



(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)



1-0037089

(51)⁷ H04B 7/185; H04B 7/204

(13) B

(21) 1-2019-01949

(22) 20/10/2017

(86) PCT/US2017/057723 20/10/2017

(87) WO2018/075962 26/04/2018

(30) 62/411,377 21/10/2016 US

(45) 25/10/2023 427

(43) 26/08/2019 377A

(73) VIASAT, INC. (US)

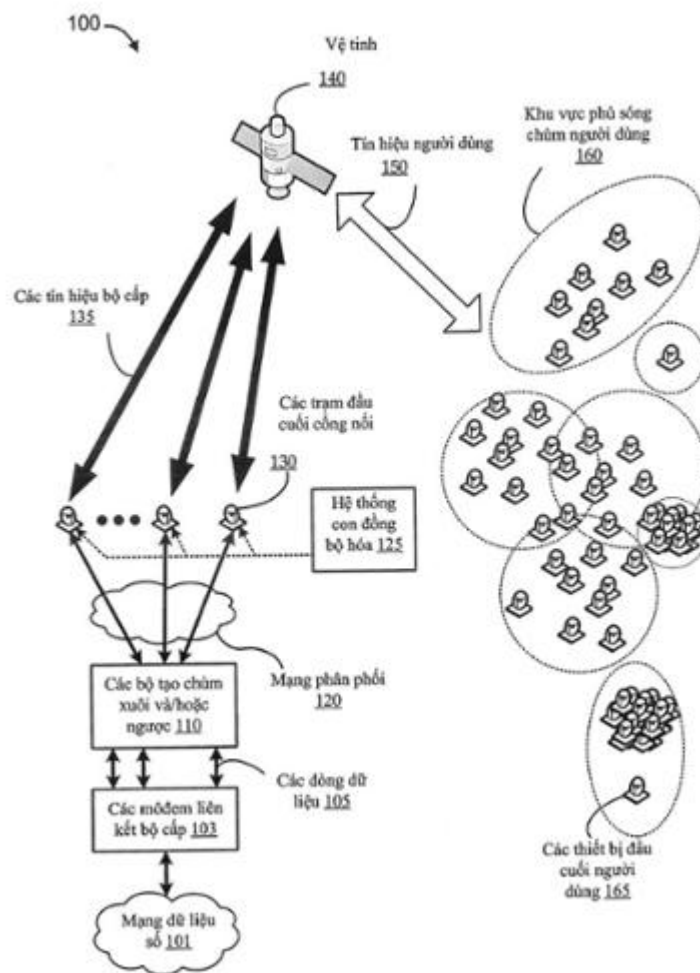
Patent Department, 6155 El Camino Real, Carlsbad, California 92009, United States of America

(72) BUER, Kenneth (US); PATEROS, Charles (US); RALSTON, William (US).

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

(54) HỆ THỐNG TRUYỀN THÔNG VỆ TINH VÀ PHƯƠNG PHÁP TẠO CHÙM TIẾP ĐẤT TRONG HỆ THỐNG TRUYỀN THÔNG VỆ TINH NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến vệ tinh và hệ thống truyền thông vệ tinh. Các phương án cung cấp việc tạo chùm tiếp đất với các cổng nối được đa hợp theo không gian được đồng bộ hóa tương hỗ trong hệ thống truyền thông không dây. Một số phương án hoạt động trong bối cảnh vệ tinh có ăng ten bộ cấp chùm được điều tiêu mà truyền thông với các trạm đầu cuối cổng nối được phân bố theo địa lý (ví dụ, một cổng nối mỗi chùm), và ăng ten người dùng mà cung cấp việc truyền thông với các thiết bị đầu cuối người dùng thông qua các chùm người dùng xuôi được tạo ra. Các trạm đầu cuối cổng nối có thể truyền thông các tín hiệu bộ cấp mà được tạo trọng số chùm và được đồng bộ hóa pha tương hỗ (ví dụ, theo các mốc báo vệ tinh và/hoặc vòng trở lại). Ví dụ, việc đồng bộ hóa có thể cho phép các tín hiệu đường lên xuôi cần được thu theo cách đồng bộ hóa pha bởi vệ tinh, và việc tạo trọng số chùm có thể cho phép các tín hiệu đường xuống xuôi kết hợp theo không gian để tạo ra các chùm người dùng xuôi. Các phương án có thể đạt được việc tái sử dụng băng thông rộng khắp qua việc đa hợp theo không gian được đồng bộ hóa tương hỗ của các truyền thông liên kết bộ cấp. Sáng chế còn đề cập đến phương pháp tạo chùm tiếp đất trong hệ thống truyền thông vệ tinh bao gồm vệ tinh này.



Lĩnh vực kỹ thuật của sáng chế

Các phương án đề cập chung đến các hệ thống truyền thông, và, cụ thể hơn, đến việc tạo chùm tiếp đất với các liên kết bộ cấp được đa hợp theo không gian, được đồng bộ hóa tương hỗ.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong các hệ thống truyền thông vô tuyến, chẳng hạn như các hệ thống truyền thông vệ tinh, dữ liệu có thể được truyền thông từ một vị trí đến vị trí khác qua các bộ rơ le vô tuyến. Ví dụ, trong hệ thống truyền thông vệ tinh, dữ liệu có thể được truyền thông giữa các cổng nối và các thiết bị đầu cuối người dùng thông qua vệ tinh. Mong muốn chung là cải thiện dung lượng của hệ thống truyền thông. Một số hướng tiếp cận để cải thiện dung lượng bao gồm cải thiện công suất, tuy nhiên các hướng tiếp cận như vậy có thể có nhiều giới hạn. Ví dụ, các việc tăng công suất có thể bị giới hạn bởi quỹ công suất (ví dụ, các giới hạn công suất thực tế của các bộ phận hệ thống, v.v.) và/hoặc các ràng buộc quy định (ví dụ, công suất truyền được cho phép tối đa, v.v.), và các việc về công suất có thể có tác động nhỏ không cân xứng với dung lượng (ví dụ, theo việc tăng lôgarit khi vận hành gần giới hạn Shannon). Một số hướng tiếp cận khác bao gồm cải thiện băng thông (ví dụ, thông qua việc tái sử dụng tần số lớn hơn, do các việc cấp phát phổ điển hình được cố định và được giới hạn). Tuy nhiên, cải thiện việc tái sử dụng băng thông điển hình bao gồm cải thiện số lượng của các chùm phục vụ các trạm đầu cuối mặt đất và giảm các kích cỡ chùm. Các kích cỡ chùm được giảm thể hiện số lượng của các thách thức, chẳng hạn như kích cỡ, trọng lượng, độ phức tạp và chi phí tăng thêm, v.v. của vệ tinh và/hoặc các trạm đầu cuối mặt đất; độ chính xác tăng được đòi hỏi cho việc chỉ định ăng ten và điều hòa độ cao trong vệ tinh; v.v. Các kích cỡ chùm nhỏ cũng thể hiện các thách thức theo việc khớp dung lượng hệ thống được cung cấp (ví dụ, cung cấp chia sẻ ngang bằng với mỗi trong số các chùm) cho yêu cầu (thường được phân phối rất không đều trên khu vực phủ sóng người dùng).

Một số lo ngại như vậy có thể được giải quyết với các ứng dụng nhất định sử dụng các kỹ thuật chẳng hạn như các dây tạo chùm trên tấm mạch và phần cứng, tuy nhiên các kỹ thuật như vậy có thể còn tăng cường thêm kích cỡ, trọng lượng, chi phí

và độ phức tạp của vệ tinh. Một hướng tiếp cận để giảm độ phức tạp trên không, trong khi duy trì các đặc điểm nhất định của việc tạo chùm trên không, là chuyển phần phức tạp về mặt đất. Hướng tiếp cận được gọi là “việc tạo chùm tiếp đất” (ground-based beamforming - GBBF) có thể là hiệu quả, tuy nhiên các cách thực hiện là nhằm điều tiêu các nội dung băng thông thấp hơn (ví dụ, cung cấp một vài MHz của băng thông liên kết người dùng cho các tần số sóng mang dải L). GBBF thông thường gặp vấn đề dẫn băng thông bộ cấp, do băng thông liên kết bộ cấp được yêu cầu là nhiều băng thông liên kết người dùng, nhân tố khuếch đại liên quan đến số lượng của các phần tử ăng ten được cung cấp bởi dây liên kết người dùng. Do đó ví dụ, để cung cấp 1 GHz băng thông người dùng (ví dụ, tại dải Ka) với dây tạo chùm liên kết người dùng, 100 phần tử có thể yêu cầu 100 GHz của băng thông liên kết bộ cấp. Vấn đề dẫn băng thông có thể gây khó khăn cho các ứng dụng thực tế của GBBF thông thường tới các hệ thống vệ tinh công suất cao.

EP 1303927 A2 bộc lộ hệ thống truyền thông vệ tinh mà sử dụng nhiều trạm mặt đất và một hoặc nhiều vệ tinh để truyền thông giữa các thuê bao di động và mạng truyền thông trên mặt đất, chẳng hạn như PSTN hoặc Internet.

WO 2017/124004 A1 bộc lộ các kỹ thuật để tạo chùm đầu-tới-đầu trong hệ thống truyền thông vô tuyến sử dụng các cụm nút truy cập mà tách biệt với khu vực phủ sóng người dùng.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Trong số các vấn đề, các hệ thống và các phương pháp khác được mô tả để cung cấp việc tạo chùm tiếp đất với các cổng nối được đa hợp theo không gian, được đồng bộ hóa tương hỗ trong hệ thống truyền thông không dây. Một số phương án thao tác trong nội dung của hệ thống truyền thông vệ tinh có số lượng các trạm đầu cuối cổng nối được phân bố theo địa lý trong truyền thông với số lượng lớn các thiết bị đầu cuối người dùng thông qua vệ tinh. Vệ tinh có thể bao gồm ăng ten bộ cấp chùm được điều tiêu mà truyền thông với các trạm đầu cuối cổng nối được phân bố theo địa lý (ví dụ, cổng nối đơn mỗi chùm), và ăng ten người dùng mà phục vụ các thiết bị đầu cuối người dùng trong các khu vực phủ sóng với các chùm người dùng xuôi được tạo ra. Các trạm đầu cuối cổng nối có thể truyền thông các tín hiệu xuôi mà được tạo trọng số chùm và được đồng bộ hóa pha tương hỗ (ví dụ, theo các mốc báo vệ tinh và/hoặc

vòng trở lại), sao cho các tín hiệu đường lên xuôi được thu bởi vệ tinh là phù hợp pha. Việc tạo trọng số chùm nghĩa là các tín hiệu được chuyển tiếp (ví dụ, được truyền) bởi vệ tinh kết hợp theo không gian để tạo ra các chùm người dùng. Các phương án có thể đạt được việc tái sử dụng tần số sâu rộng qua việc đa hợp theo không gian của các tín hiệu liên kết bộ cấp. Ví dụ, một số cách thực hiện sử dụng các chùm bộ cấp rất hẹp (ví dụ, với độ mở ăng ten vệ tinh lớn) với việc tái sử dụng tần số của cùng dải để đạt được việc đa hợp theo không gian. Một số cách thực hiện còn cải thiện thêm dung lượng của hệ thống truyền thông và/hoặc giảm thêm số lượng các cổng nối bằng cách khai thác các cực của mỗi cổng nối, các khoảng con tần số mỗi cổng nối, và/hoặc các kỹ thuật khác.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ kèm theo

Sáng chế được mô tả kết hợp với các hình vẽ sau đây:

Hình 1 thể hiện hệ thống truyền thông vệ tinh minh họa để cung cấp việc tạo chùm tiếp đất sử dụng các liên kết bộ cấp được đa hợp theo không gian được đồng bộ hóa tương hỗ (MSSMFL), theo các phương án khác nhau;

Hình 2 thể hiện hệ thống truyền thông vệ tinh minh họa để thực hiện các việc truyền thông liên kết xuôi, theo các phương án khác nhau;

Hình 3 thể hiện hệ thống truyền thông vệ tinh minh họa để thực hiện các việc truyền thông liên kết ngược, theo các phương án khác nhau;

Hình 4 thể hiện sơ đồ khối của hệ thống vệ tinh minh họa để cung cấp MSSMFL, theo các phương án khác nhau;

Hình 5 thể hiện sơ đồ khối của đường dẫn vòng trở lại minh họa đối với việc truyền tín hiệu mốc báo vòng trở lại, theo các phương án khác nhau;

Hình 6 thể hiện sơ đồ khối của hệ thống con mốc báo vệ tinh, theo các phương án khác nhau;

Hình 7 thể hiện hệ thống truyền thông vệ tinh minh họa để cung cấp MSSMFL, theo các phương án khác nhau;

Hình 8 thể hiện hệ thống truyền thông vệ tinh minh họa khác để cung cấp MSSMFL, theo các phương án khác nhau;

Hình 9 thể hiện sơ đồ khối của hệ thống vệ tinh minh họa để cung cấp MSSMFL sử dụng các định hướng phân cực, theo các phương án khác nhau;

Hình 10 thể hiện sơ đồ khối của hệ thống vệ tinh minh họa để cung cấp MSSMFL sử dụng nhiều khoảng con tần số, theo các phương án khác nhau;

Hình 11 thể hiện lưu đồ của phương pháp tạo chùm tiếp đất minh họa với MSSMFL trong hệ thống truyền thông vệ tinh, theo các phương án khác nhau;

Hình 12 thể hiện suất của khung ăng ten liên kết bộ cấp đối với bộ phản xạ bộ cấp minh họa được chia suất theo phương vị và độ cao;

Hình 13 thể hiện sơ đồ khối của hệ thống chuẩn hóa minh họa được thực hiện trên vệ tinh để hỗ trợ trong việc thực hiện các phép đo liên kết xuôi của các sự suy giảm khung ăng ten liên kết bộ cấp;

Hình 14 thể hiện sơ đồ khối của hệ thống chuẩn hóa minh họa được thực hiện trên vệ tinh để hỗ trợ trong việc thực hiện các phép đo liên kết ngược của các sự suy giảm khung ăng ten liên kết bộ cấp; và

Hình 15 thể hiện sơ đồ khối của môi trường bù sự suy giảm khung ăng ten bộ cấp minh họa mà bao gồm bộ hủy bỏ giao tiếp chéo minh họa.

Trong các hình vẽ kèm theo, các bộ phận và/hoặc các dấu hiệu tương tự có thể có cùng nhãn chỉ dẫn. Ngoài ra, các bộ phận khác nhau thuộc cùng loại có thể được phân biệt bằng cách sau, nhãn chỉ dẫn giống nhau thứ nhất có một nhãn thứ hai dùng để phân biệt giữa các bộ phận tương tự nhau. Nếu chỉ nhãn chỉ dẫn thứ nhất được sử dụng trong bản mô tả, phần mô tả là có thể áp dụng cho bất kỳ một trong các bộ phận tương tự có cùng nhãn chỉ dẫn thứ nhất bất kể nhãn chỉ dẫn thứ hai của chúng là như thế nào.

Mô tả chi tiết các phương án thực hiện sáng chế

Trong phần mô tả sau đây, các chi tiết cụ thể được đánh số được thiết đặt để cung cấp sự hiểu biết sâu sắc về sáng chế. Tuy nhiên, người có trình độ trung bình trong lĩnh vực cần hiểu rằng sáng chế có thể được thực hiện mà không có các chi tiết cụ thể này. Trong các phiên bản, các mạch, các cấu trúc và các kỹ thuật đã không được thể hiện chi tiết để tránh làm nhiễu sáng chế.

Các phương án được mô tả ở đây bao gồm các kỹ thuật mới để cung cấp việc tạo chùm tiếp đất các cổng nối được đa hợp theo không gian được đồng bộ hóa tương hỗ trong hệ thống truyền thông không dây (được gọi ở đây là các liên kết bộ cấp được đa hợp theo không gian được đồng bộ hóa tương hỗ, hoặc mutually synchronized spatially multiplexed feeder links - MSSMFL). Một số kỹ thuật như vậy bao gồm các tín hiệu liên kết bộ cấp được đa hợp theo không gian trọng số chùm và đồng bộ hóa pha tương hỗ trong đoạn ở mặt đất của hệ thống truyền thông. Ví dụ, theo hướng xuôi, các chùm bộ cấp được điều tiêu có thể được sử dụng để thu các tín hiệu đường lên xuôi được đa hợp theo không gian, được tạo trọng số chùm và được đồng bộ hóa pha tương hỗ tại vệ tinh (ví dụ, hoặc rơ le truyền thông vô tuyến thích hợp bất kỳ khác). Vệ tinh có thể sử dụng dâyăng ten để chuyển tiếp các tín hiệu được đồng bộ hóa pha tương hỗ theo cách mà tạo ra các chùm người dùng theo việc tạo trọng số chùm của các tín hiệu. Do các chùm bộ cấp được điều tiêu, chúng có thể được hướng đến các vùng khác nhau (được phân tách theo không gian), cho phép các liên kết bộ cấp tái sử dụng cùng dải tần số. Việc tái sử dụng tần số kết quả này do đó tránh được vấn đề dẫn băng thông của việc tạo chùm tiếp đất thông thường. Theo đó, các kiểu tạo chùm tiếp đất với MSSMFL mới được mô tả ở đây có thể tạo điều kiện cho việc thực hiện các hệ thống truyền thông vệ tinh lưu lượng cao, chẳng hạn như các hệ thống cung cấp các lưu lượng bằng 1 Terabit mỗi giây hoặc nhiều hơn.

Xét đến hình 1, hệ thống truyền thông vệ tinh minh họa 100 được thể hiện để cung cấp MSSMFL, theo các phương án khác nhau. Như được minh họa, hệ thống truyền thông vệ tinh 100 bao gồm vệ tinh 140 trong các việc truyền thông với các (M) trạm đầu cuối cổng nối 130 và các thiết bị đầu cuối người dùng 165. Vệ tinh 140 có thể được tạo ra như vệ tinh truyền thông địa đồng bộ ống cong (ví dụ, không được xử lý) (GEO). Mặt khác, vệ tinh 140 có thể được tạo ra như vệ tinh hoặc rơ le truyền thông vô tuyến thích hợp bất kỳ khác như được mô tả ở đây. Các trạm đầu cuối cổng nối 130 được phân bố theo địa lý và truyền thông với vệ tinh thông qua các chùm bộ cấp được điều tiêu. Ví dụ, các trạm đầu cuối cổng nối 130 được bố trí trong ít nhất hai chùm bộ cấp mà không chồng lấp với nhau (ví dụ, đối với chùm điểm đơn mỗi trạm đầu cuối cổng nối 130, hoặc hoặc cách thực hiện thích hợp bất kỳ khác). Tất cả M trạm đầu cuối cổng nối 130 hoạt động tại cùng tần số sóng mang. Lưu ý rằng, tuy nhiên, mà đối với các cổng nối mà được đồng bộ hóa tương hỗ như được mô tả ở đây, có thể có

các khoảng thời gian ngắn trong đó các cổng nối không hoạt động tại chính xác cùng tần số sóng mang do các dung sai, các sự trượt vòng, độ ồn pha/tần số, và mất mát ngắn hạn của việc đồng bộ hóa. Ngoài ra, cổng nối có thể truyền các sóng mang một cách đồng thời tại tần số khác. Tuy nhiên, đối việc truyền của các sóng mang, sóng mang riêng lẻ bất kỳ mà được tạo chùm bởi vệ tinh sẽ được truyền tại cùng tần số bởi mỗi cổng nối. Do đó, các cổng nối có thể được nói là truyền tại gần như cùng tần số mà không thay thế phạm vi của sáng chế. Các thiết bị đầu cuối người dùng 165 được bố trí trong một hoặc nhiều khu vực phủ sóng chùm người dùng 160 liên quan với một hoặc nhiều chùm người dùng được tạo ra (ví dụ, sử dụng các phản tử ăng ten tạo chùm trên vệ tinh 140).

Các trạm đầu cuối cổng nối 130 là trong truyền thông với các bộ phận phần mặt đất khác, mà có thể cho phép MSSMFL qua việc điều phối tiếp đất của các tín hiệu liên kết bộ cấp được đồng bộ hóa pha và các tín hiệu liên kết người dùng được tạo chùm. Như được minh họa, các môđem liên kết bộ cấp 103 có thể trong truyền thông với mạng dữ liệu số 101, chẳng hạn như Internet, hoặc tương tự. Các môđem liên kết bộ cấp 103 có thể chuyển đổi giữa mạng dữ liệu số 101 giao thông và các dòng dữ liệu 105 liên quan với các khu vực phủ sóng chùm người dùng 160. Ví dụ, K dòng dữ liệu 105 có thể liên quan với giao thông tới và từ K khu vực phủ sóng chùm người dùng 160 (tương ứng với K chùm người dùng được tạo ra).

Các môđem liên kết bộ cấp 103 có thể được nối với các bộ tạo chùm xuôi và/hoặc ngược 110, và các bộ tạo chùm xuôi và/hoặc ngược 110 có thể trong truyền thông với các trạm đầu cuối cổng nối 130. Ví dụ, mỗi trạm đầu cuối cổng nối 130 bao gồm liên kết truyền thông với các bộ tạo chùm xuôi và/hoặc ngược 110 thông qua mạng phân phối 120, chẳng hạn như mạng liên kết (backhaul) Internet, hoặc mạng thích hợp bất kỳ khác. Các phương án của các bộ tạo chùm xuôi và/hoặc ngược 110 có thể áp dụng các trọng số chùm xuôi và/hoặc ngược các tín hiệu xuôi và/hoặc ngược, một cách tương ứng. Ví dụ, theo hướng xuôi, các bộ tạo chùm xuôi và/hoặc ngược 110 có thể tạo ra các tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm từ K dòng dữ liệu 105, mà có thể được truyền thông tới các trạm đầu cuối cổng nối 130. Theo hướng ngược, các bộ tạo chùm xuôi và/hoặc ngược 110 có thể tạo ra K dòng dữ liệu 105 từ các tín hiệu ngược được thu từ các trạm đầu cuối cổng nối 130.

Trong một số cách thực hiện, việc tạo chùm của các chùm người dùng bởi các bộ tạo chùm xuôi và/hoặc ngược 110 là đáp ứng. Ví dụ, phản hồi được sử dụng để tính toán thích ứng các trọng số chùm xuôi và/hoặc ngược qua thời gian, nhờ đó thích ứng việc tạo chùm cho chùm người dùng với việc phản hồi. Việc thích ứng như vậy có thể nhằm để bù cho các loại không lý tưởng khác nhau, chẳng hạn như các thay đổi về định hướng của vệ tinh, các thay đổi về các bộ phản xạ vệ tinh (ví dụ, uốn, v.v.), và/hoặc các nguồn khác của lỗi chỉ ra chùm. Trong các cách thực hiện nhất định, việc tạo chùm chùm người dùng là không thích ứng được. Ví dụ, trong đó định hướng của vệ tinh được điều khiển tốt, và sự phân bố không gian của các chùm người dùng mong muốn là được biết, các trọng số chùm được tính toán trước có thể được áp dụng bởi các bộ tạo chùm xuôi và/hoặc ngược 110 để tạo ra các chùm người dùng mong muốn. Một số cách thực hiện như vậy có thể được thích ứng đầy đủ, trong khi các cách thực hiện khác như vậy có thể được thích ứng một phần (ví dụ, một số vòng thích ứng có thể được sử dụng để giải quyết các sự không lý tưởng nhất định, nếu muốn). Trong các cách thực hiện khác nhau, việc tạo chùm thích ứng và không thích ứng có thể được sử dụng để hỗ trợ việc tạo ra chùm người dùng cố định hoặc động (ví dụ, các cỡ chùm người dùng cố định hoặc động, các vị trí chùm người dùng, và/hoặc các đặc tính chùm người dùng khác). Ví dụ, các cách tiếp cận cố định thích ứng có thể sử dụng việc tạo chùm thích ứng để duy trì các vị trí chùm người dùng trong nội dung thay đổi định hướng của vệ tinh, trong khi sử dụng các vị trí chùm được cố định. Các cách tiếp cận động thích ứng có thể cũng thay đổi các kích cỡ và/hoặc các vị trí chùm phản hồi tới các thay đổi về yêu cầu giao thông, và các cách tiếp cận động không thích ứng có thể tuân hoàn qua các trọng số chùm được tính toán trước trong các khe thời gian khác nhau để tạo ra các chùm người dùng có các kích thước và/hoặc các vị trí khác nhau.

Các trạm đầu cuối cổng nối 130 là cũng trong truyền thông với hệ thống con đồng bộ hóa 125. Các phương án của hệ thống con đồng bộ hóa 125 có thể đồng bộ hóa pha tương hỗ các tín hiệu đường lên từ các trạm đầu cuối cổng nối 130 khiến cho các tín hiệu đường lên sẽ được thu bởi vệ tinh 140 theo cách đồng bộ pha. Ví dụ, hệ thống con đồng bộ hóa 125 có thể đồng bộ hóa pha sóng mang của các tín hiệu đường lên từ mỗi trạm đầu cuối cổng nối 130 chịu trách nhiệm cho các sự thay đổi độ trễ đường giữa mỗi trạm đầu cuối cổng nối 130 và vệ tinh 140 (ví dụ, việc phân bố địa lý các trạm đầu cuối cổng nối 130 cho các khoảng cách khác nhau giữa mỗi trạm đầu

cuối cổng nối 130 và vệ tinh). Một số phương án có thể còn đồng bộ hóa thời gian các tín hiệu, ví dụ, để sắp xếp các biên ký hiệu trong số các việc truyền từ các trạm đầu cuối cổng nối khác nhau 130. Ví dụ, điều này có thể giúp hỗ trợ các thay đổi đồng đến điều biến và/hoặc việc mã hóa của các dòng dữ liệu (ví dụ, các thay đổi về các mã mod), mà có thể ảnh hưởng đến khoảng thời gian ký hiệu và/hoặc các thông số khác.

