

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 693 682**

51 Int. Cl.:

H04B 7/204 (2006.01)

H04B 7/185 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.03.2010 PCT/US2010/026934**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.09.2010 WO10111041**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2010 E 10756573 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018 EP 2412177**

54 Título: **Colocación de puertas de enlace cerca de haces de servicio**

30 Prioridad:

25.03.2009 US 411315

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

13.12.2018

73 Titular/es:

**VIASAT INC. (100.0%)
6155 El Camino Real
Carlsbad, CA 92009, US**

72 Inventor/es:

**MILLER, MARK J. y
DANKBERG, MARK D.**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 693 682 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Colocación de puertas de enlace cerca de haces de servicio

5 **Campo**

La presente descripción se refiere a sistemas de comunicación vía satélite en general y, en particular, para manejar un sistema satelital de múltiples haces utilizando la ubicación del abonado y el terminal de puerta de enlace y la reutilización de frecuencias.

10

Antecedentes

Los servicios satelitales de banda ancha para consumidores están ganando terreno en Norteamérica con la puesta en marcha de servicios de red en estrella utilizando satélites en banda Ka. Si bien estos sistemas satélite de primera generación pueden proporcionar una capacidad total por satélite de multigigabit por segundo (Gbps), el diseño de tales sistemas limita de forma inherente el número de clientes que pueden recibir el servicio adecuadamente.

15

Los satélites geoestacionarios pueden presentar una visión efectiva que abarca una gran parte de la superficie de la Tierra, por ejemplo, el continente norteamericano. El espectro de frecuencia asignado al sistema de comunicación vía satélite es limitado; sin embargo, los operadores de sistemas han desarrollado sistemas de haces puntuales para dividir el área de cobertura en porciones más pequeñas que pueden reutilizar el espectro de frecuencia asignado. Los haces puntuales se dividen en "colores", donde las señales de diferentes colores no interfieren con las señales de otros colores. Cada área atendida por un color se separa espacialmente de tal manera que cualquier interferencia se vea mitigada por la distancia. En general, los colores vienen definidos por una combinación única de frecuencia y polarización, aunque puede emplearse todo tipo de técnicas para hacer que las señales sean ortogonales, tales como la separación de tiempo, la codificación ortogonal, etc. Para los fines del presente trabajo, se utiliza la separación de color, frecuencia y polarización.

20

25

La patente US-2005/0197060 A1 describe una estructura escalable de red de haz puntual multisatélite que emplea una pluralidad de satélites de haz puntual relativamente pequeños y un número de satélites libres, todos los cuales presentan un diseño bastante similar.

30

La patente US-2003/0050008 A1 describe un sistema escalable de transmisión de datos por satélite que proporciona servicios de banda ancha creciente a escala global mediante el uso de células fijas a la Tierra.

35

La patente US-6.317.583 B1 describe un satélite canalizador de telecomunicaciones para el mapeo de señales de RF entre los haces de enlace de alimentador y enlace móvil con base en un plan de frecuencia predefinido.

La patente US-2008/0146145 A1 describe un sistema y un método para la transmisión de datos en un sistema satelital de múltiples haces.

40

Si bien los diseños existentes presentan una serie de limitaciones de capacidad, la demanda de tales servicios de banda ancha continúa en aumento. En los últimos años se han visto grandes avances en la tecnología de comunicaciones y procesamiento. Esta tecnología, junto con el sistema innovador y el diseño de componentes seleccionados, puede aprovecharse para producir un sistema de comunicación vía satélite novedoso para suplir esta demanda.

45

Sumario

La presente descripción se refiere a sistemas y métodos para manejar un sistema satelital de múltiples haces que utiliza la posición del terminal del abonado y el de puerta de enlace y la reutilización de frecuencias. La invención se expone en las reivindicaciones independientes.

50

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1A es un diagrama de bloques de un sistema de comunicación vía satélite ilustrativo configurado según varias realizaciones de la invención.

55

La Fig. 1B muestra un diagrama de bloques que ilustra una realización alternativa de un sistema de comunicación vía satélite.

60

La Fig. 2A es un ejemplo de un sistema de múltiples haces configurado según varias realizaciones de la invención.

La Fig. 2B es otro ejemplo de un sistema de múltiples haces configurado según varias realizaciones de la invención.

La Fig. 3 presenta una realización de un sistema de puertas de enlace terrestre que se muestra en forma de diagrama de bloques.

