai.

19. Vệ tinh theo điểm 16, trong đó phần thứ nhất của vùng phủ sóng người dùng thứ nhất chồng lên vùng phủ sóng người dùng thứ hai và phần thứ hai của vùng phủ sóng người dùng thứ nhất không chồng lên vùng phủ sóng người dùng thứ hai.

20. Vệ tinh theo điểm 16, trong đó vùng phủ sóng người dùng thứ hai là nhóm con của vùng phủ sóng người dùng thứ nhất.

21. Vệ tinh theo điểm 16, trong đó vùng phủ sóng người dùng thứ nhất không chồng lên vùng phủ sóng người dùng thứ hai.

22. Vệ tinh theo điểm 16, trong đó các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng bao gồm các phần tử truyền cấu thành thứ nhất để chiếu vùng phủ sóng thứ nhất và các phần tử truyền cấu thành thứ hai để chiếu vùng phủ sóng người dùng thứ hai.

23. Vệ tinh theo điểm 16, trong đó:

hệ thống con ăngten liên kết người dùng thứ nhất bao gồm gương phản xạ liên kết người dùng thứ nhất để chiếu vùng phủ sóng người dùng thứ nhất; và

hệ thống con ăngten liên kết người dùng thứ hai bao gồm gương phản xạ liên kết người dùng thứ hai để chiếu vùng phủ sóng người dùng thứ hai.

24. Vệ tinh theo điểm 23, trong đó gương phản xạ liên kết người dùng thứ nhất và gương phản xạ liên kết người dùng thứ hai gần như có cùng vùng vật lý.

25. Vệ tinh theo điểm 23, trong đó:

mỗi bộ phát đáp liên kết truyền đi có phía truyền được ghép nối một cách chọn lọc với các phía tương ứng thứ nhất và thứ hai của các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng, mỗi phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng tương ứng thứ nhất được bố trí để chiếu gương phản xạ liên kết người dùng thứ nhất và mỗi sự tiếp sóng truyền liên kết người dùng tương ứng thứ hai được bố trí để chiếu gương phản xạ liên kết người dùng thứ hai; và

mỗi bộ phát đáp liên kết truyền về có phía nhận được ghép nối một cách chọn lọc với các phía tương ứng thứ nhất và thứ hai của các phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng, mỗi phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng tương ứng thứ nhất được bố trí để chiếu gương phản xạ liên kết người dùng thứ nhất và mỗi sự tiếp sóng nhận

liên kết người dùng tương ứng thứ hai được bố trí để chiếu gương phản xạ liên kết người dùng thứ hai.

26. Vệ tinh theo điểm 1, trong đó:

gương phản xạ liên kết dây tiếp sóng là gương phản xạ liên kết dây tiếp sóng thứ nhất;

vùng phủ sóng AN là vùng phủ sóng AN thứ nhất;

hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng còn bao gồm gương phản xạ liên kết dây tiếp sóng thứ hai để chiếu vùng phủ sóng AN thứ hai; và

trong đó, phần thứ nhất của các AN được phân bố theo địa lý trên vùng phủ sóng AN thứ nhất và phần thứ hai của các AN được phân bố theo địa lý trên vùng phủ sóng AN thứ hai.

27. Vệ tinh theo điểm 1, trong đó các phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng và các phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng được thực hiện dưới dạng các phần tử ăngten song công toàn phần.

28. Vệ tinh theo điểm 1, trong đó các phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng và các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng được thực hiện dưới dạng các phần tử ăngten song công toàn phần.

29. Vệ tinh theo điểm 1, trong đó hệ thống con ăngten liên kết người dùng còn bao gồm ăngten giàn nhận liên kết người dùng và ăngten giàn truyền liên kết người dùng.

30. Vệ tinh theo điểm 29, trong đó:

các phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng được kết hợp với gương phản xạ nhận liên kết người dùng với dải tần số thứ nhất;

các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng chiếu gương phản xạ truyền liên kết người dùng với dải tần số thứ hai; và

gương phản xạ nhận liên kết người dùng và gương phản xạ truyền liên kết người dùng, mỗi gương này được tạo kích thước để chiếu cùng vùng phủ sóng người dùng lần lượt với các dải tần số thứ nhất và thứ hai.

31. Vệ tinh theo điểm 1, trong đó vệ tinh này còn bao gồm bộ phát pha vô tuyến (426).

32. Phương pháp định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối qua bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối (503, 1202, 1502, 3403) để tạo các sự truyền thông giữa các nút truy cập (AN) (515) và các thiết bị đầu cuối người dùng (517), phương pháp này bao gồm các bước:

nhận các tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp (545) là các sự chồng chập của các tín hiệu đường lên truyền đi (521) bởi các phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp từ các AN được phân bố theo địa lý trên vùng phủ sóng AN,

tạo ra các tín hiệu đường xuống truyền đi (522) từ các tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp; và

truyền các tín hiệu đường xuống truyền đi bởi các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng kết hợp, trong đó các tín hiệu đường xuống truyền đi được truyền đến các thiết bị đầu cuối người dùng được phân bố theo địa lý trên vùng phủ sóng người dùng phân biệt ít nhất một phần với vùng phủ sóng AN.

33. Phương pháp theo điểm 32, trong đó bước truyền góp phần tạo các chùm tia người dùng truyền đi trong vùng phủ sóng người dùng.

34. Phương pháp theo điểm 32, trong đó phương pháp này còn bao gồm các bước:

nhận các tín hiệu đường lên truyền về (525) bởi các phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng kết hợp từ ít nhất một số thiết bị đầu cuối người dùng;

tạo ra các tín hiệu đường xuống truyền về (527) từ các tín hiệu đường lên truyền về nhận được; và

truyền các tín hiệu đường xuống truyền về bởi các phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp đến các AN.

35. Phương pháp theo điểm 34, trong đó phương pháp này còn bao gồm các bước:

nhận các sự chồng chập (1706) của các tín hiệu đường xuống truyền về (527) bởi các AN từ các phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp để tạo các tín hiệu truyền về đa hợp (907);

kết hợp các tín hiệu truyền về đa hợp ở bộ định dạng búp sóng truyền về để góp phần tạo các chùm tia người dùng truyền về trong vùng phủ sóng người dùng.

36. Phương pháp theo điểm 35, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước xác định

trọng số các tín hiệu truyền về đa hợp ở bộ định dạng búp sóng trước khi kết hợp theo các trọng số chùm tia truyền về (937).

37. Phương pháp theo điểm 35, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước đồng bộ hóa các tín hiệu truyền về đa hợp trước khi kết hợp để đếm ít nhất đối với các chênh lệch độ trễ đường dẫn tương ứng giữa bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối và các AN.

38. Phương pháp theo điểm 37, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước:

nhận tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp bởi ít nhất một số AN từ bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối,

trong đó bước đồng bộ hóa là theo tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp.

39. Phương pháp theo điểm 35, trong đó bước nhận các tín hiệu đường lên truyền về bao gồm:

đầu tiên là bước nhận các tín hiệu đường lên truyền về thứ nhất, trong khoảng thời gian thứ nhất, bởi các phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng kết hợp từ phần thứ nhất của các thiết bị đầu cuối người dùng được phân bố theo địa lý trên vùng phủ sóng người dùng thứ nhất; và

tiếp theo là bước nhận các tín hiệu đường lên truyền về thứ hai, trong khoảng thời gian thứ hai, bởi các phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng kết hợp từ phần thứ hai của các thiết bị đầu cuối người dùng được phân bố theo địa lý trên vùng phủ sóng người dùng thứ hai.

40. Phương pháp theo điểm 39, trong đó vùng phủ sóng AN là nhóm con của vùng phủ sóng người dùng thứ nhất và phương pháp này còn bao gồm bước hiệu chỉnh các AN với bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối trong khung thời gian thứ nhất.

41. Phương pháp theo điểm 40, trong đó vùng phủ sóng người dùng thứ hai không chồng lên vùng phủ sóng AN.

42. Phương pháp theo điểm 41, trong đó:

trong khoảng thời gian thứ nhất, các tín hiệu đường lên truyền đi được nhận nhờ sử dụng dải tần số thứ nhất và các tín hiệu đường lên truyền về được nhận nhờ sử dụng dải tần số thứ hai khác với dải tần số thứ nhất; và

trong khoảng thời gian thứ hai, các tín hiệu đường lên truyền đi và các tín hiệu đường lên truyền về được nhận nhờ sử dụng cùng dải tần số.

43. Phương pháp theo điểm 34, trong đó:

các tín hiệu đường lên truyền đi được nhận nhờ sử dụng dải tần số thứ nhất;

các tín hiệu đường xuống truyền về được truyền nhờ sử dụng dải tần số thứ hai khác với dải tần số thứ nhất;

các tín hiệu đường lên truyền về được nhận nhờ sử dụng dải tần số thứ nhất; và

các tín hiệu đường xuống truyền đi được truyền nhờ sử dụng dải tần số thứ hai.

44. Phương pháp theo điểm 34, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước truyền các tín hiệu đường lên truyền về từ ít nhất một số thiết bị đầu cuối người dùng đến các phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng.

45. Phương pháp theo điểm 32, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước nhận sự chồng chập theo không gian (551) của các tín hiệu đường xuống truyền đi bởi một trong số các thiết bị đầu cuối người dùng từ các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng.

46. Phương pháp theo điểm 32, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước truyền các tín hiệu đường lên truyền đi bởi các AN đến các phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng.

47. Phương pháp theo điểm 46, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước:

xác định sự điều chỉnh định thời tương đối tương ứng (2524, 2527, 2540) đối với mỗi trong số các AN, sao cho các sự truyền dẫn kết hợp từ các AN đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối gần như đồng bộ,

trong đó các tín hiệu đường lên truyền đi được truyền bởi các AN theo các sự điều chỉnh định thời tương đối tương ứng.

48. Phương pháp theo điểm 47, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước:

nhận tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp bởi ít nhất một số AN từ bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối,

trong đó, các sự điều chỉnh định thời tương đối tương ứng được xác định ít nhất

một phần theo tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp.

49. Phương pháp theo điểm 47, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước:

nhận các sự truyền dẫn vòng lặp bởi ít nhất một số AN từ bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối,

trong đó, các sự điều chỉnh định thời tương đối tương ứng được xác định ít nhất một phần theo các sự truyền dẫn vòng lặp.

50. Phương pháp theo điểm 32, trong đó vùng phủ sóng người dùng khác với vùng phủ sóng AN.

51. Phương pháp theo điểm 32, trong đó vùng phủ sóng AN là một vùng phủ sóng liên kề.

52. Phương pháp theo điểm 32, trong đó:

phần thứ nhất của vùng phủ sóng người dùng chồng lên vùng phủ sóng AN; và

phần thứ hai của vùng phủ sóng người dùng không chồng lên vùng phủ sóng AN.

53. Phương pháp theo điểm 52, trong đó vùng phủ sóng AN là nhóm con của vùng phủ sóng người dùng và vùng phủ sóng AN nhỏ hơn một phần năm vùng phủ sóng người dùng trong vùng vật lý.

54. Phương pháp theo điểm 32, trong đó bước truyền bao gồm:

bước truyền thứ nhất các tín hiệu đường xuống truyền đi thứ nhất bởi các phân tử tiếp sóng truyền cấu thành liên kết người dùng thứ nhất đến các thiết bị đầu cuối người dùng thứ nhất được phân bố theo địa lý trên vùng phủ sóng người dùng thứ nhất (3460a); và

bước truyền thứ hai các tín hiệu đường xuống truyền đi thứ hai bởi các phân tử tiếp sóng truyền cấu thành liên kết người dùng thứ hai đến các thiết bị đầu cuối người dùng thứ hai được phân bố theo địa lý trên vùng phủ sóng người dùng thứ hai (3460b).

55. Phương pháp theo điểm 54, trong đó bước truyền thứ nhất và bước truyền thứ hai được thực hiện ở các thời điểm khác nhau.

56. Phương pháp theo điểm 54, trong đó:

bước truyền thứ nhất bao gồm bước chiếu vùng phủ sóng người dùng thứ nhất bằng các chùm tia người dùng thứ nhất; và

bước truyền thứ hai bao gồm bước chiếu vùng phủ sóng người dùng thứ hai bằng các chùm tia người dùng thứ hai,

sao cho, trong khoảng thời gian thứ nhất, các chùm tia người dùng thứ nhất là hoạt tính và các chùm tia người dùng thứ hai là không hoạt tính và

sao cho, trong khoảng thời gian thứ hai, các chùm tia người dùng thứ hai là hoạt tính và các chùm tia người dùng thứ nhất là không hoạt tính.

57. Phương pháp theo điểm 54, trong đó phần thứ nhất của vùng phủ sóng người dùng thứ nhất chồng lên vùng phủ sóng người dùng thứ hai và phần thứ hai của vùng phủ sóng người dùng thứ nhất không chồng lên vùng phủ sóng người dùng thứ hai.

58. Phương pháp theo điểm 57, trong đó vùng phủ sóng người dùng thứ hai là nhóm con của vùng phủ sóng người dùng thứ nhất.

59. Phương pháp theo điểm 54, trong đó vùng phủ sóng người dùng thứ nhất không chồng lên vùng phủ sóng người dùng thứ hai.

60. Hệ thống định dạng búp sóng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối (500, 1200, 3400) bao gồm:

các nút truy cập được phân bố theo địa lý (515) mỗi nút này có đầu ra tín hiệu đường lên truyền đi được xác định trọng số chùm tia đầu cuối-đến-đầu cuối; và

bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối (503, 1202, 1502, 3403) bao gồm:

giàn phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp (406, 3416), truyền thông không dây với các nút truy cập được phân bố;

giàn phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng kết hợp (409, 3429) truyền thông không dây với các thiết bị đầu cuối người dùng;

các bộ phát đáp dạng ống uốn cong liên kết truyền đi (410, 3430), mỗi bộ phát đáp này được ghép nối giữa một phần tử tương ứng trong số các phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp và một phần tử tương ứng trong số các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng kết hợp,

sao cho sự tiếp nhận các sự chồng chập của các tín hiệu đường lên truyền đi

được xác định trọng số chùm tia qua các phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp tạo ra các tín hiệu đường xuống truyền đi ở các bộ phát đáp dạng ống uốn cong liên kết truyền đi và sự truyền dẫn các tín hiệu đường xuống truyền đi bởi các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng kết hợp góp phần tạo ra chùm tia người dùng truyền đi cấp dịch vụ cho ít nhất một số thiết bị đầu cuối người dùng.

61. Hệ thống định dạng búp sóng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 60, trong đó bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối còn bao gồm:

hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng (3410) có vùng phủ sóng nút truy cập tương ứng mà các nút truy cập được phân bố được định vị trong đó, hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng bao gồm giàn phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp; và

hệ thống con ăngten liên kết người dùng (3420) có vùng phủ sóng người dùng tương ứng mà các thiết bị đầu cuối người dùng được phân bố theo địa lý trong đó, hệ thống con ăngten liên kết người dùng bao gồm giàn phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng kết hợp,

trong đó, vùng phủ sóng nút truy cập khác biệt với vùng phủ sóng người dùng.

62. Hệ thống định dạng búp sóng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 61, trong đó:

hệ thống con ăngten liên kết dây tiếp sóng còn bao gồm gương phản xạ liên kết dây tiếp sóng (1521, 1621); và

hệ thống con ăngten liên kết người dùng còn bao gồm gương phản xạ liên kết người dùng (1521, 1621).

63. Hệ thống định dạng búp sóng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 60, trong đó hệ thống này còn bao gồm các thiết bị đầu cuối người dùng (517), mỗi thiết bị này truyền thông không dây với giàn phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng kết hợp để nhận sự chồng chập theo không gian của các tín hiệu đường xuống truyền đi được truyền bởi các phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng kết hợp.

64. Hệ thống định dạng búp sóng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 60, trong đó hệ thống này còn bao gồm:

bộ định dạng búp sóng truyền đi (513, 529, 3006) bao gồm:

đầu vào tín hiệu chùm tia truyền đi; và

các đầu ra tín hiệu đường lên truyền đi được xác định trọng số chùm tia đầu cuối-đến-đầu cuối truyền thông với các nút truy cập được phân bố, các đầu ra tín hiệu đường lên truyền đi được xác định trọng số chùm tia đầu cuối-đến-đầu cuối tương ứng với các trọng số của đầu vào tín hiệu chùm tia truyền đi theo nhóm các trọng số chùm tia đầu cuối-đến-đầu cuối.

65. Hệ thống định dạng búp sóng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 64, trong đó hệ thống này còn bao gồm mạng phân bố (518) được ghép nối giữa bộ định dạng búp sóng truyền đi và các nút truy cập được phân bố.

66. Hệ thống định dạng búp sóng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 60, trong đó bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối còn bao gồm:

giàn phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp (409, 3419) truyền thông không dây với các nút truy cập được phân bố;

giàn phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng kết hợp (406, 3426) truyền thông không dây với các thiết bị đầu cuối người dùng; và

các bộ phát đáp dạng ống uốn cong liên kết truyền về (410, 3440), mỗi bộ phát đáp này được ghép nối giữa một phần tử tương ứng trong số các phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng kết hợp và một phần tử tương ứng trong số các phần tử truyền cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp,

sao cho sự nhận các tín hiệu đường lên truyền về qua giàn phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng kết hợp tạo ra các tín hiệu đường xuống truyền về trong các bộ phát đáp dạng ống uốn cong liên kết truyền về.

67. Hệ thống định dạng búp sóng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 66, trong đó các thiết bị đầu cuối người dùng mỗi bộ này truyền thông không dây với giàn phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng kết hợp để truyền tín hiệu đường lên truyền về tương ứng đến các phần tử nhận cấu thành liên kết người dùng kết hợp.

68. Hệ thống định dạng búp sóng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 66, trong đó hệ thống này còn bao gồm bộ định dạng búp sóng truyền về (513, 531, 3016),

trong đó bộ định dạng búp sóng truyền về bao gồm:

các đầu vào tín hiệu chùm tia truyền về, mỗi đầu vào tín hiệu này truyền thông với một nút truy cập tương ứng trong số các nút truy cập được phân bố để nhận sự chồng chập tương ứng (1706) của các tín hiệu đường xuống truyền về khi được nhận bởi nút truy cập được phân bố; và

đầu ra tín hiệu truyền về được xác định trọng số chùm tia đầu cuối-đến-đầu cuối tương ứng với tổ hợp các sự chồng chập của các tín hiệu đường xuống truyền về được xác định trọng số theo nhóm các trọng số chùm tia truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối.

69. Hệ thống định dạng búp sóng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 68, trong đó hệ thống này còn bao gồm bộ tạo trọng số chùm tia (910, 917, 935) được ghép nối với bộ định dạng búp sóng truyền đi và bộ định dạng búp sóng truyền về.

70. Hệ thống định dạng búp sóng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 66, trong đó:

mỗi bộ phát đáp dạng ống uốn cong liên kết truyền đi tiếp nhận tín hiệu đầu vào ở dải tần số thứ nhất và kết xuất tín hiệu đầu ra ở dải tần số thứ hai; và

mỗi bộ phát đáp dạng ống uốn cong liên kết truyền về tiếp nhận tín hiệu đầu vào ở dải tần số thứ hai và kết xuất tín hiệu đầu ra ở dải tần số thứ nhất.

71. Hệ thống định dạng búp sóng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 60, trong đó giàn phân tử truyền cấu thành liên kết người dùng kết hợp (3429a) truyền thông không dây với các thiết bị đầu cuối người dùng thứ nhất được phân bố theo địa lý trên vùng phủ sóng người dùng thứ nhất; và còn bao gồm: giàn phân tử truyền cấu thành liên kết người dùng kết hợp thứ hai (3429b) truyền thông không dây với các thiết bị đầu cuối người dùng thứ hai được phân bố theo địa lý trên vùng phủ sóng người dùng thứ hai.

72. Hệ thống định dạng búp sóng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 71, trong đó mỗi bộ phát đáp dạng ống uốn cong liên kết truyền đi có phía đầu vào và phía đầu ra và phía đầu vào được ghép nối với một phần tử tương ứng trong số các phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp và phía đầu ra bao gồm bộ chuyển mạch (4010) để ghép nối một cách chọn lọc một trong số: một phần tử tương ứng của giàn phân tử truyền cấu thành liên kết người dùng kết hợp thứ nhất và một phần tử tương

ứng của giàn phần tử truyền cấu thành liên kết người dùng kết hợp thứ hai.

73. Hệ thống định dạng búp sóng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 60, trong đó:

bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối còn bao gồm bộ phát tín hiệu pha vô tuyến (426); và

ít nhất một số nút truy cập của các nút truy cập được phân bố bao gồm bộ nhận tín hiệu pha vô tuyến,

sao cho các nút truy cập được phân bố truyền thông không dây được đồng bộ hóa thời gian với các phần tử nhận cấu thành liên kết dây tiếp sóng kết hợp theo tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp được truyền bởi bộ phát tín hiệu pha vô tuyến.

74. Phương pháp định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối sử dụng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối (503, 1202, 1502, 3403), phương pháp này bao gồm các bước:

tính toán các trọng số chùm tia truyền đi (918) đối với các kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối (2208) mà ghép nối các nút truy cập được phân bố theo địa lý với thiết bị đầu cuối người dùng trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền đi (519) qua các bộ phát đáp của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối, mỗi kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối có đa đường dẫn được cảm ứng bởi các bộ phát đáp;

tạo ra các tín hiệu đường lên truyền đi (521) bằng cách áp dụng các trọng số chùm tia truyền đi vào tín hiệu chùm tia truyền đi (511), sao cho mỗi tín hiệu đường lên truyền đi là duy nhất đối với một nút truy cập tương ứng trong số các nút truy cập;

truyền mỗi tín hiệu đường lên truyền đi theo cách đồng bộ hóa thời gian bởi nút truy cập tương ứng của nó;

nhận tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp tương ứng (545) bởi mỗi trong số các bộ phát đáp của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối từ các nút truy cập, mỗi tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp tương ứng bao gồm sự chồng chập của các tín hiệu đường lên truyền đi; và

truyền tín hiệu đường xuống truyền đi tương ứng (522) tương ứng với tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp tương ứng bởi mỗi trong số các bộ phát đáp, sao cho các tín

hiệu đường xuống truyền đi tạo ra chùm tia người dùng truyền đi.

75. Phương pháp theo điểm 74, trong đó phương pháp này còn bao gồm các bước:

nhận sự chồng chập (551) của các tín hiệu đường xuống truyền đi ở thiết bị đầu cuối người dùng; và

khôi phục ít nhất một phần tín hiệu chùm tia truyền đi bởi thiết bị đầu cuối người dùng từ sự chồng chập của các tín hiệu đường xuống truyền đi nhận được.

76. Phương pháp theo điểm 74, trong đó:

bước nhận các tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp được thực hiện bởi các phần tử ăngten nhận;

bước truyền các tín hiệu đường xuống truyền đi được thực hiện bởi các phần tử ăngten truyền; và

mỗi trong số các bộ phát đáp ghép nối một phần tử tương ứng trong số các phần tử ăngten nhận với một phần tử tương ứng trong số các phần tử ăngten truyền.

77. Phương pháp theo điểm 74, trong đó:

chùm tia người dùng truyền đi là một trong số lượng chùm tia người dùng truyền đi, mỗi chùm tia này tương ứng với vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền đi (519) cấp dịch vụ cho nhóm tương ứng của các thiết bị đầu cuối người dùng; và

bước tính toán bao gồm bước tính toán các trọng số chùm tia truyền đi tương ứng (918) đối với mỗi kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối, sao cho bước truyền các tín hiệu đường xuống truyền đi tạo ra các chùm tia người dùng truyền đi.

78. Phương pháp theo điểm 77, trong đó:

tín hiệu chùm tia truyền đi là một trong số các tín hiệu chùm tia truyền đi, mỗi tín hiệu này dùng để truyền đến một trong số lượng chùm tia người dùng truyền đi được kết hợp; và

bước tạo tín hiệu bao gồm bước áp dụng các trọng số chùm tia truyền đi vào mỗi tín hiệu chùm tia truyền đi theo các kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối tương ứng với chùm tia người dùng truyền đi được kết hợp.

79. Phương pháp theo điểm 77, trong đó số lượng chùm tia người dùng truyền đi nhiều hơn các bộ phát đáp.

80. Phương pháp theo điểm 74, trong đó bước tạo tín hiệu bao gồm bước tạo ra tín hiệu chùm tia truyền đi bằng cách ghép kênh các dòng dữ liệu người dùng (509) theo ít nhất một trong số sự ghép kênh phân chia theo thời gian hoặc sự ghép kênh phân chia theo tần số, mỗi trong số các dòng dữ liệu người dùng dùng để truyền đến ít nhất một trong số các thiết bị đầu cuối người dùng được cấp dịch vụ bởi chùm tia người dùng truyền đi.

81. Phương pháp theo điểm 74, trong đó số lượng nút truy cập nhiều hơn các bộ phát đáp.

82. Phương pháp theo điểm 74, trong đó số lượng nút truy cập không bằng số lượng chùm tia người dùng truyền đi.

83. Phương pháp theo điểm 74, trong đó bước tính toán bao gồm bước đánh giá các độ khuếch đại kênh truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối đối với mỗi trong số các kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối.

84. Phương pháp theo điểm 83, trong đó bước đánh giá bao gồm bước đánh giá các độ khuếch đại kênh truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối đối với mỗi trong số các kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối, mỗi kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối ghép nối một trong số các nút truy cập với vị trí tham chiếu trong một trong số các vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền đi.

85. Phương pháp theo điểm 83, trong đó:

bước đánh giá bao gồm bước đánh giá ma trận kênh truyền đi dưới dạng $A_t \times E \times C_r$, sao cho mỗi phần tử của ma trận kênh truyền đi mô hình hóa một trong số các kênh đa đường dẫn truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối, trong đó:

A_t là ma trận bức xạ đường xuống để mô hình hóa các đường xuống từ bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối đến thiết bị đầu cuối người dùng,

E là ma trận tải tin để mô hình hóa các bộ phát đáp, và

C_r là ma trận bức xạ đường lên để mô hình hóa các đường lên từ các nút truy cập đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối.

86. Phương pháp theo điểm 85, trong đó ma trận kênh truyền đi có M vector, mỗi vector này có kích thước bằng K , sao cho mỗi vector mô hình hóa các độ khuếch đại kênh truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối đối với các sự truyền thông đa đường dẫn giữa một nút truy cập tương ứng trong số các nút truy cập và các vị trí tham chiếu trong K vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền đi.

87. Phương pháp theo điểm 85, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước đánh giá ma trận tải tin bởi ma trận đường chéo.

88. Phương pháp theo điểm 85, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước đánh giá ít nhất một trong số A_t , E hoặc C_r sau khi triển khai phương tiện có bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối được bố trí trên đó.

89. Phương pháp theo điểm 74, trong đó phương pháp này còn bao gồm:

bước nhận tín hiệu chùm tia truyền đi,

trong đó, bước tính toán được thực hiện trước bước nhận.

90. Phương pháp theo điểm 74, trong đó phương pháp này còn bao gồm:

bước nhận tín hiệu chùm tia truyền đi ở bộ định dạng búp sóng truyền đi; và

bước truyền thông các tín hiệu đường lên truyền đi đến các nút truy cập từ bộ định dạng búp sóng truyền đi sau khi áp dụng các trọng số chùm tia truyền đi vào tín hiệu chùm tia truyền đi ở bộ định dạng búp sóng truyền đi.

91. Phương pháp theo điểm 74, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước tính toán lại các trọng số chùm tia truyền đi dưới dạng hàm số của các độ khuếch đại kênh truyền đi đầu cuối-đến-đầu cuối được đánh giá lại sau sự thay đổi về thành phần của các nút truy cập.