Hệ thống con đồng bộ hóa 125 có thể được thực hiện theo cách thích hợp bất kỳ. Trong một số cách thực hiện, mỗi trạm đầu cuối cổng nối 130 bao gồm, hoặc được nối với, phiên bản địa phương của hệ thống con đồng bộ hóa 125. Trong các cách thực hiện khác, một số hoặc tất cả các trạm đầu cuối cổng nối 130 có thể chia sẻ phiên bản (ví dụ, phiên bản được tập trung hóa, đơn) của hệ thống con đồng bộ hóa 125. Ví dụ, hệ thống con đồng bộ hóa được chia sẻ 125 có thể đồng bộ hóa chính nó (hoặc trạm đầu cuối cổng nối 130 đơn) với vệ tinh 140, và có thể còn đồng bộ hóa các trạm đầu cuối cổng nối chia sẻ khác 130, một cách tương ứng. Như được mô tả chi tiết hơn dưới đây, các kỹ thuật khác nhau có thể được sử dụng để thực hiện các loại đồng bộ hóa khác nhau của hệ thống con đồng bộ hóa 125. Ví dụ, vệ tinh 140 có thể truyền tín hiệu mốc báo mà có thể được thu bởi hệ thống con đồng bộ hóa 125 (thông qua một số hoặc tất cả các trạm đầu cuối cổng nối 130); và hệ thống con đồng bộ hóa 125 (ví dụ, mỗi phiên bản của hệ thống con đồng bộ hóa 125 tại mỗi trạm đầu cuối cổng nối 130) có thể truyền tín hiệu mốc báo vòng trở lại. Hệ thống con đồng bộ hóa 125 có thể đồng bộ hóa mốc báo vệ tinh và các mốc báo vòng trở lại để cho phép đồng bộ hóa pha tương hỗ của các tín hiệu liên kết bộ cấp.

Hình 2 thể hiện hệ thống truyền thông vệ tinh minh họa 200 để thực hiện các việc truyền thông liên kết xuôi, theo các phương án khác nhau. Hệ thống truyền thông vệ tinh 200 có thể là cách thực hiện của của hệ thống truyền thông vệ tinh 100 được mô tả dựa vào hình 1. Như được minh họa, vệ tinh 140 cung cấp các việc truyền thông giữa số lượng (M) của các trạm đầu cuối cổng nối được phân bố theo địa lý 130 và số lượng thiết bị đầu cuối người dùng 165 trong ít nhất một khu vực phủ sóng chùm người dùng (tương ứng với các chùm người dùng xuôi 260). Vệ tinh 140 bao gồm hệ thống con ăng ten bộ cấp 230 và hệ thống con ăng ten người dùng 250. Hệ thống con ăng ten bộ cấp 230 bao gồm số lượng của phần tử ăng ten chùm điều tiêu (các FAE) 243, mỗi trong số chúng chiếu sáng chùm bộ cấp được điều tiêu tương ứng. Liên kết bộ cấp có thể hoạt động với cổng nối đơn mỗi chùm, nhóm các cổng nối mỗi chùm,

và/hoặc theo cách thích hợp bất kỳ mà cho phép việc tái sử dụng băng thông qua sự đa hợp không gian. Ngoài ra, chùm đơn có thể được thực hiện sử dụng nhiều phần tử ăng ten trong một số trường hợp. Hệ thống con ăng ten người dùng 250 bao gồm dãy các phần tử ăng ten tạo chùm (các BAE) 247 mà có thể tạo ra một hoặc nhiều chùm người dùng (ví dụ, các chùm người dùng xuôi 260) để truyền thông với các thiết bị đầu cuối người dùng 165 được bố trí trong các khu vực phủ sóng các chùm người dùng này. Lưu ý rằng, do hệ thống là hệ thống tạo chùm tiếp đất, không có bộ phận bù pha nào cần phải được bao gồm trong các BAE, do việc tạo pha của các tín hiệu được truyền bởi các BAE được điều khiển bởi các mối tương quan pha của các tín hiệu được thu bởi các FAE tương ứng như được mô tả thêm dưới đây. Hệ thống con ăng ten bộ cấp 230 và hệ thống con ăng ten người dùng 250 có thể được thực hiện theo các cách khác nhau. Theo một cách thực hiện, hệ thống con ăng ten bộ cấp 230 và/hoặc hệ thống con ăng ten người dùng 250 được thực hiện làm dây bức xạ trực tiếp (ví dụ, hệ thống con ăng ten người dùng 250 có thể bao gồm dây bức xạ trực tiếp hai mét). Theo một cách thực hiện khác, hệ thống con ăng ten bộ cấp 230 và/hoặc hệ thống con ăng ten người dùng 250 được thực hiện với các ăng ten truyền và thu tách biệt. Một số cách thực hiện cũng bao gồm một hoặc nhiều bộ phản xạ (ví dụ, bộ phản xạ được cấp dây). Một cách thực hiện như vậy bao gồm bộ phản xạ đơn được đặt, sao cho bộ cấp cấp hệ thống con ăng ten bộ cấp 230 là điều tiêu theo bộ phản xạ, và các phần cấp người dùng của hệ thống con ăng ten người dùng 250 là lệch trọng tâm theo bộ phản xạ. Một cách thực hiện khác như vậy bao gồm các bộ phản xạ người dùng và bộ cấp tách biệt, ví dụ, được thực hiện sao cho bộ cấp cấp hệ thống con ăng ten bộ cấp 230 là điều tiêu theo bộ phản xạ bộ cấp, và các phần cấp người dùng của hệ thống con ăng ten người dùng 250 là lệch trọng tâm theo người dùng. Theo một cách thực hiện, một hoặc nhiều bộ phản xạ là được thực hiện như các bộ phản xạ lưỡng sắc. Ví dụ, (các) bộ phản xạ lưỡng sắc có thể bao gồm bộ phản xạ con mà ảnh hưởng chỉ các tín hiệu đường lên, trong khi các tín hiệu đường xuống tần số cao hơn đi qua bề mặt của bộ phản xạ con.

Vệ tinh còn bao gồm hệ thống con bộ lặp lại xuôi 240 có (L) các đường dẫn liên kết xuôi 245, trong đó L bằng số lượng của các trạm đầu cuối công nối 130 (M) (mặc dù, như được giải thích dưới đây, trong một số phương án, M có thể là nhỏ hơn L). Có nhiều cách mà hệ thống ăng ten bộ cấp 230 có thể được kết nối tới hệ thống con bộ lặp lại xuôi 240. Ví dụ, trong trường hợp trong đó số lượng của các trạm đầu cuối công

nối 130 (M) là bằng với số lượng của các FAE 243 (L), mỗi FAE 243 có thể bao gồm một đầu ra liên kết xuôi, mỗi trong số chúng được nối với phía đầu vào của một trong số các đường dẫn liên kết xuôi tương ứng 245. Mỗi BAE 247 có thể bao gồm đầu vào liên kết xuôi được nối với phía đầu ra của một trong số các đường dẫn liên kết xuôi tương ứng 245. Trong một số trường hợp, một hoặc nhiều FAE 243 có thể bao gồm các đầu ra liên kết xuôi, mỗi trong số chúng được nối với phía đầu vào của một trong số các đường dẫn liên kết xuôi tương ứng 245. Hệ thống con bộ lặp lại xuôi 240 có thể có khoảng tần số đường lên xuôi và khoảng tần số đường xuống xuôi. Trong một số trường hợp, khoảng tần số đường lên xuôi chồng lấp (ví dụ, là cùng bao quát một phần hoặc hoàn toàn với) khoảng tần số đường lên ngược, và khoảng tần số đường xuống xuôi chồng lấp khoảng tần số đường xuống ngược (ví dụ, các đường lên bộ cấp và người dùng chia sẻ vùng và/hoặc dải tần số thứ nhất, và các đường xuống bộ cấp và người dùng chia sẻ vùng và/hoặc dải tần số thứ hai). Ví dụ, các tín hiệu đường lên xuôi có thể được thu bởi FAE 243 tại khoảng tần số đường lên xuôi, được chuyển đổi bởi đường dẫn liên kết xuôi được nối 245 tới khoảng tần số đường xuống xuôi, và được truyền bởi BAE được nối 247. Như được mô tả dưới đây, điều này có thể cho phép các tín hiệu đường xuống xuôi là có thể tạo ra từ các tín hiệu đường lên xuôi được đồng bộ pha tương hỗ, được tạo trọng số chùm mà mỗi trong số chúng được thu tại một trong số các đầu vào liên kết xuôi FAE tương ứng từ một trong số các trạm đầu cuối công nối được phân bố theo địa lý tương ứng 130, sao cho việc truyền của các tín hiệu đường xuống xuôi bởi các đầu ra liên kết xuôi BAE khiến các tín hiệu đường xuống xuôi chồng nhau theo không gian để tạo ra ít nhất một chùm người dùng xuôi 260.

Như được minh họa, mỗi trong số K dòng dữ liệu xuôi 205 (ví dụ, từ các môđem liên kết bộ cấp, hoặc tương tự) bao gồm dữ liệu được gửi đến cho một trong số K chùm người dùng xuôi được tạo ra tương ứng 260. Thông thường, mong muốn phân phối phiên bản được tạo chùm của các dòng dữ liệu xuôi 205 này tới một số hoặc tất cả M trạm đầu cuối công nối được phân chia theo không gian 130. Theo cách này, các trạm đầu cuối công nối 130 có thể cung cấp sự đa hợp không gian và việc tái sử dụng băng thông cho các truyền thông xuôi. Các dòng dữ liệu xuôi 205 có thể được thu bởi bộ tạo chùm xuôi 210 (ví dụ, một phần của các bộ tạo chùm xuôi/ngược 110 của hình 1). Bộ tạo chùm xuôi 210 có thể áp dụng $L \times K$ trọng số chùm xuôi 213 cho các dòng dữ liệu xuôi 205 để tạo ra L tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm 215. Ví dụ, bộ tạo

chùm xuôi 210 bao gồm đầu vào dòng dữ liệu xuôi, đầu vào trọng số chùm chỉ báo trọng số chùm 213 liên quan với mỗi trong số các trạm đầu cuối cổng nối 130; và các đầu ra tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm. Mỗi đầu ra tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm có thể được nối với đầu vào tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm của một trong số các trạm đầu cuối cổng nối tương ứng 130 thông qua mạng phân phối 120, và mỗi trong số chúng có thể là phiên bản của đầu vào dòng dữ liệu xuôi mà đã được tạo trọng số chùm theo trọng số chùm 213 liên quan với một trong các trạm đầu cuối cổng nối tương ứng 130. Mỗi trong số L tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm 215 được tạo ra để tương ứng với một trong số L đường dẫn liên kết xuôi 245 (và, theo đó, tới một trong số L BAE tương ứng 247). Các trọng số chùm xuôi 213 được tính toán khiến cho, khi các tín hiệu được tạo trọng số được truyền cuối cùng từ hệ thống con ăng ten người dùng 250, các tín hiệu sẽ kết hợp theo không gian để tạo ra các chùm người dùng xuôi 260.

Các trọng số chùm xuôi 213 có thể được tính toán và được áp dụng trong cách thích hợp bất kỳ. Trong một số trường hợp, các trọng số chùm xuôi 213 được lưu trữ trong phần lưu trữ trọng số chùm xuôi của bộ tạo chùm xuôi 210. Trong các trường hợp khác, bộ tạo trọng số chùm là một phần của, hoặc được nối với, bộ tạo chùm xuôi 210. Các trọng số chùm xuôi 213 có thể được tính toán trước, trước khi sử dụng vệ tinh 140, dựa vào cá đặc tính liên kết truyền thông được mô phỏng; được tính toán một hoặc nhiều lần (ví dụ, theo định kỳ) dựa trên phản hồi và phân tích của hệ thống truyền thông vệ tinh vận hành 200; được điều chỉnh một cách thích ứng dựa trên phản hồi và phân tích của hệ thống truyền thông vệ tinh vận hành 200; và/hoặc được tính toán theo cách thích hợp bất kỳ. Nhiều kỹ thuật đã được biết để tạo ra các hệ số tạo chùm xuôi. Ví dụ, các hệ số đối với các chùm có thể được tối ưu hóa toàn cầu để tối đa hóa tổng tín hiệu cho các tỷ lệ tiếng ồn và giao thoa đối với tất cả các chùm. Ví dụ, tại tỷ lệ tín hiệu đến độ âm thấp, các trọng số có thể được chọn để tối đa hóa công suất tín hiệu, trong khi tại tỷ lệ tín hiệu đến độ âm cao, các trọng số có thể được lựa chọn để tối thiểu hóa giao thoa trong chùm.

Mỗi trong số L tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm 215 có thể được truyền thông (ví dụ, thông qua mạng phân phối 120) tới một trong số M trạm đầu cuối cổng nối tương ứng 130. Trong nhiều trường hợp, số lượng các cổng nối các thiết bị đầu cuối 130 (M) là giống hệt như số lượng của các đường dẫn liên kết xuôi 245 (L). Như

sẽ được thảo luận sau đây, L có thể là lớn hơn hoặc bằng M , khiến cho mỗi trong số M trạm đầu cuối cổng nối 130 có thể thu một hoặc nhiều L tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm 215 (tương ứng với một hoặc nhiều đường dẫn liên kết xuôi 245 được nối với mỗi FAE 243, mỗi FAE 243 liên quan với trạm đầu cuối cổng nối 130 tương ứng). Theo đó, M trạm đầu cuối cổng nối 130 có thể truyền tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm 215 tới vệ tinh 140 làm L tín hiệu đường lên xuôi 235. Trước khi truyền các tín hiệu đường lên xuôi 235, các ký hiệu được đồng bộ hóa pha tương hỗ. Như được mô tả ở trên, các trạm đầu cuối cổng nối 130 bao gồm, hoặc là trong truyền thông với, hệ thống con đồng bộ hóa 125 mà có thể đồng bộ hóa pha tương hỗ các tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm 215 để tạo ra các tín hiệu đường lên xuôi 235. Việc đồng bộ hóa pha tương hỗ khiến các trạm đầu cuối cổng nối 130 để truyền các tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm 215 tới vệ tinh 140 theo cách mà các tín hiệu đường lên xuôi 235 được thu theo cách đồng bộ pha bởi các FAE 243 của hệ thống con ăng ten bộ cấp 230. Ví dụ, sự đồng bộ hóa chịu trách nhiệm cho sự sai khác về độ trễ đường giữa mỗi trạm đầu cuối cổng nối 130 và vệ tinh 140, khiến cho các tín hiệu được thu bởi các FAE 243 có các pha sóng mang của nó được xếp hàng và mà tối thiểu được đồng bộ hóa thời gian xấp xỉ (ví dụ, thời trong phần của khoảng ký hiệu tín hiệu truyền thông mong muốn).

Do đó, vệ tinh 140 thu (L) tín hiệu đường lên xuôi được đồng bộ hóa tương hỗ, được tạo trọng số chùm 235, mỗi trong số chúng thông qua đường lên bộ cấp được điều tiêu (ví dụ, tương ứng với một trong các vị trí M trạm đầu cuối cổng nối 130). Vệ tinh 140 có thể tạo ra mỗi trong số các tín hiệu đường xuống xuôi được đồng bộ hóa tương hỗ, được tạo trọng số chùm 255 từ một trong các tín hiệu đường lên xuôi tương ứng 235. Vệ tinh 140 có thể truyền các tín hiệu đường xuống xuôi 255 thông qua các đường xuống người dùng được lệch tiêu, sao cho các tín hiệu đường xuống xuôi 255 chồng lấp theo không gian để tạo ra một hoặc nhiều chùm người dùng xuôi 260. Ví dụ, mỗi tín hiệu đường lên xuôi 235 có thể được thu bởi một trong các FAE 243 và được đi qua một trong các đường dẫn liên kết xuôi 245 được nối, mà có thể tạo ra một trong số các tín hiệu đường xuống xuôi tương ứng 255 từ đó (ví dụ, bằng cách khuếch đại và chuyển đổi tần số các tín hiệu đường lên xuôi 235). Mỗi tín hiệu đường xuống xuôi 255 có thể được đi qua một trong các BAE 247 của hệ thống con ăng ten người dùng 250 được nối. Các BAE 247 có thể truyền các tín hiệu đường xuống xuôi 255, và việc

tạo trọng số chùm (ví dụ, và việc đồng bộ hóa tương hỗ) của các tín hiệu đường xuống xuôi 255 khiến chúng kết hợp theo không gian để tạo ra các chùm người dùng xuôi 260. Mỗi trong số L BAE 247 truyền một cách hiệu quả đến mỗi trong số K khu vực phủ sóng chùm người dùng, khiến cho L các tín hiệu đường xuống xuôi 255 có thể kết hợp theo không gian tại mỗi trong số K khu vực phủ sóng chùm người dùng để tạo ra một trong số K chùm người dùng xuôi tương ứng 260.

Hình 3 thể hiện hệ thống truyền thông vệ tinh minh họa 300 để thực hiện các việc truyền thông liên kết ngược, theo các phương án khác nhau. Để rõ ràng, hệ thống truyền thông vệ tinh 300 được minh họa tương ứng với các hệ thống truyền thông vệ tinh 200 được mô tả dựa vào hình 2, và các bộ phận được đặt nhãn với các ký hiệu xác định tham chiếu giống hệt hoặc tương tự nhau. Như được mô tả ở trên, vệ tinh 140 cung cấp việc truyền thông giữa số lượng thiết bị đầu cuối người dùng 165 trong K khu vực phủ sóng chùm người dùng (tương ứng với các chùm người dùng ngược 360) và M trạm đầu cuối cổng nối được phân bố theo địa lý 130 và. Một số phương án có thể sử dụng cùng hệ thống con ăng ten bộ cấp 230 và hệ thống con ăng ten người dùng 250 theo cả chiều xuôi và ngược. Ví dụ, theo hướng ngược, các tín hiệu đường lên ngược 355 có thể được thu bởi các BAE 247 của hệ thống con ăng ten người dùng 250 (từ các thiết bị đầu cuối người dùng 165 trong một số hoặc tất cả các chùm người dùng ngược 360). Hệ thống con bộ lặp lại ngược 340, có các đường dẫn liên kết ngược 345 được nối với các đầu ra liên kết ngược của các BAE 247, có thể tạo ra các tín hiệu đường xuống ngược 335 từ các tín hiệu đường lên ngược 355. Các FAE 243 của hệ thống con ăng ten bộ cấp 230, mỗi trong số chúng có một hoặc nhiều đầu vào liên kết ngược được nối với các FAE tương ứng của các đường dẫn liên kết ngược 345, có thể truyền các tín hiệu đường xuống ngược 335 tới các FAE tương ứng của các trạm đầu cuối cổng nối 130.

Trong một số phương án K tín hiệu đường lên ngược 355 được thu bởi mỗi trong số L BAE 247. Mỗi trong số L BAE 247 được nối với một trong số L đường dẫn liên kết ngược tương ứng 345, khiến cho L tín hiệu đường xuống ngược 335 được tạo ra, mỗi trong số chúng tiềm năng bao gồm thông tin được truyền từ K chùm người dùng ngược 360. Có nhiều cách mà hệ thống con bộ lặp lại ngược có thể được kết nối tới hệ thống con ăng ten bộ cấp. Ví dụ, trong trường hợp trong đó số lượng của các trạm đầu cuối cổng nối 130 (M) là bằng với số lượng của các FAE 243 (L), mỗi FAE

243 có thể bao gồm một đầu vào liên kết ngược, mỗi trong số chúng được nối với phía đầu ra của một trong số các đường dẫn liên kết ngược tương ứng 345. Trong một số trường hợp, một hoặc nhiều FAE 243 có thể bao gồm các đầu vào liên kết ngược, mỗi trong số chúng được nối với phía đầu ra của một trong số các đường dẫn liên kết ngược tương ứng 345 (ví dụ, như được mô tả chi tiết hơn dưới đây, theo Hình 10). Do đó, mỗi trong số M FAE 243 được nối với một hoặc nhiều L đường dẫn liên kết ngược 345, khiến cho L tín hiệu đường xuống ngược 335 được truyền tới M trạm đầu cuối cổng nối 130. Các tín hiệu đường xuống ngược thu được 335 đều không được tạo trọng số chùm cũng như không được đồng bộ hóa tương hỗ. Hệ thống con đồng bộ hóa 125 có thể đồng bộ hóa tương hỗ các tín hiệu đường xuống ngược 335 (ví dụ, sắp xếp pha sóng mang, định thời sóng mang, các biên ký hiệu, v.v.) để tạo ra L tín hiệu ngược 315 mà được truyền thông tới bộ tạo chùm ngược 310 (ví dụ, hoặc trước hoặc sau khi truyền thông qua mạng phân phối 120). Các tín hiệu ngược 315 có thể được đồng bộ hóa tương hỗ từ quan điểm bộ tạo chùm ngược 310. Ví dụ, trong một số phương án, vệ tinh 140 có thể truyền tín hiệu mốc báo (ví dụ, mốc báo được chia sẻ) mà được thu bởi mỗi trạm đầu cuối cổng nối 130 và được sử dụng để đồng bộ hóa pha tương hỗ các tín hiệu đường xuống ngược 335 tại các cổng nối 130 liên quan tới mốc báo. Bộ tạo chùm ngược 310 có thể áp dụng $L \times K$ trọng số chùm ngược 313 cho các tín hiệu ngược 315 theo cách như để tạo ra các chùm người dùng ngược 360 (ví dụ, áp dụng các trọng số chùm ngược 313 khôi phục K tín hiệu đường lên ngược thông qua K chùm người dùng ngược được tạo ra hồi tiếp 360). Các trọng số chùm ngược 313 có thể được tính toán và/hoặc được áp dụng trong cách thích hợp bất kỳ, ví dụ, như được mô tả ở trên dựa vào việc tính toán và áp dụng các trọng số chùm xuôi 213 trong Hình 2. Theo hướng ngược, tuy nhiên, sự giao thoa trong chùm được tạo ra bởi các trạm đầu cuối truyền, không bởi quy trình tạo chùm. Các trọng số tạo chùm của mỗi chùm do đó có thể được tối ưu hóa riêng lẻ. Bằng việc áp dụng $L \times K$ trọng số chùm ngược 313 tới L tín hiệu ngược được đồng bộ hóa 315, bộ tạo chùm ngược 310 có thể tạo ra K dòng dữ liệu ngược 305. Trong một số phương án, các dòng dữ liệu ngược 305 có thể được giải điều biến bởi các môđem liên kết bộ cấp, hoặc tương tự, đối với truyền thông thông qua mạng dữ liệu số, chẳng hạn như Internet.

Hình 4 thể hiện sơ đồ khối của một phần của hệ thống vệ tinh minh họa 400 để cung cấp MSSMFL, theo các phương án khác nhau. Hệ thống vệ tinh 400 bao gồm các

FAE 243, mỗi trong số chúng có đầu vào liên kết xuôi và đầu ra liên kết ngược, mà có thể một cách chọn lọc được coi là hệ thống con ăng ten bộ cấp. Trong một số phương án, hệ thống ăng ten bộ cấp có thể cũng bao gồm một hoặc nhiều bộ phản xạ bộ cấp 410. Ví dụ, (các) bộ phản xạ bộ cấp 410 có thể được sử dụng kết hợp với các FAE 243 để điều tiêu các chùm bộ cấp qua đó để truyền thông với các vị trí trạm đầu cuối công nổi. Trong một số phương án, các FAE 243 được thực hiện như cấu trúc một đơn vị cấp mỗi chùm (SFPB). Theo cấu trúc như vậy, các FAE 243 bao gồm các đơn vị cấp ăng ten, và mỗi đơn vị cấp ăng ten tương ứng với một trong các chùm bộ cấp tương ứng. Một số cách thực hiện bao gồm số lượng lớn các chùm bộ cấp, sao cho sử dụng cấu trúc SFPB bao gồm số lượng tương đối lớn đơn vị cấp ăng ten. Các giới hạn kích thước vật lý của các đơn vị cấp ăng ten có thể giới hạn mật độ vật lý của các đơn vị cấp ăng ten (nghĩa là, các đơn vị cấp gần như thế nào có thể được đặt trong hệ thống con ăng ten bộ cấp, mà có thể giới hạn một cách hiệu quả số lượng chùm công nổi mà có thể được hỗ trợ bởi cấu trúc SFPB. Trong các phương án khác, các FAE 243 được thực hiện như cấu trúc nhiều đơn vị cấp mỗi chùm (MFPB). Theo cấu trúc như vậy, mỗi đơn vị cấp ăng ten có thể được nối với các tập được tạo trọng số của các tín hiệu chùm, khiến cho mỗi đơn vị cấp ăng ten có thể được chia sẻ một cách hiệu quả ngang nhiều chùm bộ cấp (ví dụ, trong các bó gồm ba đơn vị cấp ăng ten, bảy đơn vị cấp ăng ten, v.v.).