65

La Fig. 4 presenta una realización de un SMTS que se muestra en forma de diagrama de bloques.

La Fig. 5 presenta una realización de un satélite que se muestra en forma de diagrama de bloques.

5 La Fig. 6A presenta una realización de un traductor ascendente mostrado en forma de diagrama de bloques.

La Fig. 6B presenta una realización de un traductor descendente mostrado como un diagrama de bloques.

10 La Fig. 7 es un diagrama de bloques que ilustra un conjunto de equipo de abonado que puede estar situado en la ubicación del abonado para la recepción y transmisión de señales de comunicación.

La Fig. 8 muestra una realización de un canal descendente.

15 La Fig. 9 muestra una realización de un canal ascendente.

La Fig. 10 muestra una realización de un transmisor de puerta de enlace.

La Fig. 11 muestra una realización de un receptor de puerta de enlace.

20 La Fig. 12A ilustra una realización de un sistema de distribución de enlace directo.

La Fig. 12B ilustra una realización de un sistema de distribución del enlace de retorno.

25 La Fig. 13 muestra una realización de un diagrama de canal.

La Fig. 14 presenta un plan de reutilización de frecuencia ilustrativo que puede adoptarse según una realización de la invención.

30 La Fig. 15 presenta un sistema ilustrativo que emplea el uso adaptable de bandas satelitales de enlace ascendente según una realización de la invención.

La Fig. 16 es un ejemplo de colocaciones de puertas de acceso con relación a las áreas de cobertura del haz de servicio según varias realizaciones de la invención.

35 Las Fig. 17A-B son un plan de reutilización de frecuencia ilustrativo que puede adoptarse para un terminal de puerta de enlace ubicado cerca del haz de servicio A según una realización de la invención.

Las Fig. 18A-B son un plan de reutilización de frecuencia ilustrativo que puede adoptarse para un terminal de puerta de enlace situado cerca de los haces de servicio C y D según una realización de la invención.

40

Descripción detallada de la invención

45 Varias realizaciones de la presente invención comprenden sistemas, métodos, dispositivos y aplicaciones informáticas para una red satelital de banda ancha novedosa. Esta descripción proporciona únicamente realizaciones ilustrativas y no pretende limitar el alcance, la capacidad de aplicación o la configuración de la invención. Más bien, la consiguiente descripción de las realizaciones proporcionará a los expertos en la técnica una descripción que permita implementar las realizaciones de la invención. Se pueden hacer varios cambios en la función y disposición de los elementos sin abandonar el ámbito de la invención definido por las reivindicaciones adjuntas.

50 Por lo tanto, varias realizaciones pueden omitir, sustituir, o agregar varios procedimientos o componentes según sea apropiado. Por ejemplo, debe apreciarse que, en realizaciones alternativas, los métodos pueden realizarse en un orden diferente al descrito, y que se pueden agregar, omitir o combinar diversas etapas. Además, las características descritas con respecto a ciertas realizaciones pueden combinarse en diversas otras realizaciones. Los diferentes aspectos y elementos de las realizaciones pueden combinarse de una manera similar. También, es posible que sean necesarias varias etapas antes, después o al mismo tiempo con las siguientes realizaciones.

55 Debe apreciarse también que los siguientes sistemas, métodos, dispositivos y aplicaciones informáticas pueden constituir componentes de un sistema de mayor tamaño, en donde otros procedimientos pueden tener prioridad por encima de su aplicación o modificarla de otra manera.

60

65 La **Fig. 1A** es un diagrama de bloques de un sistema de comunicación vía satélite 100 ilustrativo configurado según varias realizaciones de la invención. El sistema de comunicación vía satélite 100 incluye una red 120, tal como la Internet, interconectada con una puerta 115 de enlace que se configura para comunicarse con uno o más terminales 130 de abonado a través de un satélite 105. La puerta 115 de enlace se denomina en ocasiones concentrador o estación terrestre. Algunas veces, los terminales 130 de abonado se denominan módem, módem satélite o terminal de usuario. Como se menciona anteriormente, si bien el sistema de comunicaciones 100 se ilustra como un sistema de

comunicación basado en un satélite geoestacionario 105, debe observarse que varias realizaciones descritas en la presente no se limitan al uso en sistemas basados en satélites geoestacionarios, por ejemplo, algunas realizaciones podrían ser sistemas basados en satélites de órbita terrestre baja (LEO, por sus siglas en inglés).