92. Phương pháp theo điểm 74, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước tạo ra chùm tia người dùng truyền về bởi:

bước nhận tín hiệu đường lên truyền về tương ứng (525) ở mỗi trong số các bộ phát đáp của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối từ thiết bị đầu cuối người dùng;

bước truyền các tín hiệu đường xuống truyền về (527) bởi các bộ phát đáp, mỗi tín hiệu đường xuống truyền về tương ứng với một tín hiệu tương ứng trong số các tín hiệu đường lên truyền về; và

bước nhận tín hiệu đường xuống truyền về tương ứng (527) để tạo ra tín hiệu truyền về đa hợp (907) ở mỗi trong số các nút truy cập, mỗi tín hiệu truyền về đa hợp tương ứng bao gồm sự chồng chập (1706) của các tín hiệu đường xuống truyền về; và

bước áp dụng các trọng số chùm tia truyền về (937) vào các tín hiệu truyền về đa hợp, các trọng số chùm tia truyền về được tính toán đối với các kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối mà ghép nối thiết bị đầu cuối người dùng với các nút truy cập qua các bộ phát đáp,

trong đó, bước áp dụng các trọng số chùm tia truyền về bao gồm bước áp dụng, vào mỗi tín hiệu truyền về đa hợp, trọng số chùm tia truyền về được kết hợp với nút truy cập đã nhận tín hiệu truyền về đa hợp này.

93. Phương pháp theo điểm 92, trong đó phương pháp này còn bao gồm:

bước truyền các tín hiệu đường lên truyền về bởi thiết bị đầu cuối người dùng đến các bộ phát đáp,

trong đó bước truyền các tín hiệu đường lên truyền đi được thực hiện bởi các nút truy cập đến các bộ phát đáp, và

bước truyền các tín hiệu đường lên truyền đi và bước truyền các tín hiệu đường lên truyền về được song công phân chia theo thời gian.

94. Phương pháp theo điểm 92, trong đó:

dải tần số thứ nhất được cấp phát cho các tín hiệu đường lên truyền đi; và

dải tần số thứ hai, mà không chồng lên dải tần số thứ nhất, được cấp phát cho các tín hiệu đường lên truyền về.

95. Phương pháp định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối sử dụng bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối (503, 1202, 1502, 3403), phương pháp này bao gồm các bước:

nhận tín hiệu đường lên tương ứng (525) ở mỗi trong số các bộ phát đáp của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối;

truyền các tín hiệu đường xuống truyền về (527) bởi các bộ phát đáp, mỗi tín hiệu đường xuống truyền về tương ứng với một tín hiệu tương ứng trong số các tín hiệu đường lên truyền về;

nhận ở mỗi trong số các nút truy cập, sự chồng chập tương ứng (1706) của các

tín hiệu đường xuống truyền về để tạo ra tín hiệu truyền về đa hợp (907); và

tạo ra chùm tia người dùng truyền về bằng cách áp dụng các trọng số chùm tia truyền về (937) vào các tín hiệu truyền về đa hợp, mỗi trong số các trọng số chùm tia truyền về được tính toán đối với một trong số các kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối mà ghép nối vị trí tham chiếu nằm trong vùng phủ sóng người dùng với các nút truy cập, mỗi kênh có nhiều đường dẫn được tạo ra bởi các đường dẫn thông qua các bộ phát đáp,

trong đó, bước áp dụng các trọng số chùm tia truyền về bao gồm bước áp dụng, vào mỗi tín hiệu truyền về đa hợp, trọng số chùm tia truyền về được kết hợp với nút truy cập đã nhận tín hiệu truyền về đa hợp này.

96. Phương pháp theo điểm 95, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước truyền tín hiệu đường lên truyền về từ thiết bị đầu cuối người dùng đến ít nhất một số bộ phát đáp của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối.

97. Phương pháp theo điểm 95, trong đó:

bước nhận tín hiệu đường lên truyền về được thực hiện bởi các phần tử ăngten nhận;

bước truyền tín hiệu đường xuống truyền về được thực hiện bởi các phần tử ăngten truyền; và

mỗi trong số các bộ phát đáp ghép nối một phần tử tương ứng trong số các phần tử ăngten nhận với một phần tử tương ứng trong số các phần tử ăngten truyền.

98. Phương pháp theo điểm 95, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước tính toán các trọng số chùm tia truyền về trước khi nhận các tín hiệu truyền về đa hợp.

99. Phương pháp theo điểm 95, trong đó:

thiết bị đầu cuối người dùng ở trong một trong số lượng chùm tia người dùng truyền về, mỗi chùm tia này tương ứng với vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền về (519) mà cấp dịch vụ cho nhóm các thiết bị đầu cuối người dùng tương ứng;

mỗi chùm tia người dùng truyền về được kết hợp với nhóm các kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối tương ứng mà ghép nối vị trí tương ứng nằm trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng với các nút truy cập qua các bộ phát đáp; và

các trọng số chùm tia truyền về được tính toán bởi bước tính toán các trọng số chùm tia truyền về tương ứng đối với mỗi trong số các nhóm tương ứng của các kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối.

100. Phương pháp theo điểm 99, trong đó:

các tín hiệu đường lên truyền về tương ứng bao gồm các tín hiệu chùm tia truyền về (915), mỗi tín hiệu chùm tia truyền về được kết hợp với các sự truyền dẫn bắt nguồn từ thiết bị đầu cuối người dùng tương ứng trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng được kết hợp; và

bước tạo bao gồm bước áp dụng, vào mỗi tín hiệu truyền về đa hợp, các trọng số chùm tia truyền về tương ứng được kết hợp với các nút truy cập đã nhận tín hiệu truyền về đa hợp này và vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền về mà các sự truyền dẫn kết hợp được bắt nguồn từ đó.

101. Phương pháp theo điểm 99, trong đó số lượng nút truy cập không bằng số lượng chùm tia người dùng truyền về.

102. Phương pháp theo điểm 99, trong đó số lượng chùm tia người dùng truyền về nhiều hơn các bộ phát đáp.

103. Phương pháp theo điểm 95, trong đó số lượng nút truy cập nhiều hơn các bộ phát đáp.

104. Phương pháp theo điểm 95, trong đó mỗi trong số các trọng số chùm tia truyền về được tính toán bằng cách đánh giá độ khuếch đại kênh truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối đối với mỗi trong số các kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối.

105. Phương pháp theo điểm 104, trong đó bước đánh giá bao gồm bước đánh giá các độ khuếch đại kênh truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối đối với mỗi trong số các kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối, mỗi kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối mà ghép nối vị trí tham chiếu trong một vùng phủ sóng tương ứng trong số các vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền về với một trong số các nút truy cập qua các bộ phát đáp.

106. Phương pháp theo điểm 104, trong đó bước đánh giá bao gồm bước đánh giá ma trận kênh truyền về dưới dạng $C_t \times E \times A_r$, sao cho mỗi phần tử của ma trận kênh truyền về mô hình hóa độ khuếch đại kênh đầu cuối-đến-đầu cuối đối với một trong số

các kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối, trong đó:

Ct là ma trận bức xạ đường xuống để mô hình hóa các đường xuống từ bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối đến các nút truy cập,

E là ma trận tải tin để mô hình hóa các bộ phát đáp, và

Ar là ma trận bức xạ đường lên để mô hình hóa ít nhất một đường lên từ chùm tia người dùng truyền về đến bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối.

107. Phương pháp theo điểm 106, trong đó ma trận kênh truyền về có K vectơ, mỗi vectơ có kích thước bằng M, sao cho mỗi vectơ mô hình hóa các độ khuếch đại kênh truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối đối với các sự truyền thông đa đường dẫn giữa vị trí tham chiếu tương ứng trong một vùng phủ sóng trong số K vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền về và M nút truy cập.

108. Phương pháp theo điểm 106, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước đánh giá ma trận tải tin bởi ma trận đường chéo.

109. Phương pháp theo điểm 106, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước đánh giá ít nhất một trong số Ar, E hoặc Ct sau khi triển khai phương tiện có bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối được bố trí trên đó.

110. Phương pháp theo điểm 95, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước tạo ra chùm tia người dùng truyền đi bởi:

bước tạo các tín hiệu đường lên truyền đi (521) bằng cách áp dụng các trọng số chùm tia truyền đi (918) vào tín hiệu chùm tia truyền đi (511), sao cho mỗi tín hiệu đường lên truyền đi là duy nhất đối với một nút truy cập tương ứng trong số các nút truy cập;

bước truyền mỗi tín hiệu đường lên truyền đi bởi nút truy cập tương ứng của nó;

bước nhận tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp tương ứng (545) bởi mỗi trong số các bộ phát đáp của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối từ các nút truy cập, mỗi tín hiệu truyền đi đầu vào đa hợp tương ứng bao gồm sự chồng chập của các tín hiệu đường lên truyền đi; và

bước truyền tín hiệu đường xuống truyền đi tương ứng (522) tương ứng với tín

hiệu truyền đi đầu vào đa hợp bởi mỗi trong số các bộ phát đáp, sao cho các tín hiệu đường xuống truyền đi tương ứng tạo ra chùm tia người dùng truyền đi.

111. Hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối (500, 1200, 3400) để truyền thông với thiết bị đầu cuối người dùng (517), hệ thống này bao gồm:

các nút truy cập được phân bố theo địa lý (515);

bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối (503, 1202, 1502, 3403) có các đường dẫn tín hiệu nhận/truyền (1702), mỗi trong số lượng đường dẫn tín hiệu nhận/truyền bao gồm:

phần tử ăngten nhận (406, 3416) truyền thông không dây với thiết bị đầu cuối người dùng trên đường lên để nhận tín hiệu đường lên truyền về tương ứng từ thiết bị đầu cuối người dùng; và

phần tử ăngten truyền (409, 3429) để truyền một trong số các tín hiệu đường xuống truyền về tương ứng đến các nút truy cập qua các đường xuống, các tín hiệu đường xuống truyền về, mỗi tín hiệu đường xuống truyền về này tương ứng với tín hiệu đường lên truyền về tương ứng,

sao cho sự chồng chập tương ứng (1706) của các tín hiệu đường xuống truyền về được nhận bởi mỗi trong số các nút truy cập, nhờ đó tạo thành tín hiệu truyền về đa hợp tương ứng (907); và

bộ định dạng búp sóng truyền về (513, 531, 3016) bao gồm:

đầu vào nút truy cập (931) truyền thông với mỗi trong số các nút truy cập; và

đầu ra tín hiệu dữ liệu truyền về (933) để truyền thông tín hiệu chùm tia truyền về, sao cho tín hiệu chùm tia truyền về được tạo ra nhờ sử dụng các tín hiệu truyền về đa hợp.

112. Hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 111, trong đó hệ thống này còn bao gồm thiết bị đầu cuối người dùng được bố trí trong vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền về và có đầu ra tín hiệu đường lên truyền về truyền thông không dây với các đường dẫn tín hiệu nhận/truyền qua đường lên.

113. Hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 111, trong đó:

thiết bị đầu cuối người dùng nằm trong một trong số các vùng phủ sóng chùm tia người dùng truyền về, mỗi vùng phủ sóng tương ứng với vùng phủ sóng chùm tia người dùng mà cấp dịch vụ cho nhóm các thiết bị đầu cuối người dùng tương ứng; và

mỗi phần tử ăngten nhận truyền thông không dây với các nhóm thiết bị đầu cuối người dùng trên các đường lên tương ứng để nhận sự chồng chập của các tín hiệu đường lên truyền về từ các nhóm thiết bị đầu cuối người dùng,

sao cho mỗi tín hiệu đường xuống truyền về là sự đa hợp của các tín hiệu đường lên truyền về.

114. Hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 113, trong đó số lượng chùm tia người dùng truyền về nhiều hơn các đường dẫn tín hiệu nhận/truyền.

115. Hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 113, trong đó số lượng nút truy cập không bằng số lượng chùm tia người dùng truyền về.

116. Hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 111 đến 115, trong đó hệ thống này còn bao gồm:

bộ tạo trọng số chùm tia (910, 935) bao gồm đầu ra các trọng số chùm tia,

trong đó, bộ định dạng búp sóng truyền về còn bao gồm đầu vào các trọng số chùm tia (939) truyền thông với đầu ra các trọng số chùm tia để nhận nhóm các trọng số chùm tia truyền về,

sao cho tín hiệu chùm tia truyền về được tạo bằng cách áp dụng nhóm các trọng số chùm tia truyền về lên mỗi tín hiệu truyền về đa hợp, mỗi trọng số chùm tia được kết hợp với nút truy cập đã nhận tín hiệu truyền về đa hợp tương ứng.

117. Hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 111, trong đó hệ thống này còn bao gồm:

bộ đánh giá kênh (943) có các đầu ra độ khuếch đại kênh đầu cuối-đến-đầu cuối được đánh giá đối với các kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối mà ghép nối thiết bị đầu cuối người dùng với các nút truy cập qua các đường dẫn tín hiệu nhận/truyền,

trong đó, bộ tạo trọng số chùm tia truyền thông với đầu ra độ khuếch đại kênh đầu cuối-đến-đầu cuối được đánh giá và kết xuất nhóm các trọng số chùm tia truyền về

dưới dạng hàm số của các độ khuếch đại kênh truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối được đánh giá.

118. Hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 117, trong đó:

bộ đánh giá kênh bao gồm kho dữ liệu kênh (941) được lưu trên đó:

ma trận bức xạ đường xuống (Ct) để mô hình hóa các đường dẫn đường xuống từ các phần tử ăngten truyền đến các nút truy cập;

ma trận tải tin (E) để mô hình hóa các đường dẫn tín hiệu nhận/truyền; và

ma trận bức xạ đường lên (Ar) để mô hình hóa các đường dẫn đường lên từ thiết bị đầu cuối người dùng đến phần tử ăngten nhận; và

các độ khuếch đại kênh truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối của kênh đa đường dẫn truyền về đầu cuối-đến-đầu cuối được đánh giá dưới dạng các phần tử của ma trận kênh truyền về (Ct x E x Ar).

119. Hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 118, trong đó hệ thống này còn bao gồm phương tiện phi mặt đất được triển khai có bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối được bố trí trên đó, trong đó ít nhất một trong số Ar, E hoặc Ct được đánh giá sau khi triển khai phương tiện.

120. Hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 119, trong đó E được đo đối với bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối trước khi triển khai phương tiện.

121. Hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 118, trong đó ma trận kênh truyền về được đánh giá và được lưu trữ ở kho dữ liệu kênh trước khi nhận các tín hiệu truyền về đa hợp.

122. Hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 111, trong đó số lượng nút truy cập nhiều hơn các đường dẫn tín hiệu nhận/truyền.

123. Hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 111, trong đó hệ thống này còn bao gồm mạng phân bố (518) truyền thông với các nút truy cập và bộ định dạng búp sóng truyền về.

124. Hệ thống định dạng búp sóng đầu cuối-đến-đầu cuối theo điểm 111, trong đó:

các nút truy cập là các nút truy cập vệ tinh; và

bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối được bố trí ở vệ tinh.

125. Vệ tinh (503, 1202, 1502, 3403) bao gồm:

các phần tử ăngten nhận (406, 3416, 3426) mỗi phần tử này có hình mẫu ăngten chùm tia thành phần nhận, sao cho ít nhất một trong số các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần nhận chồng lên ít nhất một trong số các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần nhận khác, các phần tử ăngten nhận có thể hoạt động ở cùng tần số nhận và cùng phân cực nhận;

các phần tử ăngten truyền (409, 3419, 3429), mỗi phần tử này có hình mẫu ăngten chùm tia thành phần truyền, sao cho ít nhất một trong số các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần truyền chồng lên ít nhất một trong số các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần truyền khác, các phần tử ăngten truyền có thể hoạt động ở cùng tần số truyền và cùng phân cực truyền; và

các bộ phát đáp (410, 3430, 3440), mỗi bộ phát đáp này có đầu vào được ghép nối với phần tử ăngten nhận được kết hợp và mỗi bộ phát đáp này có đầu ra được ghép nối với phần tử ăngten truyền được kết hợp, sao cho có sự tương quan một-một giữa mỗi bộ phát đáp, phần tử ăngten nhận được kết hợp và phần tử ăngten truyền được kết hợp.

126. Vệ tinh theo điểm 125, trong đó mỗi trong số ít nhất 25% của các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần nhận chồng lên ít nhất năm hình mẫu khác trong số các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần nhận.

127. Vệ tinh theo điểm 125, trong đó mỗi trong số ít nhất 25% của các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần truyền chồng lên ít nhất năm hình mẫu khác trong số các hình mẫu ăngten chùm tia thành phần truyền.

128. Vệ tinh theo điểm 125, trong đó vệ tinh này có vùng phủ sóng vệ tinh đường lên được xác định bởi nhóm các điểm, hình mẫu ăngten chùm tia thành phần nhận của mỗi phần tử ăngten nhận thiết lập vùng phủ sóng phần tử ăngten nhận tương ứng, trong đó ít nhất 25% của nhóm các điểm của vùng phủ sóng vệ tinh đường lên trải dài ít nhất bốn vùng trong số các vùng phủ sóng phần tử ăngten nhận.

129. Vệ tinh theo điểm 128, trong đó ít nhất 25% của các điểm của vùng phủ sóng vệ

tinh đường lên trải dài ít nhất sáu vùng phủ sóng phần tử ăngten nhận.

130. Vệ tinh theo điểm 125, trong đó mỗi vùng phủ sóng phần tử ăngten nhận được xác định bởi nhóm các điểm mà tại đó độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần nhận nằm trong phạm vi 10 dB so với độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần nhận đỉnh đối với phần tử ăngten nhận được kết hợp với vùng phủ sóng phần tử ăngten nhận.

131. Vệ tinh theo điểm 125, trong đó mỗi vùng phủ sóng phần tử ăngten nhận được xác định bởi nhóm các điểm mà tại đó độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần nhận nằm trong phạm vi 6 dB so với độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần nhận đỉnh đối với phần tử ăngten nhận được kết hợp với vùng phủ sóng phần tử ăngten nhận.

132. Vệ tinh theo điểm 125, trong đó mỗi vùng phủ sóng phần tử ăngten nhận được xác định bởi nhóm các điểm mà tại đó độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần nhận nằm trong phạm vi 3 dB so với độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần nhận đỉnh đối với phần tử ăngten nhận được kết hợp với vùng phủ sóng phần tử ăngten nhận.

133. Vệ tinh theo điểm 125, trong đó vệ tinh này có vùng phủ sóng vệ tinh đường xuống được xác định bởi nhóm các điểm, hình mẫu ăngten chùm tia thành phần truyền của mỗi phần tử ăngten truyền thiết lập vùng phủ sóng phần tử ăngten truyền tương ứng đối với phần tử ăngten truyền, trong đó ít nhất 25% của nhóm các điểm của vùng phủ sóng vệ tinh đường xuống trải dài ít nhất bốn vùng phủ sóng phần tử ăngten truyền.

134. Vệ tinh theo điểm 133, trong đó ít nhất 25% của nhóm các điểm của vùng phủ sóng vệ tinh đường xuống trải dài ít nhất sáu vùng phủ sóng phần tử ăngten truyền.

135. Vệ tinh theo điểm 133, trong đó mỗi vùng phủ sóng phần tử ăngten truyền được xác định bởi nhóm các điểm mà tại đó độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần truyền nằm trong phạm vi 10 dB so với độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần truyền đỉnh đối với phần tử ăngten truyền được kết hợp với vùng phủ sóng phần tử ăngten truyền.

136. Vệ tinh theo điểm 133, trong đó mỗi vùng phủ sóng phần tử ăngten truyền được xác định bởi nhóm các điểm mà tại đó độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần truyền nằm trong phạm vi 6 dB so với độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần truyền đỉnh đối với phần tử ăngten truyền được kết hợp với vùng phủ sóng phần tử ăngten truyền.

ăngten truyền.

137. Vệ tinh theo điểm 133, trong đó mỗi vùng phủ sóng phần tử ăngten truyền được xác định bởi nhóm các điểm mà tại đó độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần truyền nằm trong phạm vi 3 dB so với độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần truyền đỉnh đối với phần tử ăngten truyền được kết hợp với vùng phủ sóng phần tử ăngten truyền.

138. Vệ tinh theo điểm 125, trong đó vệ tinh này còn bao gồm gương phản xạ nhận (1521, 1621), trong đó các phần tử ăngten nhận được sắp xếp để nhận các tín hiệu được phản xạ bởi gương phản xạ nhận.

139. Vệ tinh theo điểm 138, trong đó gương phản xạ nhận (1621) có mặt phẳng tiêu điểm (1625) và các phần tử ăngten nhận được định vị bên ngoài mặt phẳng tiêu điểm của gương phản xạ nhận.

140. Vệ tinh theo điểm 125, trong đó các phần tử ăngten nhận được sắp xếp dưới dạng giàn bức xạ trực tiếp.

141. Vệ tinh theo điểm 125, trong đó mỗi trong số các bộ phát đáp được ghép nối giữa một và chỉ một phần tử ăngten nhận được kết hợp trong số các phần tử ăngten nhận và một và chỉ một phần tử ăngten truyền được kết hợp trong số các phần tử ăngten truyền.

142. Vệ tinh theo điểm 125, trong đó vệ tinh này còn bao gồm gương phản xạ truyền (1521, 1561) trong đó các phần tử ăngten truyền được sắp xếp để chiếu gương phản xạ truyền.

143. Vệ tinh theo điểm 142, trong đó gương phản xạ truyền (1621) có mặt phẳng tiêu điểm (1625) và các phần tử ăngten truyền được định vị bên ngoài mặt phẳng tiêu điểm của gương phản xạ truyền.

144. Vệ tinh theo điểm 125, trong đó các phần tử ăngten truyền được sắp xếp dưới dạng giàn bức xạ trực tiếp.

145. Vệ tinh theo điểm 125, trong đó mỗi bộ phát đáp bao gồm:

bộ khuếch đại nhiễu thấp (412, 3705) (low noise amplifier, LNA) có đầu vào LNA và đầu ra LNA, đầu vào LNA được ghép nối với một trong số các phần tử ăngten nhận được kết hợp; và

bộ khuếch đại công suất (420, 3725) (power amplifier, PA) có đầu vào PA được ghép nối với đầu ra LNA và đầu ra PA được ghép nối với một trong số các phần tử ăngten truyền được kết hợp.

146. Vệ tinh theo điểm 145, trong đó ít nhất một trong số các bộ phát đáp còn bao gồm bộ chuyển đổi tần số (414, 3710) được ghép nối giữa LNA và PA.

147. Vệ tinh theo điểm 125, trong đó ít nhất một trong số các bộ phát đáp là bộ phát đáp liên kết truyền đi (3430) và ít nhất một trong số các bộ phát đáp là bộ phát đáp liên kết truyền về (3440).

148. Vệ tinh theo điểm 125, trong đó các bộ phát đáp bao gồm mười bộ phát đáp.

149. Vệ tinh theo điểm 125, trong đó các bộ phát đáp bao gồm một trăm bộ phát đáp.

150. Vệ tinh theo điểm 125, trong đó ít nhất một trong số các bộ phát đáp hoạt động theo dải tần số được chọn từ nhóm bao gồm: C, L, S, X, V, Ka và Ku.

151. Vệ tinh theo điểm 125, trong đó ít nhất một trong số các bộ phát đáp hoạt động với băng thông tần số được chọn từ nhóm bao gồm: 500 MHz, 1 GHz, 1,5 GHz, 2 GHz, 2,5 GHz, 3 GHz và 3,5 GHz.

152. Vệ tinh theo điểm 125, trong đó vệ tinh này còn bao gồm bộ phát pha vô tuyến (426).

153. Vệ tinh theo điểm 152, trong đó bộ phát pha vô tuyến được ghép nối với ít nhất một trong số các phần tử ăngten truyền.

154. Vệ tinh theo điểm 152, trong đó bộ phát pha vô tuyến vệ tinh tạo pha vô tuyến vệ tinh bao gồm chuỗi ngẫu nhiên giả.

155. Vệ tinh theo điểm 125, trong đó vệ tinh là vệ tinh địa tĩnh.

156. Vệ tinh theo điểm 125, trong đó các phần tử ăngten nhận nhận các tín hiệu từ bộ truyền tín hiệu mặt đất ở các mức tín hiệu nhận được, ít nhất nhóm con của các phần tử ăngten nhận nhận các tín hiệu từ bộ truyền tín hiệu mặt đất ở các mức tín hiệu nhận được mà tất cả nằm trong phạm vi 10 dB so với mức tối đa của các mức tín hiệu nhận được.

157. Vệ tinh theo điểm 156, trong đó nhóm con bao gồm 10% của các phần tử ăngten nhận.

158. Vệ tinh theo điểm 156, trong đó nhóm con bao gồm 10 phần tử trong số các phần tử ăngten nhận.

159. Vệ tinh theo điểm 125, trong đó các phần tử ăngten truyền truyền các tín hiệu đến các bộ nhận tín hiệu mặt đất ở các mức tín hiệu truyền, ít nhất nhóm con của các phần tử ăngten truyền truyền các tín hiệu đến bộ nhận tín hiệu mặt đất với các mức tín hiệu truyền mà tất cả nằm trong phạm vi 10 dB so với mức tối đa của các mức tín hiệu truyền.

160. Vệ tinh theo điểm 159, trong đó nhóm con bao gồm 10% của các phần tử ăngten truyền.

161. Vệ tinh theo điểm 159, trong đó nhóm con bao gồm 10 phần tử trong số các phần tử ăngten truyền.

162. Vệ tinh theo điểm 125, trong đó các độ trễ thời gian đường dẫn tín hiệu của các bộ phát đáp được so khớp.

163. Phương pháp truyền thông thông qua bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối (503, 1202, 1502, 3403), phương pháp này bao gồm các bước:

nhận tín hiệu truyền thông (521, 525) ở mỗi trong số các phần tử ăngten nhận của bộ chuyển tiếp đầu cuối-đến-đầu cuối, tín hiệu truyền thông bắt nguồn từ bộ truyền tín hiệu mặt đất (515, 517), sao cho mỗi trong số nhóm con của các phần tử ăngten nhận nhận tín hiệu truyền thông ở mức tín hiệu gần như không nhỏ hơn mức tín hiệu tương ứng với độ khuếch đại đỉnh của phần tử ăngten nhận;

kết xuất từ mỗi trong số các phần tử ăngten nhận, tín hiệu nhận được tương ứng thu được từ sự tiếp nhận tín hiệu truyền thông của phần tử ăngten nhận;

khuếch đại một cách độc lập mỗi tín hiệu nhận được để tạo ra các tín hiệu nhận được được khuếch đại; và

truyền, từ mỗi trong số ít nhất một số phần tử ăngten truyền, một trong số các tín hiệu nhận được được khuếch đại khác dưới dạng tín hiệu đường xuống (522, 527), sao cho ít nhất nhóm con của các tín hiệu đường xuống chiếu bộ nhận tín hiệu mặt đất (515, 517) ở mức tín hiệu gần như không nhỏ hơn mức tín hiệu tương ứng với độ khuếch đại đỉnh của các phần tử ăngten truyền tham gia truyền.

164. Phương pháp theo điểm 163, trong đó bộ truyền tín hiệu mặt đất là thiết bị đầu cuối người dùng (517).

165. Phương pháp theo điểm 163, trong đó bộ truyền tín hiệu mặt đất là nút truy cập (515).

166. Phương pháp theo điểm 163, trong đó bộ nhận tín hiệu mặt đất là nút truy cập (515).

167. Phương pháp theo điểm 163, trong đó bộ nhận tín hiệu mặt đất là thiết bị đầu cuối người dùng (517).

168. Phương pháp theo điểm 166, trong đó bước truyền các tín hiệu được nhận được khuếch đại còn bao gồm bước truyền đến mỗi trong số các nút truy cập khác.

169. Phương pháp theo điểm 163, trong đó vệ tinh có vùng phủ sóng vệ tinh đường lên được xác định bởi nhóm các điểm, ít nhất 25% của nhóm các điểm của vùng phủ sóng vệ tinh đường lên trải dài các vùng phủ sóng chồng lên nhau của ít nhất sáu phần tử ăngten nhận.

170. Phương pháp theo điểm 163, trong đó vệ tinh có vùng phủ sóng vệ tinh đường lên được xác định bởi nhóm các điểm, ít nhất 25% của nhóm các điểm của vùng phủ sóng vệ tinh đường lên trải dài các vùng phủ sóng chồng lên nhau của ít nhất bốn phần tử ăngten nhận.

171. Phương pháp theo điểm 163, trong đó mỗi vùng phủ sóng phần tử ăngten nhận được xác định bởi nhóm các điểm mà tại đó độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần nhận nằm trong phạm vi 10 dB so với độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần nhận đỉnh đối với phần tử ăngten nhận được kết hợp với vùng phủ sóng phần tử ăngten nhận.

172. Phương pháp theo điểm 163, trong đó mỗi vùng phủ sóng phần tử ăngten nhận được xác định bởi nhóm các điểm mà tại đó độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần nhận nằm trong phạm vi 6 dB so với độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần nhận đỉnh đối với phần tử ăngten nhận được kết hợp với vùng phủ sóng phần tử ăngten nhận.