Hệ thống vệ tinh 400 cũng bao gồm nhiều BAE 247, mỗi trong số chúng có đầu ra liên kết xuôi và đầu vào liên kết ngược, mà có thể một cách chọn lọc được coi là hệ thống con ăng ten người dùng. Trong một số phương án, hệ thống ăng ten người dùng có thể cũng bao gồm một hoặc nhiều bộ phản xạ người dùng 430. Ví dụ, (các) bộ phản xạ người dùng 430 có thể được sử dụng kết hợp với các BAE 247 để tạo ra các chùm người dùng xuôi và ngược liên quan với các khu vực phủ sóng chùm người dùng như được mô tả ở đây. Trong một số phương án, bộ phản xạ đơn có thể được sử dụng như cả bộ phản xạ người dùng 430 và bộ phản xạ bộ cấp 410. Trong một số phương án, hệ thống con ăng ten người dùng có thể là giống như hệ thống con ăng ten bộ cấp.

Hệ thống vệ tinh 400 có thể còn bao gồm hệ thống con bộ lặp lại xuôi 240 và hệ thống con bộ lặp lại ngược 340. Hệ thống con bộ lặp lại xuôi 240 có thể có khoảng tần số đường lên xuôi và khoảng tần số đường xuống xuôi và số lượng của các đường dẫn liên kết xuôi, mỗi trong số chúng được nối giữa một trong số các đầu vào liên kết xuôi

và một trong số các đầu ra liên kết xuôi. Như được minh họa, mỗi đầu vào liên kết xuôi của FAE 243 có thể được nối với bộ khuếch đại độ âm nhỏ (LNA) 423 hoạt động tại khoảng tần số đường lên xuôi. Mỗi LNA 423 có thể được nối với phía đầu vào của bộ chuyển đổi tần số xuôi 425, mà có thể chuyển đổi tín hiệu đường lên xuôi được khuếch đại, được thu từ khoảng tần số đường lên xuôi tới khoảng tần số đường xuống xuôi. Phía đầu ra của mỗi bộ chuyển đổi tần số xuôi 425 có thể được nối với bộ khuếch đại công suất (PA) 427 hoạt động tại khoảng tần số đường xuống xuôi. Mỗi PA 427 có thể được nối với đầu ra liên kết xuôi của một trong số các BAE tương ứng 247. Mỗi LNA được nối 423, bộ chuyển đổi tần số xuôi 425, và PA 427 có thể thực hiện một cách chọn lọc đường dẫn liên kết xuôi (ví dụ, một trong các đường dẫn liên kết xuôi 245 của Hình 2). Như được mô tả ở trên, thu theo cách đồng bộ pha các tín hiệu đường lên xuôi được tạo trọng số chùm, được đồng bộ hóa pha tương hỗ (được tạo ra như vậy bởi các bộ phận mạng nền phía bộ cấp) tại các FAE 243 có thể khiến các tín hiệu đường xuống xuôi cũng được đồng bộ pha và được tạo trọng số chùm, sao cho việc truyền của các tín hiệu đường xuống xuôi bởi các BAE 247 khiến các chùm người dùng xuôi để tạo ra bởi việc chồng chập không gian của các tín hiệu đường xuống xuôi.

Hệ thống con bộ lặp lại ngược 340 có thể có khoảng tần số đường lên ngược và khoảng tần số đường xuống ngược và số lượng của các đường dẫn liên kết ngược, mỗi trong số chúng được nối giữa một trong số các đầu vào liên kết ngược và một trong số các đầu ra liên kết ngược. Như được minh họa, mỗi đầu vào liên kết ngược của BAE 247 có thể được nối với LNA 423 hoạt động tại khoảng tần số đường lên ngược (ví dụ, mà có thể hoặc có thể không chồng lấp với khoảng tần số đường lên xuôi). Mỗi LNA 423 có thể được nối với phía đầu vào của bộ chuyển đổi tần số ngược 435, mà có thể chuyển đổi tín hiệu đường lên ngược được khuếch đại, được thu từ khoảng tần số đường lên ngược tới khoảng tần số đường xuống ngược. Phía đầu ra của mỗi bộ chuyển đổi tần số ngược 435 có thể được nối với PA 427 hoạt động tại khoảng tần số đường xuống ngược. Mỗi PA 427 có thể được nối với đầu ra liên kết ngược của một trong số các FAE tương ứng 243. Mỗi LNA được nối 423, bộ chuyển đổi tần số ngược 435, và PA 427 có thể thực hiện một cách chọn lọc đường xuống liên kết ngược (ví dụ, một trong các đường dẫn liên kết ngược 345 của Hình 3). Trong một số trường hợp, các đường dẫn liên kết ngược được thực hiện theo cách gần như giống nhau, và với

các bộ phận gần như giống nhau, làm các đường dẫn liên kết xuôi. Ví dụ, các đường dẫn liên kết xuôi và các đường dẫn liên kết ngược có thể là các đường dẫn ống cong; các đường dẫn liên kết xuôi và các đường dẫn liên kết ngược có thể là các đường dẫn dải chéo (nghĩa là, mỗi trong số chúng có phía đầu vào tại dải tần số thứ nhất và phía đầu ra tại dải tần số thứ hai); v.v. Như được mô tả ở trên, việc tạo chùm tiếp đất của các tín hiệu đường xuống ngược được thu bởi các trạm đầu cuối cổng nối được phân bố theo địa lý 135 có thể một cách hiệu quả khiến các chùm người dùng ngược để tạo ra theo các tín hiệu đường lên ngược được truyền.

Trong các phương án mà bao gồm các hệ thống con ăng ten người dùng và ăng ten bộ cấp tách biệt, mỗi hệ thống con ăng ten có thể được tạo cấu hình (ví dụ, được tối ưu hóa) đối với các cấu hình nhất định. Ví dụ, một số hệ thống truyền thông MSSMFL có thể có các khu vực phủ sóng chùm bộ cấp và người dùng khác nhau, mà có thể hoặc có thể không chồng lấp; một số hệ thống truyền thông MSSMFL có thể có một số hoặc tất cả các trạm đầu cuối cổng nối 130 được bố trí trong các khu vực phủ sóng chùm người dùng; trong khi các hệ thống truyền thông MSSMFL khác có thể có một số hoặc tất cả các trạm đầu cuối cổng nối 130 được bố trí bên ngoài các khu vực phủ sóng chùm người dùng; v.v. Trong các loại cách thực hiện này và các loại khác, các hệ thống con ăng ten bộ cấp và người dùng (ví dụ, các bộ phản xạ, các phần tử ăng ten, v.v.) có thể được điều tiêu, được chỉ, và/hoặc mặt khác được tạo cấu hình để cung cấp các dịch vụ truyền thông tới các khu vực phủ sóng khác nhau và/hoặc để cung cấp các dịch vụ truyền thông tới các khu vực phủ sóng theo các cách khác nhau. Ví dụ, bộ phản xạ bộ cấp 410 có thể được tạo cấu hình với kích cỡ độ mở lớn hơn so với của bộ phản xạ người dùng 430 để làm sáng các trạm đầu cuối cổng nối 130 với các chùm được điều tiêu nhỏ hơn. Cấu hình như vậy có thể, ví dụ, tạo điều kiện cho việc hoạt động của một số hoặc tất cả các trạm đầu cuối cổng nối 130 trong vùng địa lý nhỏ hơn (ví dụ, như trái ngược với việc phân bố các trạm đầu cuối cổng nối 130 qua khu vực phủ sóng chùm người dùng lớn hơn), trong khi duy trì sự tách biệt đủ cho việc tái sử dụng băng thông mong muốn. Ví dụ, các trạm đầu cuối cổng nối 130 được đặt chỉ trong lục địa Mỹ có thể được sử dụng để phục vụ các thiết bị đầu cuối người dùng trải rộng trong phần lớn hơn của bề mặt trái đất (ví dụ, xấp xỉ một phần ba trái đất nhìn thấy được từ vệ tinh địa đồng bộ).

Các bộ phản xạ bộ cấp lớn hơn 410 có thể nhằm để có nhiều sự biến dạng bề mặt hơn, để nhạy hơn đối với việc uốn (ví dụ, do các sự thay đổi về nhiệt độ qua bộ phản xạ, hoặc tương tự), và/hoặc để mặt khác cung cấp ảnh hưởng của các chùm bộ cấp được điều tiêu. Ví dụ, bộ phản xạ lớn không xếp được có các mặt và/hoặc các cánh được bố trí với kết cấu tuần hoàn mà có thể tạo các gờ bên trong khung ăng ten bộ cấp (ví dụ, tương tự về hình dáng với các gờ lưới sóng). Các sự suy yếu này và/hoặc các sự suy yếu khác trong khung ăng ten bộ cấp có thể gây ra trao đổi chéo và/hoặc giao thoa khác giữa các trạm đầu cuối cổng nối 130, mà có thể được giải quyết theo các cách khác nhau. Trong một số cách thực hiện, một số hoặc tất cả các trạm đầu cuối cổng nối 130 được đặt tại các vị trí mà tránh việc giao thoa giữa các trạm đầu cuối cổng nối 130, chịu trách nhiệm cho các mẫu của sự suy yếu. Hình 12 thể hiện suất 1200 của khung ăng ten liên kết bộ cấp đối với bộ phản xạ bộ cấp minh họa (ví dụ, bộ phản xạ bộ cấp 410) được chia suất theo phương vị và độ cao. Như được minh họa, các gờ bên trong khung ăng ten liên kết bộ cấp được gây ra bởi các biến dạng bề mặt của bộ phản xạ biểu hiện như các vùng của sự suy giảm khung ăng ten liên kết bộ cấp 1210. Các phương án có thể xác định (ví dụ, ước tính, đo, tính toán, v.v.) sự suy giảm như vậy, và các trạm đầu cuối cổng nối 130 có thể được đặt trong các vị trí 1220 mà tránh các vùng suy giảm khung ăng ten 1210.

Trong các cách thực hiện khác, việc giao thoa giữa các trạm đầu cuối cổng nối 130 do các sự suy giảm khung ăng ten bộ cấp có thể được bù sử dụng một hoặc nhiều các tiếp cận bù sự suy giảm. Theo loại cách tiếp cận thứ nhất, việc giao tiếp chéo liên cổng nối được đo và được bù (ví dụ, được hủy bỏ) trên mặt đất. Giao tiếp chéo có thể được đo theo các cách khác nhau. Một cách tiếp cận sử dụng các mốc báo vòng trở lại (được mô tả dưới đây) để ước tính việc giao tiếp chéo liên cổng nối. Do mỗi trạm đầu cuối cổng nối 130 biết các nội dung của tín hiệu mốc báo vòng trở lại được truyền của nó, mỗi tín hiệu mốc báo vòng trở lại thu được (nghĩa là, tín hiệu vòng trở lại được thu bởi trạm đầu cuối cổng nối truyền 140 sau khi được thu và được lặp lại bởi vệ tinh 140) có thể được so sánh với tín hiệu vòng trở lại được truyền tương ứng để phát hiện và đo giao tiếp chéo. Cách tiếp cận như vậy có thể là đặc biệt hiệu quả khi hầu hết sự biến dạng là ở liên kết trên, chứ không phải là ở đường xuống.

Một cách tiếp cận khác sử dụng việc chuẩn hóa tại các thiết bị đầu cuối người dùng 165 để đo việc giao tiếp chéo. Để chuẩn hóa phía đường xuống bộ cấp, thiết bị

đầu cuối người dùng 165 có thể truyền tín hiệu dò, sao cho tín hiệu bộ cấp được mong đợi trong phản hồi là được biết. Các tín hiệu bộ cấp thu được có thể được so sánh với các tín hiệu bộ cấp được mong đợi để đo giao tiếp chéo. Các tiếp cận như vậy có thể là đặc biệt hiệu quả khi việc thích ứng của liên kết người dùng ngược là không cần thiết. Các thiết bị đầu cuối người dùng 165 qua một hoặc nhiều khu vực phủ sóng người dùng có thể được sử dụng để đo giao tiếp chéo tại các vị trí khác nhau và/hoặc tương ứng với các đường xuống bộ cấp khác nhau. Để chuẩn hóa phía đường lên bộ cấp, một hoặc nhiều thiết bị đầu cuối người dùng 165 có thể được sử dụng để đo phản hồi khi tín hiệu dò được truyền bởi trạm đầu cuối cổng nối 130 đơn. Cách tiếp cận như vậy có thể là đặc biệt hiệu quả khi sự thích ứng của liên kết người dùng xuôi là không cần thiết. Một cách tiếp cận khác nữa là sử dụng phần cứng chuẩn hóa trên vệ tinh 140 để đo giao tiếp chéo. Đối với phía đường xuống bộ cấp, tín hiệu thử nghiệm có thể được bơm bởi vệ tinh 140 vào mỗi FAE (ví dụ, một tại mỗi thời điểm), và các trạm đầu cuối cổng nối 130 có thể đo giao tiếp chéo phản hồi lại các tín hiệu đường xuống bộ cấp. Đối với phía đường lên bộ cấp, tín hiệu dò có thể được truyền bởi trạm đầu cuối cổng nối 130, và phản hồi tại mỗi FAE đo (ví dụ, một tại mỗi thời điểm) và phản hồi được báo cáo (hoặc được lặp lại) tới các cổng nối. Có giao tiếp chéo được đo sử dụng bất kỳ trong số các cách tiếp cận ở trên hoặc các cách tiếp cận khác, một số hoặc tất cả giao tiếp chéo được đo có thể được loại bỏ. Sự cân bằng và/hoặc sự loại bỏ phần cứng có thể được sử dụng để loại bỏ giao tiếp chéo được đo. Trong một số phương án, sự cân bằng và/hoặc sự loại bỏ phần cứng được thực hiện trong bộ tạo chùm (ví dụ, các bộ tạo chùm xuôi và/hoặc ngược 110 của Hình 1).

Hình 15 thể hiện sơ đồ khối của môi trường bù sự suy giảm khung ăng ten bộ cấp minh họa 1500 mà bao gồm bộ hủy bỏ giao tiếp chéo minh họa 1510. Bộ hủy bỏ giao tiếp chéo minh họa 1510 có thể được thực hiện trong bộ tạo chùm 110 (ví dụ, được nối với bộ tạo chùm xuôi, bộ tạo chùm ngược, hoặc các bộ hủy bỏ giao tiếp chéo được nối với cả hai). Như được mô tả ở trên, sự suy giảm khung ăng ten bộ cấp có thể khiến giao tiếp chéo trong các tín hiệu cấp được thu bởi các trạm đầu cuối cổng nối 130 và/hoặc vệ tinh 140. Các tín hiệu cấp này được truyền thông giữa các trạm đầu cuối cổng nối 130 và các bộ tạo chùm xuôi và/hoặc ngược 110 thông qua mạng phân phối 120 và được thu tại các cổng đầu vào tín hiệu cấp 1512 của bộ hủy bỏ giao tiếp chéo 1510. Các phương án của bộ hủy bỏ giao tiếp chéo 1510 có thể bù cho việc giao

tiếp chéo và có thể xuất ra các tín hiệu cấp được bù thông qua các cổng đầu ra tín hiệu cấp 1514. Một số cách thực hiện của bộ hủy bỏ giao tiếp chéo 1510 có thể thu ma trận giao tiếp chéo 1520 (H). Ma trận giao tiếp chéo 1520 có thể là ma trận bộ cấp được tính toán (ví dụ, được ước lượng). Vector của các tín hiệu cấp với giao tiếp chéo có thể được thể hiện là f , sao cho $f = H \times f_0$ (trong đó f_0 là vector của các tín hiệu cấp ban đầu mà không có giao tiếp chéo, và H là ma trận giao tiếp chéo). Ví dụ, nếu $H = I$ (ma trận đồng nhất), không có giao tiếp chéo. Theo đó, các tín hiệu cấp được bù trao đổi chéo có thể được tính toán là $\hat{f} = H^{-1} \times f = H^{-1} \times (H \times f_0) = f_0$. Việc bù giao tiếp chéo có thể được thực hiện trên các tín hiệu đường lên xuôi 235 (ví dụ sau khi tạo chùm xuôi), các tín hiệu đường xuống ngược 335 (ví dụ, trước khi tạo chùm ngược), hoặc cả hai. Ví dụ, đối với việc bù giao tiếp chéo của liên kết xuôi, các tín hiệu đầu vào xuôi được tạo trọng số chùm được tạo ra bởi bộ tạo chùm xuôi có thể được cung cấp cho các cổng đầu vào tín hiệu cấp 1512, và các tín hiệu cấp được bù trao đổi chéo tại các cổng đầu ra tín hiệu cấp 1514 có thể được cung cấp cho các cổng nối làm các tín hiệu đầu vào xuôi được tạo trọng số chùm; đối với việc bù giao tiếp chéo của liên kết ngược, đầu ra tín hiệu ngược từ các cổng nối có thể được cung cấp cho các cổng đầu vào tín hiệu cấp 1512, và các tín hiệu cấp được bù trao đổi chéo tại các cổng đầu ra tín hiệu cấp 1514 có thể được cung cấp cho bộ tạo chùm ngược làm các đầu ra tín hiệu ngược. Mặt khác, thứ tự của việc bù giao tiếp chéo và việc tạo chùm có thể được đảo ngược.

Một cách tiếp cận khác với việc bù suy giảm bao gồm việc tạo chùm được giới hạn. Như được mô tả ở đây, các chùm bộ cấp được tạo ra sử dụng các phần tử ăng ten điều tiêu, và một số phương án của các phần tử ăng ten điều tiêu được thực hiện theo nhiều đơn vị cấp cho mỗi chùm (MFPB). Trong các kiến trúc MFPB, mỗi đơn vị cấp ăng ten có thể liên quan với tập được tạo trọng số và được kết hợp của các tín hiệu cấp. Để tạo ra mỗi tập được tạo trọng số và được kết hợp, các tín hiệu cấp có thể được đi qua các bộ chuyển pha, các bộ cộng, và/hoặc phần cứng khác mà có thể điều chỉnh biên độ các trọng số, pha, và/hoặc các đặc tính khác của tín hiệu cấp được kết hợp được tạo ra theo các hệ số được áp dụng. Các hệ số được áp dụng có thể được lưu trữ trong bộ nhớ hệ số tạo chùm trên vệ tinh 140. Các hệ số có thể được tính toán trước và/hoặc được cập nhật một cách thích ứng (ví dụ, sử dụng phản hồi tới vệ tinh từ các cổng nối), khiến cho các tín hiệu cấp được kết hợp được tạo ra có thể được tạo ra một cách tĩnh hoặc một cách thích ứng. Áp dụng các hệ số áp dụng một cách hiệu quả một

số việc tạo chùm cho các tín hiệu bộ cấp, mà có thể được sử dụng để bù cho các suy giảm trong khung ăng ten bộ cấp. Ví dụ, giao tiếp chéo có thể được xác định trước (ví dụ, được ước tính hoặc được tính toán trước) hoặc được đo sử dụng bất kỳ trong số các cách tiếp cận ở trên. Ngoài việc sử dụng sự cân bằng hoặc sự hủy bỏ để loại bỏ giao tiếp chéo được đo, các hệ số trong kiến trúc MFPB có thể được sử dụng để áp dụng việc tạo chùm được giới hạn tới tại phần đúng ít nhất đối với các suy giảm ăng ten gây ra việc giao tiếp chéo (ví dụ, theo cách được xác định trước hoặc cách thích ứng). Một số phương án có thể sử dụng việc lai của các cách ứng dụng. Ví dụ, sự cân bằng hoặc sự hủy bỏ có thể được sử dụng để loại bỏ giao tiếp chéo được đo một trong số đường lên hoặc đường xuống bộ cấp, và việc tạo chùm được giới hạn có thể được sử dụng để loại bỏ giao tiếp chéo trên liên kết còn lại trong số đường lên hoặc đường xuống bộ cấp.

Cách thực hiện hiệu quả của MSSMFL có thể phụ thuộc vào việc đồng bộ hóa tương hỗ đúng đắn của các tín hiệu trong số các liên kết bộ cấp được phân tách theo không gian. Số lượng của các cách tiếp cận có thể được sử dụng để thực hiện việc đồng bộ hóa tương hỗ như vậy, và các cách tiếp cận này có thể phụ thuộc vào các đặc tính (ví dụ, chồng lấp, v.v.) các khu vực phủ sóng người dùng và bộ cấp. Ví dụ, theo hướng xuôi, các trạm đầu cuối cổng nối 130 truyền các tín hiệu đường lên xuôi tới vệ tinh 140, mà được thu bởi các phần tử ăng ten của hệ thống con ăng ten bộ cấp 230, được truyền thông qua các đường dẫn liên kết xuôi của hệ thống con bộ lặp lại xuôi 240 tới hệ thống con ăng ten người dùng 250, và được truyền làm các tín hiệu đường xuống xuôi bởi các phần tử ăng ten của hệ thống con ăng ten người dùng 250. Để cho phép các tín hiệu đường xuống xuôi được truyền kết hợp theo không gian để tạo ra các chùm người dùng xuôi, các phương án sử dụng các bộ phận đoạn nền phía bộ cấp để tạo ra các tín hiệu bộ cấp 135 làm các tín hiệu đường lên xuôi được tạo trọng số chùm, được đồng bộ hóa tương hỗ. Nói chung, vệ tinh 140 (ví dụ, các bộ phận khác nhau được minh họa trên hình 4) có thể là phương tiện để chuyển tiếp các tín hiệu liên kết trên được tạo trọng số chùm, được đồng bộ pha tương hỗ làm các tín hiệu đường xuống pha nhất quán mà kết hợp theo không gian để tạo ra các chùm người dùng xuôi. Ví dụ, các FAE 243 có thể thu các tín hiệu liên kết trên được tạo trọng số chùm, được đồng bộ pha tương hỗ; và các tín hiệu có thể được đi qua hệ thống con bộ lặp lại xuôi 240 và được truyền bởi các BAE 247 làm các tín hiệu đường xuống pha nhất quán mà

kết hợp theo không gian để tạo ra các chùm người dùng xuôi. Để cho phép nhận các tín hiệu đường lên xuôi, các phương án bao gồm nhiều phương tiện được tách biệt theo không gian để truyền thông các tín hiệu liên kết trên được tạo trọng số chùm, được đồng bộ pha tương hỗ; và các phương tiện để đồng bộ hóa pha tương hỗ các tín hiệu đường lên tại các phương tiện được tách biệt theo không gian để truyền thông, khiến cho các tín hiệu đường lên xuôi sẽ được thu theo cách đồng bộ pha bởi phương tiện để chuyển tiếp. Ví dụ, các phương án sử dụng các bộ phận mặt đất kết hợp với việc truyền tín hiệu vệ tinh để đồng bộ hóa tương hỗ các tín hiệu liên kết bộ cấp giữa các trạm đầu cuối công nổi được phân bố theo địa lý 130 và vệ tinh 140. Tương tự như vậy, theo hướng ngược, các thiết bị đầu cuối người dùng truyền các tín hiệu đường lên ngược tới vệ tinh 140, mà được thu bởi các phần tử ăng ten của hệ thống con ăng ten người dùng 250, được truyền thông qua các đường dẫn liên kết ngược của hệ thống con bộ lặp lại ngược 340 tới hệ thống con ăng ten bộ cấp 230, và được truyền làm các tín hiệu đường xuống ngược bởi các phần tử ăng ten của hệ thống con ăng ten bộ cấp 230. Sử dụng các bộ phận đoạn nền phía bộ cấp để đồng bộ hóa tương hỗ và các tín hiệu đường xuống ngược được tạo trọng số chùm thu được có thể tạo ra một cách hiệu quả các chùm người dùng ngược từ đó các tín hiệu đường lên ngược được truyền.

Một số phương án sử dụng kết hợp của việc truyền tín hiệu mốc báo vệ tinh và việc truyền tín hiệu mốc báo vòng trở lại để cho phép việc đồng bộ hóa tương hỗ của các tín hiệu liên kết bộ cấp. Hình 5 thể hiện sơ đồ khối của đường tín hiệu vòng trở lại minh họa 500 đối với việc truyền tín hiệu mốc báo vòng trở lại, theo các phương án khác nhau. Ví dụ, mỗi trạm đầu cuối công nổi 130 có thể truyền tín hiệu mốc báo vòng trở lại tới vệ tinh 140, mà được chuyển tiếp từ vệ tinh 140 trở lại trạm đầu cuối công nổi 130 thông qua đường tín hiệu vòng trở lại 500. Đối với mỗi trạm đầu cuối công nổi 130, thời gian được trôi qua giữa việc gửi và thu tín hiệu vòng trở lại của nó có thể được sử dụng để tính toán khoảng cách của nó từ vệ tinh 140 hoặc nếu không thì cho phép sự trễ pha trong liên kết bộ cấp đến được bù cho. Tương tự với các đường dẫn liên kết xuôi và ngược nêu trên, đường dẫn vòng trở lại có thể bao gồm bộ chuyển đổi tần số vòng trở lại 525 được nối giữa LNA 423 và PA 427. Không giống các đường dẫn liên kết xuôi và ngược được mô tả ở trên, cả phía đầu vào và đầu ra của đường dẫn vòng trở lại 500 có thể trong truyền thông với phần tử ăng ten vòng trở lại (LAE) 510. Trong một số cách thực hiện, LNA 423 (phía đầu vào) của đường dẫn vòng trở lại

được nối với đầu ra liên kết xuôi của an FAE 243 (nghĩa là, LAE 510 có thể được thực hiện như là các FAE 243), và PA 427 (phía đầu ra) của đường dẫn vòng trở lại được nối với đầu vào liên kết ngược của cùng FAE hoặc FAE khác 243. Trong một số cách thực hiện, LNA 423 của đường dẫn vòng trở lại được nối với đầu ra liên kết xuôi của FAE 243, và PA 427 của đường dẫn vòng trở lại được nối với đầu vào liên kết xuôi của BAE 247 (ví dụ, trong đó một số hoặc tất cả các trạm đầu cuối cổng nối 130 là trong các khu vực phủ sóng chùm liên quan với hệ thống con ăng ten người dùng 250). Trong một số cách thực hiện, hệ thống con ăng ten vòng trở lại tách biệt được sử dụng. Ví dụ, LAE 510 có thể được thực hiện làm ăng ten khu vực phủ sóng (ví dụ, bao gồm đỉnh khu vực rộng) để thu và/hoặc truyền các tín hiệu vòng trở lại từ/đến một số hoặc tất cả các trạm đầu cuối cổng nối 130.