5 La red 120 puede ser cualquier tipo de red y puede incluir, por ejemplo, la Internet, una red IP, una red interna, una red de área extendida (“WAN”, por sus siglas en inglés), una red de área local (“LAN”, por sus siglas en inglés), una red virtual privada, la Red Telefónica Conmutada (“PSTN”, por sus siglas en inglés) y/o cualquier otro tipo de red con capacidad para transmitir datos entre los dispositivos descritos en la presente, en diferentes realizaciones. La red 120 puede incluir tanto conexiones por cable como inalámbricas, incluyendo enlaces
10 ópticos. Muchos otros ejemplos son posibles y evidentes para los expertos en la técnica a la luz de esta descripción. Tal como se ilustra en un número de realizaciones, la red puede conectar la puerta 115 de enlace con otras puertas de enlace (no representadas) que también estén en comunicación con el satélite 105.

15 La puerta 115 de enlace proporciona una interfaz entre la red 120 y el satélite 105. La puerta 115 de enlace puede configurarse para recibir datos e información dirigidos a uno o más terminales 130 de abonado y puede formatear los datos y la información para su envío al correspondiente dispositivo de destino a través del satélite 105. De manera similar, la puerta 115 de enlace puede configurarse para recibir señales del satélite 105 (p. ej., desde uno o más terminales 120 de abonado) dirigidas a un destino dentro de la red 120 y puede formatear las señales recibidas para la transmisión a lo largo de la red 120.

20 Un dispositivo (no mostrado) conectado a la red 120 puede comunicarse con uno o más terminales de abonado y a través de la puerta 115 de enlace. Los datos y la información, por ejemplo, datagramas IP, pueden enviarse desde un dispositivo en la red 120 a la puerta 115 de enlace. La puerta 115 de enlace puede formar un marco de control de acceso medio (MAC, por sus siglas en inglés) según una definición de capa física para transmisión con el satélite 130. Se puede utilizar una variedad de técnicas de modulación de transmisión y codificación de la capa física con ciertas realizaciones de la invención, incluyendo las definidas con los estándares DVB-S2 y WiMAX. A continuación en la memoria, el enlace 135 desde la puerta 115 de enlace al satélite 105 puede denominarse el enlace ascendente 135 descendente.

30 La puerta 115 de enlace puede utilizar una antena 110 para transmitir la señal al satélite 105. En una realización, la antena 110 comprende un reflector parabólico con alta direccionalidad en la dirección del satélite y baja direccionalidad en otras direcciones. La antena 110 puede comprender una variedad de configuraciones alternativas e incluir características operativas tales como un alto aislamiento entre polarizaciones ortogonales, una alta eficacia en las bandas de frecuencia operativas y bajo ruido.

35 En una realización, un satélite geoestacionario 105 está configurado para recibir las señales de la ubicación de la antena 110 y dentro de la banda de frecuencia y polarización específica transmitidas. El satélite 105 puede utilizar, por ejemplo, una antena reflectora, una antena de lente, un conjunto de antenas, una antena activa o cualquier otro mecanismo conocido en la técnica para la recepción de tales señales. El satélite 105 puede procesar las señales recibidas desde la puerta 115 de enlace y enviar la señal desde la puerta 115 de enlace manteniendo el marco MAC en uno o más terminales 130 de abonado. En una realización, el satélite 105 funciona en modo de múltiples haces, transmitiendo un número de haces estrechos, cada uno de ellos dirigido a una región diferente de la Tierra, lo que permite la reutilización de la frecuencia. Con un satélite de haces múltiples 105 de tales características puede haber cualquier número de configuraciones de conmutación de señal diferentes en el satélite, permitiendo que las señales de una sola puerta 115 de enlace se conmuten entre diferentes haces puntuales. En otra realización, el satélite 105
40 puede configurarse como satélite transparente, en donde el satélite puede convertir a frecuencia las ondas de portadoras recibidas antes de retransmitirlas a su destino, realizando un procesamiento mínimo o nulo sobre el contenido de estas. El satélite 105 puede utilizar diversas técnicas de modulación de transmisión y codificación de la capa física, según ciertas realizaciones de la invención, incluyendo las definidas con los estándares DVB-S2 y WiMAX. Para otras realizaciones, son posibles un número de configuraciones (p. ej., utilizando satélites LEO o una red de malla en lugar de una red en estrella), como es evidente para los expertos en la técnica.