173. Phương pháp theo điểm 163, trong đó mỗi vùng phủ sóng phần tử ăngten nhận được xác định bởi nhóm các điểm mà tại đó độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần

nhận nằm trong phạm vi 3 dB so với độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần nhận đỉnh đối với phần tử ăngten nhận được kết hợp với vùng phủ sóng phần tử ăngten nhận.

174. Phương pháp theo điểm 163, trong đó vệ tinh có vùng phủ sóng vệ tinh đường xuống được xác định bởi nhóm các điểm, ít nhất 25% của nhóm các điểm của vùng phủ sóng vệ tinh đường xuống trải dài các vùng phủ sóng chồng lên nhau của ít nhất sáu phần tử ăngten truyền.

175. Phương pháp theo điểm 163, trong đó vệ tinh có vùng phủ sóng vệ tinh đường xuống được xác định bởi nhóm các điểm, ít nhất 25% của nhóm các điểm của vùng phủ sóng vệ tinh đường xuống trải dài các vùng phủ sóng chồng lên nhau của ít nhất bốn phần tử ăngten truyền.

176. Phương pháp theo điểm 174, trong đó mỗi vùng phủ sóng phần tử ăngten truyền được xác định bởi nhóm các điểm mà tại đó độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần truyền nằm trong phạm vi 10 dB so với độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần truyền đỉnh đối với phần tử ăngten truyền được kết hợp với vùng phủ sóng phần tử ăngten truyền.

177. Phương pháp theo điểm 174, trong đó mỗi vùng phủ sóng phần tử ăngten truyền được xác định bởi nhóm các điểm mà tại đó độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần truyền nằm trong phạm vi 6 dB so với độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần truyền đỉnh đối với phần tử ăngten truyền được kết hợp với vùng phủ sóng phần tử ăngten truyền.

178. Phương pháp theo điểm 174, trong đó mỗi vùng phủ sóng phần tử ăngten truyền được xác định bởi nhóm các điểm mà tại đó độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần truyền nằm trong phạm vi 3 dB so với độ khuếch đại ăngten chùm tia thành phần truyền đỉnh đối với phần tử ăngten truyền được kết hợp với vùng phủ sóng phần tử ăngten truyền.

179. Phương pháp theo điểm 163, trong đó bước nhận tín hiệu truyền thông bao gồm bước phản xạ tín hiệu truyền thông để tạo tín hiệu mà hội tụ ở điểm trên mặt phẳng tiêu điểm, trong đó bước nhận tín hiệu truyền thông diễn ra cách xa mặt phẳng tiêu điểm.

180. Phương pháp theo điểm 163, trong đó bước truyền các tín hiệu được nhận được khuếch đại bao gồm bước truyền từ các phần tử ăngten nhận đến gương phản xạ truyền có mặt phẳng tiêu điểm, trong đó bước truyền các tín hiệu diễn ra cách xa mặt phẳng tiêu điểm.

181. Phương pháp theo điểm 163, trong đó tín hiệu truyền thông được nhận trên tần số đường lên và phương pháp này còn bao gồm bước chuyển đổi tần số ít nhất một trong số các tín hiệu được nhận được khuếch đại từ tần số đường lên đến tần số đường xuống để tạo ra tín hiệu nhận được được khuếch đại được chuyển đổi tần số, và trong đó bước truyền các tín hiệu được nhận được khuếch đại bao gồm bước truyền các tín hiệu nhận được được khuếch đại được chuyển đổi tần số.

182. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 163 đến 181, trong đó các tín hiệu nhận được nằm trong dải tần số được chọn từ nhóm bao gồm: C, L, S, X, V, Ka và Ku.

183. Phương pháp theo điểm 163, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước truyền tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp.

184. Phương pháp theo điểm 183, trong đó tín hiệu pha vô tuyến bộ chuyển tiếp bao gồm chuỗi ngẫu nhiên giả (pseudo random, PN).

185. Phương pháp theo điểm 163, mỗi phần tử ăngten nhận có vùng phủ sóng phần tử ăngten nhận, sao cho các vùng phủ sóng phần tử ăngten nhận chồng lên nhau.

186. Phương pháp theo điểm 163, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước nhận, bởi các phần tử ăngten nhận, các tín hiệu khác từ các bộ truyền tín hiệu mặt đất khác được phân tán theo địa lý.

187. Phương pháp theo điểm 163, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước truyền từ các phần tử ăngten nhận đến các bộ nhận tín hiệu mặt đất khác được phân tán theo địa lý.

188. Phương pháp theo điểm 163, trong đó mỗi trong số nhóm con của các phần tử ăngten nhận nhận tín hiệu truyền thông bắt nguồn từ bộ truyền tín hiệu mặt đất ở mức tín hiệu nằm trong phạm vi 10 dB so với mức tín hiệu tối đa được nhận bởi phần tử bất kỳ của nhóm con của các phần tử ăngten nhận.

189. Phương pháp theo điểm 163, trong đó nhóm con bao gồm ít nhất 10% của các

phần tử ăngten nhận.

190. Phương pháp theo điểm 163, trong đó nhóm con bao gồm ít nhất mười phần tử trong số các phần tử ăngten nhận.

191. Phương pháp theo điểm 163, trong đó nhóm con của các phần tử ăngten nhận truyền các tín hiệu đến bộ truyền tín hiệu mặt đất dẫn đến mức tín hiệu nhận được nằm trong phạm vi 10 dB so với mức tín hiệu tối đa được nhận từ phần tử bất kỳ trong số các phần tử ăngten truyền.

192. Phương pháp theo điểm 163, trong đó nhóm con của các tín hiệu được truyền được truyền bởi ít nhất 10% của các phần tử ăngten truyền.

193. Phương pháp theo điểm 163, trong đó nhóm con của các tín hiệu được truyền được truyền bởi ít nhất mười phần tử trong số các phần tử ăngten truyền.

194. Phương pháp theo điểm 163, trong đó bước nhận tín hiệu truyền thông bao gồm:

bước nhận từ thiết bị đầu cuối người dùng trong khoảng thời gian nhận thứ nhất; và

bước nhận từ nút truy cập trong khoảng thời gian nhận thứ hai không chồng lên khoảng thời gian nhận thứ nhất.

195. Phương pháp theo điểm 163, trong đó bước nhận tín hiệu truyền thông bao gồm:

bước nhận từ thiết bị đầu cuối người dùng trên dải tần số thứ nhất; và

bước nhận từ nút truy cập trên dải tần số thứ nhất.

196. Phương pháp theo điểm 163, trong đó bước truyền một trong số các tín hiệu được nhận được khuếch đại khác bao gồm:

bước truyền đến thiết bị đầu cuối người dùng trên dải tần số thứ hai; và

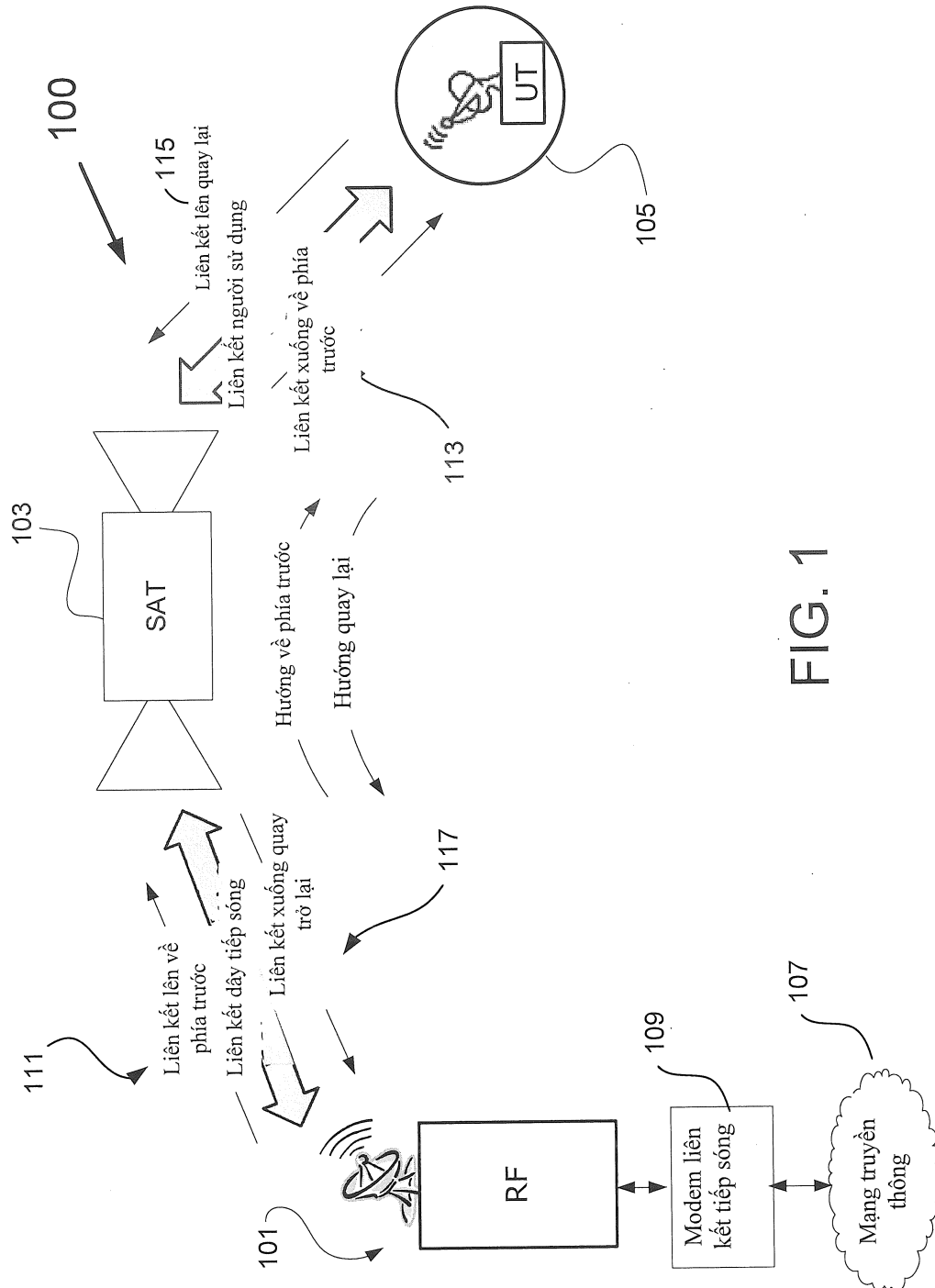
bước truyền đến nút truy cập trên dải tần số thứ hai.

197. Phương pháp theo điểm 163, trong đó bước truyền một trong số các tín hiệu được nhận được khuếch đại khác bao gồm:

bước truyền đến thiết bị đầu cuối người dùng trong khoảng thời gian truyền thứ nhất; và

bước truyền đến nút truy cập trong khoảng thời gian truyền thứ hai không

chồng lên khoảng thời gian truyền thứ nhất.



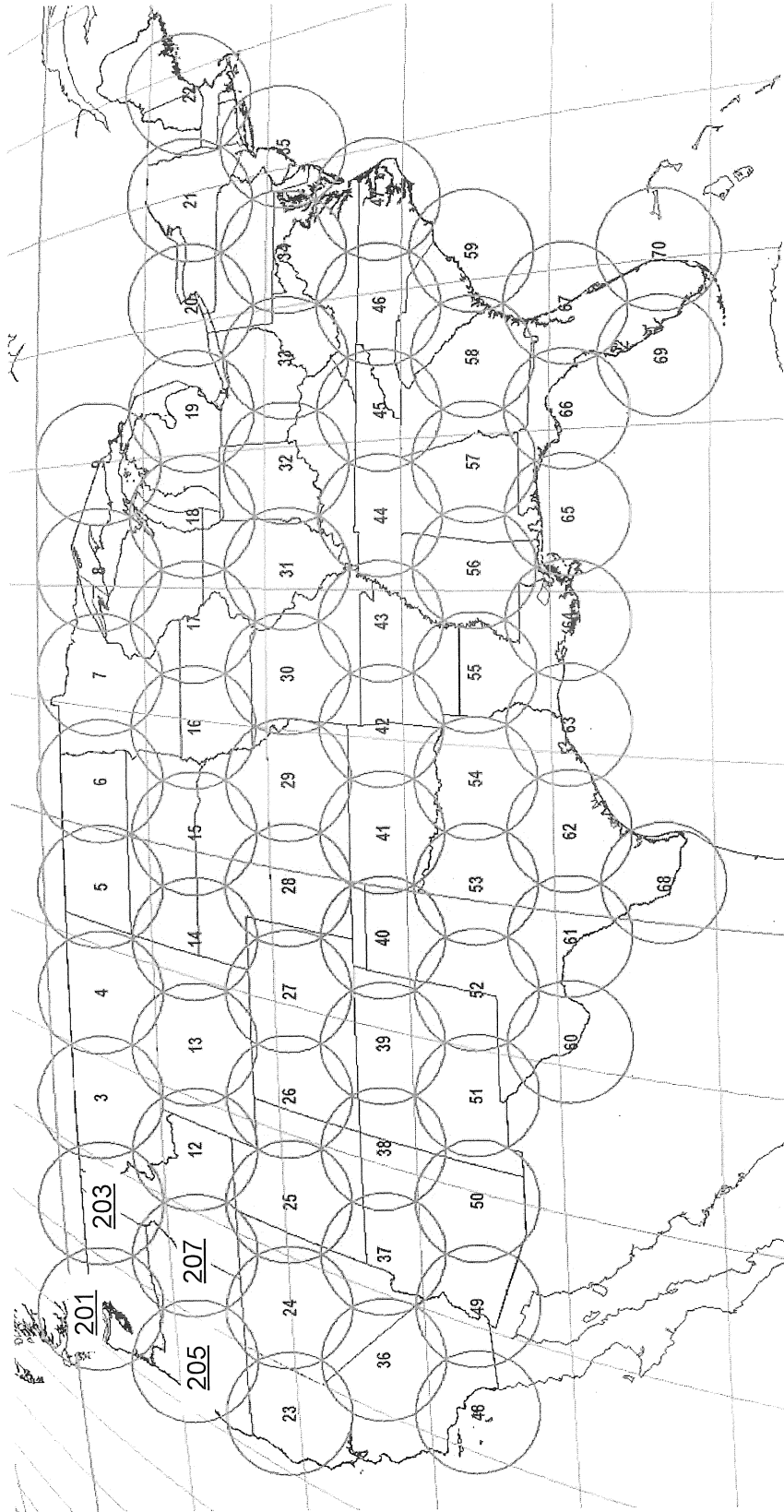


FIG. 2

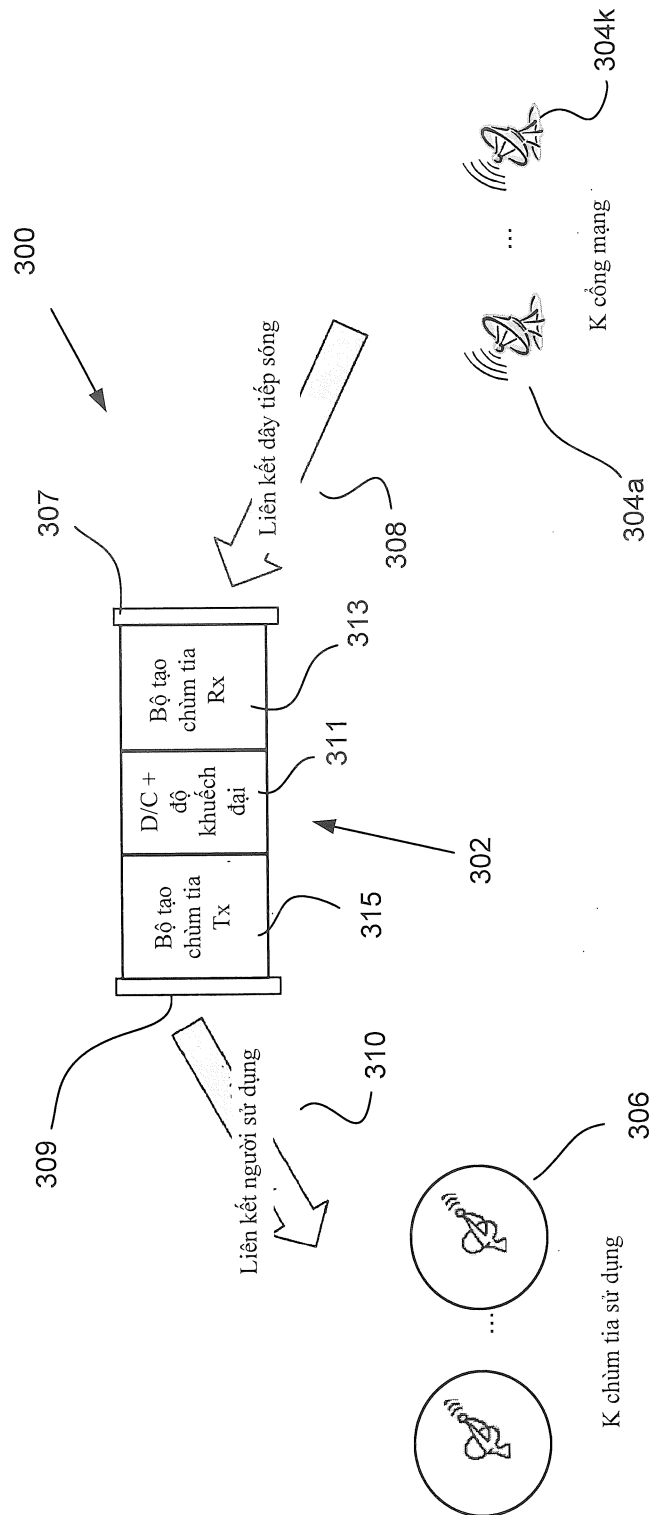


FIG. 3

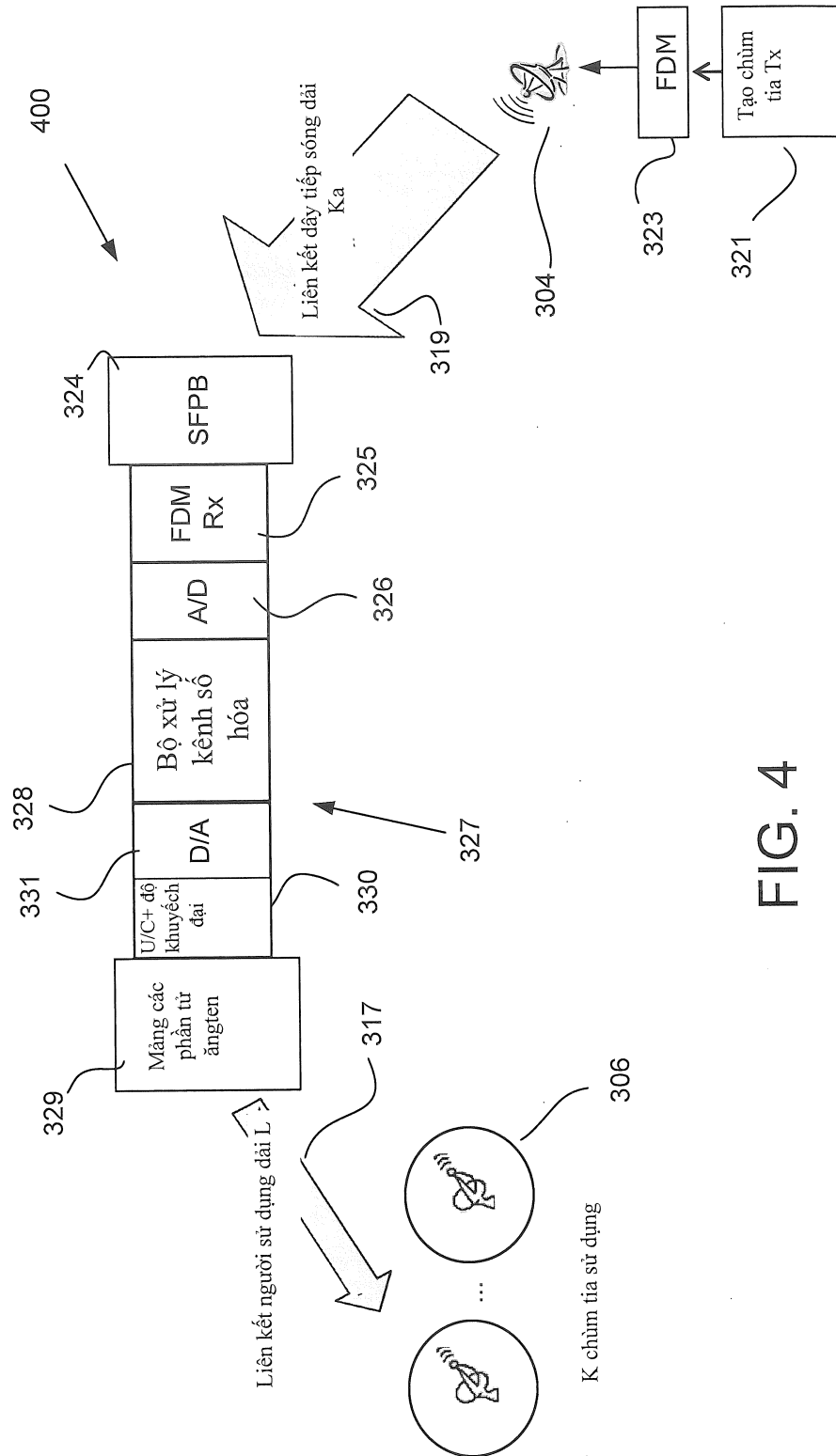
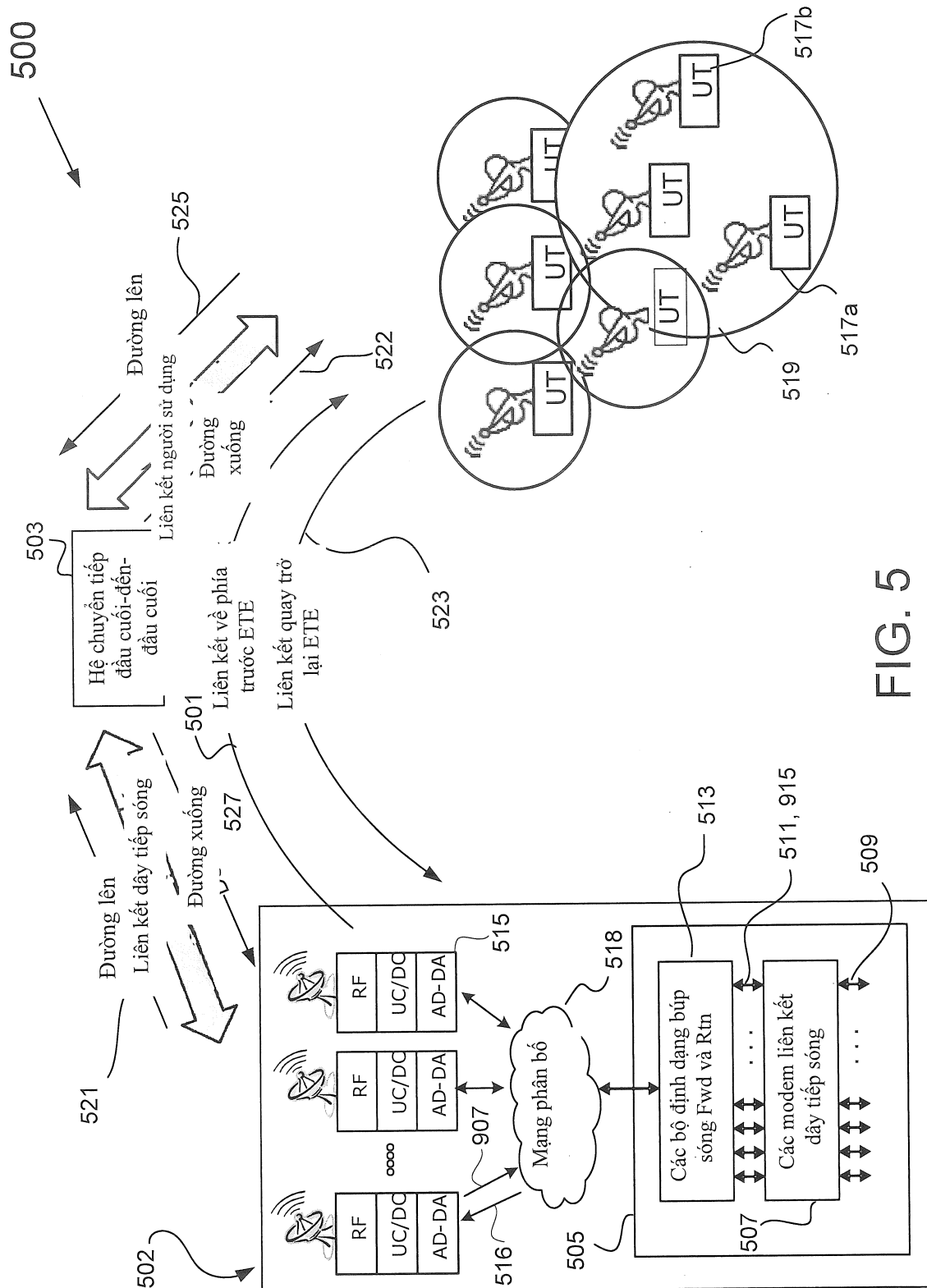