Hình 6 thể hiện sơ đồ khối của hệ thống con mốc báo vệ tinh 600, theo các phương án khác nhau. Như được minh họa, hệ thống con mốc báo vệ tinh 600 có thể bao gồm bộ dao động tham chiếu chính 610, bộ tạo tín hiệu mốc báo 620, bộ tạo mã tiếng ồn giả (PN) 630, các PA dư 627, và các đỉnh khu vực phủ sóng 640. Bộ tạo tín hiệu mốc báo 620 có thể kết hợp sự định thời truyền tín hiệu dựa trên bộ dao động tham chiếu chính 610 với việc truyền tín hiệu PN (ví dụ, sử dụng mã dựa trên tiếng ồn ngẫu nhiên giả hoặc mã thích hợp bất kỳ khác) được tạo ra bởi bộ tạo mã PN 630 để tạo ra tín hiệu mốc báo. Tín hiệu mốc báo như vậy có thể cung cấp một cách hiệu quả tham chiếu pha chính xác (ví dụ, được sử dụng cho việc đồng bộ hóa pha) và mã thời gian (ví dụ, được sử dụng cho sự đồng bộ hóa ký hiệu). Bất kỳ việc truyền tín hiệu mốc báo thích hợp khác có thể được tạo ra. Tín hiệu mốc báo có thể được khuếch đại bởi một hoặc nhiều PA dư 627 và được truyền thông qua ăng ten khu vực phủ sóng 640. Trong một số cách thực hiện, ăng ten khu vực phủ sóng 640 có thể bao gồm đỉnh khu vực rộng. Trong các cách thực hiện khác, ăng ten khu vực phủ sóng 640 có thể bao gồm các bộ phận để tạo ra chùm rộng để làm sáng một số hoặc tất cả các trạm đầu cuối cổng nối 130. Trong một số cách thực hiện, ăng ten khu vực phủ sóng 640 cũng có thể được sử dụng để truyền một hoặc nhiều tín hiệu mốc báo được xuôi.

Như được mô tả ở trên, một số phương án đo và/hoặc bù đối với sự suy giảm khung ăng ten liên kết bộ cấp nẩy sinh, ví dụ, từ sự biến dạng bộ phản xạ bộ cấp 410. Một số hướng tiếp cận để đo sự suy giảm khung ăng ten liên kết bộ cấp có thể sử dụng mạch chuẩn hóa trên vệ tinh 140 mà khai thác mạch vòng trở lại của vệ tinh 140. Hình

13 thể hiện sơ đồ khối của hệ thống chuẩn hóa minh họa 1300 được thực hiện trên vệ tinh 140 để hỗ trợ trong việc thực hiện các phép đo liên kết xuôi của các sự suy giảm khung ăng ten liên kết bộ cấp. Hệ thống chuẩn hóa 1300 có thể bao gồm các bộ nối 1310 và bộ chuyển mạch 1320, mà có thể giao diện với bộ chuyển đổi tần số vòng trở lại 525 được mô tả dựa vào hình 5. Sử dụng bộ chuyển mạch 1320, bộ chuyển đổi tần số vòng trở lại 525 có thể được chia sẻ thời gian (ví dụ, thiết đặt tới các chế độ khác nhau trong các khe thời gian khác nhau của khung) để hỗ trợ cả việc đồng bộ hóa tương hỗ của các trạm đầu cuối cổng nối 130, cũng như việc ước tính của sự suy giảm khung ăng ten liên kết bộ cấp. Trong các khe thời gian đồng bộ hóa cổng nối, bộ chuyển mạch 1320 có thể được thiết đặt để khiến tín hiệu đường lên bộ cấp được thu được cung cấp tới bộ chuyển đổi tần số vòng trở lại 525. Trong các khe thời gian đo sự suy giảm khung ăng ten bộ cấp, bộ chuyển mạch 1320 có thể được thiết đặt để lựa chọn một trong số các đầu ra chi tiết ăng ten bộ cấp 243 được cung cấp tới bộ chuyển đổi tần số vòng trở lại 525. Bằng cách tuần hoàn qua mỗi trong số các phần tử ăng ten bộ cấp khác nhau 243 trong các khe thời gian khác nhau, các trạm đầu cuối cổng nối 130 có thể đo lường giao tiếp chéo đường lên giữa mỗi trong số các FAE 243. Các bộ nối có thể là bất kỳ trong số: bộ ghép có hướng, bộ tạo mẫu tín hiệu, bộ phân chia công suất, bộ phân chia công suất không đều, và/hoặc các bộ phận thích hợp khác. Trong một số phương án, các tín hiệu vòng trở lại cổng nối được sử dụng cho cả việc đồng bộ hóa cổng nối và ước tính biến dạng khung. Các tín hiệu vòng trở lại cổng nối có thể được truyền một cách đồng thời với giao thông người dùng (ví dụ, các tín hiệu vòng trở lại cổng nối được mã hóa phổ rộng), hoặc có thể được truyền trong các khe thời gian được dành riêng khi không có mặt giao thông người dùng.

Hình 14 thể hiện sơ đồ khối của hệ thống chuẩn hóa minh họa 1400 được thực hiện trên vệ tinh 140 để hỗ trợ trong việc thực hiện các phép đo liên kết ngược của các sự suy giảm khung ăng ten liên kết bộ cấp. Sự hoạt động có thể tương tự với hệ chuẩn hóa liên kết xuôi được thảo luận ở trên dựa vào Hình 13. Các tín hiệu vòng trở lại được truyền qua bộ tiếp sóng vòng trở lại có thể được chuyển tiếp một cách chọn lọc thành ăng ten bộ cấp riêng lẻ cấp sử dụng các bộ chuyển mạch 1410. Giao tiếp chéo trên đường xuống bộ cấp có thể được đo bằng các trạm đầu cuối cổng nối 130. Việc chuẩn hóa liên kết ngược có thể được thực hiện trong các khe thời gian được dành riêng (với một trong các bộ chuyển mạch 1410 được thiết đặt để cung cấp đầu ra của

bộ tiếp sóng vòng trở lại cho đơn vị cấp riêng lẻ). Mặt khác, các bộ chuyển mạch 1410 có thể là các bộ kết hợp, trong trường hợp đó việc chuẩn hóa liên kết ngược có thể được thực hiện một cách đồng thời với việc truyền của giao thông người dùng ngược qua vệ tinh 140.

Việc sử dụng các tín hiệu mốc báo vòng trở lại và vệ tinh đối với việc đồng bộ hóa tương hỗ được mô tả thêm trong nội dung của các hình 7 và 8. Hình 7 thể hiện hệ thống truyền thông vệ tinh minh họa 700 để cung cấp MSSMFL, theo các phương án khác nhau. Vệ tinh 140 cung cấp việc truyền thông giữa số lượng các trạm đầu cuối công nổi được phân bố theo địa lý 130 (thông qua các tín hiệu bộ cấp 135) và số lượng thiết bị đầu cuối người dùng (thông qua các tín hiệu người dùng 150). Vệ tinh 140 bao gồm hệ thống con ăng ten bộ cấp 230, hệ thống con ăng ten người dùng 250, hệ thống con bộ lặp lại xuôi 240, hệ thống con bộ lặp lại ngược 340, và hệ thống con đồng bộ hóa vệ tinh 710. Cả các trạm đầu cuối công nổi 130 và các thiết bị đầu cuối người dùng được bố trí trong khu vực phủ sóng chùm người dùng 760 (ví dụ, mà có thể liên quan với một hoặc nhiều chùm người dùng được tạo ra, như được mô tả ở trên). Mặc dù được thể hiện như vùng địa lý lân cận, đơn, khu vực phủ sóng chùm người dùng 760 có thể có hình dạng và/hoặc kích cỡ thích hợp bất kỳ, có thể hoặc có thể không liên lạc, có thể là giống hoặc khác theo các hướng xuôi và ngược, v.v. Ngoài ra, mật độ vật lý và vị trí của công nổi và các chùm người dùng (và/hoặc các trạm đầu cuối) có thể được quyết định theo các kích cỡ bộ phản xạ, số lượng của các phân tử ăng ten, số lượng của các đường dẫn, và/hoặc các đặc tính khác của hệ thống truyền thông vệ tinh 700. Ví dụ, hệ thống con ăng ten bộ cấp 230 có thể bao gồm số lượng các phân tử ăng ten điều tiêu và bộ phản xạ bộ cấp tương đối lớn, sao cho để tạo ra các chùm bộ cấp được điều tiêu, tương đối hẹp (như được so sánh với bộ phản xạ và các chùm của hệ thống con ăng ten người dùng 250). Các chùm tương đối hẹp có thể tạo điều kiện cho việc tái sử dụng băng thông với việc đặt gần hơn giữa các trạm đầu cuối công nổi 130 (nghĩa là, các chùm bộ cấp có thể được gói chặt hơn thành các vùng địa lý mà không chồng lấp). Mặt khác, một số hoặc tất cả các trạm đầu cuối công nổi 130 có thể được phân bố qua khắp khu vực phủ sóng chùm người dùng 760.

Theo các hướng xuôi và ngược, các đường bao của khu vực phủ sóng chùm người dùng 760 (ví dụ, mà có thể hoặc có thể không là như nhau trong cả hai chiều) được xác định bởi các chùm người dùng xuôi và ngược được tạo ra, một cách tương

ứng. Như được mô tả ở trên, các phương án được mô tả ở đây tạo ra các chùm người dùng bằng việc cung cấp việc tạo chùm tiếp đất của các tín hiệu được đa hợp theo không gian thông qua các liên kết bộ cấp được phân tách theo không gian (được phân bố theo địa lý), và việc tạo chùm tiếp đất đa hợp theo không gian như vậy có thể bao gồm việc đồng bộ hóa tương hỗ của các tín hiệu bộ cấp 135. Các phương án cho phép việc đồng bộ hóa tương hỗ như vậy bằng việc điều phối giữa hệ thống con đồng bộ hóa vệ tinh 710 và một hoặc nhiều hệ thống con đồng bộ hóa tiếp đất 125 (ví dụ, mỗi trạm đầu cuối cổng nối 130 có thể bao gồm phiên bản của hệ thống con đồng bộ hóa tiếp đất 125).

Trong một số phương án, sự điều phối như vậy bao gồm việc đồng bộ hóa của các trạm đầu cuối cổng nối 130 theo việc truyền tín hiệu mốc báo vòng trở lại và vệ tinh. Ví dụ, một số phương án của hệ thống con đồng bộ hóa vệ tinh 710 bao gồm đường dẫn vòng trở lại (ví dụ, như được mô tả dựa vào hình 5) và/hoặc bộ truyền mốc báo (ví dụ, như được mô tả dựa vào hình 6). Như được mô tả ở trên, vệ tinh 140 có thể tạo ra và truyền tín hiệu mốc báo mà có thể được thu bởi (các) hệ thống con đồng bộ hóa tiếp đất 125, và tín hiệu mốc báo được thu có thể được sử dụng, ví dụ, để đồng bộ hóa pha của các bộ giao động tham chiếu trong mỗi trạm đầu cuối cổng nối 130 với pha sóng mang của vệ tinh 140. Ngoài ra, (các) hệ thống con đồng bộ hóa tiếp đất 125 có thể truyền và thu một hoặc nhiều các tín hiệu vòng trở lại (ví dụ, mốc báo vòng trở lại) thông qua một hoặc nhiều các đường dẫn vòng trở lại trong vệ tinh 140. Tín hiệu mốc báo vòng trở lại thu được có thể được sử dụng, ví dụ, đối với khoảng tìm kiếm giữa mỗi trạm đầu cuối cổng nối 130 và vệ tinh 140. Việc tìm kiếm khoảng như vậy có thể cho phép việc đồng bộ hóa tương hỗ qua các trạm đầu cuối cổng nối 130, khiến cho các trạm đầu cuối cổng nối 130 có thể điều chỉnh các việc truyền đường lên của chúng để đồng bộ pha được thu tại vệ tinh 140.

Trong khi MSSMFL có thể tận dụng ưu điểm của việc đồng bộ hóa pha tương hỗ của các tín hiệu liên kết bộ cấp, một số cách thực hiện là ít được quan tâm hơn với việc căn chỉnh thời gian tín hiệu chính xác. Thông thường, tần số sóng mang là các thứ tự của độ lớn nhanh hơn tốc độ dữ liệu, và sự trượt nhỏ trong việc căn chỉnh thời gian điển hình là sẽ không có ảnh hưởng đáng kể đến sự định thời tín hiệu với điều kiện là việc đồng bộ hóa pha được duy trì. Nói cách khác, các độ trượt chu kỳ ngẫu nhiên có thể được cho phép với điều kiện là các mối tương quan pha tương hỗ giữa các tín hiệu

liên kết bộ cấp được duy trì. Ví dụ, nếu tần số sóng mang là 50 GHz, và thời gian truyền đi về điển hình (giữa trạm đầu cuối cổng nối 130 và vệ tinh 140) là 240 mili giây, xấp xỉ mười hai tỷ vòng lặp sóng mang có thể trôi qua trong vòng đi về đơn. Theo đó, sự trượt trong việc căn chỉnh thời gian của thậm chí vài trăm vòng tần số sóng mang có thể là tương đối không đáng kể theo các tỷ lệ dữ liệu của 100 Mbps hoặc cao hơn. Ngoài ra, một số việc tìm kiếm vùng (ví dụ, sử dụng việc truyền tín hiệu vòng trở lại) có thể là mong muốn để tạo điều kiện cho các chức năng nhất định. Ví dụ, có thể là được mong muốn để đảm bảo rằng các thay đổi về sự điều biến xảy ra đối với tất cả các tín hiệu đường lên xuôi tại xấp xỉ cùng thời điểm (ví dụ, tại biên ký hiệu tương ứng qua các tín hiệu được đa hợp theo không gian). Một số phương án có thể bao gồm thêm việc đồng bộ hóa cho thời gian ký hiệu. Các cách thực hiện nhất định có thể sử dụng tín hiệu mốc báo vệ tinh và/hoặc các tín hiệu vòng trở lại cho việc đồng bộ hóa thời gian ký hiệu. Tuy nhiên, do tỷ lệ dữ liệu điển hình là thấp hơn đáng kể (ví dụ, 100 Mbps khi so sánh với 15-75GHz cho dải Ku, dải Ka, dải V, v.v.), nhiều kỹ thuật khác có thể được sử dụng. Ví dụ, các cách thực hiện khác có thể sử dụng thông tin định thời vệ tinh định vị toàn cầu (GPS), hoặc các kỹ thuật khác để đạt được việc đồng bộ hóa thời gian.

Như được minh họa, trong hệ thống truyền thông vệ tinh ví dụ 700, tất cả các trạm đầu cuối cổng nối 130 có thể được bố trí trong khu vực phủ sóng chùm người dùng 760. Trong các phương án như vậy, một số cách thực hiện của hệ thống đồng bộ hóa vệ tinh 710 có thể áp dụng các phần tử ăng ten của hệ thống con ăng ten người dùng 250 cho truyền thông đường xuống với (các) hệ thống con đồng bộ hóa tiếp đất 125 (ví dụ, thông qua các trạm đầu cuối cổng nối tương ứng 130). Trong một cách thực hiện như vậy, hệ thống con ăng ten bộ cấp 230 và hệ thống con ăng ten người dùng 250 đều hoạt động trong cùng dải tần số (ví dụ, dải Ka), và các trạm đầu cuối cổng nối 130 có thể thu các tín hiệu từ hệ thống đồng bộ hóa vệ tinh 710 thông qua hệ thống con ăng ten người dùng 250.

Ví dụ, mỗi phần tử ăng ten của hệ thống con ăng ten bộ cấp 230 có thể thu tín hiệu mốc báo vòng trở lại được mã hóa PN từ trạm đầu cuối cổng nối 130 được kết hợp (mỗi trạm đầu cuối cổng nối 130 có thể có mã PN duy nhất của chính nó), và các tín hiệu mốc báo vòng trở lại này có thể được truyền bởi hệ thống con ăng ten người dùng 250 tới các khu vực phủ sóng chùm người dùng 760 trong đó các trạm đầu cuối

cổng nối 130 được đặt. Mỗi trạm đầu cuối cổng nối 130 có thể thu một số hoặc tất cả các tín hiệu vòng trở lại được truyền (ví dụ, bắt nguồn từ một số hoặc tất cả các trạm đầu cuối cổng nối 130) và có thể tương quan các tín hiệu được thu với mã PN của chính nó, nhờ đó khôi phục tín hiệu mốc báo vòng trở lại của nó. Hệ thống đồng bộ hóa vệ tinh 710 có thể đồng bộ hóa trạm đầu cuối cổng nối 130 bằng việc aligning tín hiệu mốc báo vòng trở lại được phục hồi (ví dụ, căn chỉnh pha và/hoặc thời gian) với tín hiệu đồng bộ hóa vệ tinh cũng được thu từ vệ tinh 140. Ví dụ, vệ tinh 140 truyền tín hiệu đồng bộ hóa vệ tinh được mã hóa với mã PN không được sử dụng bởi bất kỳ trong số các trạm đầu cuối cổng nối 130).

Trong một số cách thực hiện như vậy, nhiều vị trí tham chiếu (ví dụ, các thiết bị đầu cuối người dùng) có thể được sử dụng để xác định các trọng số chùm liên kết xuôi. Ví dụ, các vị trí tham chiếu có thể bao gồm các vị trí tại hoặc gần trung tâm của mỗi trong số (một số hoặc tất cả) các khu vực phủ sóng chùm người dùng 760. Nhiều (ví dụ, tất cả) tín hiệu mốc báo vòng trở lại bắt nguồn từ (ví dụ, tất cả) các trạm đầu cuối cổng nối 130 có thể được thu bởi mỗi vị trí tham chiếu, và mỗi vị trí tham chiếu có thể tương quan các mã PN được cụ thể hóa theo cổng nối với các tín hiệu được thu để khôi phục các tín hiệu mốc báo vòng trở lại. Như được mô tả ở đây, mỗi trong số tín hiệu mốc báo vòng trở lại được phục hồi có liên kết xuôi được đảo ngược, bao gồm đường lên xuôi từ một trong số các trạm đầu cuối cổng nối tương ứng 130 tới vệ tinh 140, đường dẫn xuôi qua vệ tinh 140, và đường xuống xuôi từ vệ tinh 140 tới vị trí tham chiếu. Theo đó, các vị trí tham chiếu có thể sử dụng các tín hiệu được khôi phục để tính toán các trọng số chùm xuôi để tạo đặc tính các liên kết xuôi này. Các trọng số chùm xuôi được tính toán có thể được phản hồi lại bộ tạo chùm xuôi (ví dụ, thông qua vệ tinh 140, và các trạm đầu cuối cổng nối 130), và bộ tạo chùm xuôi có thể xác định xem có cập nhật các trọng số chùm xuôi hay không, một cách tương ứng.

Hình 8 thể hiện hệ thống truyền thông vệ tinh minh họa khác 800 để cung cấp MSSMFL, theo các phương án khác nhau. Hệ thống truyền thông vệ tinh 800 là tương tự như hệ thống truyền thông vệ tinh 700 của Hình 7, ngoại trừ việc các trạm đầu cuối cổng nối 130 được bố trí bên ngoài khu vực phủ sóng chùm người dùng 760. Trong các phương án như vậy, hệ thống đồng bộ hóa vệ tinh 710 có thể không áp dụng các phần tử ăng ten của hệ thống con ăng ten người dùng 250 cho truyền thông đường xuống với (các) hệ thống con đồng bộ hóa tiếp đất 125 (ví dụ, thông qua các trạm đầu

cuối cổng nối tương ứng 130). Một số phương án của hệ thống đồng bộ hóa vệ tinh 710 có thể thực hiện các đường dẫn vòng trở lại sử dụng các đầu vào liên kết xuôi và các đầu ra liên kết ngược của các phần tử ăng ten của hệ thống con ăng ten bộ cấp 230, khiến cho các tín hiệu mốc báo vòng trở lại được truyền thông trong cả hai chiều như các tín hiệu bộ cấp 135. Trong một số phương án như vậy, (các) hệ thống con đồng bộ hóa tiếp đất 125 có thể subtract out các tín hiệu bộ cấp khác 135 để tạo điều kiện cho việc thu của các tín hiệu mốc báo. Các mã PN và/hoặc các kỹ thuật khác có thể được sử dụng để phân biệt các ký hiệu đồng bộ hóa với các tín hiệu bộ cấp khác 135. Ví dụ, tín hiệu được mã hóa PN có thể là tín hiệu mức tương đối thấp (ví dụ, trong hoặc gần tầng tiếng ồn), và tương quan tín hiệu được thu với mã PN đã biết và độ khuếch đại đủ (ví dụ, 25 – 30 dB), có thể cho phép việc khôi phục của tín hiệu.

Các phương án khác của hệ thống đồng bộ hóa vệ tinh 710 có thể bao gồm hệ thống con ăng ten đường trở lại dành riêng. Ví dụ, hệ thống con ăng ten vòng trở lại có thể bao gồm một hoặc nhiều ăng ten chùm rộng để che phủ toàn bộ vùng (hoặc các vùng) trong đó các trạm đầu cuối cổng nối 130 được bố trí. Trong một số phương án như vậy, trong đó các trạm đầu cuối cổng nối 130 được đặt bên ngoài của các khu vực phủ sóng chùm người dùng 760, các trạm đầu cuối cổng nối 130 và các thiết bị đầu cuối người dùng có thể hoạt động trong cùng dải hoặc trong các dải khác nhau. Ví dụ, các trạm đầu cuối cổng nối 130 có thể truyền thông trong dải V, và các thiết bị đầu cuối người dùng có thể truyền thông trong dải Ka.

Các hình 9 và 10 minh họa các kỹ thuật để giảm số lượng của các trạm đầu cuối cổng nối 130 cho việc thực hiện MSSMFL. Hình 9 thể hiện sơ đồ khối của hệ thống vệ tinh minh họa 900 để cung cấp MSSMFL sử dụng nhiều việc phân cực tín hiệu, theo các phương án khác nhau, ví dụ, trong trường hợp với người dùng phân biệt và các khu vực phủ sóng cổng nối chẳng hạn như được minh họa trong Hình 8. Hệ thống vệ tinh 900 có thể là tương tự với hệ thống vệ tinh 400 được mô tả dựa vào hình 4, ngoại trừ việc mỗi trong số các FAE 243 (chỉ một được thể hiện để rõ ràng) có nhiều (ví dụ, hai) đầu vào liên kết xuôi và nhiều (ví dụ, hai) đầu ra liên kết ngược. Mỗi đầu vào liên kết xuôi và mỗi đầu ra liên kết ngược hoạt động trong định hướng phân cực cụ thể. Tại phía ăng ten người dùng, các BAE 247 có thể mỗi trong số chúng vẫn có một đầu ra liên kết xuôi và đầu vào liên kết ngược. Ví dụ, tất cả các đầu ra liên kết xuôi của tất cả các BAE 247 có thể hoạt động tại định hướng phân cực thứ nhất, trong khi tất cả các

đầu vào liên kết ngược của tất cả các BAE 247 có thể hoạt động tại định hướng phân cực thứ hai. Các định hướng phân cực được sử dụng bởi các FAE 243 có thể là giống với, hoặc khác với, các định hướng phân cực được sử dụng bởi các BAE 247. Ví dụ, các FAE 243 có thể hoạt động tại việc phân cực tròn tay trái (LHCP) và việc phân cực tròn tay phải (RHCP), trong khi các BAE 247 có thể hoạt động tại các việc phân cực thẳng (ví dụ, dọc và ngang). Trong các trường hợp ở đó các FAE 243 và các BAE 247 đều sử dụng các định hướng phân cực tròn (hoặc trong đó đều sử dụng các việc phân cực thẳng, v.v.), việc giao thoa có thể nảy sinh giữa các truyền thông liên kết người dùng và liên kết bộ cấp. Ví dụ, trong cách thực hiện được minh họa, LHCP là được sử dụng cả cho các tín hiệu đường xuống xuôi và cho một số tín hiệu đường xuống ngược, và RHCP là được sử dụng cả cho các tín hiệu đường lên xuôi và cho một số tín hiệu đường lên ngược. Sự giao thoa tiềm năng như vậy có thể được giảm nhẹ hoặc được tránh bằng cách đặt các trạm đầu cuối cổng nối 130 bên ngoài các chùm người dùng và/hoặc bằng cách sử dụng các kỹ thuật giảm nhẹ giao thoa khác nhau (ví dụ, đa hợp tần số hoặc thời gian). Ngoài ra, như được mô tả ở trên, các tín hiệu được đi qua giữa các FAE 243 và các BAE 247 thông qua hệ thống con bộ lặp lại xuôi 240 có các đường dẫn liên kết xuôi, và thông qua hệ thống con bộ lặp lại ngược 240 có các đường dẫn liên kết ngược. Các đường dẫn liên kết xuôi và liên kết ngược có thể được thực hiện theo cách thích hợp bất kỳ. Như được minh họa, mỗi trong số chúng bao gồm LNA 423 tại phía đầu vào của nó, PA 427 tại phía đầu ra của nó, và bộ chuyển đổi tần số (425, 435) được nối giữa LNA 423 và PA 427 của nó. Các cách thực hiện khác có thể bao gồm các bộ phận bổ sung và/hoặc thay thế.