50 Las señales de servicio transmitidas desde el satélite 105 pueden recibirse en uno o más terminales 130 de abonado, a través de la respectiva antena 125 de abonado. En una realización, la antena 125 y el terminal 130 comprenden juntos un terminal de muy pequeña apertura (VSAT, por sus siglas en inglés) en el que la antena 125 mide aproximadamente
55 0,6 metros de diámetro y tiene aproximadamente 2 vatios de potencia. En otras realizaciones, se puede utilizar una variedad de otros tipos de antena 125 en los terminales 130 de abonado para recibir la señal desde el satélite 105. El enlace 150 desde el satélite 105 a los terminales 130 de abonado puede denominarse en lo sucesivo enlace descendente 150 descendente. Cada uno de los terminales 130 de abonado puede comprender un único terminal de usuario o, de forma alternativa, comprender un concentrador o enrutador (no representado) que se acopla a múltiples terminales de usuario. Cada terminal de abonado 130 puede estar conectado a equipos 160 locales de clientes (CPE, por sus siglas en inglés) que comprendan, por ejemplo, ordenadores, redes de área local, dispositivos de Internet, redes inalámbricas, etc.

65 En una realización, se utiliza un esquema de frecuencia múltiple de acceso múltiple por división de tiempo (MF-TDMA, por sus siglas en inglés) para los enlaces ascendentes 140 y 145, permitiendo el flujo eficiente del tráfico y manteniendo a la vez la flexibilidad en la capacidad de asignación entre cada uno de los terminales 130 de abonado. En esta realización, se asigna un número de canales de frecuencia que pueden ser fijos o que pueden asignarse de

manera más dinámica. También se puede emplear un esquema de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA, por sus siglas en inglés) en cada canal de frecuencia. En este esquema, cada canal de frecuencia puede dividirse en varias ranuras de tiempo que pueden asignarse a una conexión (es decir, a un terminal 130 de abonado). En otras realizaciones, uno o más de los enlaces ascendentes 140 y 145 pueden configurarse utilizando otros esquemas, tales como acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA, por sus siglas en inglés), acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales (OFDMA, por sus siglas en inglés), acceso múltiple por división de código (CDMA, por sus siglas en inglés) o cualquier cantidad de esquemas híbridos u otros conocidos en la técnica.

El terminal de abonado, por ejemplo, 130-a, puede transmitir datos e información a una red 120 de destino mediante el satélite 105. El terminal 130 de abonado transmite las señales a través del enlace ascendente 145-a ascendente al satélite 105 utilizando la antena 125-a. El terminal 130 de abonado puede transmitir las señales según técnicas de modulación de transmisión y codificación de la capa física, incluyendo las definidas con los estándares DVB-S2 y WiMAX. En varias realizaciones, las técnicas de la capa física pueden ser las mismas para cada uno de los enlaces 135, 140, 145, 150, o pueden ser diferentes. El enlace del satélite 105 a la puerta 115 de enlace puede denominarse en lo sucesivo el enlace ascendente 140 descendente.

Con respecto a la **Fig. 1B**, se muestra un diagrama de bloques que ilustra una realización alternativa de un sistema de comunicación vía satélite 100. Este sistema de comunicación 100 puede, por ejemplo, comprender el sistema 100 de la Fig. 1A, pero, en este caso, se describe con mayor particularidad. En esta realización, la puerta 115 de enlace incluye un sistema de terminación de módem de satélite (SMTS, por sus siglas en inglés) que se basa al menos en parte en el estándar de interfaz para servicios de datos por cable (DOCSIS, por sus siglas en inglés). El SMTS en esta realización incluye un banco de moduladores y demoduladores para transmitir señales a y recibir señales de terminales 130 de abonado. El SMTS en la puerta 115 de enlace realiza la programación en tiempo real del tráfico de señales a través del satélite 105 y proporciona las interfaces para la conexión a la red 120.

En esta realización, los terminales 135 de abonado utilizan, además, partes de un sistema de circuitos módem basado en DOCSIS. Por tanto, el SMTS puede utilizar gestión de recursos, protocolos y programadores basados en DOCSIS para la provisión eficiente de mensajes. Los componentes basados en DOCSIS pueden modificarse, en varias realizaciones, para adaptarse para utilizarse en este. Por tanto, ciertas realizaciones pueden utilizar ciertas partes de las especificaciones DOCSIS, personalizando otras.