FIG. 4



50
61
72

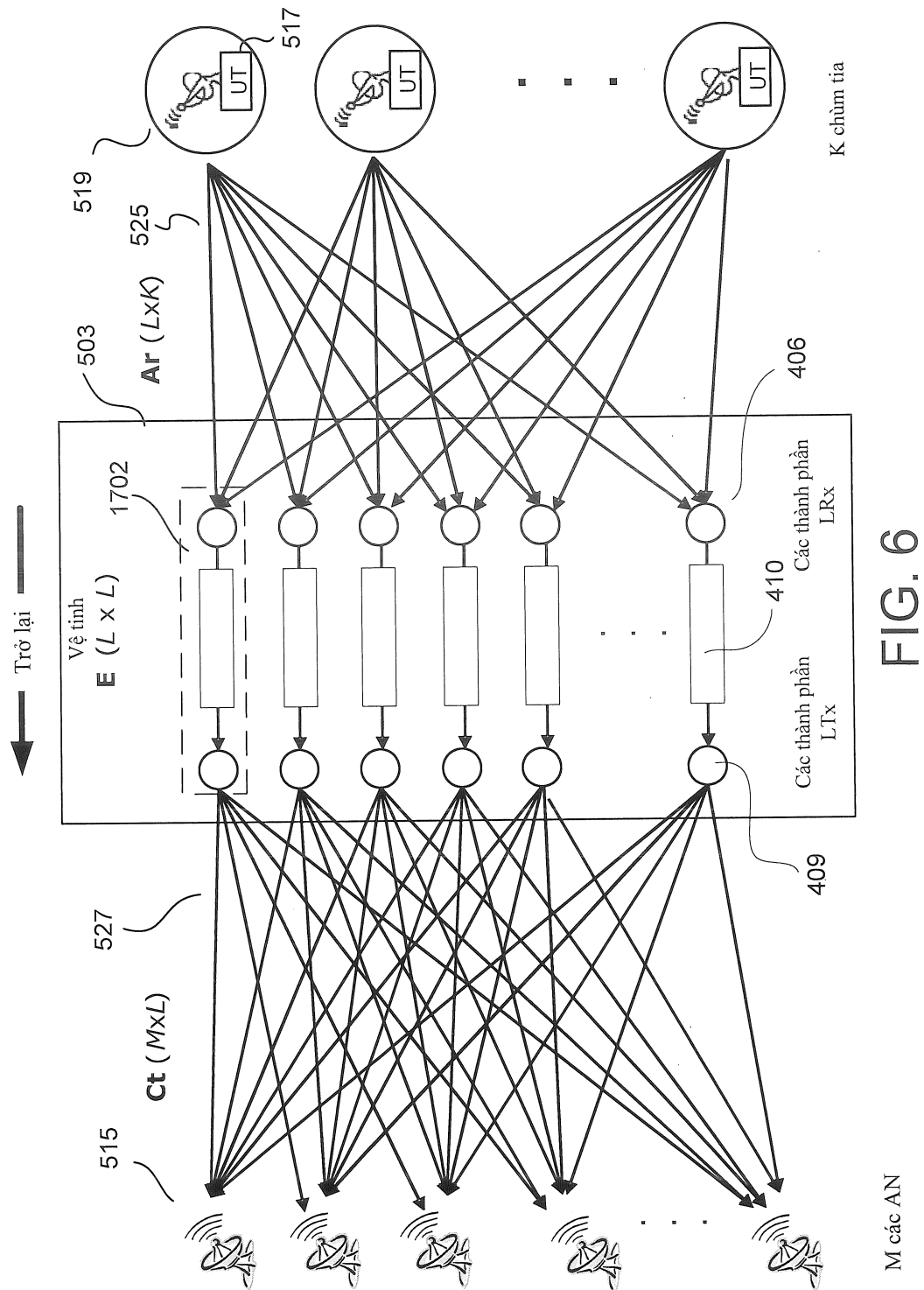


FIG. 6

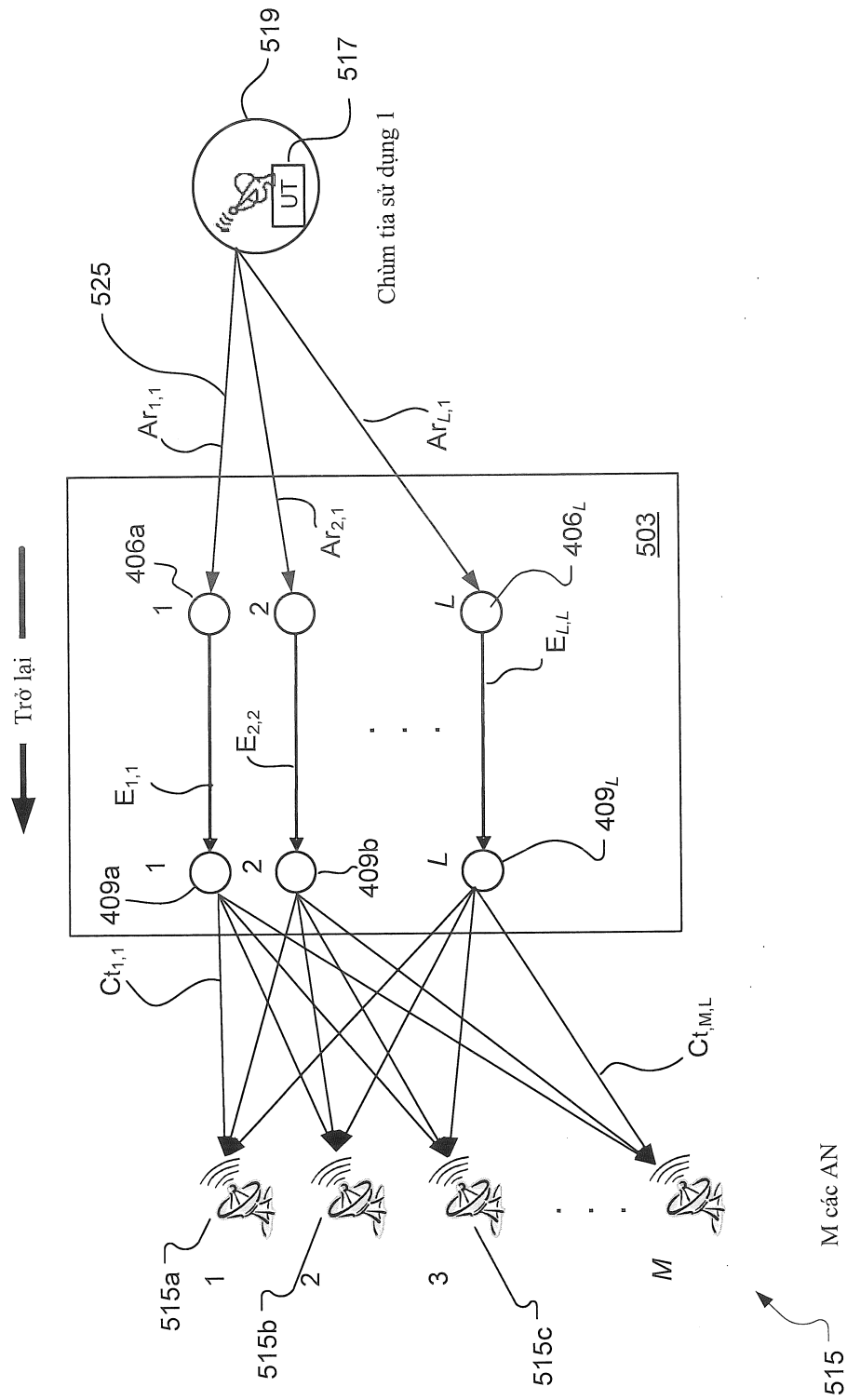


FIG. 7

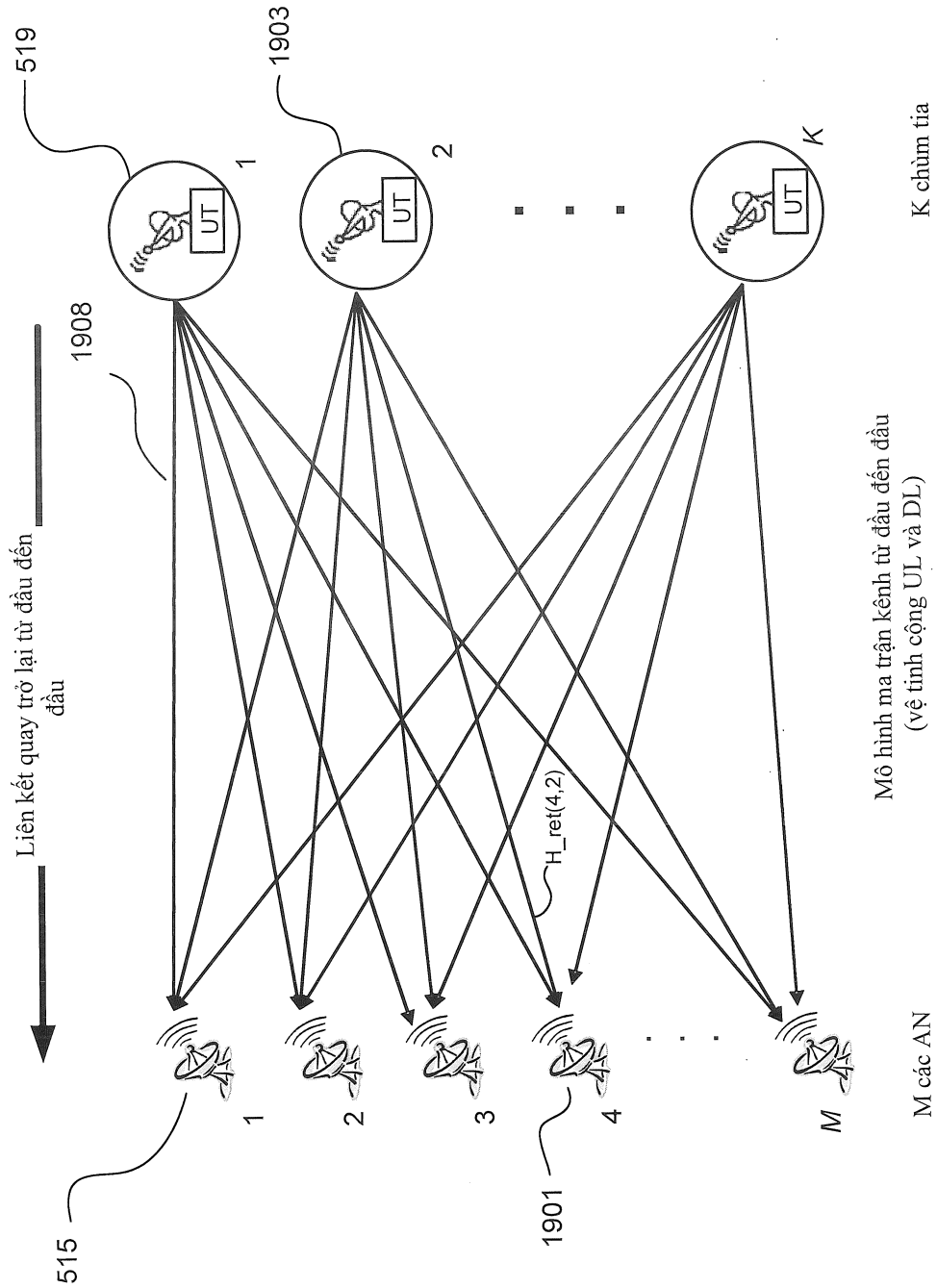


FIG. 8

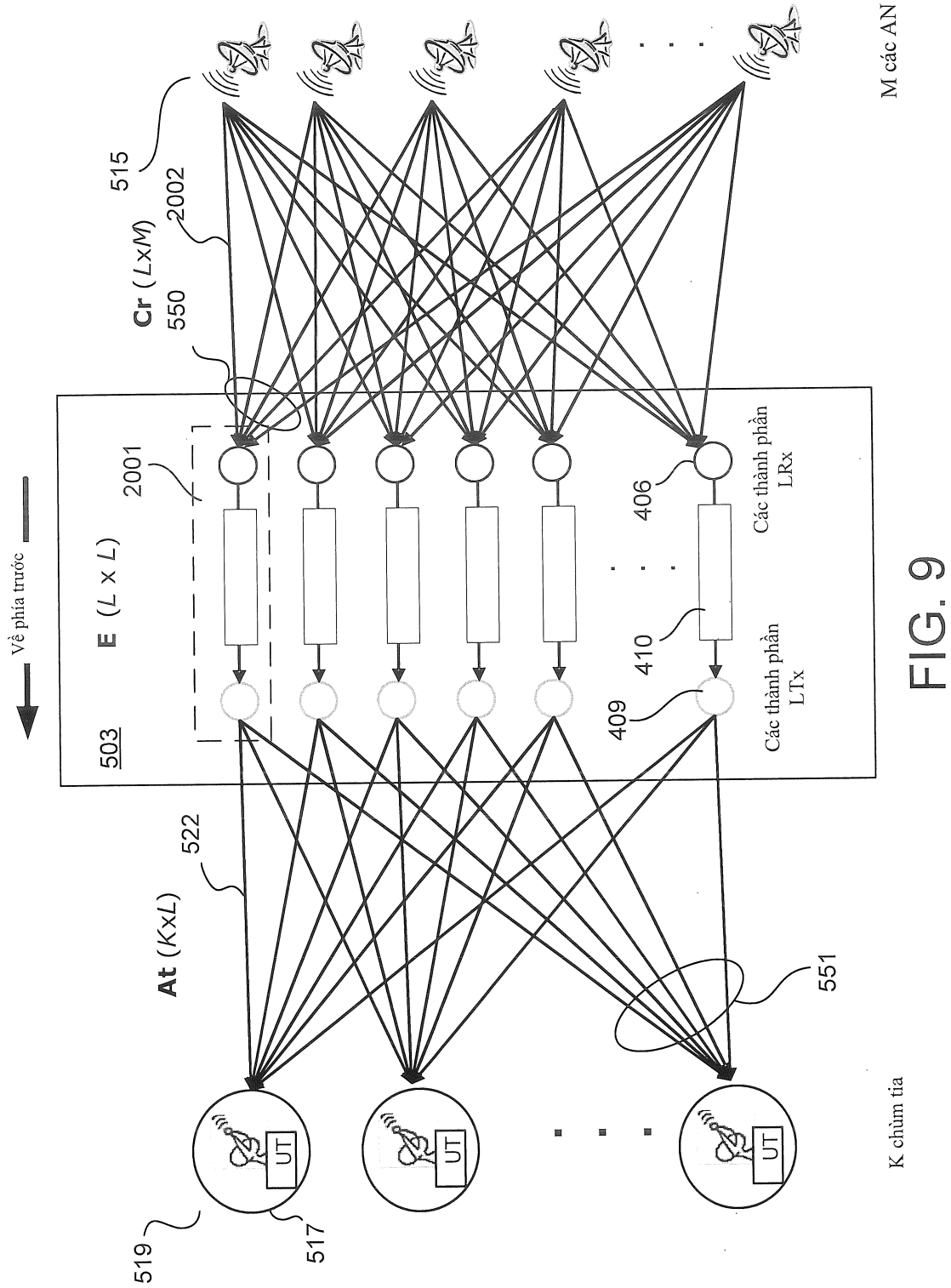


FIG. 9

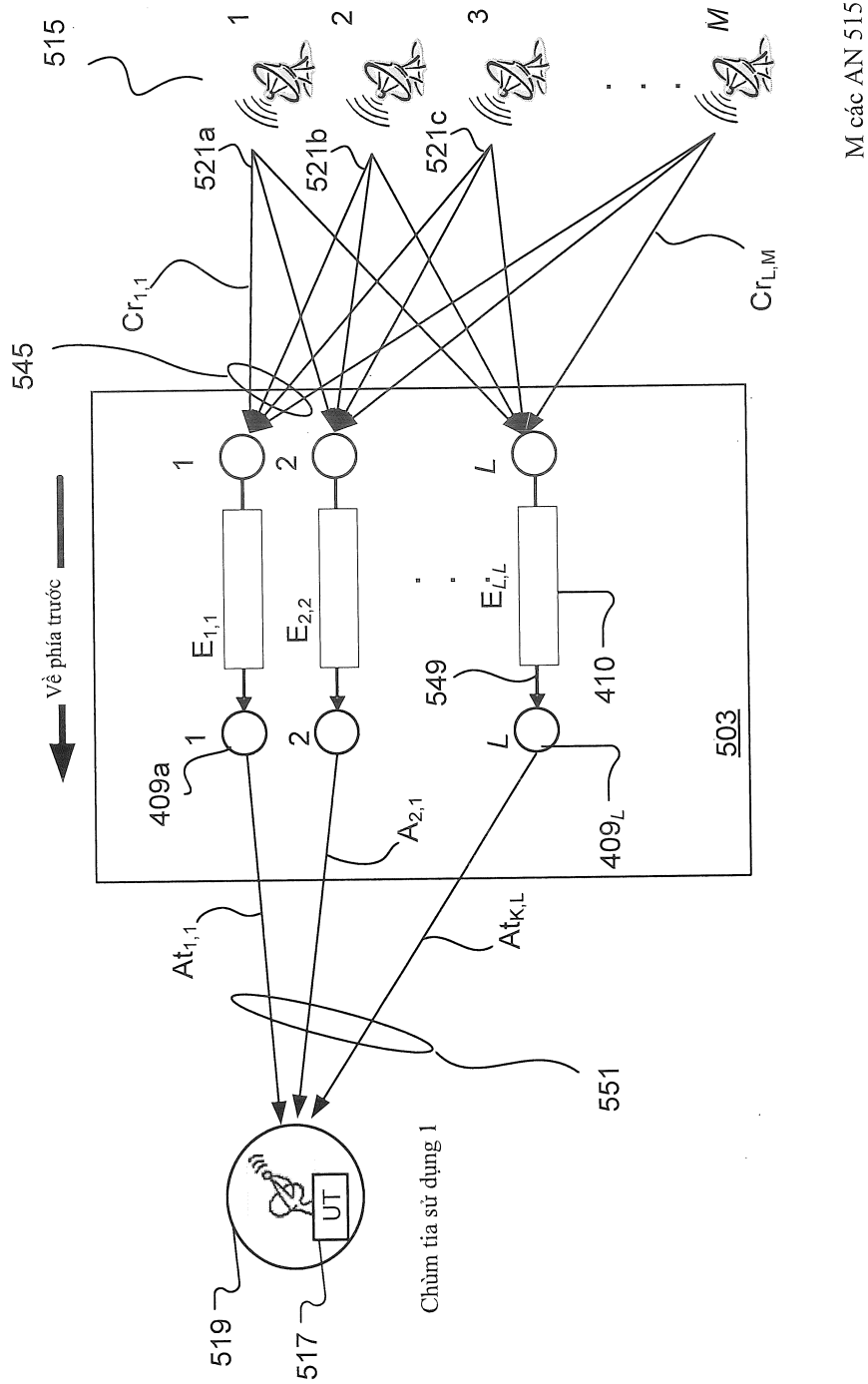


FIG. 10

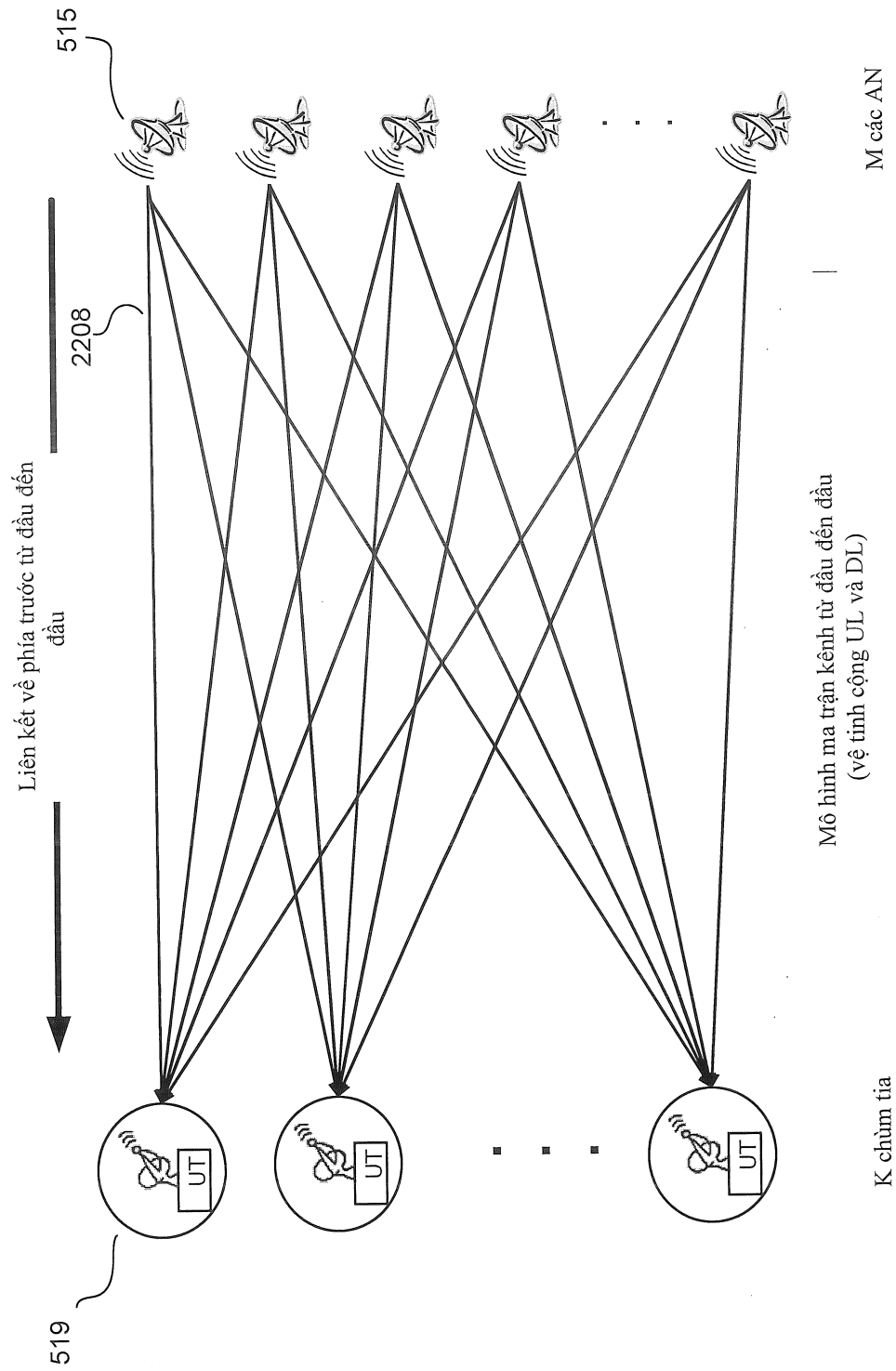


FIG. 11

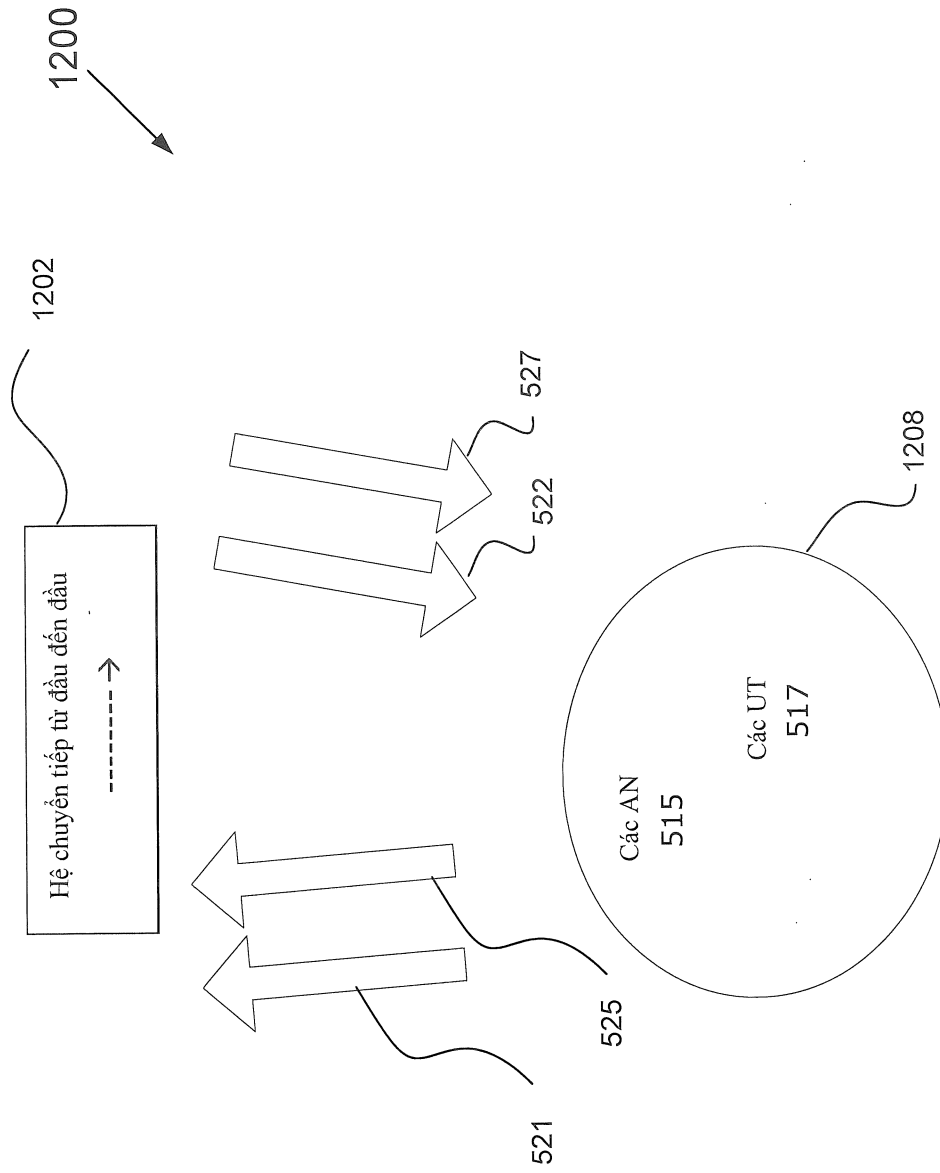


FIG. 12

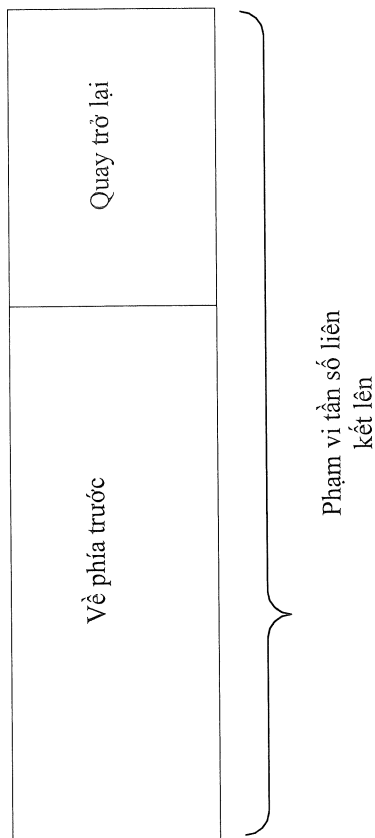


FIG. 13

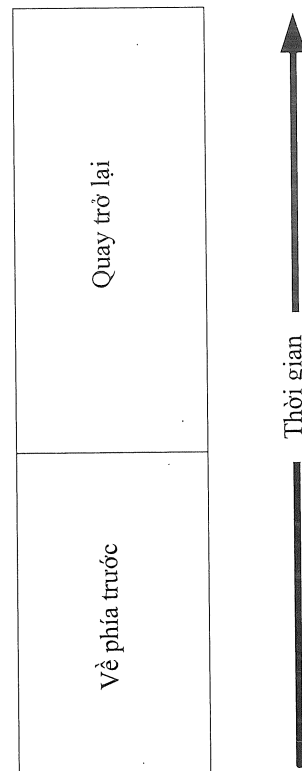


FIG. 14

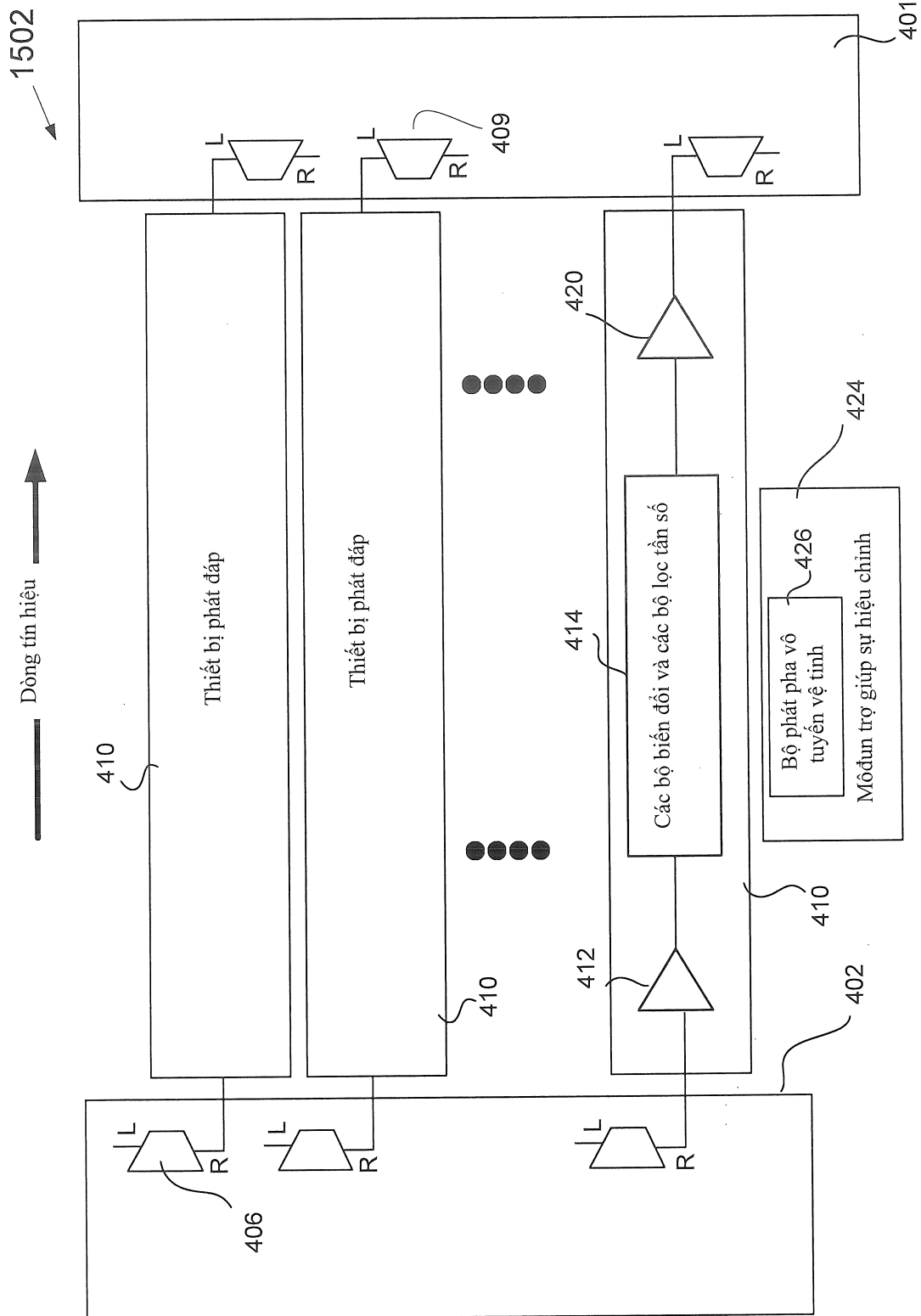


FIG. 15