Trong một số phương án, mỗi FAE 243 có đầu vào liên kết xuôi thứ nhất tại định hướng phân cực thứ nhất (ví dụ, LHCP), và đầu vào liên kết xuôi thứ hai tại định hướng phân cực thứ hai (RHCP). Hệ thống con bộ lặp lại xuôi 240 bao gồm số thứ nhất của các đường dẫn liên kết xuôi mà mỗi trong số chúng được nối giữa một trong số các đầu vào liên kết xuôi thứ nhất và một trong số các đầu ra liên kết xuôi của BAE 247 (ví dụ, hoạt động tại LHCP), và số thứ hai của các đường dẫn liên kết xuôi mà mỗi trong số chúng được nối giữa một trong số các đầu vào liên kết xuôi thứ hai và một đầu khác trong số các đầu ra liên kết xuôi (ví dụ, cũng hoạt động tại LHCP). Ví dụ, số thứ nhất và/hoặc số thứ hai của các đường dẫn liên kết xuôi có thể chuyển đổi từ định hướng phân cực của đầu vào liên kết xuôi tương ứng với định hướng phân cực khác

của đầu ra liên kết xuôi tương ứng. Tương tự như vậy, mỗi FAE 243 có đầu ra liên kết ngược thứ nhất tại định hướng phân cực thứ nhất (ví dụ, LHCP) và đầu ra liên kết ngược thứ hai tại định hướng phân cực thứ hai (ví dụ, RHCP). Hệ thống con bộ lặp lại ngược 340 bao gồm số thứ nhất của các đường dẫn liên kết ngược mà mỗi trong số chúng được nối giữa một trong số các đầu vào liên kết ngược của BAE 247 (ví dụ, hoạt động tại RHCP) và một trong số các đầu ra liên kết ngược thứ nhất, và số thứ hai của các đường dẫn liên kết ngược mà mỗi trong số chúng được nối giữa một trong số các đầu ra liên kết ngược thứ hai và một đầu khác trong số các đầu vào liên kết ngược (ví dụ, cũng hoạt động tại RHCP). Một lần nữa, số thứ nhất và/hoặc số thứ hai của các đường dẫn liên kết ngược có thể chuyển đổi từ định hướng phân cực của đầu vào liên kết ngược tương ứng với định hướng phân cực khác của đầu ra liên kết ngược tương ứng.

Trong các phương án like hệ thống vệ tinh 900, mỗi trạm đầu cuối nối 130 có thể truyền thông với vệ tinh 140 sử dụng số lượng thích hợp bất kỳ (ví dụ, hai) của các định hướng phân cực trực giao. Các việc truyền thông đồng thời của các tín hiệu bộ cấp trên các định hướng phân cực trực giao có thể cho phép một cách hiệu quả mỗi trạm đầu cuối nối 130 để tái sử dụng toàn bộ băng thông được phân phối của nó trong mỗi định hướng phân cực mà không giao thoa. Ví dụ, các kỹ thuật như vậy có thể tạo điều kiện cho việc áp dụng các hệ thống truyền thông vệ tinh lưu lượng cao hơn với ít trạm đầu cuối nối 130 hơn. Trong trường hợp như vậy, các cổng nối có thể vẫn hợp tác để đồng bộ hóa tương hỗ các tín hiệu của nó khiến cho việc tạo chòm xảy ra.

Hình 10 thể hiện sơ đồ khối của hệ thống vệ tinh minh họa 1000 để cung cấp MSSMFL sử dụng nhiều khoảng con tần số, theo các phương án khác nhau. Hệ thống vệ tinh 1000 có thể là tương tự như hệ thống vệ tinh 400 được mô tả dựa vào hình 4, ngoại trừ việc khoảng tần số bộ cấp xuôi (được thu từ mỗi FAE 243) được tách biệt trong các khoảng con tần số người dùng xuôi nhỏ hơn cho việc truyền thông các BAE được nối tương ứng 247, và các khoảng con tần số người dùng ngược (được thu từ các BAE được nối của chúng 247) được kết hợp thành khoảng tần số bộ cấp ngược lớn hơn cho việc truyền thông tới FAE được nối tương ứng 243. Trong một số phương án, mỗi đầu vào liên kết xuôi của an FAE 243 được nối với bộ phân tách tần số 1010 có đầu ra khoảng con tần số thứ nhất và đầu ra khoảng con tần số thứ hai. Hệ thống con

bộ lặp lại xuôi 240 có số thứ nhất của các đường dẫn liên kết xuôi mà mỗi trong số chúng được nối giữa đầu ra khoảng con tần số thứ nhất của một trong các bộ phân tách tần số 1010 và một trong số các đầu ra liên kết xuôi (ví dụ, của BAE thứ nhất 247 hoạt động trong vùng con tần số thứ nhất), và số thứ hai của các đường dẫn liên kết xuôi mà mỗi trong số chúng được nối giữa đầu ra khoảng con tần số thứ hai của một trong các bộ phân tách tần số 1010 và một đầu khác trong số các đầu ra liên kết xuôi (ví dụ, của BAE thứ hai 247 hoạt động trong vùng con tần số thứ hai). Tương tự như vậy, mỗi đầu ra liên kết ngược được nối với bộ kết hợp tần số 1020 có đầu vào khoảng con tần số thứ nhất và đầu vào khoảng con tần số thứ hai. Hệ thống con bộ lặp lại ngược 340 có số lượng các đường dẫn liên kết ngược mà mỗi trong số chúng được nối giữa một trong số các đầu vào liên kết ngược (ví dụ, của BAE thứ nhất 247 hoạt động trong tần số thứ nhất) và đầu vào khoảng con tần số thứ nhất của một trong các bộ kết hợp tần số 1020, và số thứ hai của các đường dẫn liên kết ngược mà mỗi trong số chúng được nối giữa một đầu khác trong số các đầu vào liên kết ngược (ví dụ, của BAE thứ hai 247 hoạt động trong vùng con tần số thứ hai) và đầu vào khoảng con tần số thứ hai của một trong các bộ kết hợp tần số 1020.

Trong cách thực hiện được minh họa mỗi bộ phân tách tần số 1010 được nối với đầu vào liên kết xuôi của FAE tương ứng 243 thông qua LNA tương ứng 423. Trong cách thực hiện như vậy, mỗi đường dẫn liên kết xuôi có thể được xem là bao gồm LNA 423, đường tương ứng qua bộ phân tách tần số 1010, bộ chuyển đổi tần số xuôi 425, và PA 427. Trong mỗi đường dẫn liên kết xuôi, bộ chuyển đổi tần số xuôi tương ứng 425 được nối với đầu ra khác của bộ phân tách tần số 1010 và chuyển đổi khoảng con tần số tương ứng. Ví dụ, mỗi trong số bộ chuyển đổi tần số xuôi 425a và bộ chuyển đổi tần số xuôi 425b có thể bao gồm các bộ phận mà được lựa chọn và/hoặc được thích ứng để đưa việc chuyển đổi tần số của nó đến khoảng con tần số tương ứng của nó. Tương tự như vậy, trong cách thực hiện được minh họa, mỗi bộ kết hợp tần số 1020 được nối với đầu ra liên kết ngược của FAE tương ứng 243 thông qua PA tương ứng 427. Trong cách thực hiện như vậy, mỗi đường dẫn liên kết ngược có thể được xem là bao gồm LNA 423, bộ chuyển đổi tần số ngược 435, đường tương ứng qua bộ kết hợp tần số 1020, và PA 427. Trong mỗi đường dẫn liên kết ngược, bộ chuyển đổi tần số ngược tương ứng 435 được nối với đầu ra khác của bộ kết hợp tần số 1020 và chuyển đổi khoảng con tần số tương ứng. Ví dụ, mỗi trong số bộ chuyển đổi tần số

ngược 435a và bộ chuyển đổi tần số ngược 435b có thể bao gồm các bộ phận mà được lựa chọn và/hoặc được thích ứng để đưa việc chuyển đổi tần số của nó đến khoảng con tần số tương ứng của nó.

Trong phương án được minh họa, LHCP được sử dụng cho các tín hiệu đường lên xuôi và các tín hiệu đường xuống xuôi, và RHCP được sử dụng cho các tín hiệu đường lên ngược và các tín hiệu đường xuống ngược. Các khung phân cực này và các khung phân cực khác có thể được sử dụng để tránh sự giao thoa giữa các truyền thông liên kết bộ cấp và liên kết người dùng. Trong các cách thực hiện khác, các loại giảm nhẹ giao thoa khác có thể được sử dụng. Ví dụ, trong một phương án, định hướng phân cực thứ nhất được sử dụng bởi cả các tín hiệu đường lên xuôi và ngược, và định hướng phân cực thứ hai được sử dụng bởi cả các tín hiệu đường xuống xuôi và ngược; tuy nhiên các trạm đầu cuối công nối và các thiết bị đầu cuối người dùng truyền thông sử dụng các tần số và/hoặc các khe thời gian khác nhau.

Trong các phương án như hệ thống vệ tinh 1000, mỗi trạm đầu cuối công nối 130 có thể truyền thông với vệ tinh 140 sử dụng khoảng tần số bộ cấp mà bao quanh số lượng phù hợp bất kỳ (ví dụ, hai) của các khoảng con tần số. Các khoảng con có thể hoặc có thể không liên kề, chồng lấp, cùng kích cỡ, v.v. sử dụng của các khoảng con tần số có thể cho phép mỗi trạm đầu cuối công nối 130 để cấp các BAE 247, nhờ đó thêm việc đa hợp tần số với sự đa hợp không gian của các trạm đầu cuối công nối 130. Sử dụng việc đa hợp tần số không dẫn đến một số việc dẫn băng thông bộ cấp; ví dụ, sử dụng hai khoảng con tần số dẫn đến hai lần băng thông trên liên kết bộ cấp như trên liên kết người dùng. Tuy nhiên, không giống GBBF thông thường, trong đó việc dẫn băng thông là tỷ lệ thuận với số lượng của các phần tử ăng ten người dùng (ví dụ, hàng trăm), việc dẫn băng thông cho MSSMFL là tỷ lệ thuận với lượng đa hợp tần số (ví dụ, giữa một và mười). Theo một cách khác, MSSMFL có thể cho phép sự cân bằng giữa băng thông liên kết bộ cấp và số lượng các công nối, khả năng không được cung cấp bởi GBBF thông thường.

Các kỹ thuật, chẳng hạn như các kỹ thuật được mô tả dựa vào các hình 9 và 10, có thể hỗ trợ cùng lượng của băng thông liên kết người dùng với ít trạm đầu cuối công nối 130 hơn. Ví dụ, hỗ trợ vệ tinh có L BAE 247, và mỗi BAE 247 được cấp phát X GHz của băng thông liên kết người dùng, sao cho tại least $L \times X$ GHz của băng thông liên kết bộ cấp là cần thiết để áp dụng đầy đủ băng thông liên kết người dùng được cấp

phát. Các phương án của MSSMFL sử dụng việc đa hợp không gian được đồng bộ hóa tương hỗ để cho phép GBBF với L BAE 247, trong khi mở rộng việc hỗ trợ $L \times X$ GHz của băng thông liên kết bộ cấp qua M trạm đầu cuối cổng nối 130. Khi $M = L$, mỗi trạm đầu cuối cổng nối 130 có thể được cấp phát X GHz của băng thông liên kết bộ cấp. Như được mô tả trong các hình 9 và 10, một số phương án có thể sử dụng việc đa hợp tần số và/hoặc phân cực để cho phép trạm đầu cuối cổng nối 130 đơn để hỗ trợ các BAE 247, sao cho M có thể là nhỏ hơn L . Ví dụ, trong một số cách thực hiện, các kỹ thuật được mô tả dựa vào các hình vẽ 9 và 10 có thể được sử dụng kết hợp (ví dụ, nhiều khoảng con tần số trong mỗi trong số các định hướng phân cực) để giảm thêm số lượng của các trạm đầu cuối cổng nối 130 được cần để hỗ trợ cùng lượng của băng thông liên kết người dùng.

Hình 11 thể hiện lưu đồ của phương pháp minh họa 1100 để tạo chùm tiếp đất với MSSMFL trong hệ thống truyền thông vệ tinh, theo các phương án khác nhau. Phương pháp 1100 bắt đầu tại giai đoạn 1104 bằng cách thu các tín hiệu đường lên xuôi được tạo trọng số chùm, được đồng bộ hóa tương hỗ (ví dụ, được đồng bộ hóa pha tương hỗ), mỗi trong số chúng được thu thông qua đường lên bộ cấp được điều tiêu. Ví dụ, L liên kết bộ cấp có thể được thu từ M trạm đầu cuối cổng nối được phân bố theo địa lý 130. Một số phương án của phương pháp 1100 tạo trọng số chùm dòng dữ liệu xuôi để tạo ra L tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm, và truyền thông mỗi trong số L tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm tới một trong M vị trí cổng nối được phân chia theo không gian tương ứng. Các tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm có thể được đồng bộ hóa (ví dụ, được đồng bộ hóa pha tương hỗ) tại các vị trí cổng nối để tạo ra L tín hiệu đường lên xuôi được đồng bộ hóa tương hỗ, được tạo trọng số chùm. Theo một số phương án, việc đồng bộ hóa bao gồm: thu tín hiệu mốc báo tại các vị trí truyền, tín hiệu mốc báo được tạo ra bởi và được truyền từ rơ le (ví dụ, từ rơ le vô tuyến mà thực hiện việc thu tại giai đoạn 1104); thu, tại mỗi vị trí truyền, tín hiệu vòng trở lại tương ứng được truyền từ vị trí truyền (ví dụ, và được chuyển tiếp trở lại tới vị trí truyền thông qua rơ le); và đồng bộ hóa pha, tại mỗi vị trí truyền, tín hiệu vòng trở lại tương ứng được thu với tín hiệu mốc báo được thu.

Tại giai đoạn 1108, các phương án tạo ra mỗi trong số các tín hiệu đường xuống xuôi được đồng bộ hóa tương hỗ, được tạo trọng số chùm từ một trong các tín hiệu đường lên xuôi tương ứng (ví dụ, thông qua hệ thống bộ lặp lại xuôi của vệ tinh hoặc

ơ le thích hợp khác). Trong một số phương án, việc thu là ở khoảng tần số đường lên, việc truyền là ở khoảng tần số đường xuống, và việc tạo ra tại giai đoạn 1108 bao gồm chuyển đổi từ khoảng tần số đường lên tới khoảng tần số đường xuống. Tại giai đoạn 1112, các phương án truyền các tín hiệu đường xuống xuôi thông qua nhiều đường xuống người dùng được lệch tiêu, sao cho các tín hiệu đường xuống xuôi chồng lấp theo không gian để tạo ra chùm người dùng. Trong một số phương án, các tín hiệu đường xuống xuôi chồng lấp theo không gian để tạo ra K chùm người dùng, và việc tạo trọng số chùm bao gồm áp dụng $L \times K$ trọng số chùm tới K dòng dữ liệu xuôi để tạo ra L tín hiệu dữ liệu xuôi được tạo trọng số.

Một số phương án tiếp tục tại giai đoạn 1116 bằng cách thu các tín hiệu đường lên ngược thông qua các đường lên người dùng được lệch tiêu (ví dụ, từ các thiết bị đầu cuối người dùng trong một hoặc nhiều khu vực phủ sóng chùm người dùng ngược). Tại giai đoạn 1120, các phương án tạo ra mỗi trong số các tín hiệu đường xuống ngược từ một trong các tín hiệu đường lên ngược tương ứng. Tại giai đoạn 1124, các phương án truyền các tín hiệu đường xuống xuôi thông qua các đường xuống bộ cấp được điều tiêu được phân tách theo không gian, các đường lên người dùng được lệch tiêu bắt nguồn trong khu vực phủ sóng chùm được tạo ra bởi việc đồng bộ hóa pha tương hỗ tiếp đất và tạo trọng số chùm của các tín hiệu đường xuống ngược tiếp sau việc thu các tín hiệu đường xuống ngược.

Phần mô tả nêu trên cung cấp các phương pháp và hệ thống khác nhau mà có thể được sử dụng để cung cấp việc tạo chùm tiếp đất với các liên kết bộ cấp được đa hợp theo không gian, được đồng bộ hóa tương hỗ. Một số ví dụ minh họa được cung cấp để bổ sung cho việc giải thích. Theo ví dụ thứ nhất, vệ tinh bao gồm 400 phân tử và tạo ra 200 chùm. Các truyền thông đường lên và đường xuống là đều ở trong dải Ka (băng thông 3,5 Gigahertz). 200 trạm đầu cuối cổng nối có thể được sử dụng với việc phân cực đôi và không có đa hợp tần số trên liên kết bộ cấp, và việc phân cực đơn có thể được hỗ trợ trên liên kết người dùng. Hiệu suất phổ của 1,5 bit mỗi giây mỗi Hertz (bps/Hz) cho xấp xỉ 5 Gbps mỗi chùm (nghĩa là, tại 3,5 Gigahertz mỗi chùm), và 5 Gbps/chùm nhân 200 chùm đạt xấp xỉ một Terabit mỗi giây của tổng dung lượng.

Theo ví dụ thứ hai, vệ tinh bao gồm 512 phân tử và tạo ra 128 chùm. Các truyền thông đường lên và đường xuống là cả trong chùm Ka, với 2 Gigahertz của băng thông chùm người dùng và 4 Gigahertz của băng thông chùm bộ cấp. 128 trạm

đầu cuối cổng nối có thể được sử dụng với việc phân cực đôi và đa hợp tần số đôi trên liên kết bộ cấp, và việc phân cực đơn có thể được hỗ trợ trên liên kết người dùng. Hiệu suất phổ của 3 bps/Hz cho xấp xỉ 6 Gbps mỗi chùm người dùng (nghĩa là, tại 2 Gigahertz mỗi chùm người dùng), và 6 Gbps/chùm nhân 128 chùm được xấp xỉ 768 Gbps của tổng dung lượng.

Theo ví dụ thứ ba, vệ tinh bao gồm 768 phần tử và tạo ra 354 chùm. Liên kết bộ cấp hoạt động trong dải V với 7,5 Gigahertz của băng thông chùm bộ cấp, và liên kết người dùng hoạt động trong dải Ka với 2,5 Gigahertz của băng thông chùm người dùng. 150 trạm đầu cuối cổng nối có thể được sử dụng với việc phân cực đôi và đa hợp tần số ba trên liên kết bộ cấp, và việc phân cực đơn có thể được hỗ trợ trên liên kết người dùng. Hiệu suất phổ của 1 bps/Hz cho xấp xỉ 2,5 Gbps mỗi chùm người dùng (nghĩa là, tại 2,5 Gigahertz mỗi chùm người dùng), và 2,5 Gbps/chùm nhân 200 chùm được xấp xỉ 500 Gbps của tổng dung lượng.

Theo ví dụ thứ tư, vệ tinh bao gồm 768 phần tử và tạo ra 354 chùm. Liên kết bộ cấp hoạt động trong dải V với 7 Gigahertz của băng thông chùm bộ cấp, và liên kết người dùng hoạt động trong dải Ka với 3,5 Gigahertz của băng thông chùm người dùng. 192 trạm đầu cuối cổng nối có thể được sử dụng với việc phân cực đôi và đa hợp tần số đôi trên liên kết bộ cấp, và việc phân cực đơn có thể được hỗ trợ trên liên kết người dùng. Hiệu suất phổ của 1,2 bps/Hz cho xấp xỉ 4 Gbps mỗi chùm người dùng (nghĩa là, tại 3,5 Gigahertz mỗi chùm người dùng), và 4 Gbps/chùm nhân 354 chùm được xấp xỉ 1,4 Tbps của tổng dung lượng.

Các phương pháp được bộc lộ ở đây bao gồm một hoặc nhiều hành động để đạt được phương pháp được mô tả. Phương pháp và/hoặc các hành động có thể được thay đổi với nhau mà không trệch khỏi phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ. Nói cách khác, trừ khi thứ tự các hành động cụ thể được nêu cụ thể, thì thứ tự và/hoặc việc sử dụng của các hành động cụ thể có thể được cải biến mà không trệch khỏi phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ.

Các chức năng được mô tả có thể được thực hiện trong phần cứng, phần mềm, phần sụn, hoặc kết hợp bất kỳ của chúng. Nếu được thực hiện trong phần mềm, các chức năng có thể được lưu trữ như một hoặc nhiều lệnh trên phương tiện ghi đọc được bởi máy tính xác thực. Phương tiện lưu trữ có thể là phương tiện xác thực có sẵn bất

kỳ mà có thể được truy cập bởi máy tính. Chẳng hạn như, và không bị giới hạn, các phương tiện đọc được bởi máy tính như vậy có thể bao gồm RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM, hoặc bộ lưu trữ đĩa quang, bộ lưu trữ đĩa từ, hoặc các thiết bị lưu trữ từ khác, hoặc phương tiện xác thực bất kỳ khác mà có thể được sử dụng để mang hoặc lưu trữ mã chương trình mong muốn dưới dạng các lệnh hoặc các cấu trúc dữ liệu mà có thể được truy cập bởi máy tính. Đĩa và các đĩa, như được sử dụng ở đây, bao gồm đĩa compac (CD), đĩa laze, đĩa quang, đĩa toàn năng số (DVD), đĩa mềm, và đĩa Blu-ray® trong đó các đĩa (disk) thường tạo dữ liệu theo cách từ tính, trong khi các đĩa (disc) tạo dữ liệu theo cách quang bằng các tia laze.

Sản phẩm chương trình máy tính có thể thực hiện các thao tác cụ thể được nêu ở đây. Ví dụ, sản phẩm chương trình máy tính như vậy có thể là phương tiện xác thực đọc được bởi máy tính có các lệnh được lưu trữ xác thực (và/hoặc được mã hóa) trên đó, các lệnh là có thể thực hiện được bởi một hoặc nhiều bộ xử lý để thực hiện các thao tác được mô tả ở đây. Sản phẩm chương trình máy tính có thể bao gồm vật liệu đóng gói. Phần mềm hoặc các lệnh cũng có thể được truyền qua phương tiện truyền. Ví dụ, phần mềm có thể được truyền từ trang web, máy chủ hoặc nguồn bên ngoài khác sử dụng phương tiện truyền chẳng hạn như cáp đồng trục, cáp sợi quang, cáp cáp xoắn, đường thuê bao số (DSL), hoặc công nghệ vô tuyến chẳng hạn như hồng ngoại, radio, hoặc vi sóng.

Ngoài ra, các môđun và/hoặc các phương tiện thích hợp khác để thực hiện các phương pháp và các kỹ thuật được mô tả ở đây có thể được tải xuống và/hoặc mặc khác được thu bằng các trạm đầu cuối thích hợp và/hoặc được nối với các máy chủ, hoặc tương tự, để tạo điều kiện cho việc truyền của các phương tiện để thực hiện các phương pháp được mô tả ở đây. Mặt khác, các phương pháp khác nhau được mô tả ở đây có thể được cung cấp thông qua các phương tiện lưu trữ (ví dụ, RAM, ROM, phương tiện lưu trữ vật lý chẳng hạn như CD hoặc đĩa mềm, v.v.), sao cho thiết bị đầu cuối người dùng và/hoặc trạm gốc có thể thu các phương án khác nhau khi nối hoặc cung cấp các phương tiện lưu trữ cho thiết bị. Ngoài ra, kỹ thuật thích hợp bất kỳ khác để cung cấp các phương pháp và các kỹ thuật được mô tả ở đây tới thiết bị có thể được sử dụng. Các dấu hiệu thực hiện các chức năng cũng có thể được đặt theo cách vật lý tại các vị trí khác nhau, bao gồm được phân phối sao cho các phần của các chức năng được thực hiện tại các vị trí vật lý khác nhau.