Aunque anteriormente se establece ampliamente un sistema de comunicación vía satélite 100 aplicable a varias realizaciones de la invención, a continuación se describe una realización particular de dicho sistema 100. En este ejemplo particular, se utilizarán aproximadamente 2 gigahercios (GHz) de ancho de banda, lo que comprende cuatro bandas de 500 megahercios (MHz) de espectro contiguo. El uso de la doble polarización circular tiene como resultado una frecuencia utilizable que comprende ocho bandas no superpuestas de 500 MHz con 4 GHz de ancho de banda utilizable total. Esta realización particular utiliza un satélite de múltiples haces 105 con separación física entre las puertas de enlace 115 y los haces puntuales del abonado y está configurada para permitir la reutilización de la frecuencia en los diversos enlaces 135, 140, 145 y 150. Se utiliza un amplificador de tubo de onda progresiva (TWTA, por sus siglas en inglés) para cada haz puntual de enlace de servicio en el enlace descendente descendente y cada TWTA se opera a saturación completa para la máxima eficacia. Una sola onda de portadora de banda ancha, por ejemplo, utilizando una de las bandas de frecuencia de 500 MHz en su totalidad, llena toda la anchura de banda del TWTA, permitiendo así una cantidad mínima de componentes de hardware espacial. El tamaño del haz puntual y la potencia del TWTA se pueden optimizar para obtener la máxima densidad de flujo en la superficie de la Tierra de 118 dbW por metro cuadrado por megahercio ($\text{dbW}/\text{m}^2/\text{MHz}$). Así, al utilizar aproximadamente 2 bits por segundo por hercio (bits/s/Hz), hay aproximadamente 1 Gbps de ancho de banda disponible por haz puntual.

Con referencia a la **Fig. 12A**, se muestra una realización de un sistema de distribución de enlace directo 1200. La puerta 115 de enlace se muestra acoplada a una antena 110 que genera cuatro señales descendentes. Se utiliza una portadora única con 500 MHz de espectro para cada uno de los cuatro enlaces ascendentes 135 descendentes. En esta realización, un total de dos frecuencias y dos polarizaciones hacen posibles cuatro enlaces ascendentes 135 descendentes separados que utilizan sólo 1 GHz del espectro. Por ejemplo, el enlace A 135-A podría ser la frecuencia 1U (27,5-28,0 GHz) con polarización hacia la izquierda, el enlace B 135-B podría ser la frecuencia 1U (27,5-28,0 GHz) con polarización hacia la derecha, el enlace C podría ser la frecuencia 2U (29,5-30 GHz) con polarización hacia la izquierda y el enlace D podría ser la frecuencia 2U (29,5-30 GHz) con polarización hacia la derecha.

El satélite 105 se representa funcionalmente como cuatro conexiones “transparentes” entre un enlace de alimentador y un enlace de servicio. Las ondas de portadora pueden cambiarse a través de las conexiones “transparentes” del satélite 105 junto con la orientación de polarización. El satélite 105 convierte cada señal de enlace ascendente 135 descendente en una señal de enlace descendente 150 descendente.

En esta realización, hay cuatro enlaces descendentes 150 descendentes, cada uno de los cuales proporciona un enlace de servicio a cuatro haces puntuales 205. El enlace descendente 150 descendente puede cambiar la frecuencia de transparente, como es el caso en esta realización. Por ejemplo, el enlace ascendente A 135-A descendente cambia de una primera frecuencia (es decir, frecuencia 1U) a una segunda frecuencia (es decir, frecuencia 1D) a través del satélite 105. Otras realizaciones también pueden cambiar la polarización entre el enlace ascendente y el descendente

para un canal descendente dado. Algunas realizaciones pueden utilizar la misma polarización y/o frecuencia tanto para el enlace ascendente como el enlace descendente para un canal descendente dado.