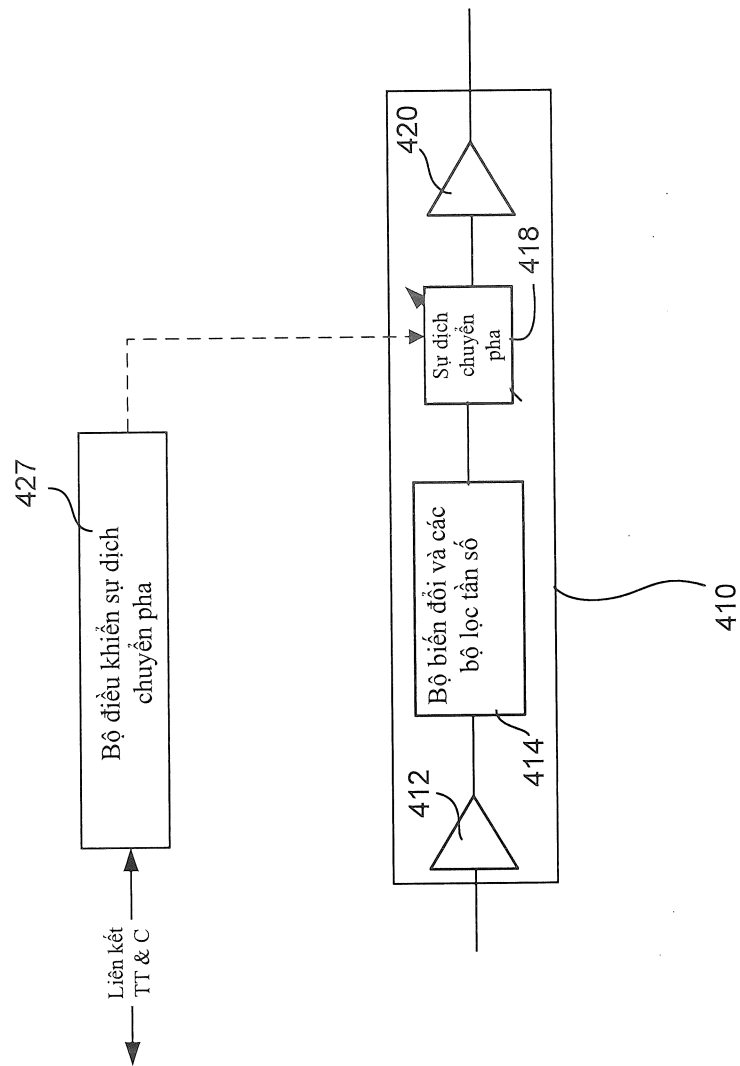


FIG. 16

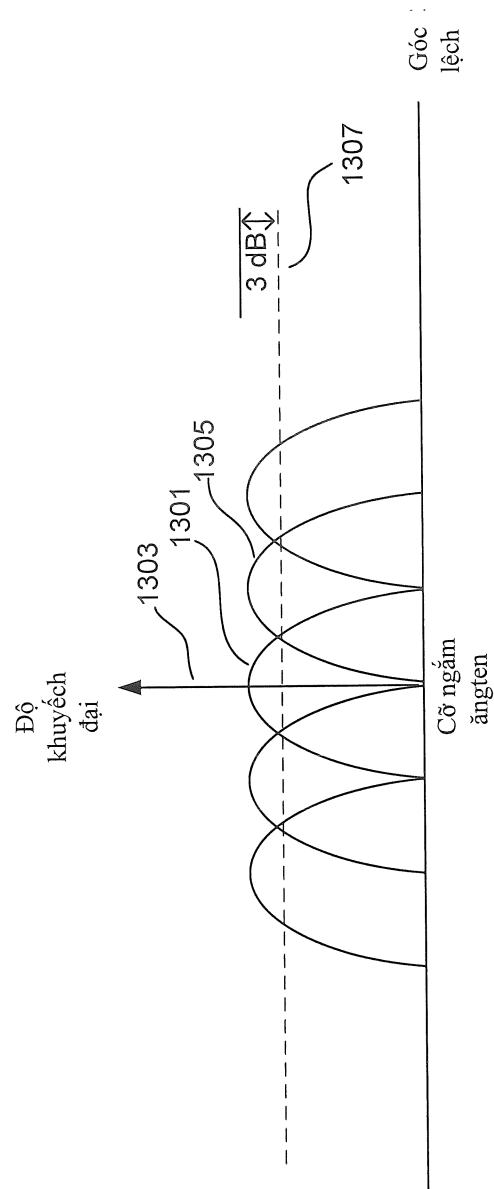


FIG. 17

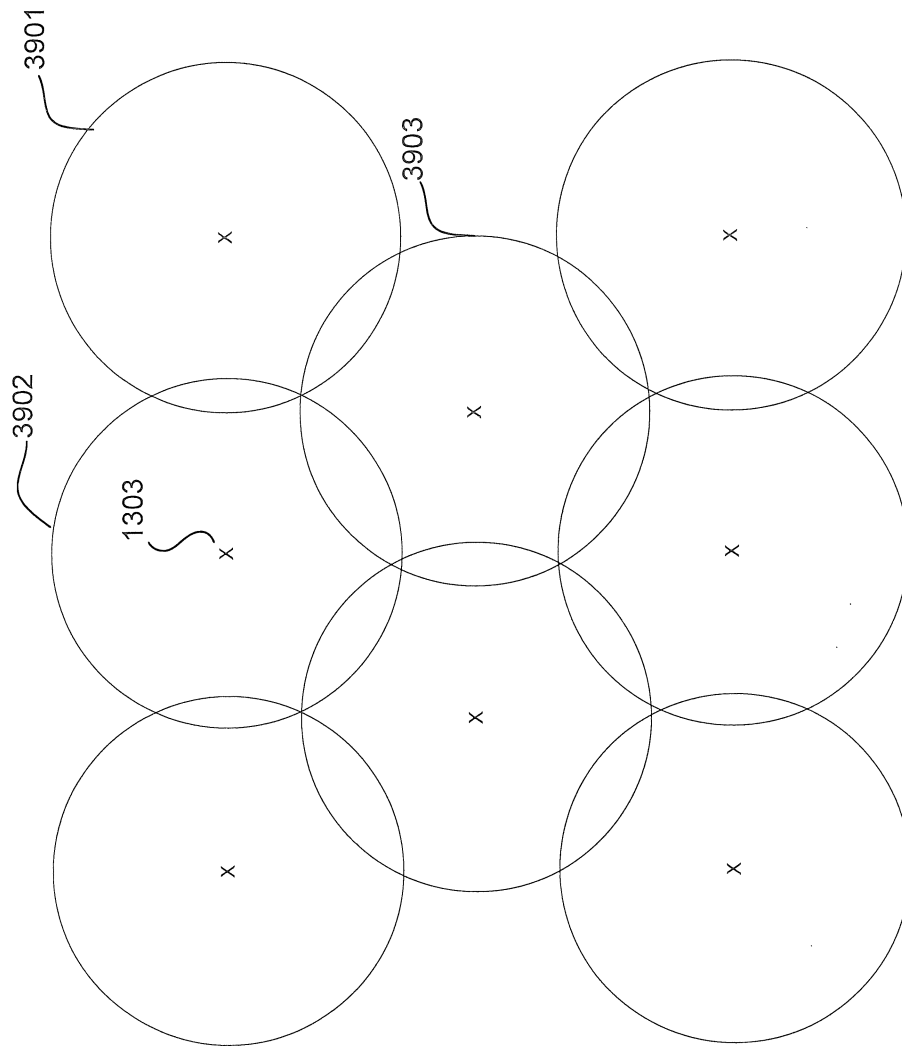


FIG. 18

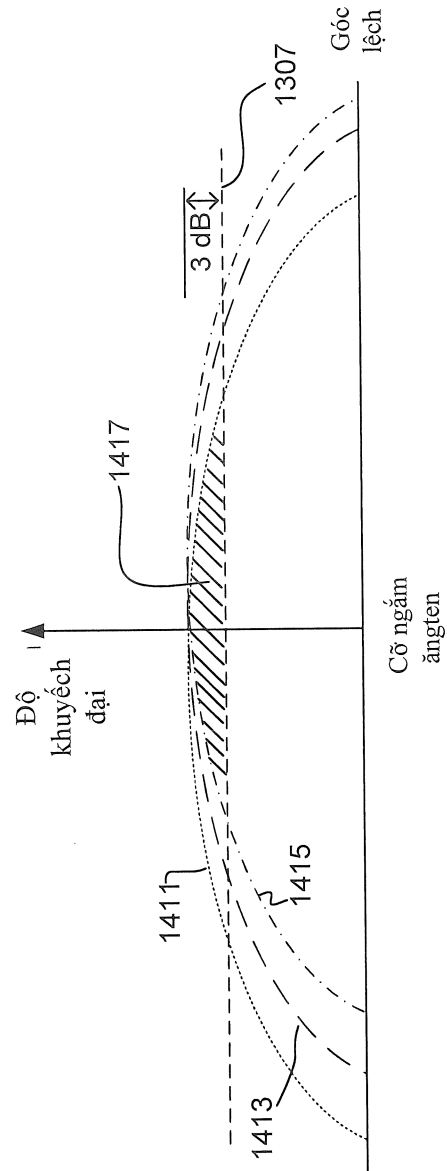


FIG. 19

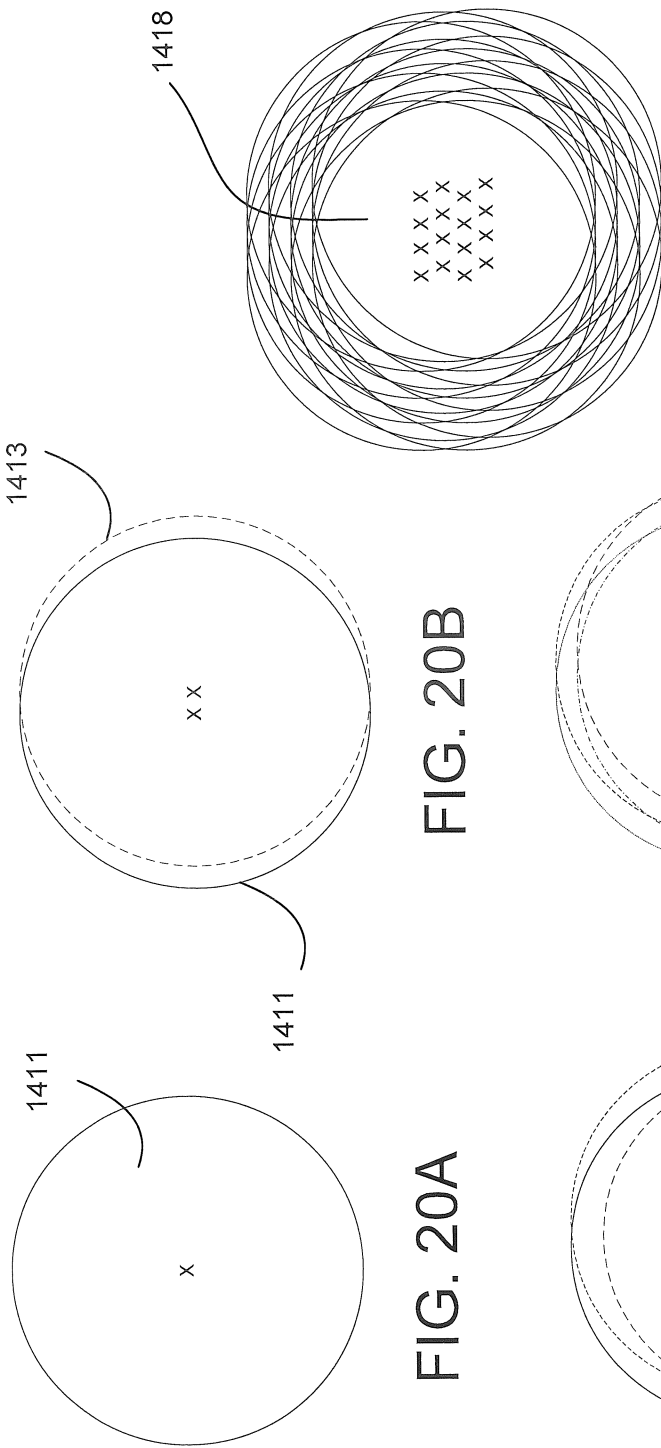


FIG. 20A

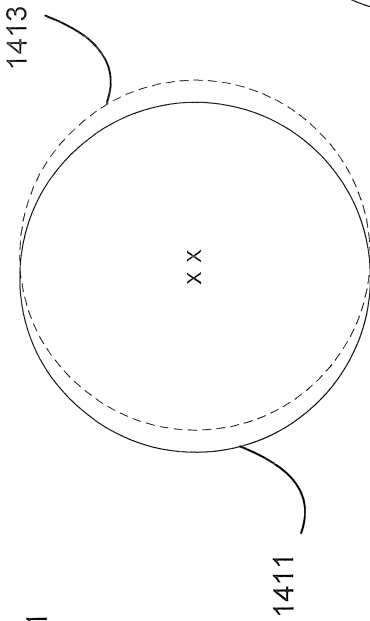


FIG. 20B

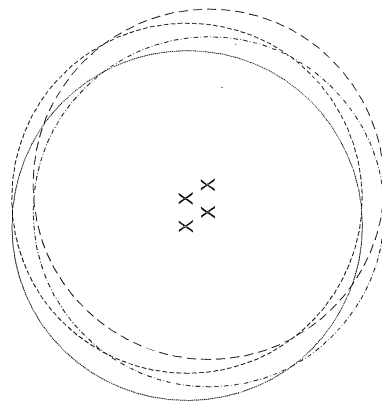


FIG. 20C



FIG. 20D

FIG. 20E

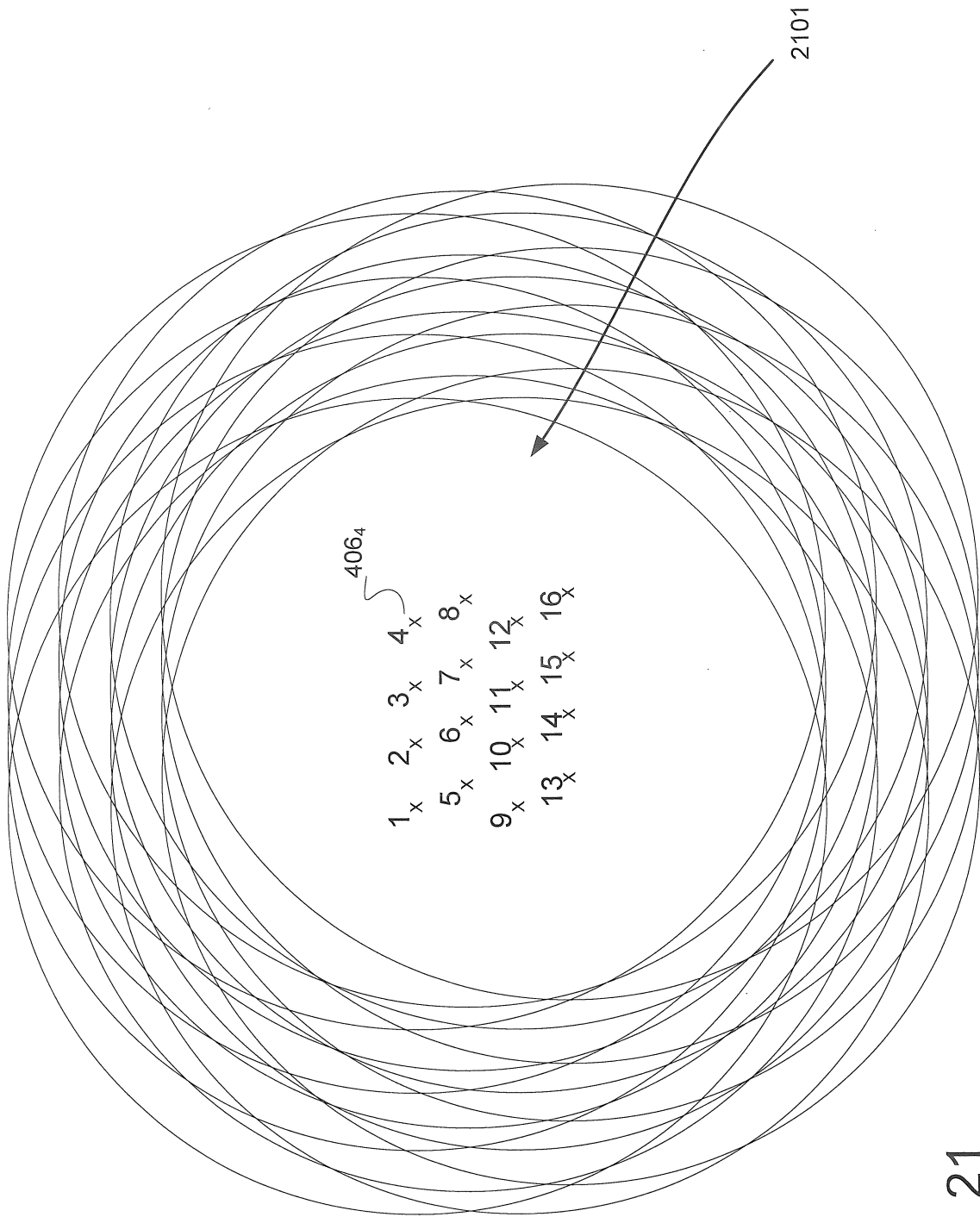


FIG. 21

4202

4200

4204

4206

4208

Thuật bị phát đáp	Phần tử RX	Phần tử TX	Phần tử TX
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