Trong khi mô tả sáng chế, các thuật ngữ sau đây sẽ được sử dụng: Các dạng số ít của danh từ là để bao gồm cả các dạng số nhiều trừ khi nội dung mô tả được nêu khác đi rõ ràng. Do đó, ví dụ, tham chiếu đến mục bao gồm tham chiếu đến một hoặc nhiều mục. Thuật ngữ “một số” là để chỉ một, hai, hoặc nhiều, và thường áp dụng với việc lựa chọn một số hoặc toàn bộ số lượng. Thuật ngữ “các” là để chỉ hai hoặc nhiều mục. Thuật ngữ “khoảng” có nghĩa là các số lượng, các kích thước, các kích cỡ, các công thức, các thông số, các hình dạng, và các đặc tính khác không nhất thiết là phải chính xác, mà chúng có thể là xấp xỉ và/hoặc lớn hơn hoặc nhỏ hơn, nếu muốn, thể hiện các mức dung sai, các nhân tố chuyển đổi, các sự làm cho, các lỗi đo và tương tự được chấp nhận và các nhân tố khác đã biết đối với chuyên gia trong lĩnh vực. Thuật ngữ “gần như” có nghĩa là đặc tính, thông số, hoặc giá trị được nêu không nhất thiết phải đạt được một cách chính xác, tuy nhiên các độ lệch hoặc các biến thể bao gồm, ví dụ, các dung sai, các lỗi đo, các giới hạn chính xác phép đo, và các nhân tố khác đã biết bởi chuyên gia trong lĩnh vực, có thể xảy ra với mức mà không làm ảnh hưởng đến các đặc tính được nhằm mục đích cung cấp. Dữ liệu số có thể được biểu hiện hoặc biểu diễn ở đây dưới dạng khoảng. Cần hiểu rằng giới hạn khoảng như vậy được sử dụng chỉ đơn thuần nhằm giúp thuật tiện và ngắn gọn và do đó cần được hiểu một cách linh hoạt là bao gồm không chỉ các giá trị số được chỉ ra rõ ràng làm các giới hạn của các khoảng, mà cũng được hiểu là bao gồm tất cả các giá trị số riêng lẻ hoặc các vùng con nằm trong vùng đó nếu mỗi giá trị số và vùng con được chỉ ra rõ ràng. Như được minh họa, giá trị số “khoảng 1 đến 5” cần được hiểu là bao gồm không chỉ các giá trị được chỉ ra rõ ràng từ khoảng 1 đến khoảng 5, mà còn bao gồm các giá trị riêng lẻ và các khoảng con nằm trong vùng được xác định. Do đó, được bao gồm trong khoảng số này là các giá trị riêng lẻ chẳng hạn như 2, 3 và 4 và các vùng con chẳng hạn như 1-3, 2-4 và 3-5, v.v. Cùng nguyên lý này được áp dụng cho các khoảng chỉ có chỉ ra một giá trị số (ví dụ, “lớn hơn khoảng 1”) và cần áp dụng cho bất kể độ rộng của khoảng hoặc các đặc tính được mô tả. Các mục có thể được thể hiện trong danh sách thông thường để thuận tiện. Tuy nhiên, danh sách này cần được xây dựng sao cho mỗi thành viên trong danh sách được xác định một cách độc lập là các thành viên tách biệt và độc nhất. Do đó, không có thành viên riêng biệt nào của danh sách này nên được xác định là tương đương với bất kỳ thành viên khác của cùng danh sách chỉ bởi dựa vào phần thể hiện của chúng trong nhóm chung mà không có các sự xác định ngược lại. Hơn thế

nữa, trong đó các thuật ngữ “và” và “hoặc” được sử dụng kết hợp với danh sách các mục, chúng cần được hiểu theo nghĩa rộng, trong đó bất kỳ một hoặc nhiều mục được liệt kê có thể được sử dụng riêng lẻ hoặc kết hợp với các mục được liệt kê còn lại. Thuật ngữ “mặt khác” là để chỉ việc lựa chọn một trong hai hoặc nhiều cách thay thế, và không nhằm mục đích giới hạn việc lựa chọn tới chỉ các cách thay thế được liệt kê hoặc tới chỉ một trong các cách thay thế được liệt kê tại một thời điểm, trừ khi nội dung được nêu rõ khác đi. Thuật ngữ “được nối” như được sử dụng ở đây không yêu cầu rằng các bộ phận phải được kết nối trực tiếp với nhau. Thuy vào đó, thuật ngữ là nhằm cũng bao gồm các cấu hình với các kết nối không trực tiếp ở đó một hoặc nhiều các bộ phận khác có thể được bao gồm giữa các bộ phận được nối. Ví dụ, các bộ phận khác như vậy có thể bao gồm các bộ khuếch đại, các bộ suy giảm, các bộ cách ly, các bộ ghép định hướng, độ dư các bộ chuyển mạch, và tương tự. Ngoài ra, như được sử dụng ở đây, bao gồm các điểm yêu cầu bảo hộ, “hoặc” như được sử dụng trong danh sách các mục được đặt trước bởi cụm “ít nhất một trong số” chỉ báo danh sách không ngắt sao cho, ví dụ, danh sách “ít nhất một trong số A, B, hoặc C” có nghĩa là A hoặc B hoặc C hoặc AB hoặc AC hoặc BC hoặc ABC (nghĩa là, A và B và C). Ngoài ra, thuật ngữ “ví dụ” không có nghĩa rằng ví dụ được mô tả được ưu tiên hoặc tốt hơn so với các ví dụ khác. Như được sử dụng ở đây, “tập” các phần tử là nhằm để chỉ “một hoặc nhiều” phần tử đó, ngoại trừ việc tập được yêu cầu rõ ràng phải có nhiều hơn một hoặc được cho phép rõ ràng là tập rỗng.

Các thay đổi, các chuyển đổi, các thay thế khác nhau với các kỹ thuật được mô tả ở đây có thể được thực hiện mà không trệch khỏi công nghệ của phần hướng dẫn như được xác định bởi các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo. Ngoài ra, phạm vi của phần mô tả và các điểm yêu cầu bảo hộ không bị giới hạn ở các khía cạnh cụ thể gồm quy trình, máy móc, việc sản xuất, sự kết hợp các vật chất, phương tiện, các phương pháp, và các hành động được mô tả ở trên. Các quy trình, các máy móc, việc sản xuất, sự kết hợp các vật chất, phương tiện, các phương pháp, hoặc các hành động, hiện thời đã có hoặc sẽ được phát triển trong tương lai, mà thực hiện gần như cùng chức năng hoặc đạt được gần như cùng kết quả như các khía cạnh tương ứng được mô tả ở đây có thể được sử dụng. Theo đó, các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo bao gồm trong phạm vi của chúng các quy trình, các máy móc, việc sản xuất, sự kết hợp các vật chất, phương tiện, các phương pháp, hoặc các hành động như vậy.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống truyền thông vệ tinh (100, 200, 700, 800) bao gồm:

vệ tinh (140);

các trạm đầu cuối cổng nối được phân bố theo địa lý tương ứng (130);

bộ tạo chùm xuôi (210) được tạo cấu hình để áp dụng tạo trọng số chùm cho các dòng dữ liệu xuôi (205) để tạo các tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm L (215), bộ tạo chùm xuôi được tạo cấu hình để truyền thông với mỗi trong số các tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm L đến vị trí tương ứng của các trạm đầu cuối cổng nối được phân bố theo địa lý tương ứng thông qua mạng phân phối (120); và

hệ thống con đồng bộ hóa (125) được tạo cấu hình cho các tín hiệu đường lên pha đồng bộ hóa tương hỗ từ các trạm đầu cuối cổng nối,

trong đó mỗi trong số các trạm đầu cuối cổng nối được phân bố theo địa lý tương ứng bao gồm:

đầu vào tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm truyền thông với bộ tạo chùm xuôi (210) thông qua mạng phân phối, đầu vào tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm được tạo cấu hình để nhận tín hiệu tương ứng của các tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm L từ bộ tạo chùm xuôi thông qua mạng phân phối;

đầu vào đồng bộ hóa được ghép nối với hệ thống con đồng bộ hóa; và

đầu ra tín hiệu đường lên bộ cấp được tạo cấu hình để xuất ra phiên bản được đồng bộ hóa pha tương ứng của tín hiệu tương ứng của các tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm L nhận được bởi đầu vào tín hiệu xuôi tương ứng được tạo trọng số chùm phù hợp với đầu vào đồng bộ hóa tương ứng, các trạm đầu cuối cổng nối được phân bố theo địa lý tương ứng theo đó được tạo cấu hình để tạo trọng số chùm L, các tín hiệu đường lên xuôi được đồng bộ hóa pha tương hỗ (235), trong đó vệ tinh (140) bao gồm:

hệ thống con ăngten bộ cấp (230) bao gồm các phần tử ăngten chùm điều tiêu, các FAE (243), mỗi hệ thống có cổng FAE đường xuôi, trong đó mỗi trong số các FAE được tạo cấu hình để nhận trọng số chùm tương ứng trong số trọng số chùm L, các tín hiệu đường lên xuôi được đồng bộ hóa pha tương hỗ từ trạm tương ứng của các trạm đầu cuối cổng nối được phân bố theo địa lý tương ứng; hệ thống con ăngten người dùng (250) bao gồm dãy các phần tử ăngten tạo chùm được làm lệch tiêu, các BAE (247), mỗi dãy có cổng BAE đường xuôi; và

hệ thống con bộ lặp lại xuôi (240) có khoảng tần số đường lên xuôi và khoảng tần số đường xuống xuôi, hệ thống con bộ lặp lại xuôi bao gồm các đường dẫn liên kết xuôi (245), mỗi trong số các đường dẫn liên kết xuôi được ghép nối giữa cổng tương ứng trong số các cổng FAE

đường xuôi và cổng tương ứng trong số các cổng BAE đường xuôi, và mỗi trong số các đường dẫn liên kết xuôi có đầu vào trong khoảng tần số đường lên xuôi và đầu ra trong khoảng tần số đường xuống xuôi,

trong đó các đường dẫn liên kết xuôi được tạo cấu hình để tạo các trọng số chùm, các tín hiệu đường xuống xuôi được đồng bộ hóa tương hỗ (255) từ trọng số chùm L nhận được, các tín hiệu đường lên xuôi được đồng bộ hóa pha tương hỗ (235),

trong đó các BAE được tạo cấu hình để truyền các tín hiệu đường xuống xuôi để khiến các tín hiệu đường xuống xuôi chồng chập không gian để tạo ra ít nhất một chùm người dùng xuôi (260), và

trong đó mỗi cổng FAE đường xuôi được ghép nối theo cách truyền thông được với đầu ra tín hiệu đường lên bộ cấp của trạm tương ứng trong số các trạm đầu cuối cổng nối.

2. Hệ thống truyền thông vệ tinh theo điểm 1, trong đó:

mỗi trạm đầu cuối cổng nối được phân bố theo địa lý tương ứng còn bao gồm:

đầu ra tín hiệu trở về truyền thông với bộ tạo chùm trở về thông qua mạng phân phối; và

đầu vào tín hiệu đường xuống bộ cấp; và

mỗi FAE của hệ thống con ăngten bộ cấp còn có cổng FAE đường trở về;

mỗi BAE của hệ thống con ăngten người dùng còn có cổng BAE đường trở về;

và

vệ tinh còn bao gồm hệ thống con bộ lặp trở về (340) có khoảng tần số đường lên trở về và khoảng tần số đường xuống trở về, trong đó hệ thống con bộ lặp trở về bao gồm các đường dẫn trở về, mỗi trong số các đường dẫn trở về được ghép nối giữa cổng tương ứng trong số các cổng BAE đường trở về và cổng tương ứng trong số các cổng FAE đường trở về, và mỗi trong số các đường dẫn trở về có đầu vào trong khoảng tần số đường lên trở về và đầu ra trong khoảng tần số đường xuống trở về,

trong đó các đường dẫn trở về được tạo cấu hình để tạo các tín hiệu đường xuống trở về để truyền bởi các FAE, các tín hiệu đường xuống trở về tạo ra được từ các tín hiệu đường lên trở về nhận được ở các BAE từ ít nhất một thiết bị đầu cuối người dùng, do đó tạo thành ít nhất một chùm người dùng trở về để truyền thông với ít nhất một thiết bị đầu cuối người dùng.

3. Hệ thống truyền thông vệ tinh theo điểm 1, trong đó:

hệ thống con ăngten bộ cấp còn bao gồm bộ phản xạ bộ cấp (410);

các biến dạng bề mặt trên bộ phản xạ bộ cấp xác định các vùng suy giảm ăngten bộ cấp (1210); và các trạm đầu cuối cổng nối được phân bố theo địa lý tương ứng được bố trí cách xa khỏi các vùng suy giảm ăngten bộ cấp.

4. Hệ thống truyền thông vệ tinh theo điểm 1, trong đó:

hệ thống con ăngten bộ cấp còn bao gồm bộ phản xạ bộ cấp;

các biến dạng bề mặt trên bộ phản xạ bộ cấp xác định các vùng suy giảm ăngten bộ cấp; và

hệ thống con ăngten bộ cấp bao gồm ăngten kiểu nhiều đơn vị cấp cho mỗi chùm được tạo cấu hình để áp dụng việc tạo chùm bị giới hạn đến các chùm bộ cấp để bù cho các vùng suy giảm ăngten bộ cấp.

5. Hệ thống truyền thông vệ tinh theo điểm 4, trong đó:

ăngten kiểu nhiều đơn vị cấp cho mỗi chùm bao gồm bộ nhớ hệ số tạo chùm có các hệ số tạo chùm được tính toán trước được lưu trữ trong đó, các hệ số tạo chùm được tính toán trước được sử dụng để áp dụng việc tạo chùm bị giới hạn.

6. Hệ thống truyền thông vệ tinh theo điểm 4, trong đó:

ăngten kiểu nhiều đơn vị cấp cho mỗi chùm bao gồm bộ nhớ hệ số tạo chùm có các hệ số được cập nhật thích ứng được lưu trữ trong đó, các hệ số được cập nhật thích ứng được sử dụng để áp dụng việc tạo chùm bị giới hạn.

7. Hệ thống truyền thông vệ tinh theo điểm 1, trong đó:

các trạm đầu cuối cổng nối được phân bố theo địa lý tương ứng bao gồm M các trạm đầu cuối cổng nối; và

hệ thống con bộ lặp lại xuôi bao gồm M các đường dẫn liên kết xuôi, mỗi trong số M các đường dẫn liên kết xuôi tương ứng với trạm tương ứng của M các trạm đầu cuối cổng nối.

8. Hệ thống truyền thông vệ tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó:

vệ tinh còn bao gồm bộ truyền móc báo; và

hệ thống con đồng bộ hóa bao gồm:

đầu vào vòng lặp; và

đầu ra đồng bộ hóa được ghép nối với đầu vào đồng bộ hóa của mỗi trong số các trạm đầu cuối cổng nối, đầu ra đồng bộ hóa được tạo cấu hình để

đáp lại sự đồng bộ hóa pha của tín hiệu mốc báo và tín hiệu vòng lặp cả nhận được ở đầu vào vòng lặp.

9. Hệ thống truyền thông vệ tinh theo điểm 8, trong đó mỗi trạm đầu cuối công nối còn bao gồm bộ truyền vòng lặp.

10. Hệ thống truyền thông vệ tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, trong đó mỗi trạm đầu cuối công nối còn bao gồm phiên bản cục bộ của hệ thống con đồng bộ hóa.

11. Hệ thống truyền thông vệ tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, trong đó mỗi trong số các trạm đầu cuối công nối được phân bố theo địa lý tương ứng được ghép nối với hệ thống con đồng bộ hóa thông qua mạng phân phối.

12. Hệ thống truyền thông vệ tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 11, còn bao gồm:

bộ hủy bỏ giao tiếp chéo (1510) có:

các cổng đầu vào cấp được tạo cấu hình để nhận các tín hiệu đầu vào cấp từ các trạm đầu cuối công nối; và

các cổng đầu ra cấp được tạo cấu hình để truyền các tín hiệu cấp được bù giao tiếp chéo, các tín hiệu cấp được bù giao tiếp chéo được tạo dưới dạng chức năng của các tín hiệu đầu vào cấp và ma trận giao tiếp chéo.

13. Hệ thống truyền thông vệ tinh theo điểm 12, trong đó bộ hủy bỏ giao tiếp chéo được bố trí trong bộ tạo chùm xuôi hoặc bộ tạo chùm trở về.

14. Hệ thống truyền thông vệ tinh theo điểm 12 hoặc 13, trong đó:

vệ tinh còn bao gồm đường dẫn vòng lặp (500) có phần tử ăngten vòng lặp để được ghép nối với các FAE thông qua các bộ chuyển mạch (1410),

trong đó, trên các khe thời gian, phần tử ăngten vòng lặp được ghép nối tuần tự với cổng FAE đường xuôi tương ứng của mỗi trong số các FAE, trong đó, trong mỗi trong số các khe thời gian, phần tử ăngten vòng lặp được tạo cấu hình để truyền tín hiệu vòng lặp lặp lại đến các trạm đầu cuối công nối đáp lại việc nhận tín hiệu mốc báo vòng lặp từ trạm đầu cuối công nối kết hợp với FAE mà được ghép nối tuần tự trong khe thời gian.

15. Hệ thống truyền thông vệ tinh theo điểm 12 hoặc 13, trong đó:

vệ tinh còn bao gồm đường dẫn vòng lặp (500) có phần tử ăngten vòng lặp mà được ghép nối với các FAE thông qua các bộ chuyển mạch (1410),

trong đó, trên các khe thời gian, phần tử ăngten vòng lặp được ghép nối tuần tự với cổng FAE đường trở về tương ứng của mỗi trong số các FAE, trong đó, trong mỗi trong số các khe thời gian, phần tử ăngten vòng lặp được tạo cấu hình để truyền tín hiệu vòng lặp được lặp lại đến trạm đầu cuối cổng nối kết hợp với FAE mà được ghép nối tuần tự trong khe thời gian đáp lại việc nhận tín hiệu mốc báo vòng lặp từ các trạm đầu cuối cổng nối.

16. Hệ thống truyền thông vệ tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 15, trong đó các trạm đầu cuối cổng nối được phân bố theo địa lý tương ứng tất cả được tạo cấu hình để hoạt động ở cùng tần số sóng mang.

17. Hệ thống truyền thông vệ tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 16, trong đó:

hệ thống con ăngten bộ cấp được tạo cấu hình để chiếu đến các chùm bộ cấp xuôi; và

các chùm người dùng xuôi được tạo ra không chồng chập về mặt không gian hướng đến các chùm bộ cấp.

18. Hệ thống truyền thông vệ tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 17, trong đó bộ tạo chùm xuôi bao gồm:

các đầu vào dòng dữ liệu xuôi;

đầu vào trọng số chùm được tạo cấu hình để chỉ ra các trọng số chùm kết hợp với mỗi trong số các trạm đầu cuối cổng nối và dòng dữ liệu xuôi; và

các đầu ra tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm, mỗi trong số các đầu ra tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm được ghép nối với đầu vào tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm của trạm tương ứng trong số các trạm đầu cuối cổng nối thông qua mạng phân phối, và mỗi trong số các đầu ra tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm là tổng trọng số của các đầu vào dòng dữ liệu xuôi được tạo trọng số chùm theo các trọng số chùm kết hợp với trạm tương ứng trong số các trạm đầu cuối cổng nối.

19. Hệ thống truyền thông vệ tinh theo điểm 18, trong đó:

đầu vào dòng dữ liệu xuôi bao gồm K các đầu vào dòng dữ liệu xuôi, mỗi trong số K đầu vào dòng dữ liệu xuôi tương ứng với chùm tương ứng của K chùm người dùng xuôi được tạo ra;

các trạm đầu cuối cổng nối được phân bố theo địa lý tương ứng bao gồm L đầu ra tín hiệu đường lên bộ cấp; và
 đầu vào trọng số chùm bao gồm $L \times K$ các trọng số chùm; và
 các đầu ra tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm tương ứng với L hợp tử của K các đầu vào dòng dữ liệu xuôi được tạo trọng số theo $L \times K$ trọng số chùm.

20. Hệ thống truyền thông vệ tinh theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 19, trong đó vệ tinh là vệ tinh địa tĩnh.

21. Phương pháp tạo chùm tiếp đất trong hệ thống truyền thông vệ tinh bao gồm vệ tinh (140) và các trạm đầu cuối cổng nối được phân bố theo địa lý tương ứng (130), phương pháp (1100) này bao gồm các bước:

áp dụng, nhờ dùng bộ tạo chùm xuôi (210), tạo trọng số chùm cho các dòng dữ liệu xuôi (205) để tạo các tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm L (215);

truyền thông, thông qua mạng phân phối (120), mỗi trong số các tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm L từ bộ tạo chùm xuôi (210) đến vị trí của trạm tương ứng trong các trạm đầu cuối cổng nối được phân bố theo địa lý tương ứng;

đồng bộ pha tương hỗ, nhờ dùng hệ thống con đồng bộ hóa (125), các tín hiệu đường lên từ các trạm đầu cuối cổng nối, trong đó mỗi trong số các trạm đầu cuối cổng nối được phân bố theo địa lý tương ứng bao gồm: đầu vào tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm truyền thông với bộ tạo chùm xuôi (210) thông qua mạng phân phối, đầu vào đồng bộ hóa được ghép nối với hệ thống con đồng bộ hóa, và đầu ra tín hiệu đường lên bộ cấp;

mỗi trong số đầu vào tín hiệu xuôi được tạo các trọng số chùm việc nhận tín hiệu tương ứng trong các tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm L từ bộ tạo chùm xuôi thông qua mạng phân phối;

mỗi trong số các đầu ra tín hiệu đường lên bộ cấp xuất ra phiên bản được đồng bộ hóa pha tương ứng của tín hiệu tương ứng trong các tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm L nhận được bởi đầu vào tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm tương ứng phù hợp với đầu vào đồng bộ hóa tương ứng, các trạm đầu cuối cổng nối được phân bố theo địa lý tương ứng do đó tạo trọng số chùm L, các tín hiệu đường lên xuôi được đồng bộ hóa pha tương hỗ (235);

nhận, bởi vệ tinh, trọng số chùm L, các tín hiệu đường lên xuôi được đồng bộ hóa pha tương hỗ (235), mỗi trong số trọng số chùm L, các tín hiệu đường lên xuôi được đồng bộ hóa pha tương hỗ nhận được thông qua phần tử tương ứng trong các phần tử ăngten đường lên bộ cấp điều tiêu (243) từ trạm tương ứng trong các trạm đầu

cuối cổng nổi được phân bố theo địa lý tương ứng, trong đó nhận được là ở khoảng tần số đường lên;

tạo, bởi vệ tinh, mỗi trong số các được tạo trọng số các tín hiệu đường xuống xuôi được đồng bộ hóa tương hỗ (255) bằng cách khuếch đại và chuyển đổi tần số trọng số tương ứng của trọng số chùm L các tín hiệu đường lên xuôi được đồng bộ hóa pha tương hỗ, trong đó việc chuyển đổi tần số bao gồm bước chuyển đổi từ khoảng tần số đường lên đến khoảng tần số đường xuống; và

truyền, bởi vệ tinh, các tín hiệu đường xuống xuôi thông qua các phần tử ăngten đường xuống người dùng được lệch tiêu (247), trong đó các tín hiệu đường xuống xuôi chồng chập không gian để tạo ra chùm người dùng (260), trong đó bước truyền ở khoảng tần số đường xuống.

22. Phương pháp theo điểm 21, trong đó:

các tín hiệu đường xuống xuôi chồng chập không gian để tạo ra K chùm người dùng; và

tạo trọng số chùm bao gồm áp dụng $L \times K$ các trọng số chùm (213) đến K dòng dữ liệu xuôi để tạo các tín hiệu xuôi được tạo trọng số chùm L.

23. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 21 đến 22, phương pháp này còn bao gồm các bước:

nhận, bởi vệ tinh, các tín hiệu đường lên trở về (355) thông qua các phần tử ăngten đường lên người dùng được lệch tiêu (247);

tạo, bởi vệ tinh, mỗi trong số các tín hiệu đường xuống trở về (335) từ tín hiệu tương ứng trong các tín hiệu đường lên trở về; và bước truyền, bởi vệ tinh, các tín hiệu đường xuống trở về thông qua các phần tử ăngten đường xuống bộ cấp được điều tiêu (243) đến trạm đầu cuối cổng nổi được phân bố theo địa lý tương ứng, các đường lên người dùng được lệch tiêu bắt nguồn từ vùng bao phủ chùm được tạo ra bởi bước đồng bộ hóa tương hỗ tiếp đất và tạo trọng số chùm của các tín hiệu đường xuống trở về tiếp theo để truyền các tín hiệu đường xuống trở về.

24. Phương pháp theo điểm 23, phương pháp này còn bao gồm các bước:

nhận các tín hiệu đường xuống trở về ở trạm đầu cuối cổng nổi được phân bố theo địa lý tương ứng;

đồng bộ hóa pha các tín hiệu đường xuống trở về ở các trạm đầu cuối cổng nổi để tạo các tín hiệu trở về được đồng bộ hóa pha tương hỗ; và

tạo trọng số chùm các tín hiệu trở về được đồng bộ hóa pha tương hỗ để tạo được tạo trọng số chùm các tín hiệu trở về được đồng bộ hóa pha tương hỗ.

25. Phương pháp theo điểm 24, trong đó:

được tạo trọng số các tín hiệu trở về được đồng bộ hóa pha tương hỗ bao gồm trọng số chùm L các tín hiệu trở về được đồng bộ hóa pha tương hỗ; vùng bao phủ chùm được tạo ra bao gồm K chùm người dùng; và

tạo trọng số chùm các tín hiệu trở về được đồng bộ hóa pha tương hỗ bao gồm áp dụng $L \times K$ các trọng số chùm trở về (313) đến L được tạo trọng số chùm các tín hiệu trở về được đồng bộ hóa pha tương hỗ để phục hồi K các dòng dữ liệu trở về (305).

26. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 23 đến 25, trong đó:

các tín hiệu đường lên trở về nhận được ở khoảng tần số đường lên trở về;

các tín hiệu đường xuống trở về được truyền ở khoảng tần số đường xuống trở về; và bước tạo bao gồm bước chuyển đổi từ khoảng tần số đường lên trở về đến khoảng tần số đường xuống trở về.

27. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm 21, 22, 24, hoặc 25, trong đó:

bước đồng bộ hóa bao gồm bao gồm:

nhận tín hiệu mốc báo ở các trạm đầu cuối cổng nối, tín hiệu mốc báo được truyền từ vệ tinh;

nhận, ở mỗi trạm đầu cuối cổng nối, tín hiệu vòng lặp tương ứng được truyền từ trạm đầu cuối cổng nối; và

bước đồng bộ pha, ở mỗi trạm đầu cuối cổng nối, nhận được tín hiệu vòng lặp tương ứng với nhận được tín hiệu mốc báo.

28. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 21 đến 27, phương pháp này còn bao gồm các bước:

nhận các tín hiệu đầu vào cấp (1512) từ các trạm đầu cuối cổng nối; và

tạo các tín hiệu cấp được hiệu chỉnh giao tiếp chéo (1514) là chức năng của các tín hiệu đầu vào cấp và ma trận giao tiếp chéo.

29. Phương pháp theo điểm 28, phương pháp này còn bao gồm các bước:

ghép nối tuần tự phần tử ăngten vòng lặp, trên các khe thời gian, với mỗi trong số các phần tử ăngten đường lên bộ cấp điều tiêu, do đó, trong mỗi trong số các khe thời gian, truyền tín hiệu vòng lặp lặp lại đến các trạm đầu cuối cổng nối đáp lại việc nhận tín hiệu mốc báo vòng lặp từ trạm đầu cuối cổng nối kết hợp với phần tử ăngten đường lên bộ cấp được điều tiêu mà được ghép nối tuần tự trong khe thời gian, trong

đó, trên các khe thời gian, các tín hiệu đầu vào cấp tương ứng với tín hiệu vòng lặp được lặp lại khi nhận được ở các trạm đầu cuối cổng nối.

30. Phương pháp theo điểm 28, phương pháp này còn bao gồm các bước:

ghép nối tuần tự phần tử ăngten vòng lặp, trên các khe thời gian, với mỗi trong số các phần tử ăngten đường xuống bộ cấp được điều tiêu, do đó, trong mỗi trong số các khe thời gian, truyền tín hiệu vòng lặp lặp lại đến trạm đầu cuối cổng nối kết hợp với các phần tử ăngten đường xuống bộ cấp được điều tiêu mà được ghép nối tuần tự trong khe thời gian đáp lại việc nhận tín hiệu mốc báo vòng lặp từ các trạm đầu cuối cổng nối,

trong đó, trong mỗi trong số các khe thời gian, ít nhất một của các tín hiệu đầu vào cấp tương ứng với tín hiệu vòng lặp để lặp lại khi nhận được bởi ít nhất một trong số các trạm đầu cuối cổng nối trong khe thời gian.

31. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 21 đến 27, phương pháp này còn bao gồm các bước:

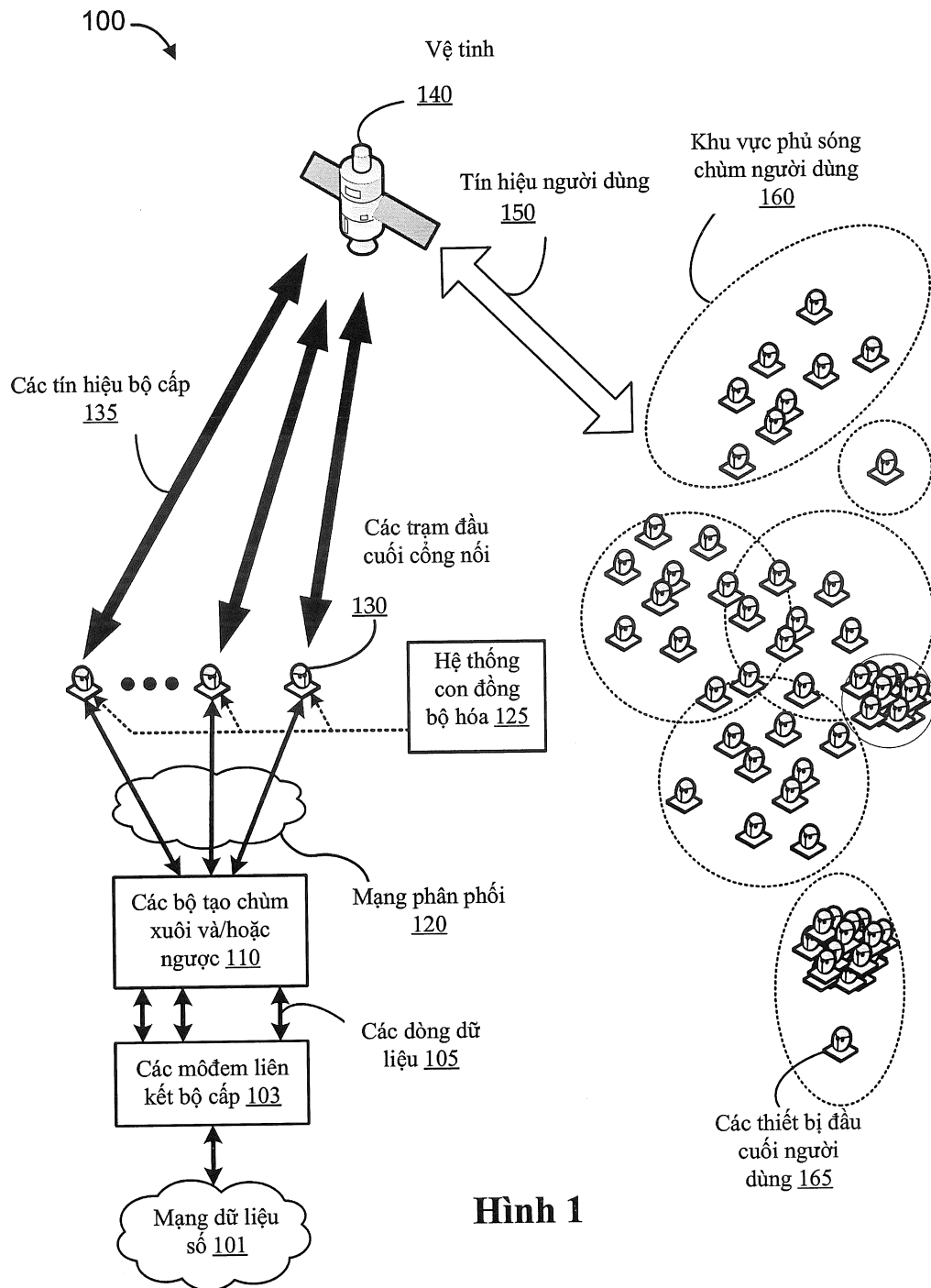
nhận ít nhất một tín hiệu đầu dò bởi ít nhất một trong số các trạm đầu cuối cổng nối từ ít nhất một thiết bị đầu cuối người dùng; và

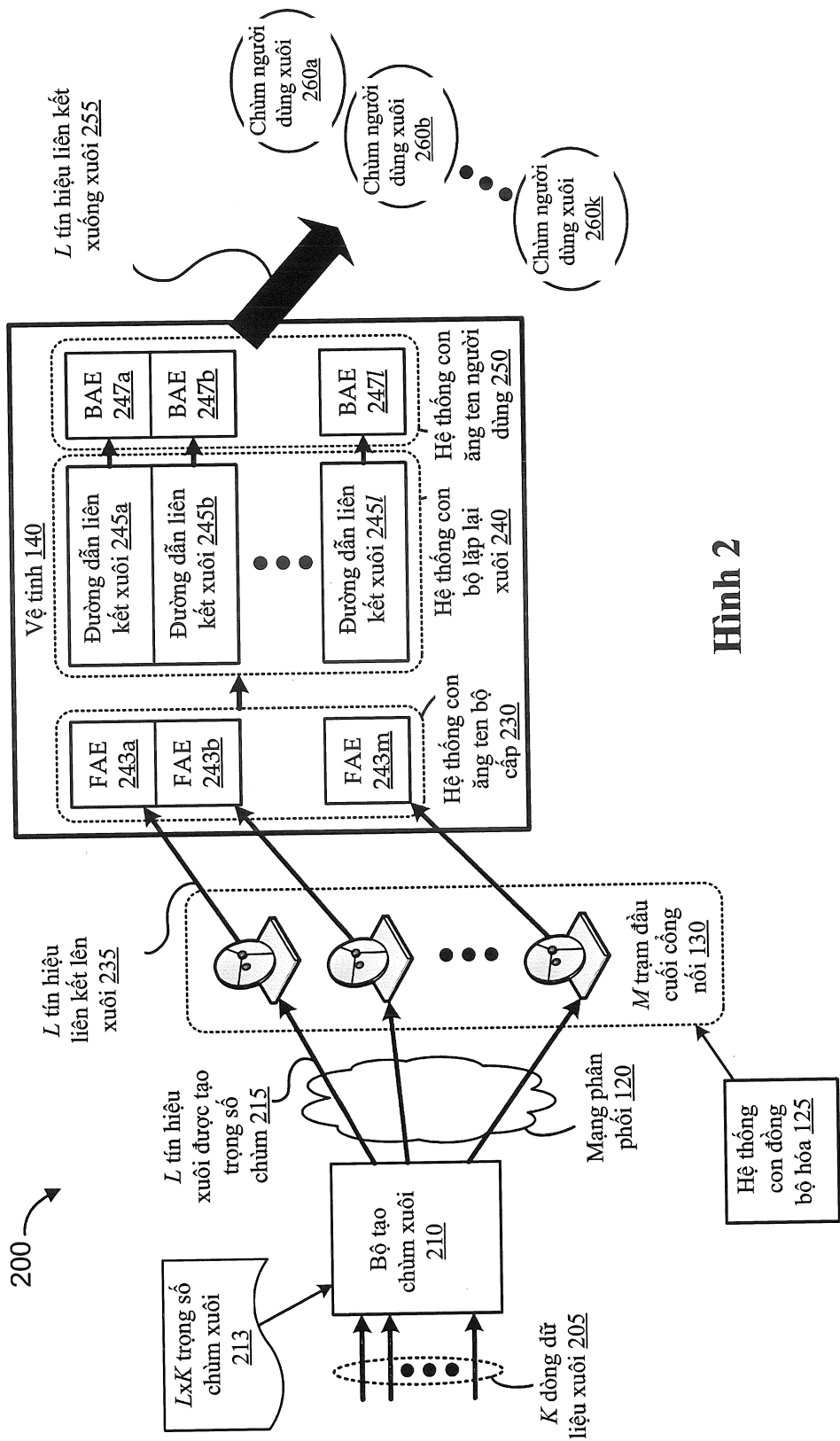
tạo ít nhất một tín hiệu cấp được hiệu chỉnh liên kết chéo làm chức năng của bước so sánh ít nhất một tín hiệu đầu dò với tín hiệu nguồn mong muốn.

32. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 21 đến 27, phương pháp này còn bao gồm các bước:

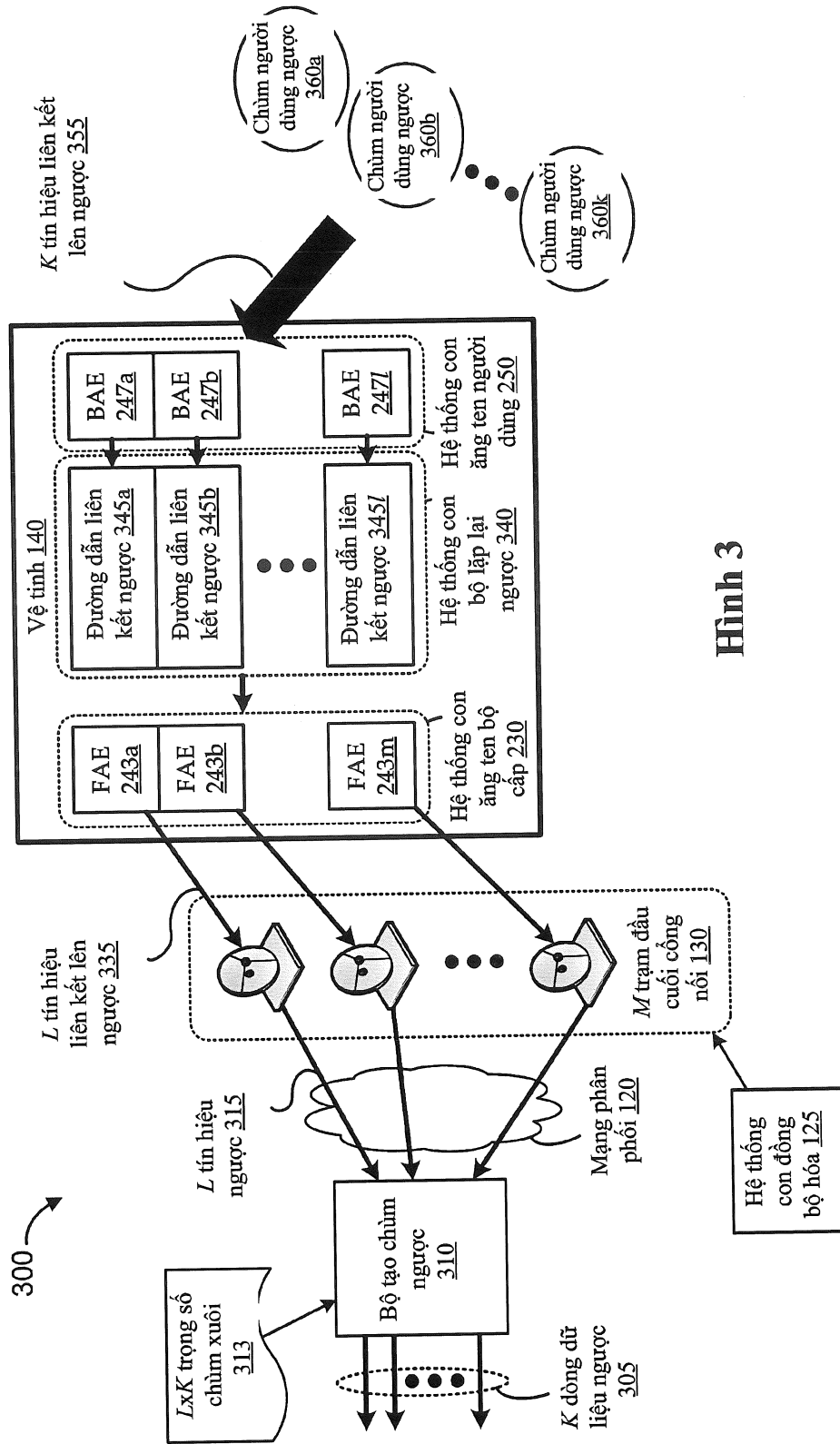
nhận ít nhất một tín hiệu đầu dò bởi ít nhất một thiết bị đầu cuối người dùng từ ít nhất một trong số các trạm đầu cuối cổng nối; và

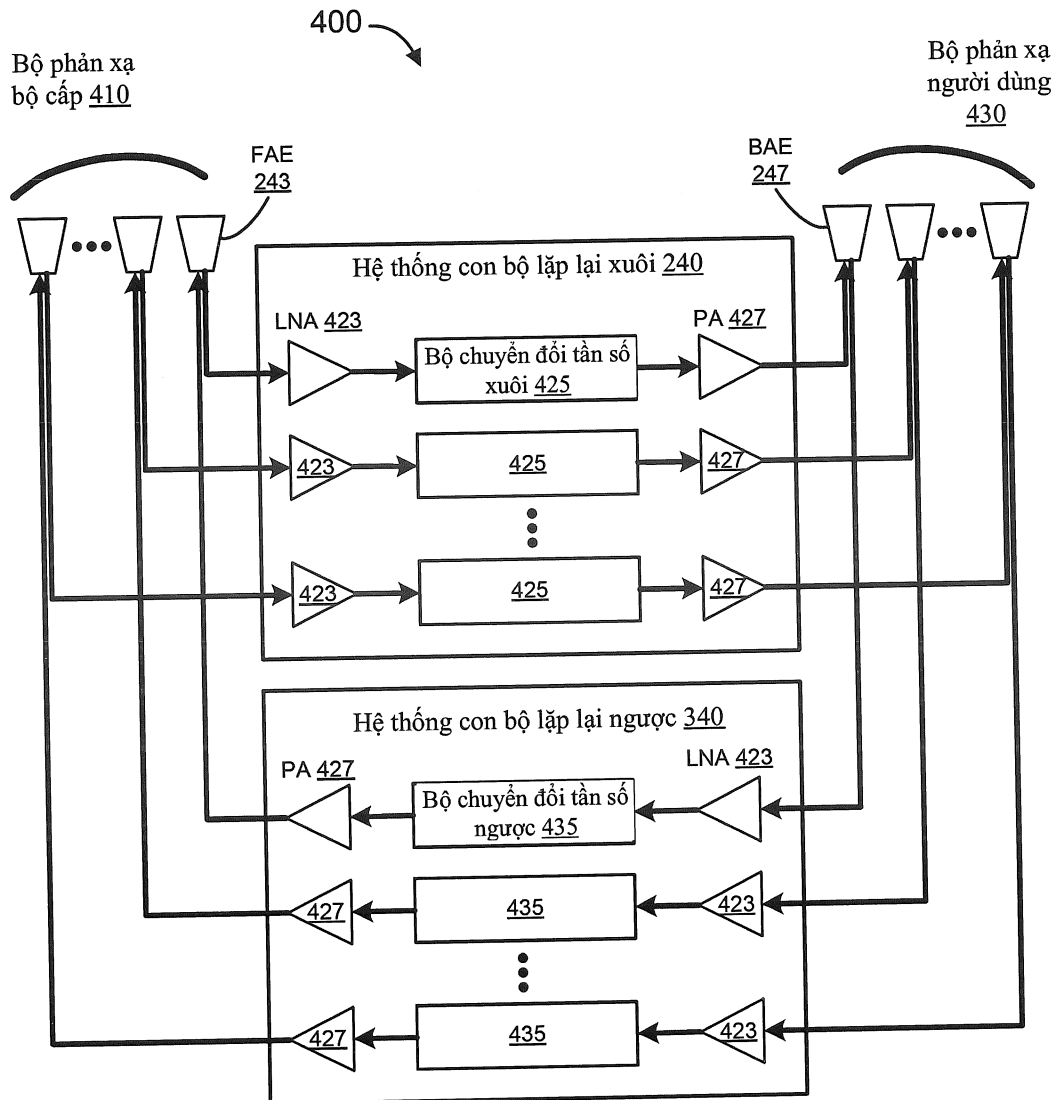
tạo ít nhất một tín hiệu cấp được hiệu chỉnh liên kết chéo làm chức năng để so sánh ít nhất một tín hiệu đầu dò với tín hiệu người dùng mong muốn.