En la **Fig. 12B** se muestra una realización de un sistema de distribución del enlace de retorno. Esta realización muestra cuatro enlaces ascendentes 145 ascendentes de cuatro conjuntos de terminales de abonado 125. Un satélite "transparente" 105 lleva los enlaces ascendentes 145 ascendentes, opcionalmente, cambia la frecuencia y/o polarización de la portadora (no se muestra) y, después, los redirige como enlaces descendentes 140 ascendentes hacia un haz puntual para una puerta 115 de enlace. En esta realización, la frecuencia portadora cambia entre el enlace ascendente 145 y el enlace descendente 140, pero la polarización se mantiene igual. Debido a que los haces puntuales de alimentador a la puerta 115 de enlace no están en el área de cobertura de los haces de servicio, los mismos pares de frecuencia pueden reutilizarse para enlaces de servicio y enlaces de alimentador.

Pasando a las **Figs. 2A y 2B**, se muestran ejemplos de un sistema de múltiples haces 200 configurado según varias realizaciones de la invención. El sistema de múltiples haces 200 puede implementarse, por ejemplo, en la red 100 descrita en las Figs. 1A y 1B. Se muestra la cobertura de un número de regiones de haces puntuales de alimentador y servicio 225 y 205. En esta realización, un satélite 215 reutiliza bandas de frecuencia mediante el aislamiento de la directividad de la antena a ciertas regiones de un país (p. ej., Estados Unidos, Canadá o Brasil). Como se muestra en la Fig. 2A, hay una total exclusividad geográfica entre el haz puntual de alimentador y el de servicio 205 y 225. No es así en la Fig. 2B, donde en algunos casos puede haber superposición del haz puntual de servicio (p. ej., 205-c, 205-d, 205-e), sin que se produzca superposición en otras áreas. Sin embargo, con la superposición, existen ciertos problemas de interferencia que pueden inhibir la reutilización de la banda de frecuencia en las regiones de superposición. Un patrón de cuatro colores permite evitar las interferencias incluso cuando existe cierta superposición entre los haces 205 de servicio adyacentes.

En esta realización, los terminales de puerta de enlace 210 también se muestran junto con sus haces 225 de alimentador. Como se muestra en la Fig. 2B, los terminales de puerta de enlace 210 pueden ubicarse en una región cubierta por un haz puntual de servicio (p. ej., la primera, segunda y cuarta puertas de enlace 210-1, 210-2, 210-4). Sin embargo, una puerta de enlace también puede estar ubicada fuera de una región cubierta por un haz puntual de servicio (p. ej., la tercera puerta de enlace 210-3). Al ubicar los terminales de puerta de enlace 210 fuera de las regiones del haz puntual de servicio (p. ej., la tercera puerta de enlace 210-3), se logra una separación geográfica que posibilita la reutilización de las frecuencias asignadas.

Con frecuencia, hay terminales de puerta de enlace 210 sobrantes en un haz 225 puntual de alimentador dado. El terminal de puerta de enlace 210-5 sobrante puede sustituir al terminal de puerta de enlace 210-4 primario si el terminal de puerta de enlace 210-4 primario no funciona adecuadamente. De forma adicional, los terminales sobrantes pueden utilizarse cuando los primarios se vean afectados por el clima.

En la **Fig. 8**, se muestra una realización de un canal descendente 800. El canal descendente 800 incluye una serie de supertramas 804 en sucesión, donde cada supertrama 804 puede tener el mismo tamaño o puede variar en tamaño. Esta realización divide una supertrama 804 en un número de canales virtuales 808 (1-n). Los canales virtuales 808 (1-n) de cada supertrama 804 pueden ser del mismo tamaño o de diferentes tamaños. El tamaño de los canales virtuales 808 (1-n) puede cambiar entre diferentes supertramas 804. De forma opcional, puede emplearse una codificación diferente para los diversos canales virtuales 808 (1-n). En algunas realizaciones, los canales virtuales tienen una duración mínima de un símbolo.

Con referencia a la **Fig. 9**, se muestra una realización de un canal ascendente 900. Esta realización utiliza MF-TDMA, pero otras realizaciones pueden utilizar CDMA, OFDM u otros esquemas de acceso. En una realización, el canal ascendente 900 tiene un ancho de banda total de 500 MHz. El ancho de banda total se divide en subcanales de frecuencia m , que pueden diferir en ancho de banda, modulación, codificación, etc., y también pueden variar en duración en función de las necesidades del sistema.