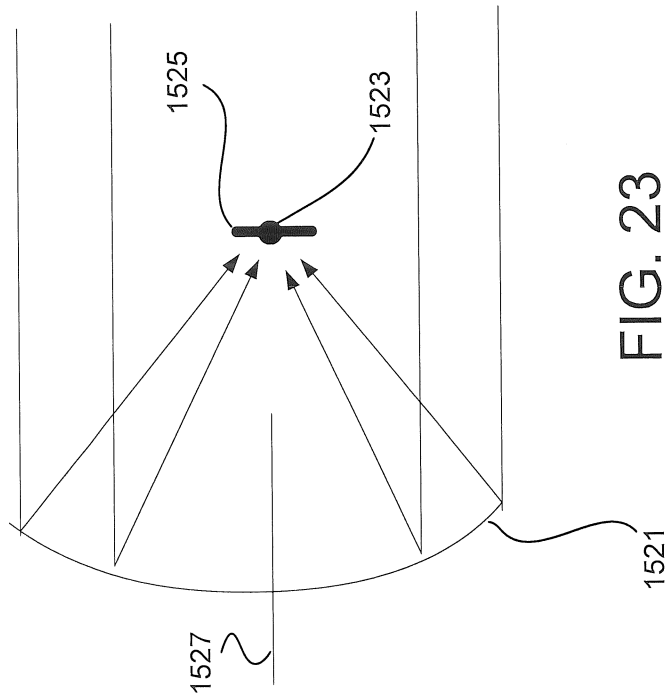


FIG. 23

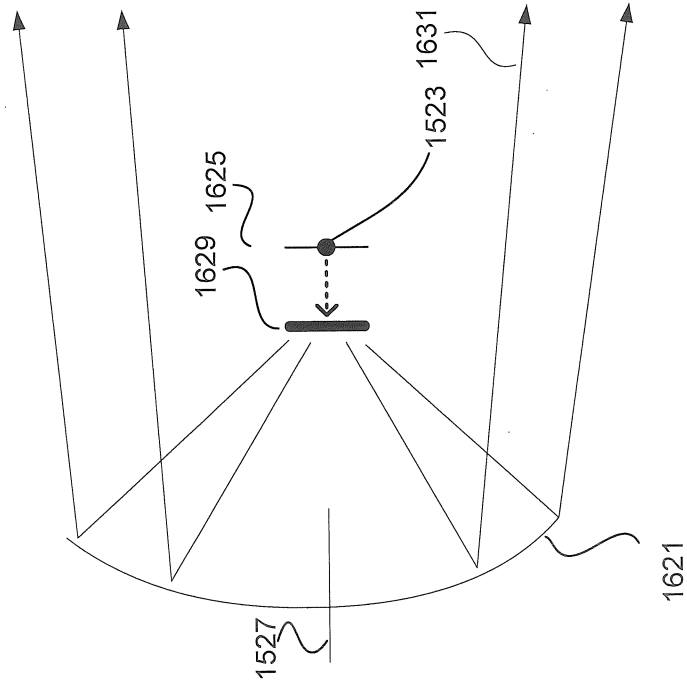


FIG. 24

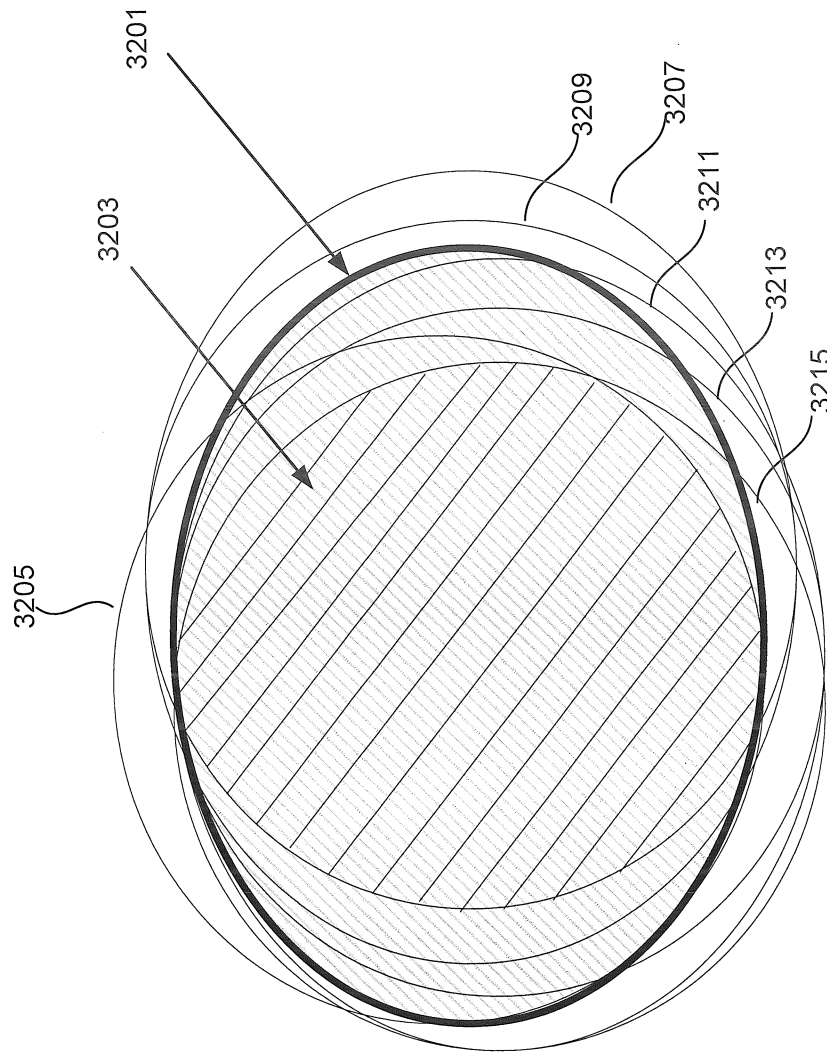


FIG. 25

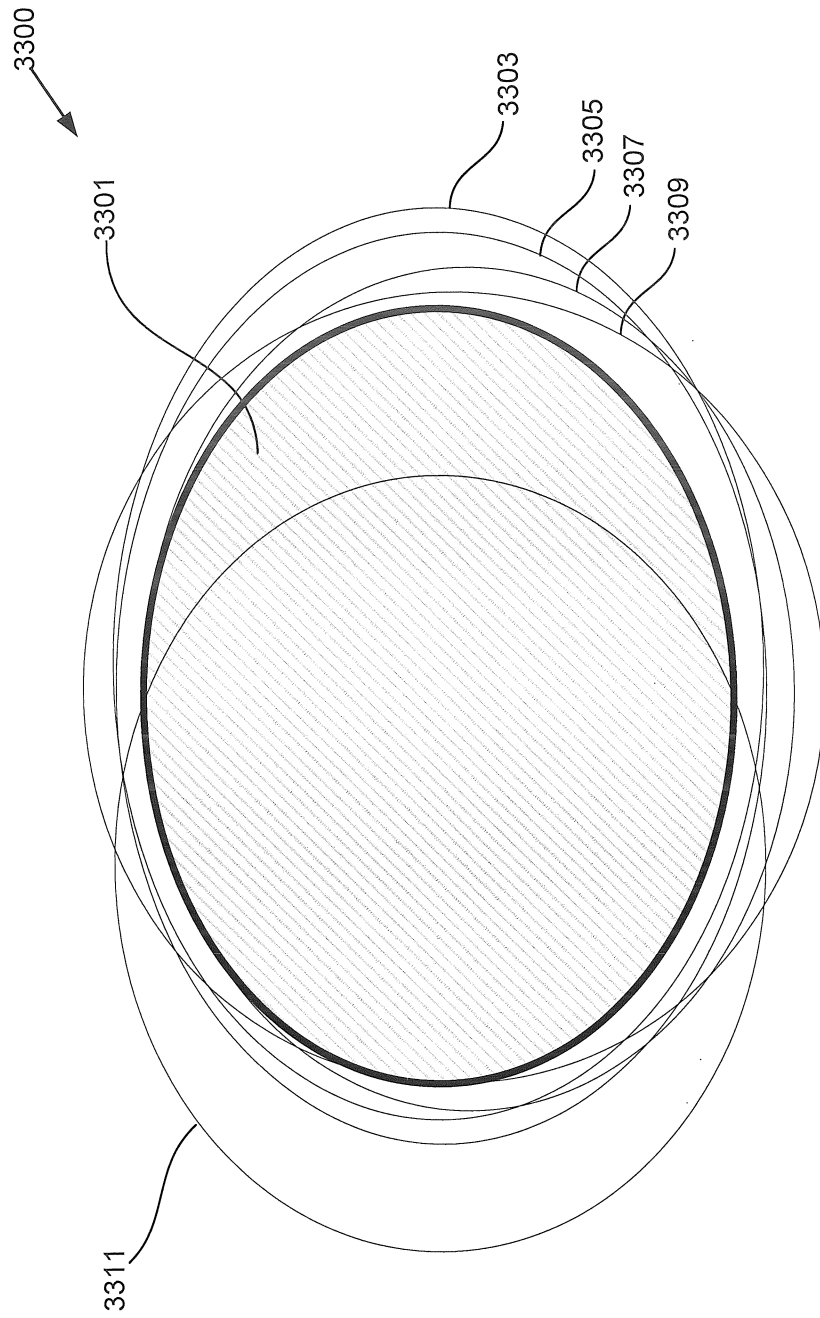


FIG. 26

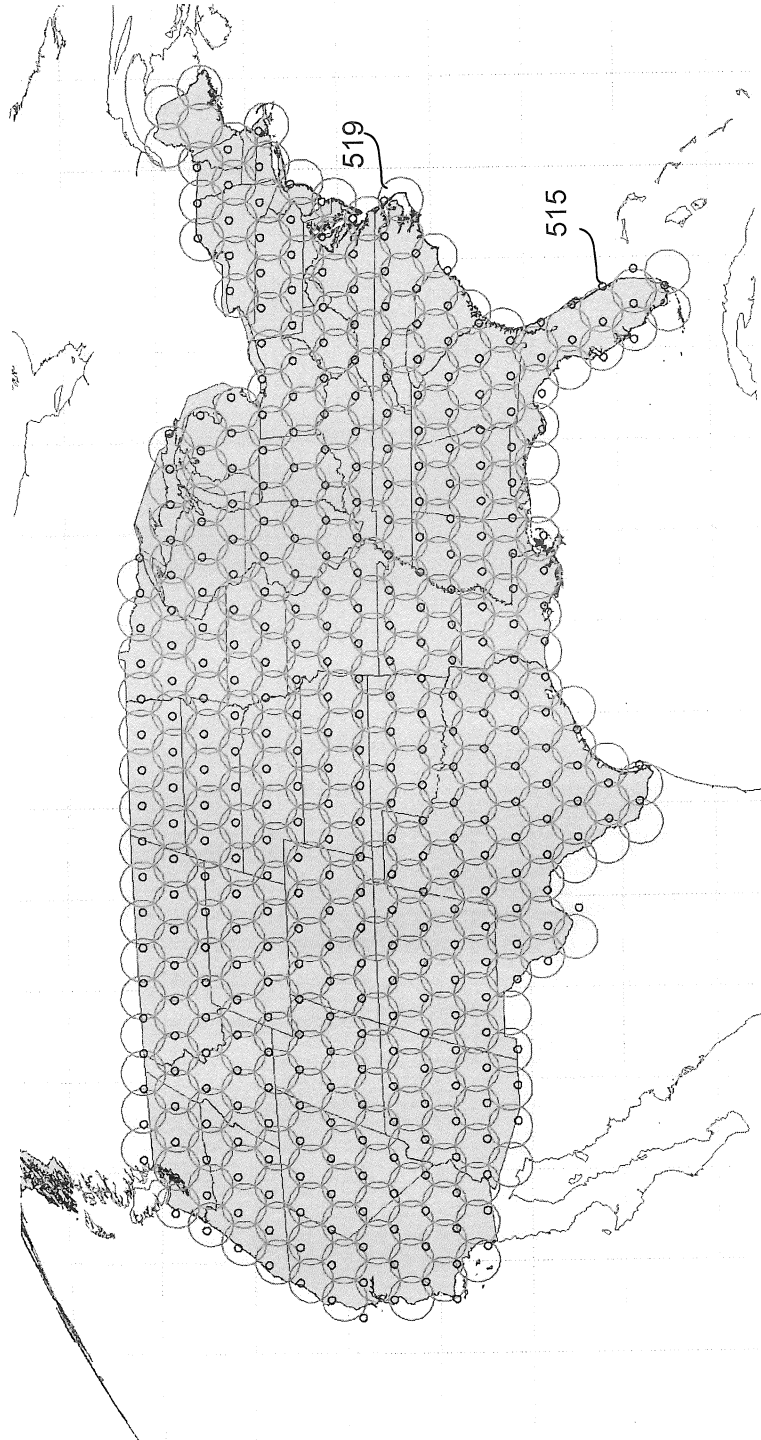


FIG. 27

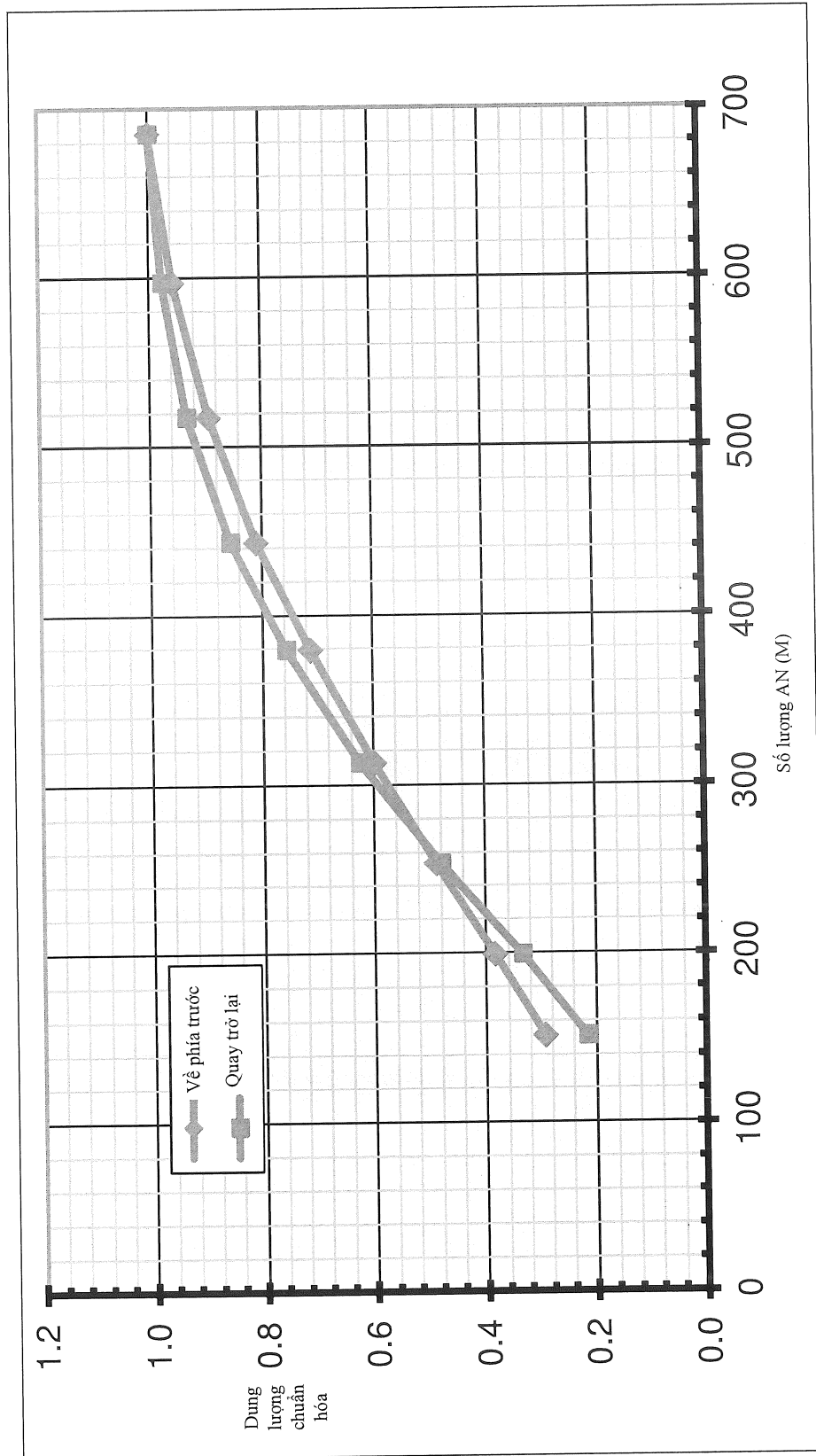


FIG. 28

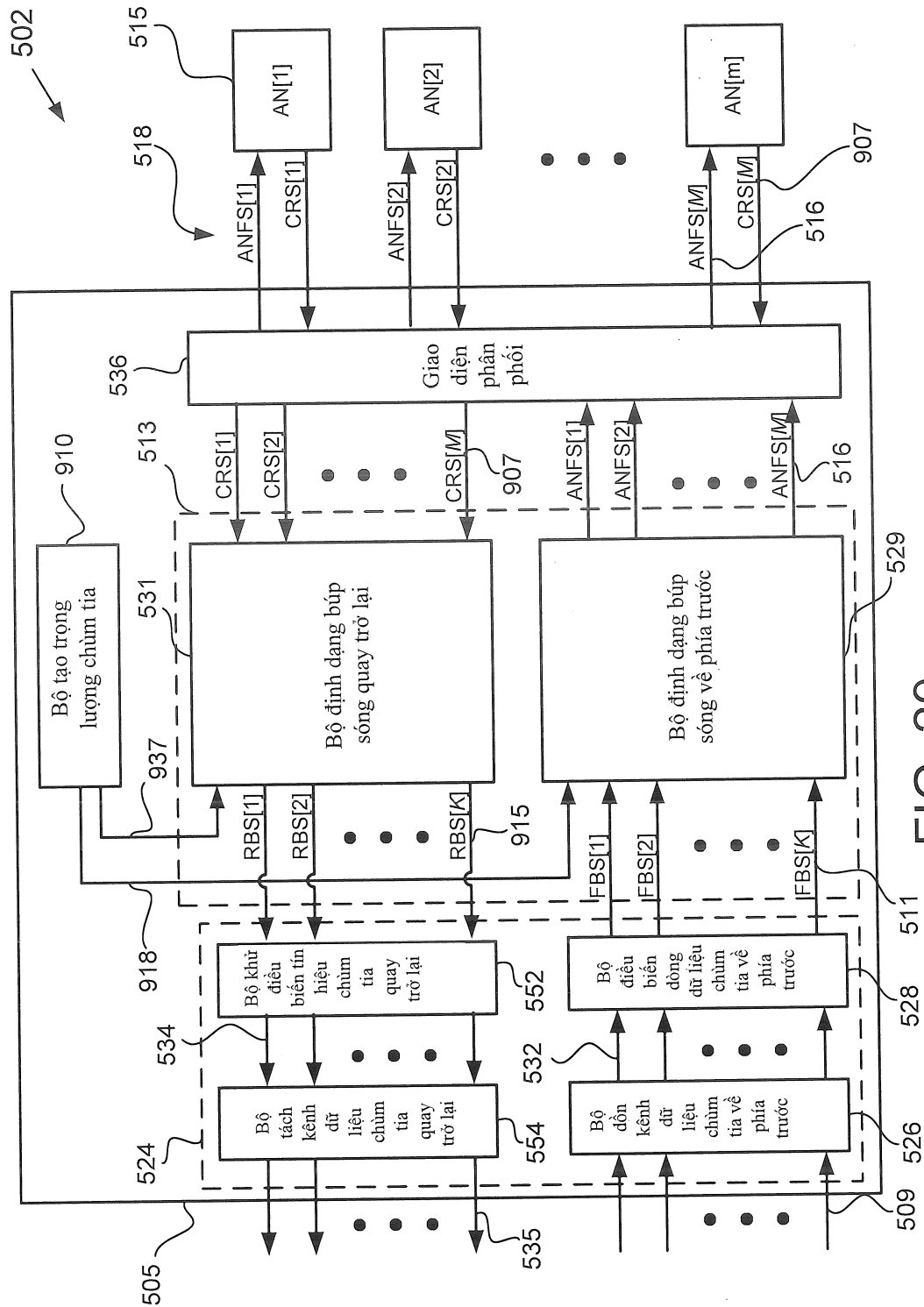


FIG. 29

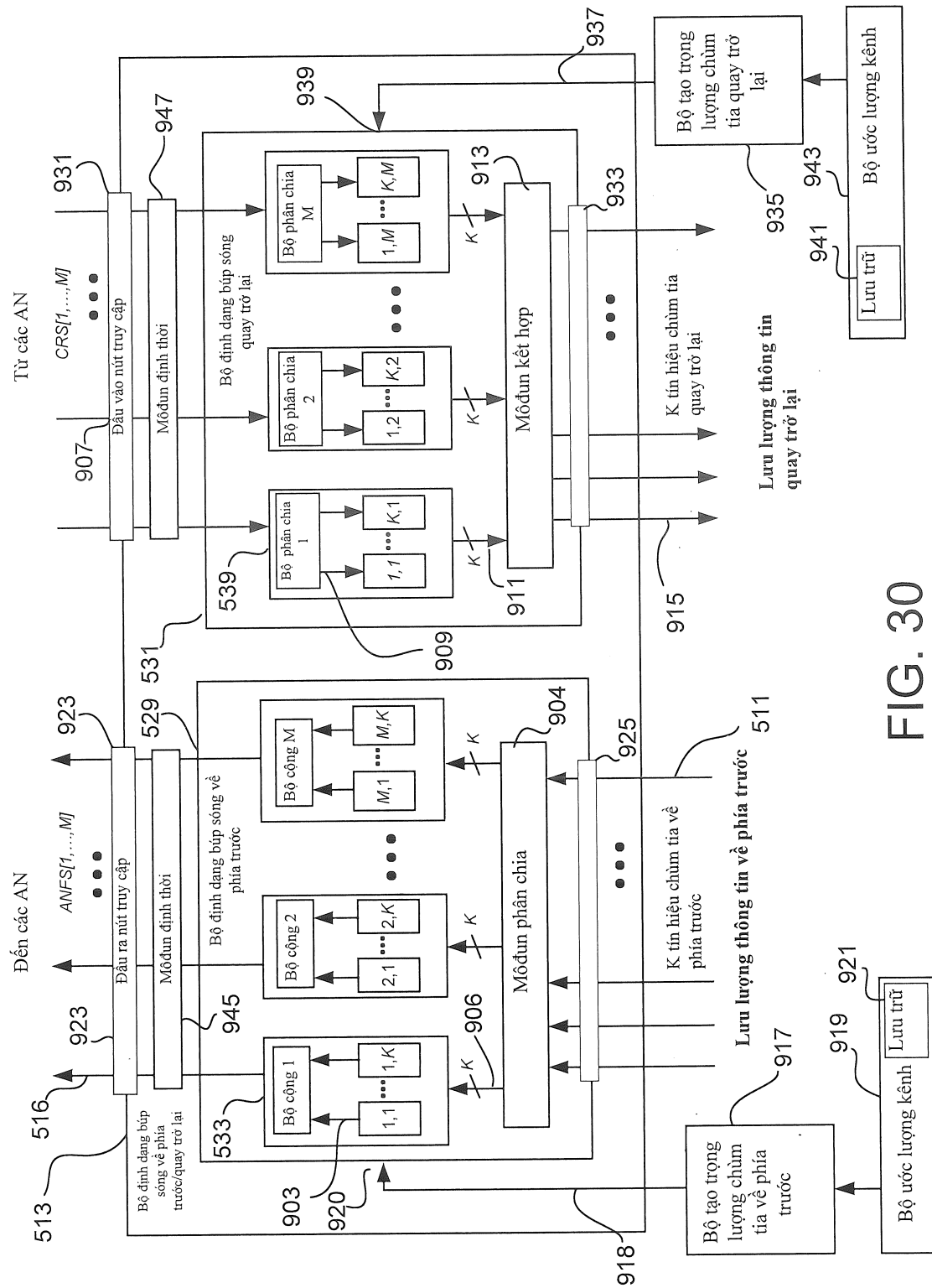


FIG. 30

529

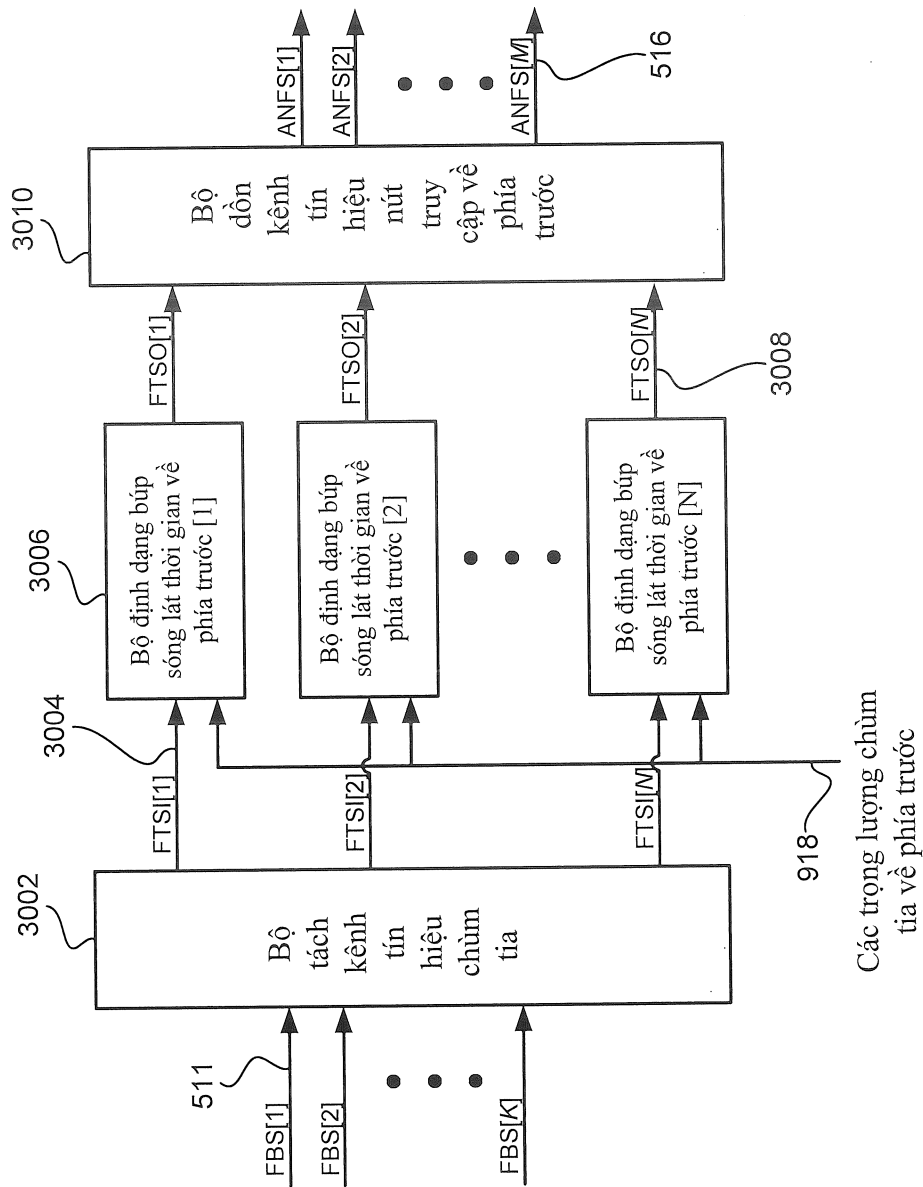


FIG. 31

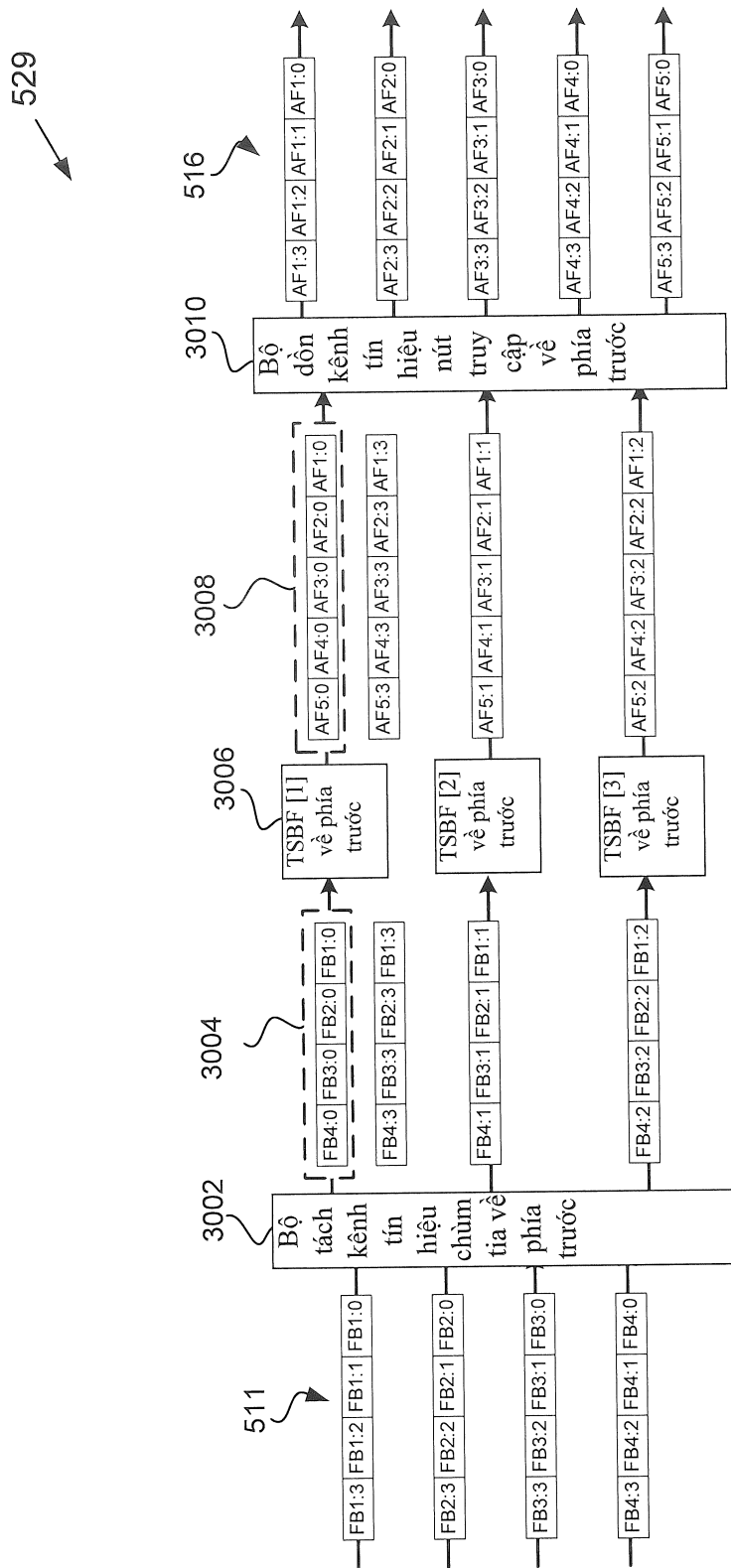


FIG. 32

531