**Hình 1**

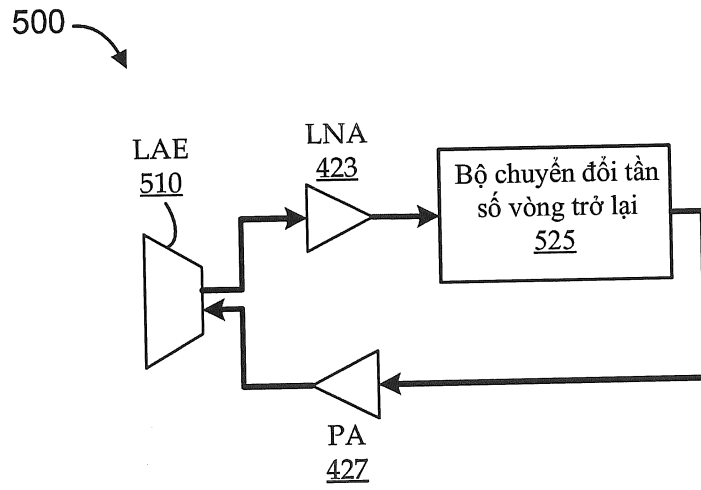


Hình 2

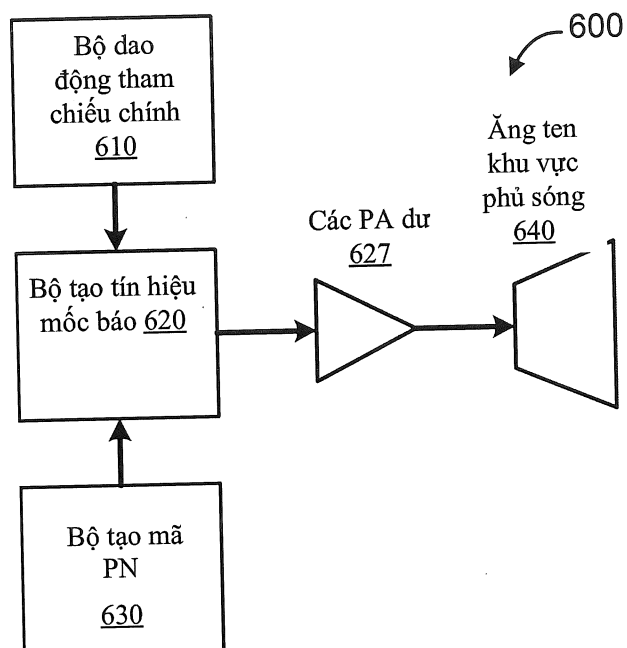




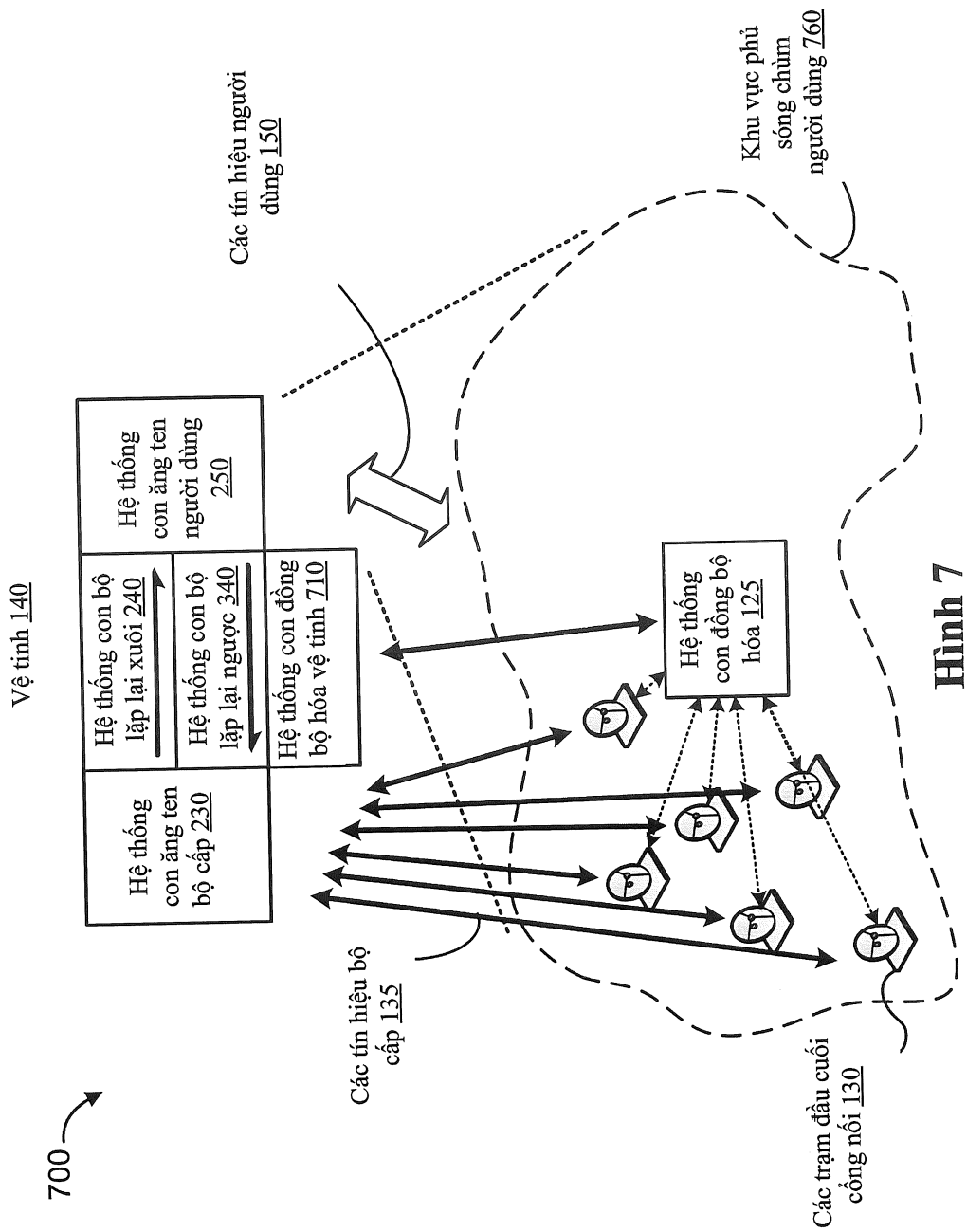
Hình 4

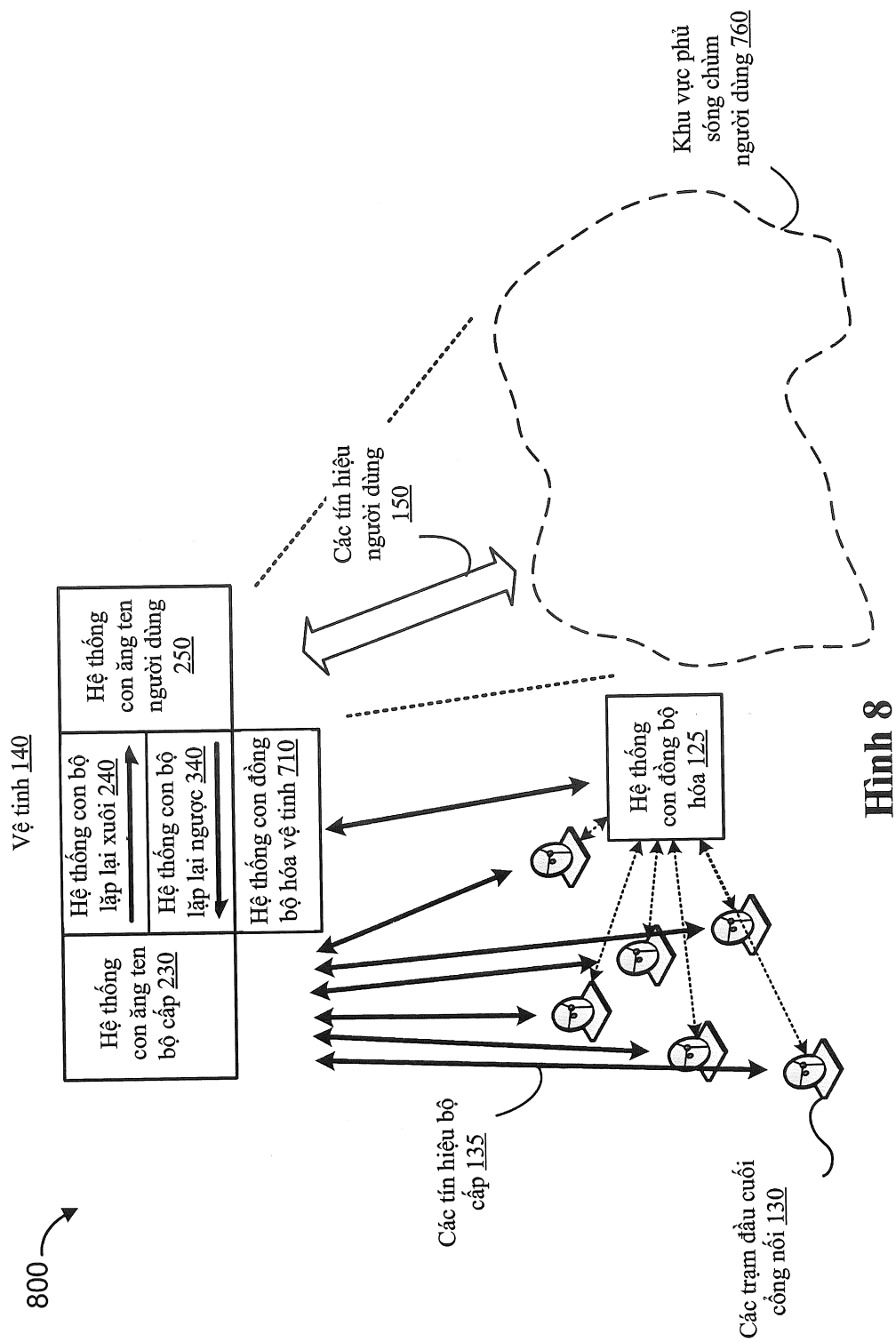


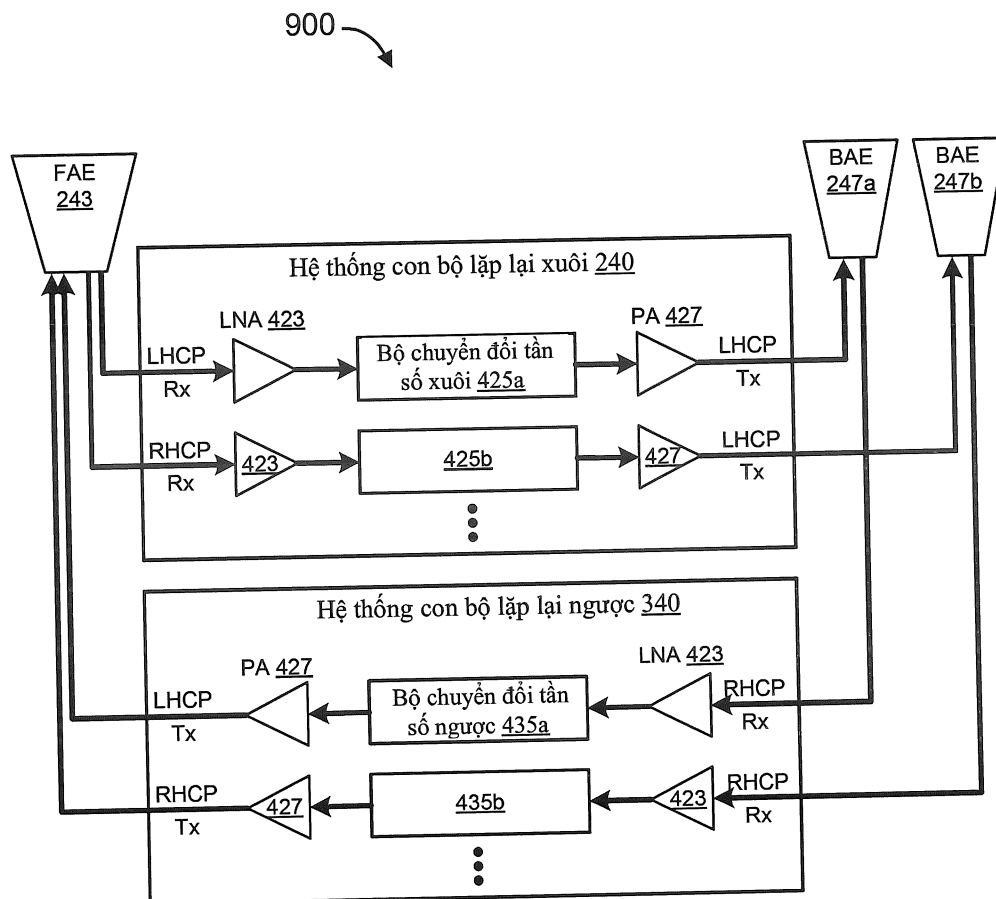
Hình 5



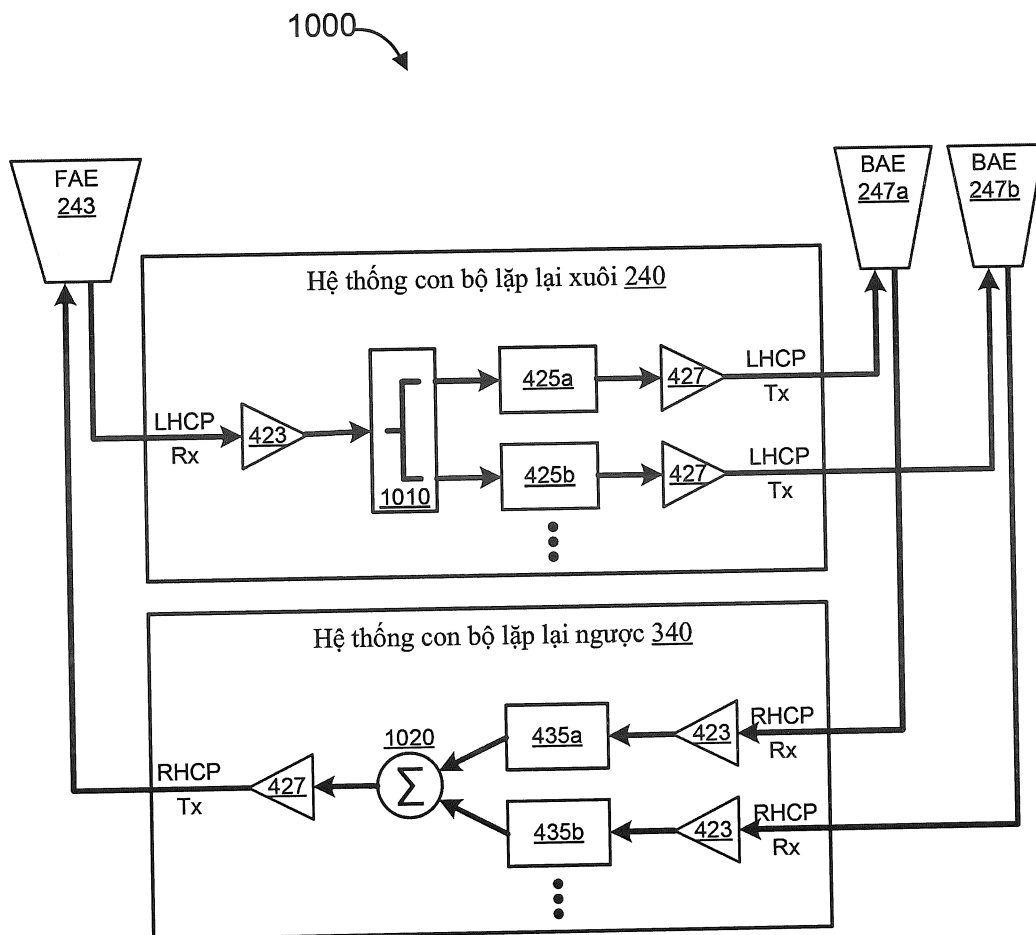
Hình 6



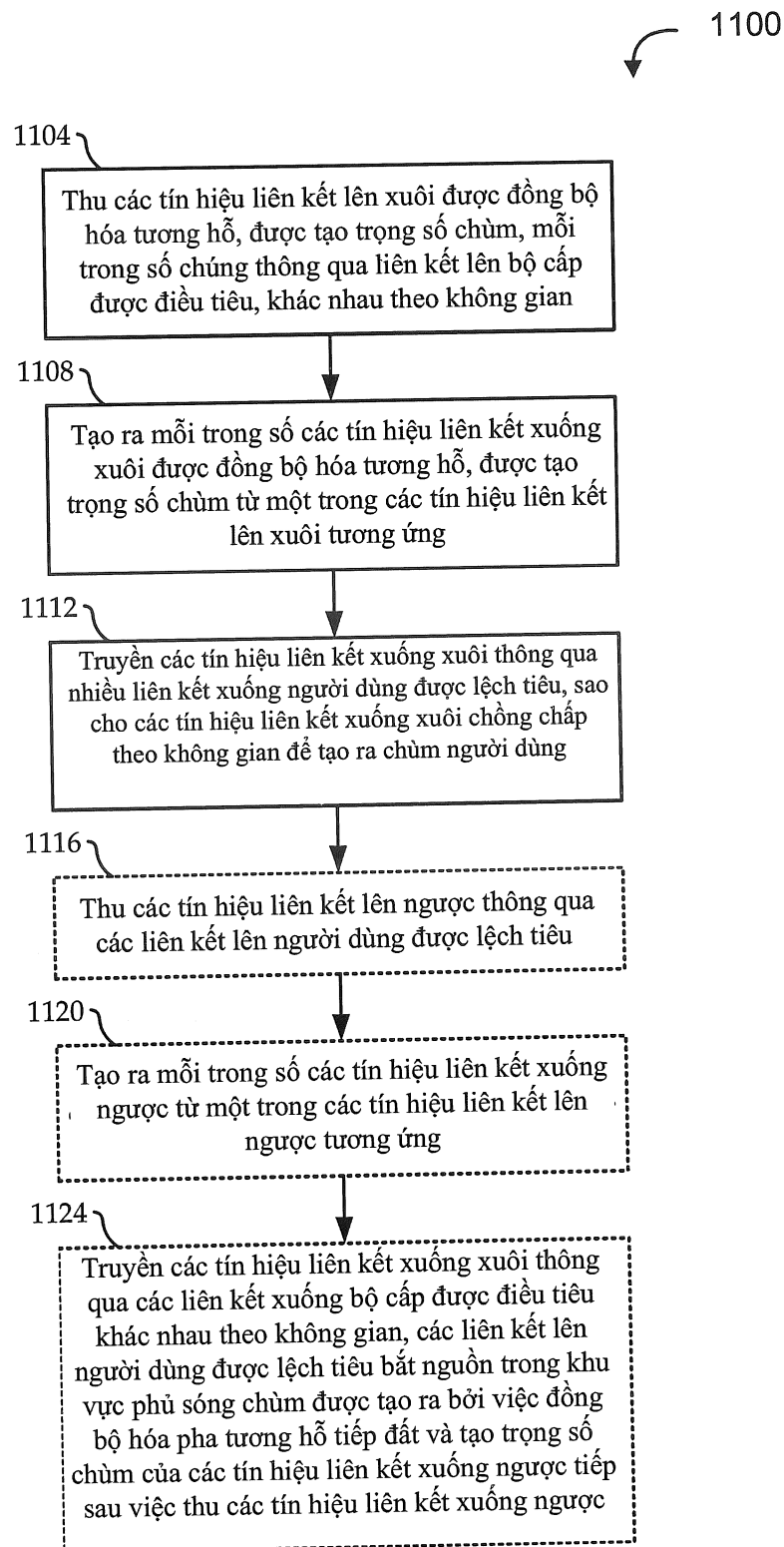




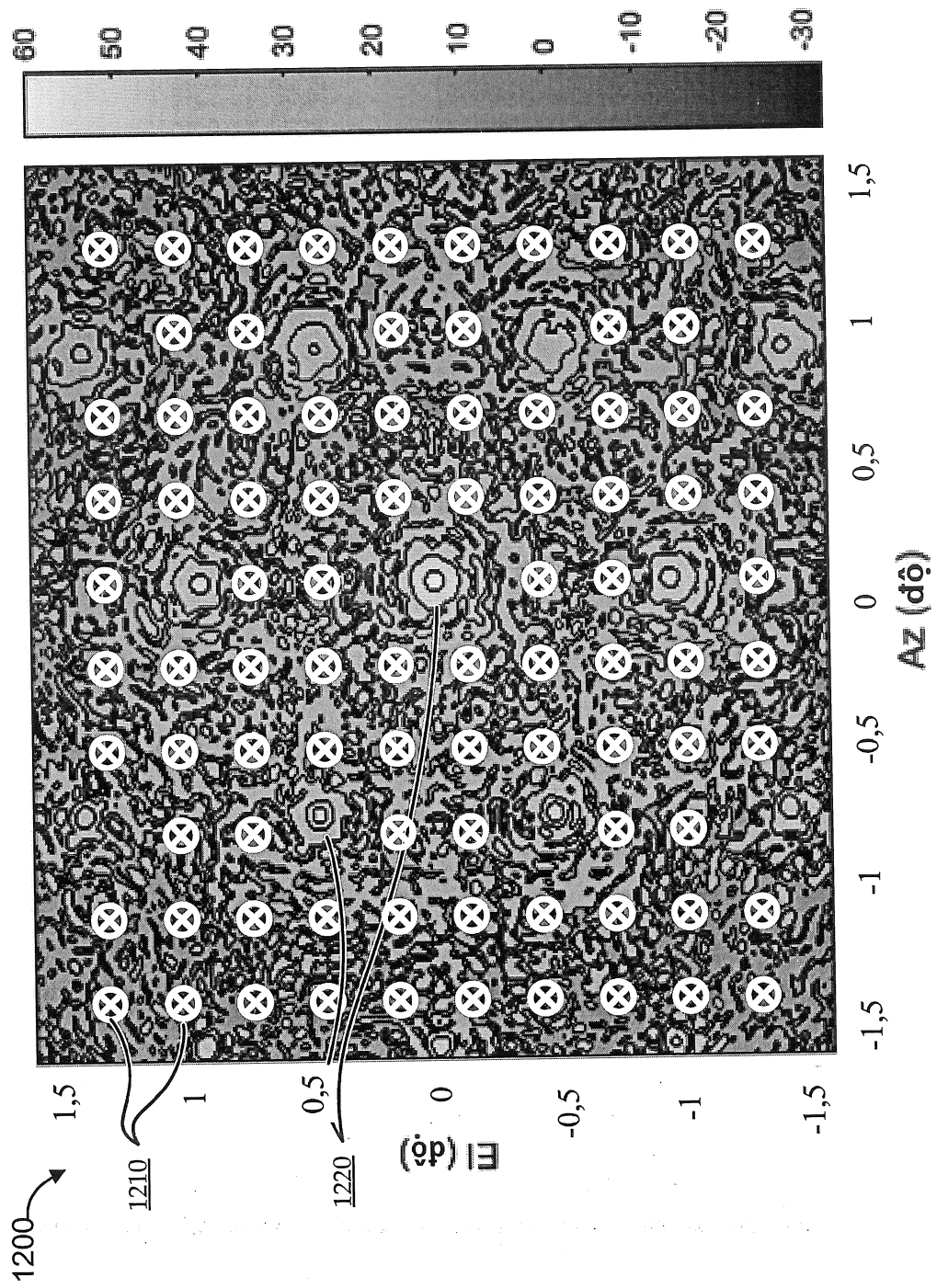
Hình 9

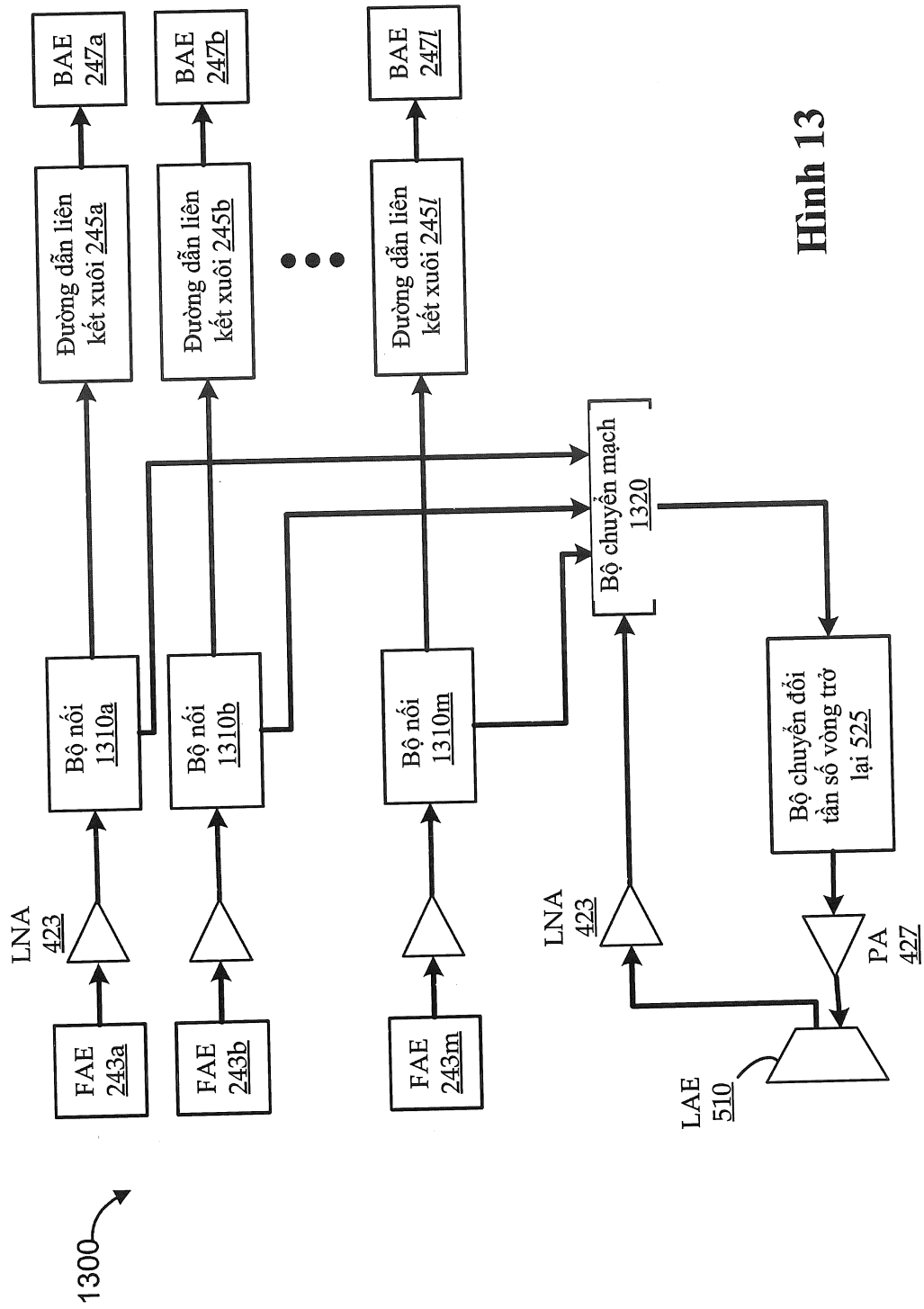


Hình 10

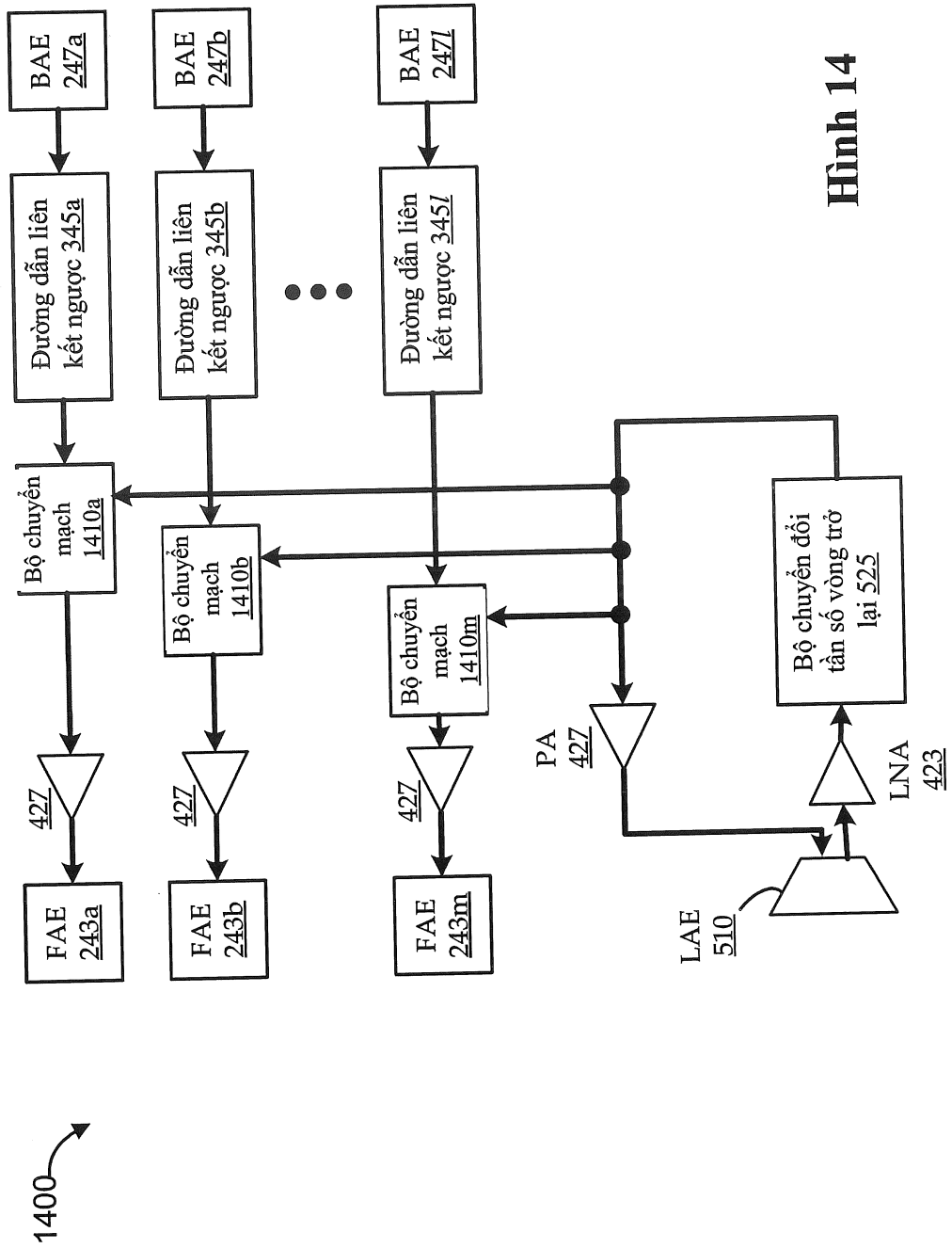
**Hình 11**

Hình 12

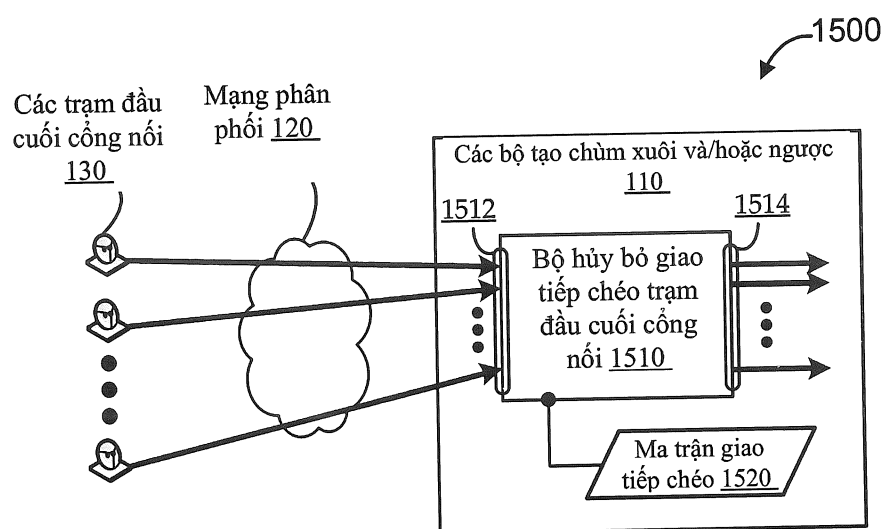




Hình 13



Hình 14



Hình 15