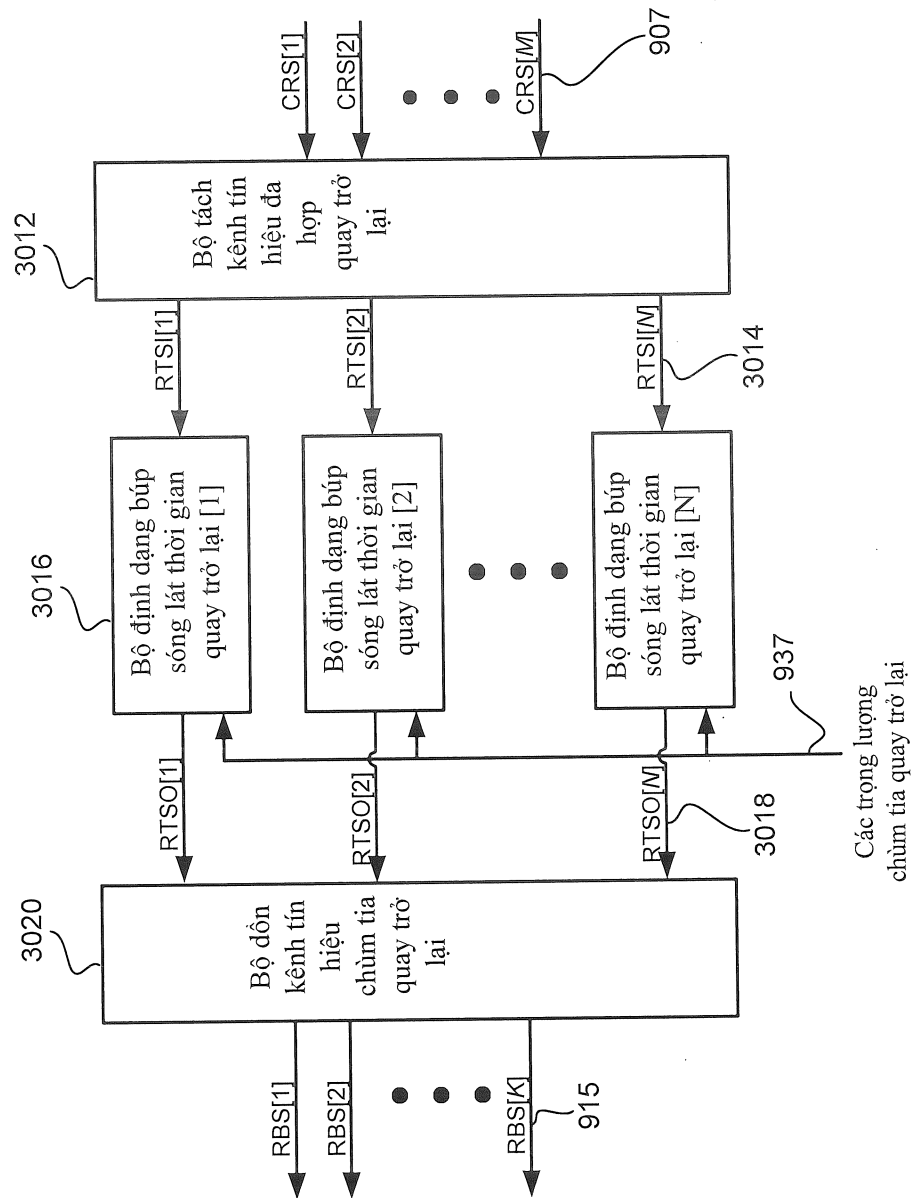


FIG. 33

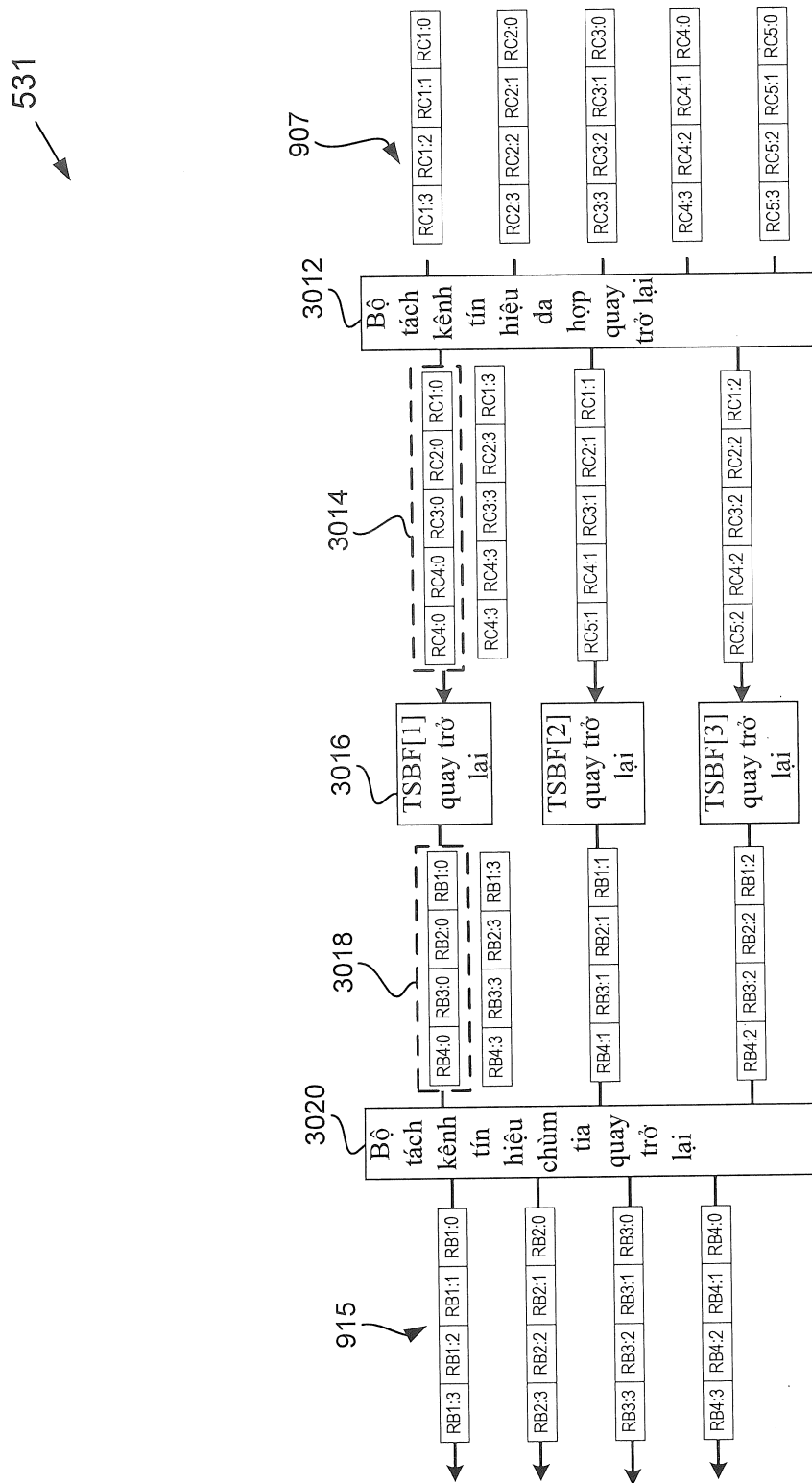


FIG. 34

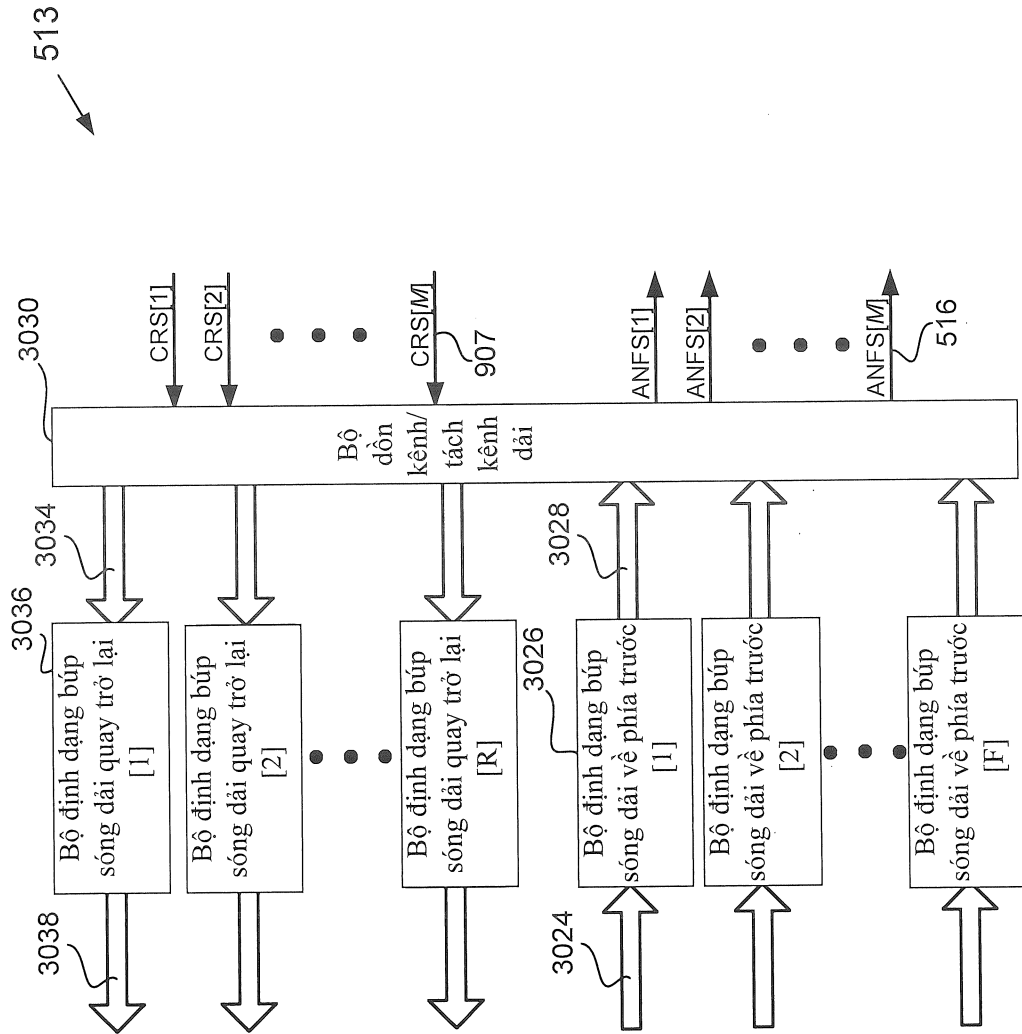


FIG. 35

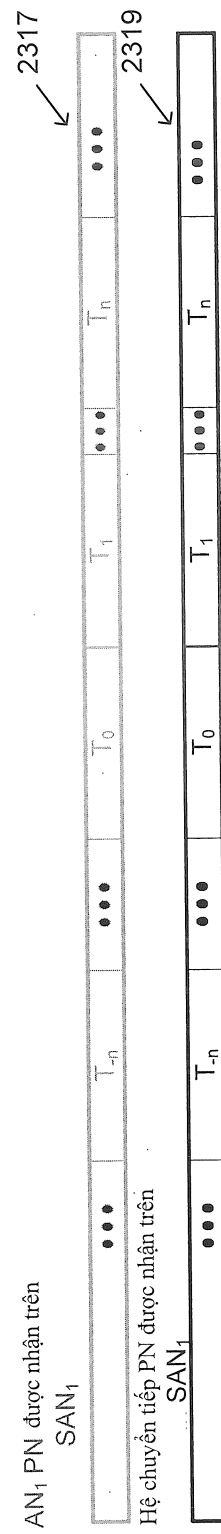
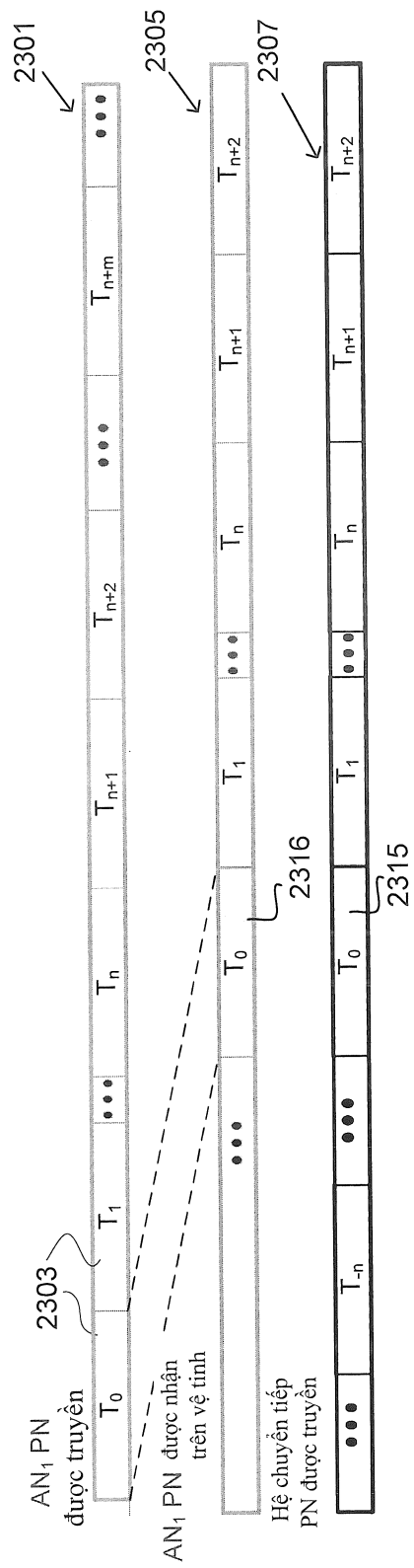


FIG. 36

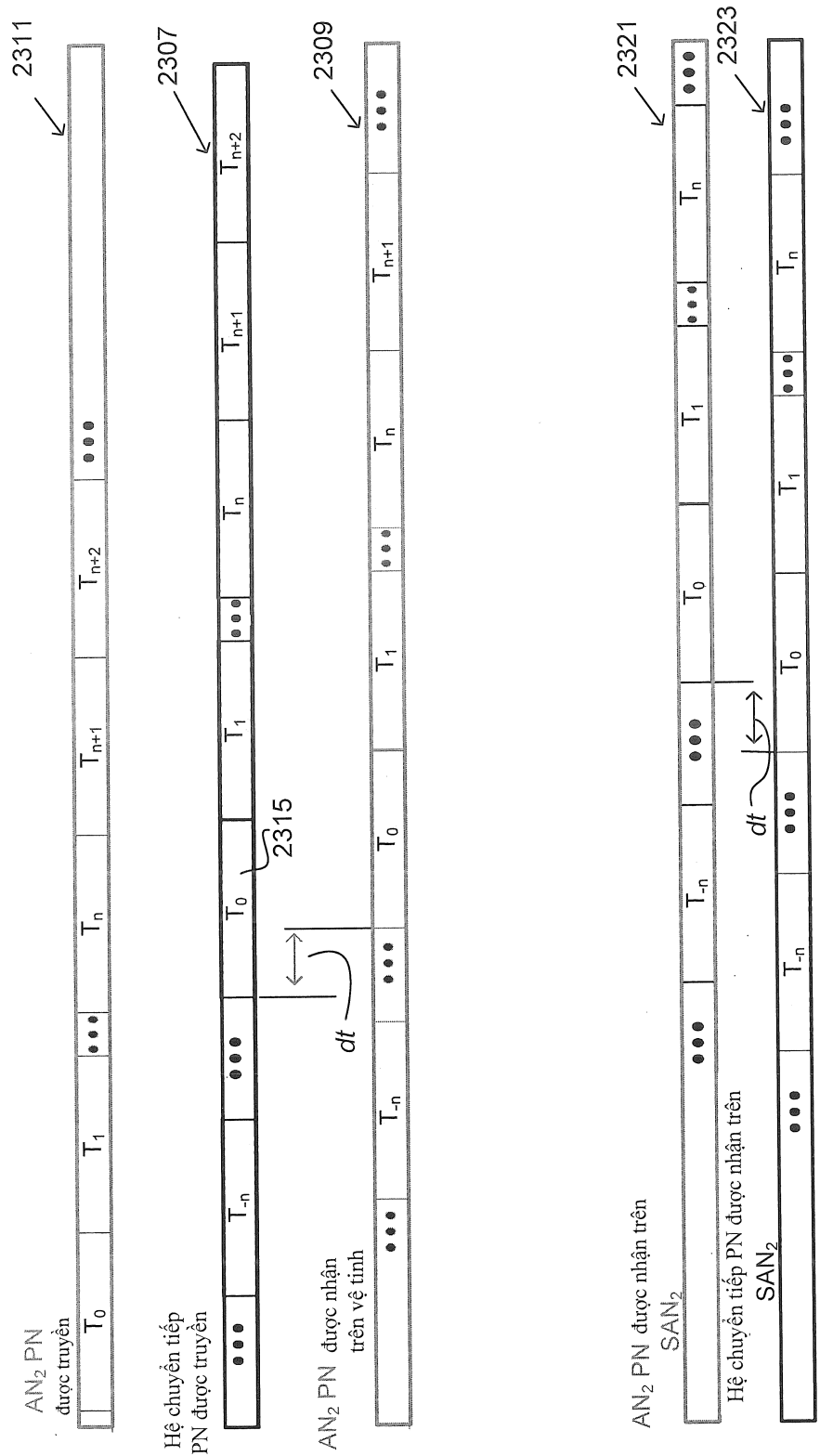
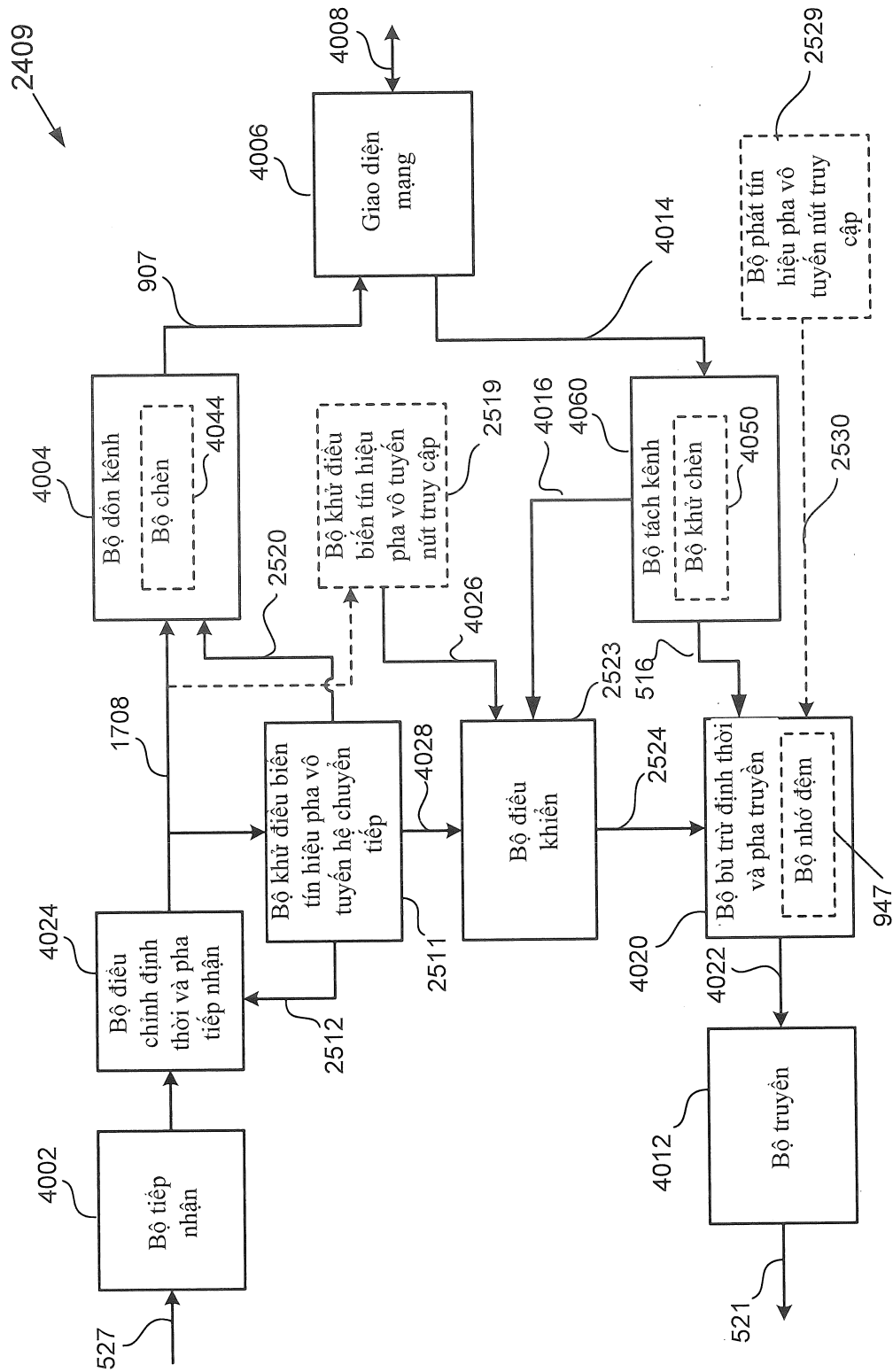


FIG. 37

38
F/G.

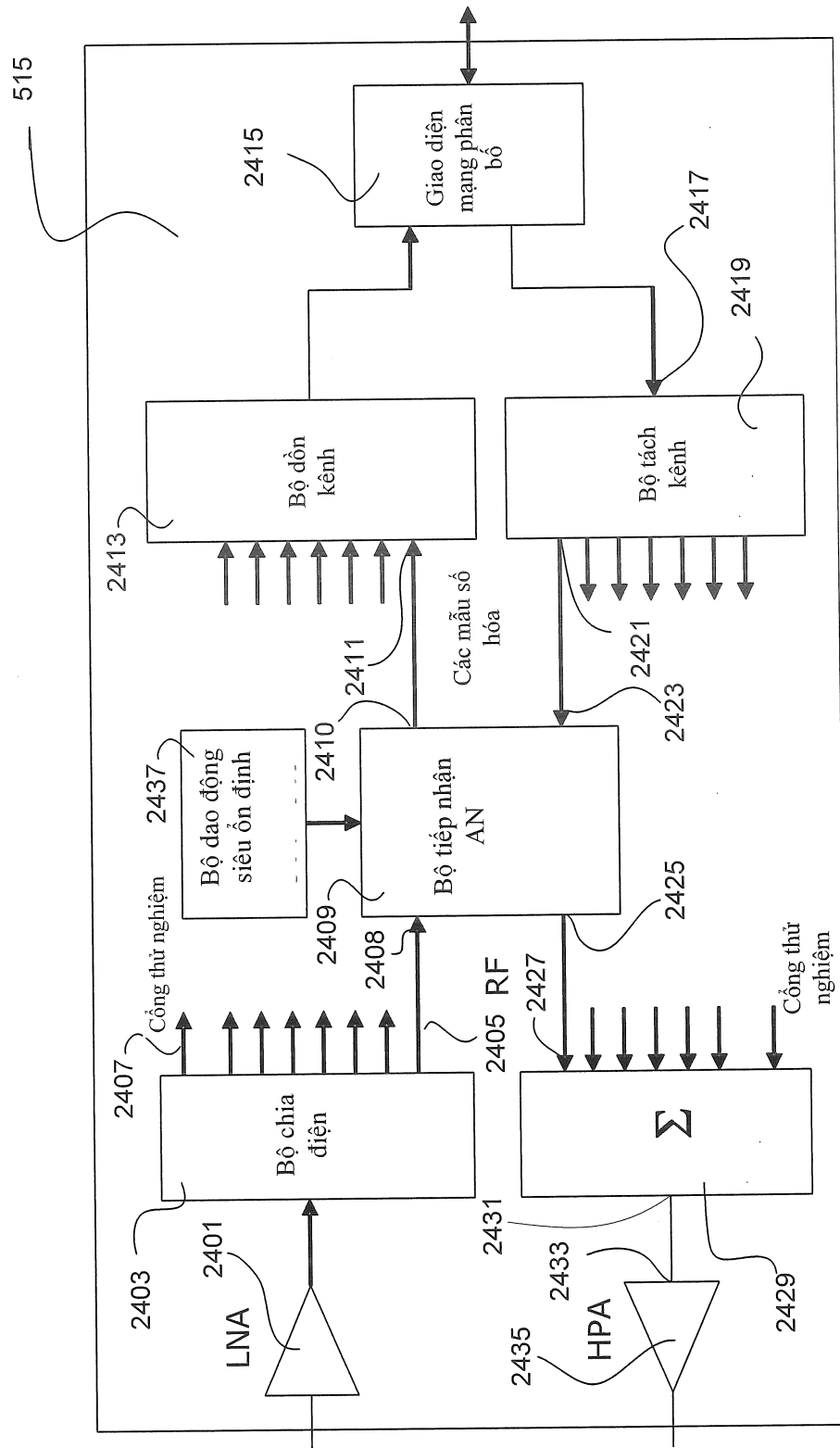


FIG. 40

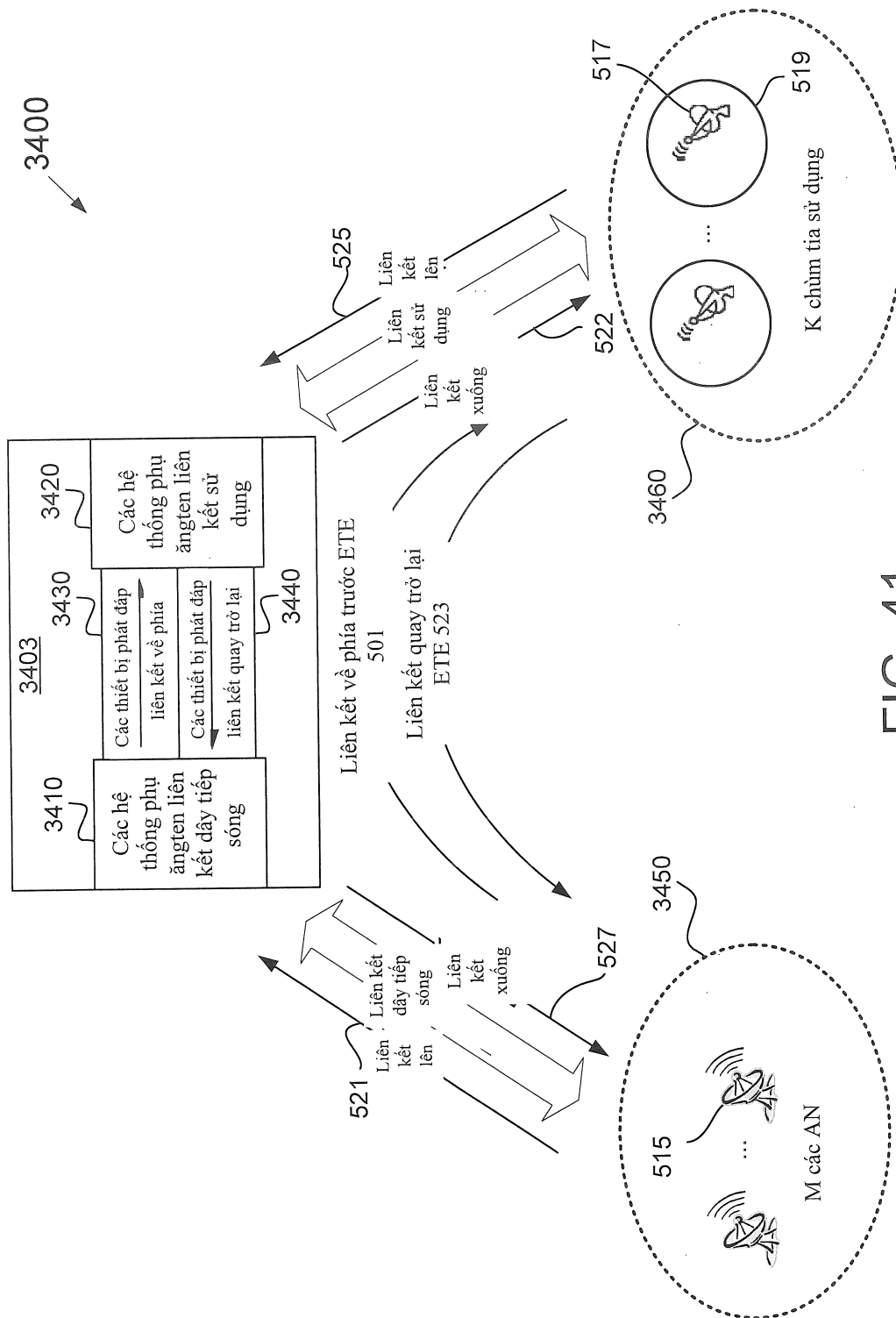


FIG. 41

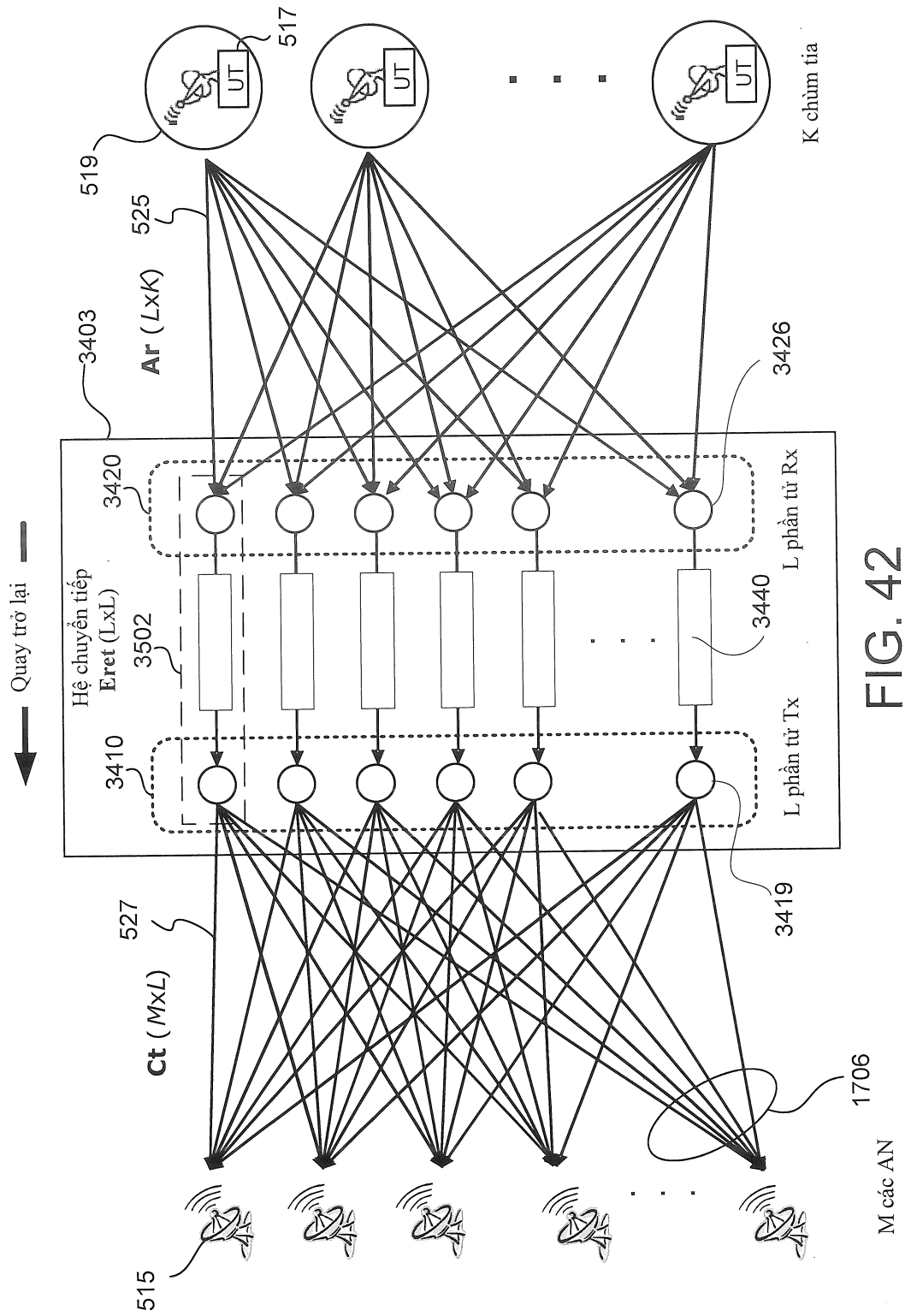
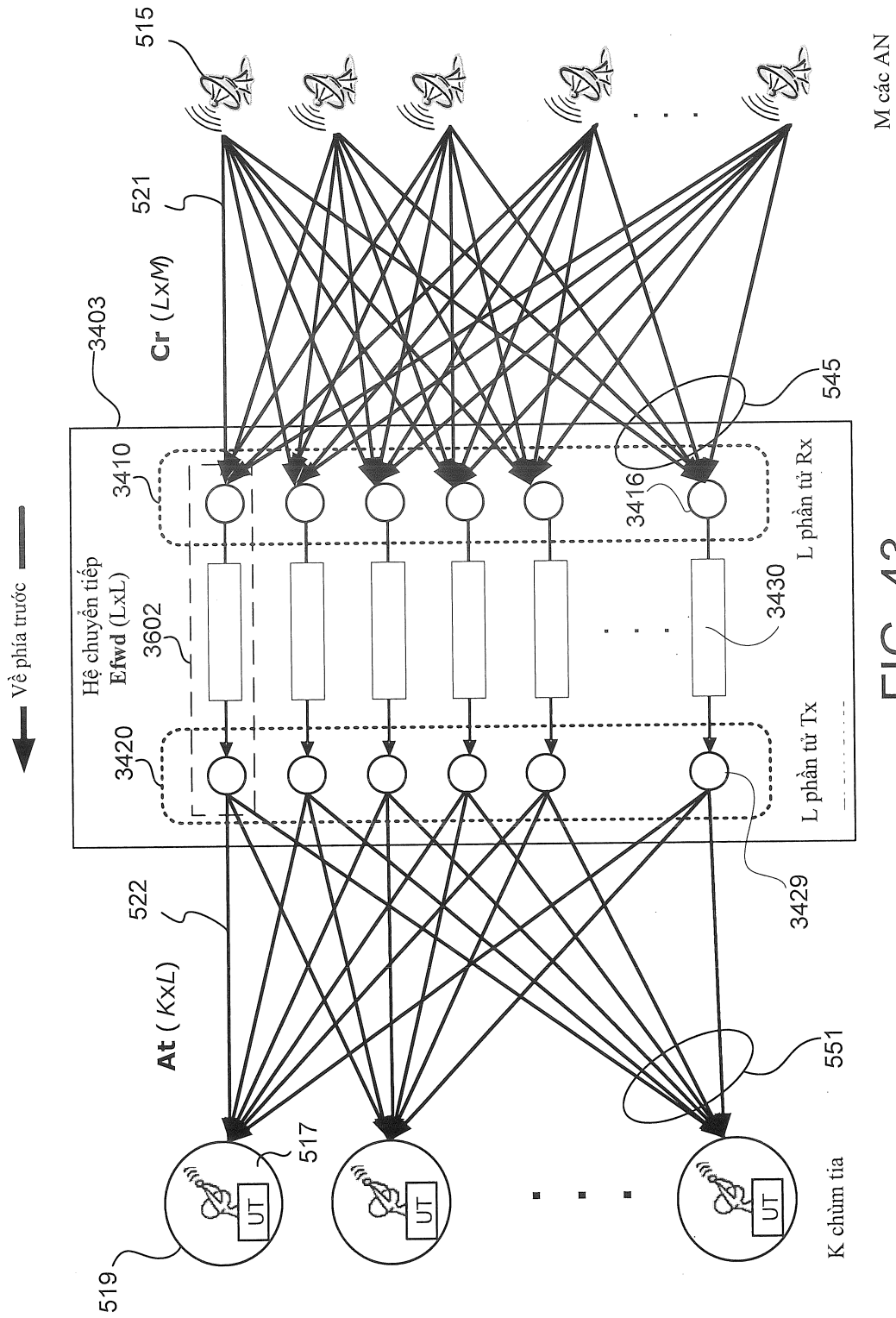


FIG. 42



M các AN

FIG. 43

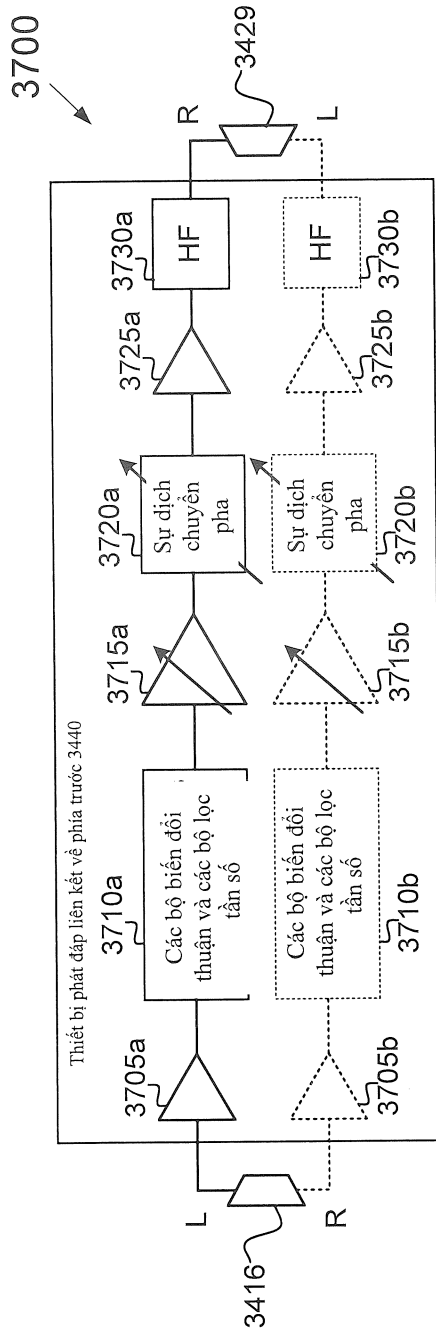


FIG. 44A

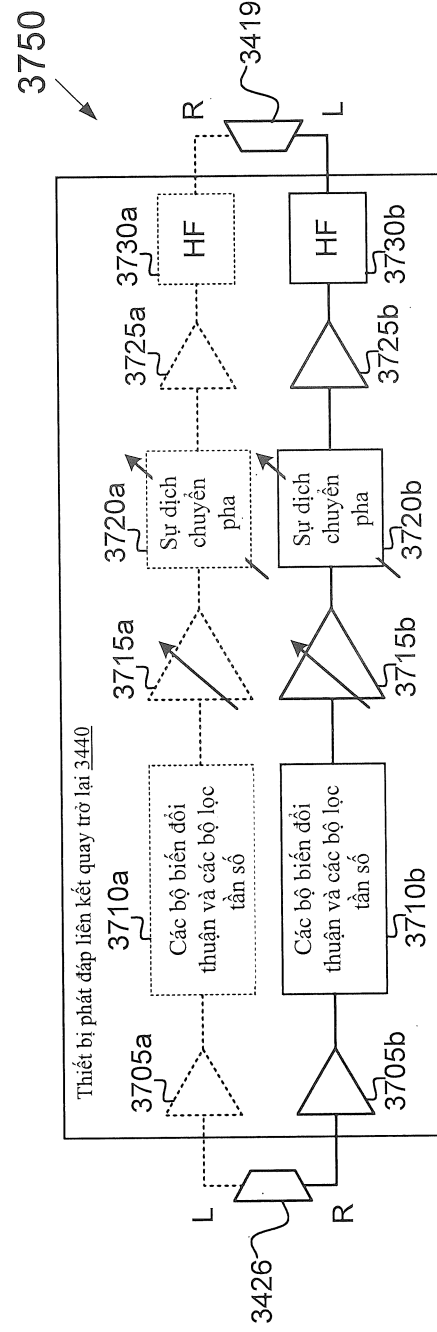


FIG. 44B

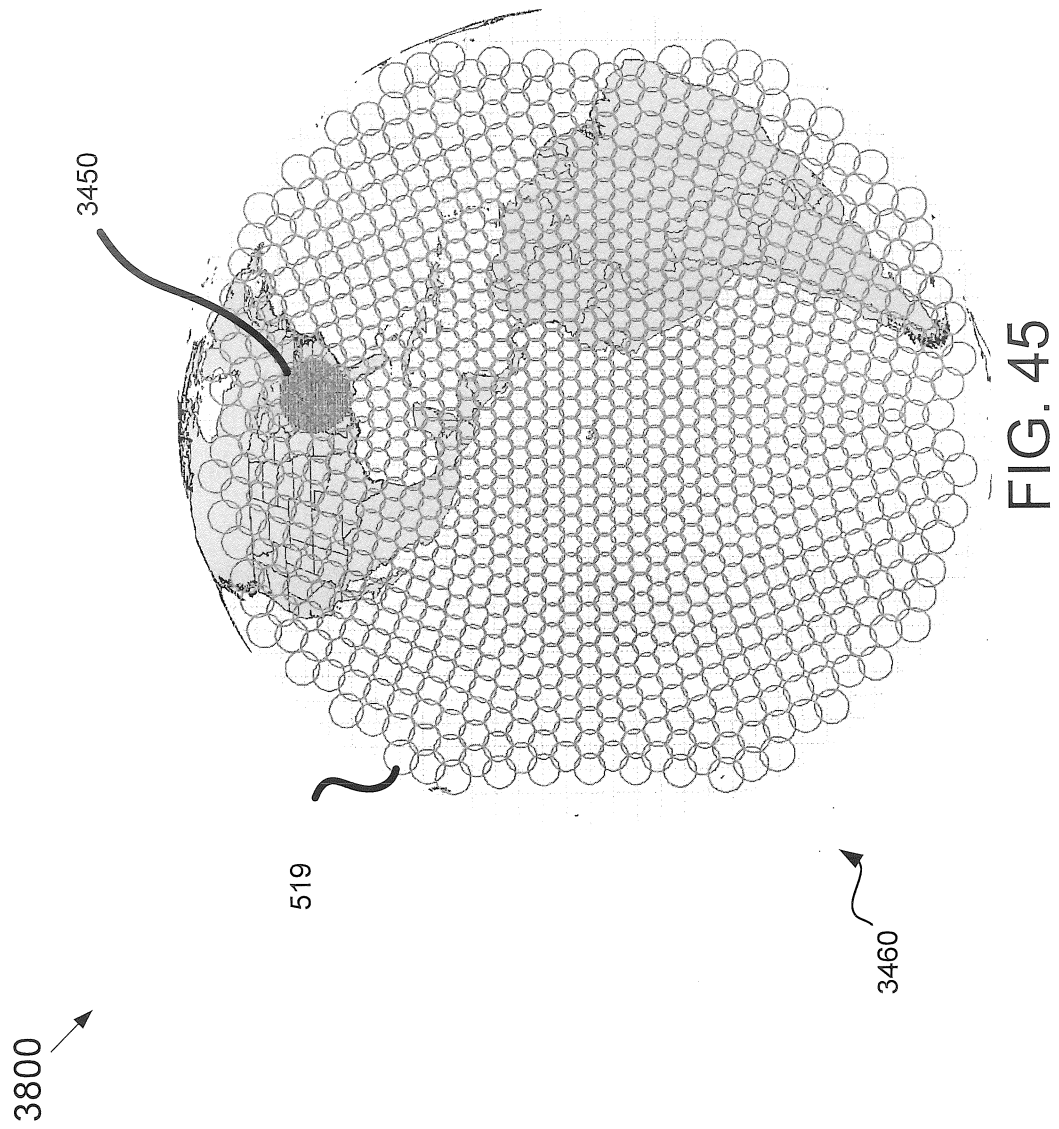


FIG. 45

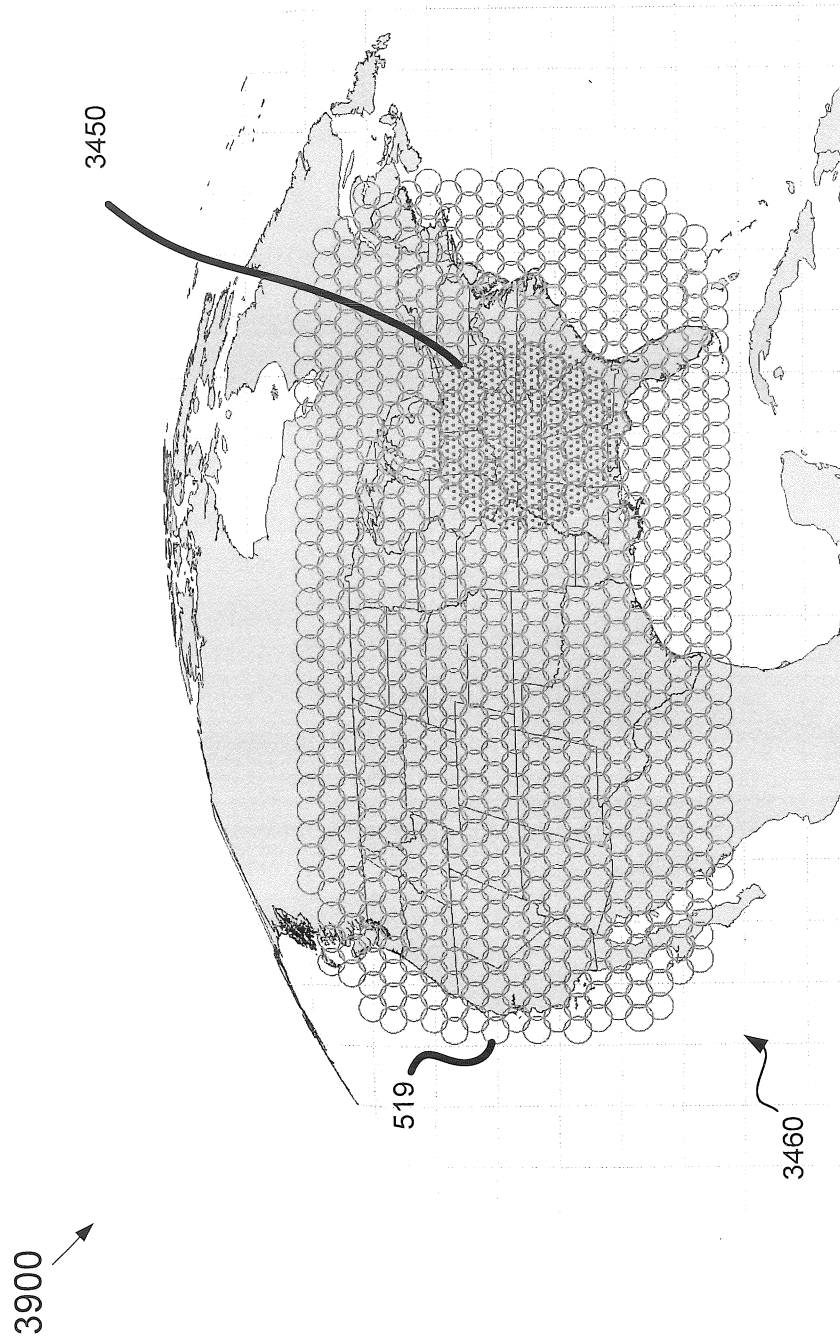


FIG. 46

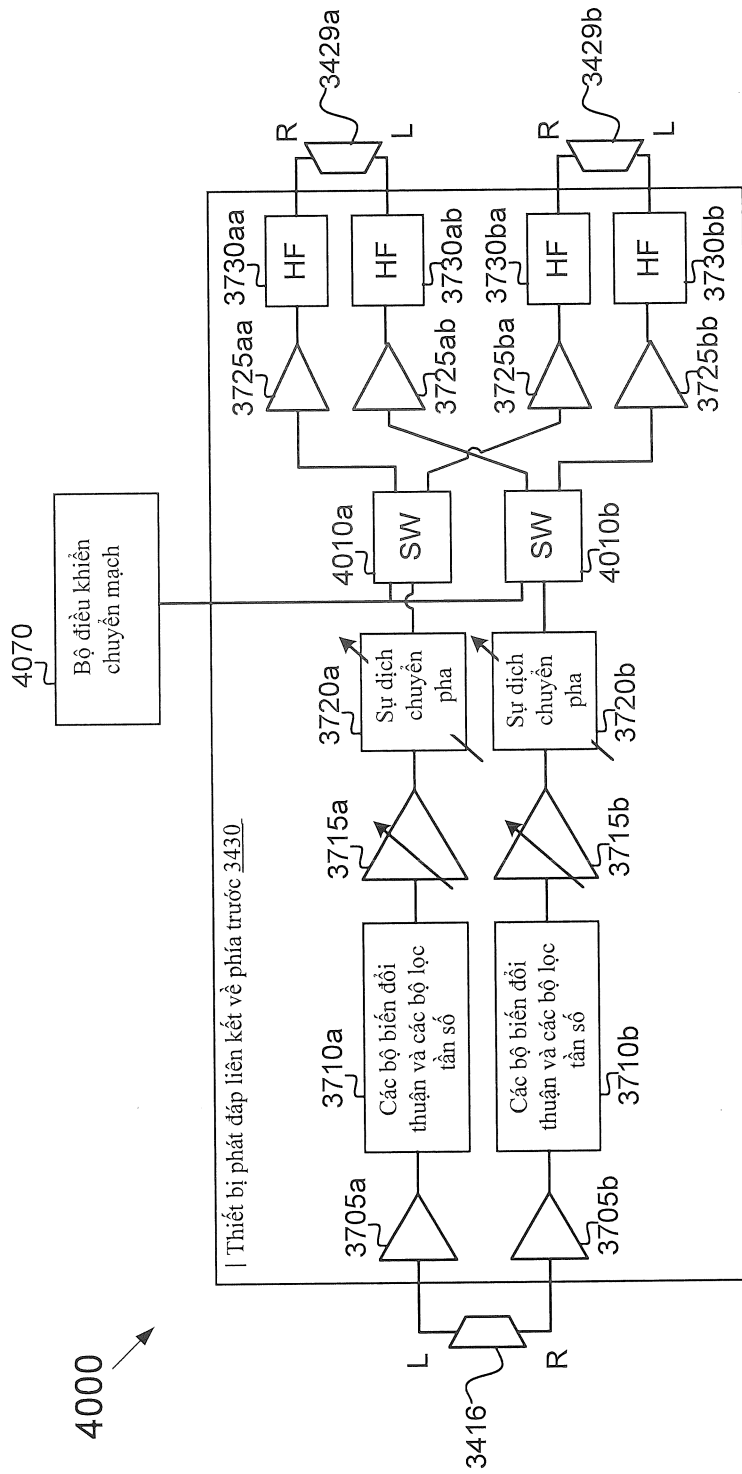


FIG. 47A

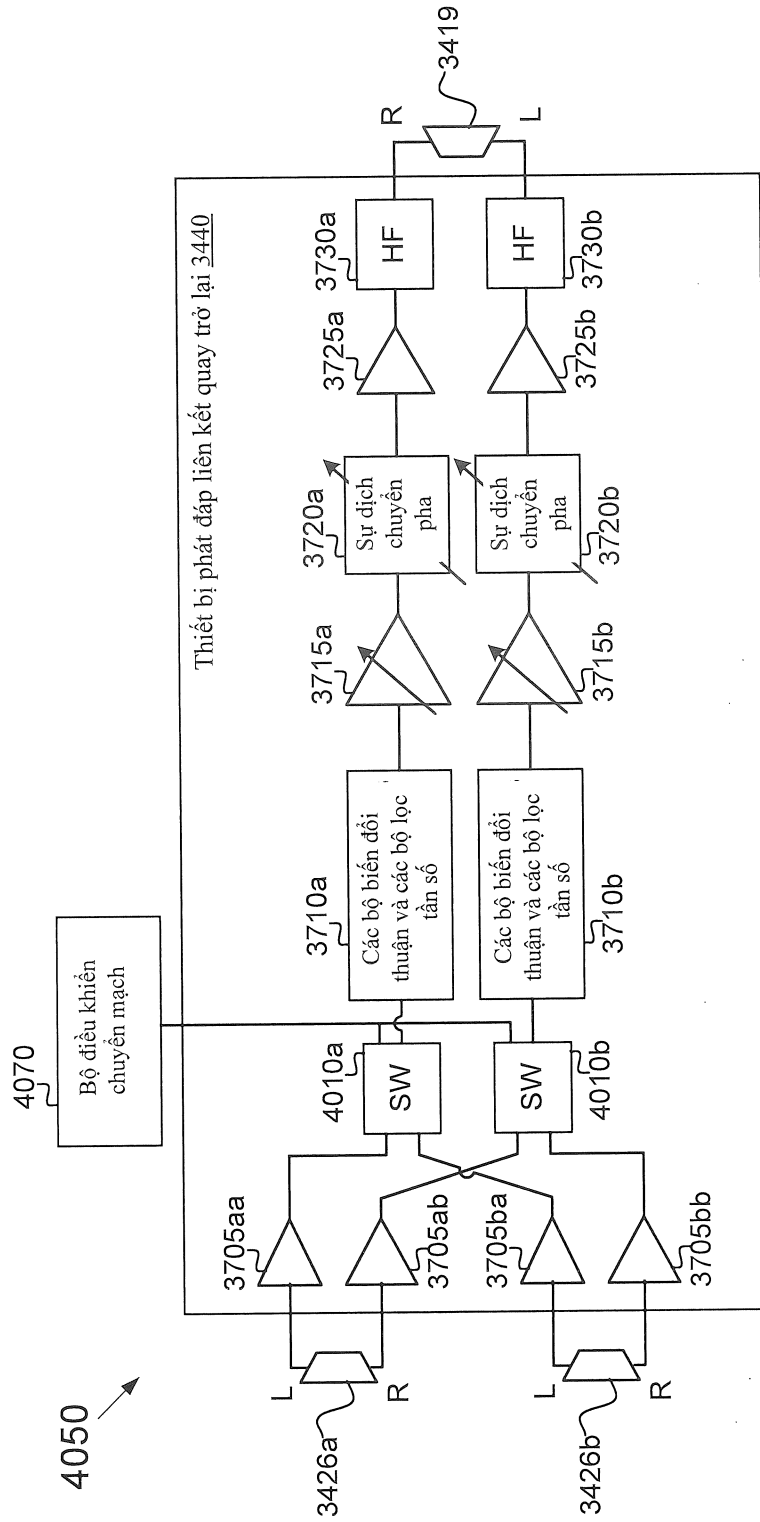


FIG. 47B

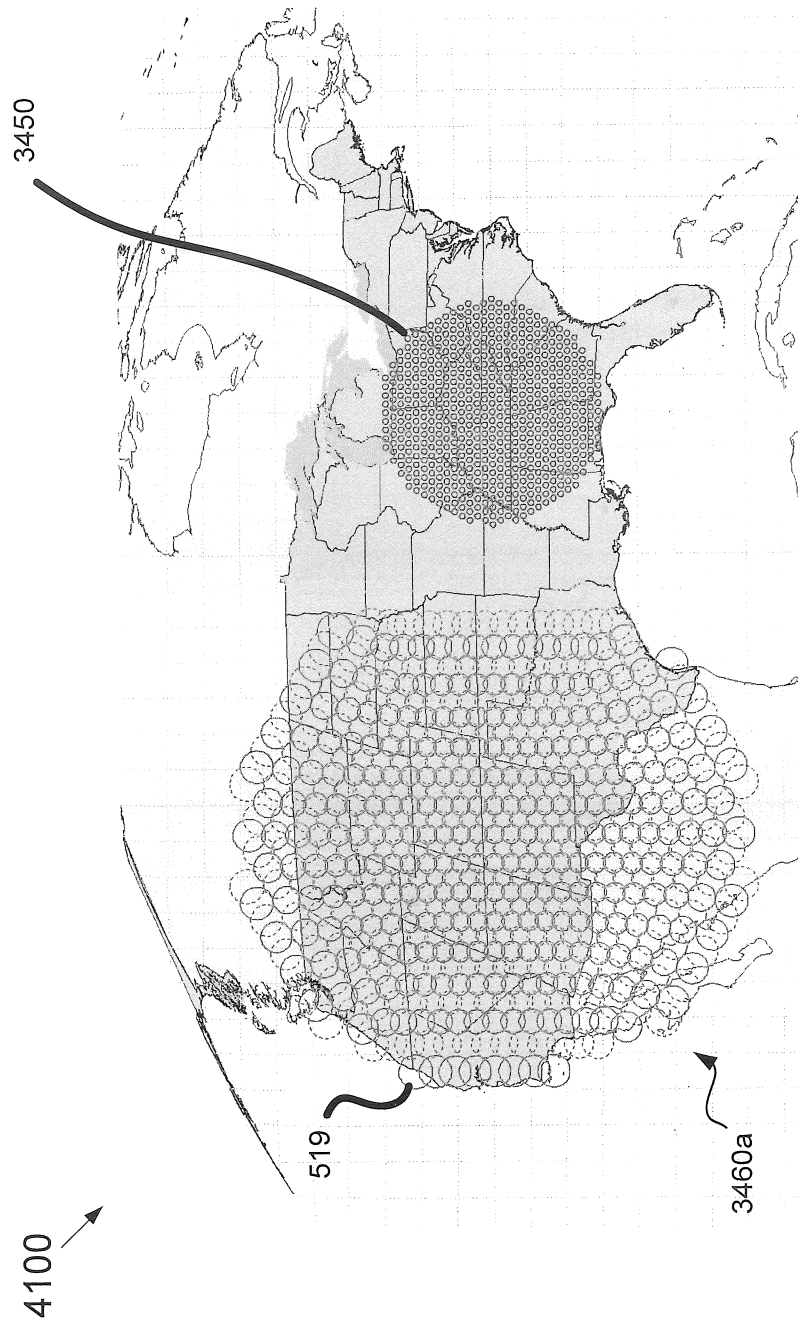


FIG. 48A

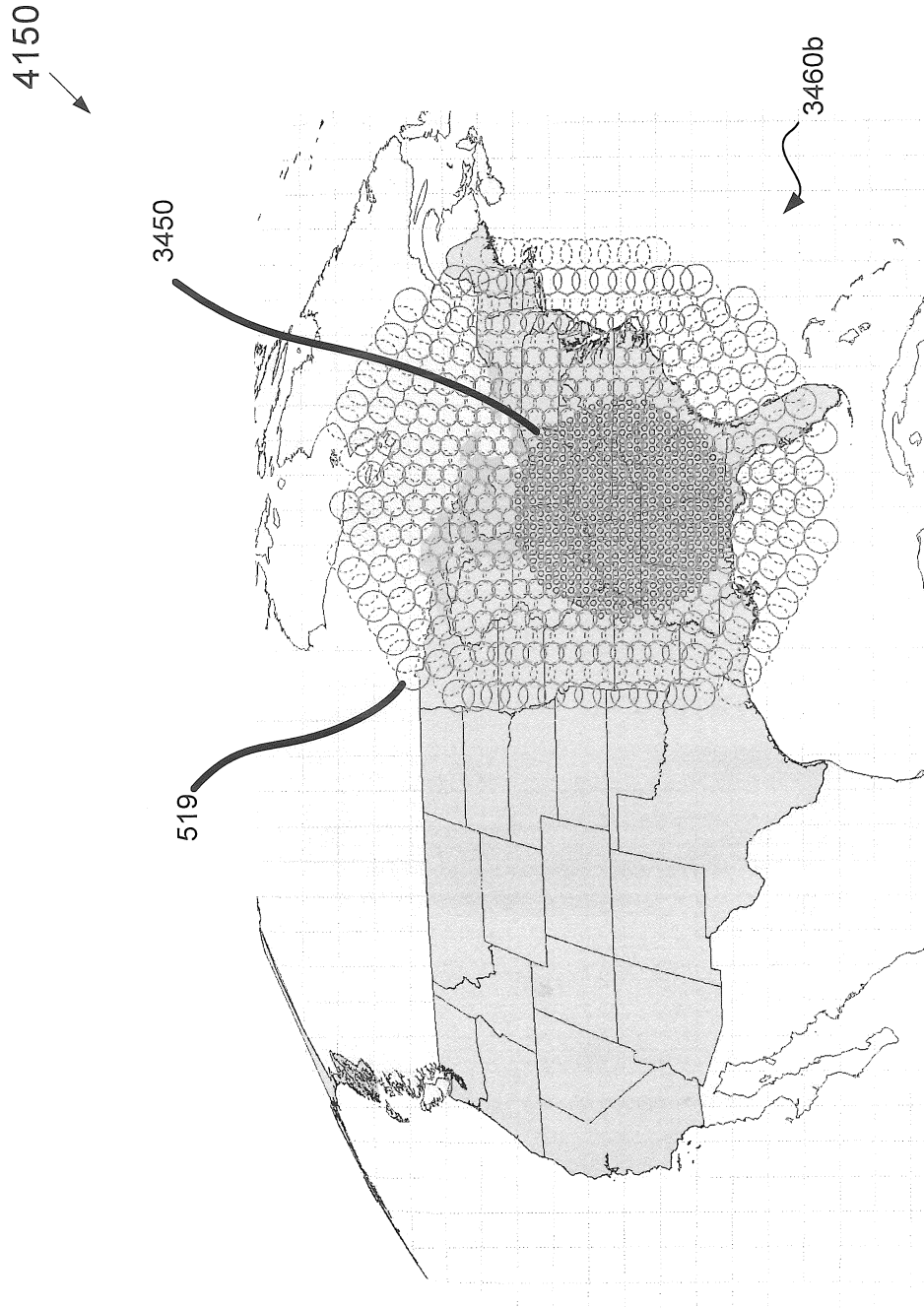


FIG. 48B

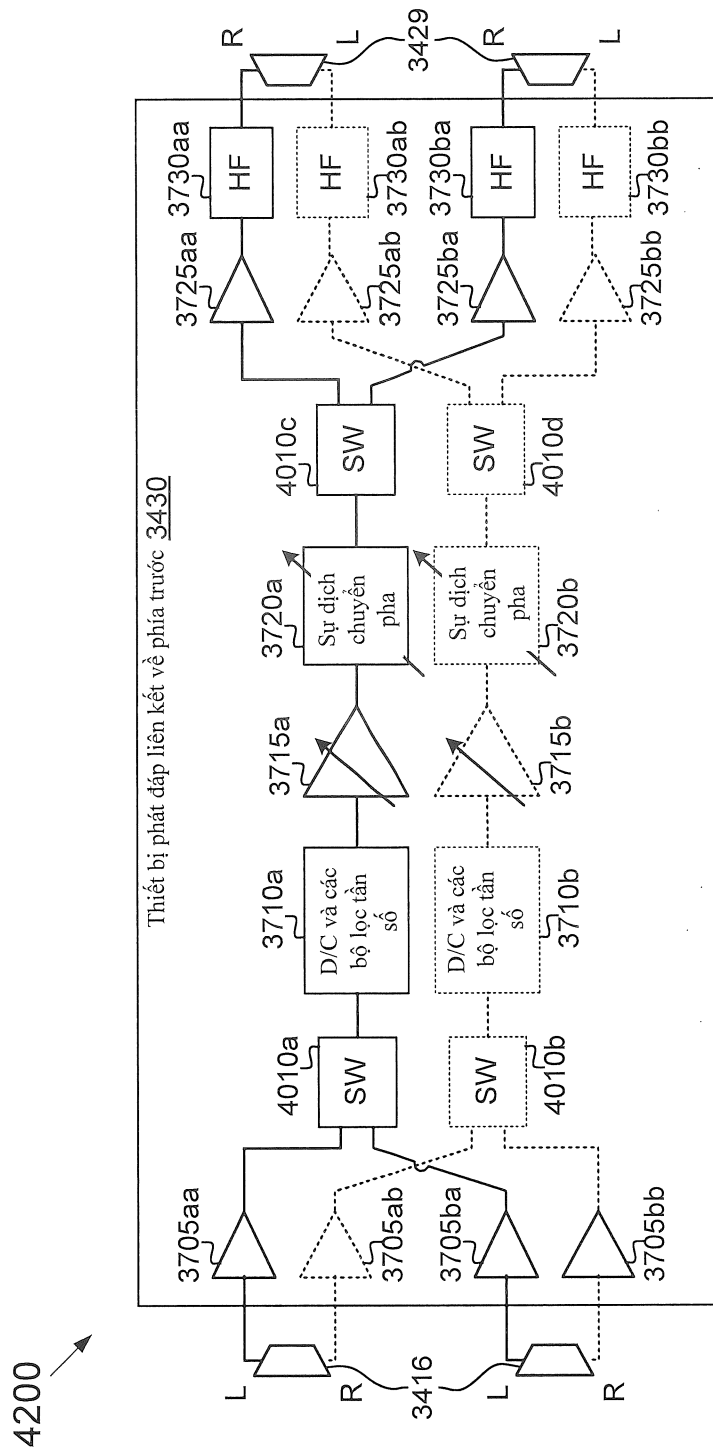


FIG. 49