En esta realización, cada terminal 130 de abonado recibe un mapa bidimensional (2D) para utilizar en su tráfico ascendente. El mapa 2D tiene un número de entradas, donde cada una indica un subcanal de frecuencia 912 y un segmento de tiempo 908(1-5). Por ejemplo, un terminal 130 de abonado tiene asignado el subcanal m 912- m , primer segmento de tiempo 908-1; subcanal dos 912-2, segundo segmento de tiempo 908-2; subcanal dos 912-2, tercer segmento de tiempo 908-3; etc. El mapa 2D se ajusta de forma dinámica para cada terminal 130 de abonado, según la necesidad prevista por un programador en el SMTS.

En la **Fig. 13** se muestra una realización de un diagrama de canales. Sólo se muestran los canales para un único haz 225 puntual de alimentador y un único haz 205 puntual de servicio, pero las realizaciones incluyen muchos haces puntuales de tipo 225 y 205 (p. ej., varias realizaciones podrían tener 60, 80, 100, 120, etc. de cada tipo de haz puntual 225 y 205). El canal de envío 800 incluye canales virtuales n 808 que se desplazan desde la antena 110 de puerta de enlace hasta el haz 205 puntual de servicio. Cada terminal 130 de abonado puede tener asignado uno o más de los canales virtuales 808. Los canales m MF-TDMA 912 conforman el canal de retorno 900 entre las antenas del terminal de abonado 125 (ST, por sus siglas en inglés) y el haz 225 puntual de alimentador.

En la **Fig. 3**, se muestra una realización de un sistema de tierra 300 de puertas de enlace 115 en forma de diagrama de bloques. Una realización podría tener quince puertas de enlace 115 activas (y, posiblemente, terminales sobrantes) para generar, por ejemplo, sesenta haces puntuales de servicio. El sistema de tierra 300 incluye varias puertas de enlace 115, acopladas respectivamente a antenas 110. Todas las puertas de enlace 115 se acoplan a una red 120, tal como la Internet. La red se utiliza para recolectar información para los terminales de abonado. De forma adicional, cada SMTS se comunica con otros SMTS y la Internet por medio de la red 120 u otros medios no mostrados.

Cada puerta 115 de enlace incluye un transceptor 305, un SMTS 310 y un enrutador 325. El transceptor 305 incluye tanto un transmisor como un receptor. En esta realización, el transmisor toma una señal de banda base y convierte y amplifica la señal de banda base para la transmisión de los enlaces ascendentes 135 descendentes con la antena 110. El receptor convierte y reduce y sintoniza los enlaces descendentes 140 ascendentes junto con otro procesamiento como se explica a continuación. El SMTS 310 procesa señales para permitir que los terminales de abonado soliciten y reciban información y programa ancho de banda para los canales de envío y retorno 800 y 900. De forma adicional, el SMTS 310 proporciona información de configuración y recibe el estado de los terminales 130 de abonado. Cualquier información solicitada o devuelta se envía a través del enrutador 325.

Con referencia a la **Fig. 11**, se muestra una realización del receptor de puerta de enlace 1100. Esta realización del receptor 1100 procesa cuatro canales de retorno 900 a partir de cuatro haces 205 puntuales de servicio diferentes. Los canales de retorno 900 pueden dividirse entre cuatro rutas mediante la polarización y/o filtración de antena 1104. Cada canal de retorno está acoplado a un amplificador de bajo ruido 1108 (LNA, por sus siglas en inglés). La conversión descendente 1112 mezcla la señal reduciéndola en su frecuencia intermedia. Cada subcanal ascendente 912 se separa de la señal por medio de un número de sintonizadores 1116. El procesamiento adicional se realiza en los SMTS 310.

En la **Fig. 10**, se muestra una realización de un transmisor de puerta de enlace 1000. Los canales descendentes 800 son recibidos en sus frecuencias intermedias desde los SMTS 310. Con rutas separadas, cada canal descendente 800 se convierte ascendentemente en 1004 utilizando dos frecuencias de portadoras diferentes. Un amplificador de potencia 1008 aumenta la amplitud del canal de envío 900 antes de acoplarse a la antena 110. La antena 110 polariza las señales separadas para mantener los cuatro canales de envío 800 distintos a medida que se transmiten al satélite 105.

Con referencia a la **Fig. 4**, se muestra una realización de un SMTS 310 en forma de diagrama de bloques. El procesamiento de banda base se lleva a cabo para los enlaces de entrada y salida 135 y 140 a través de un número de puertas de enlace 115 separadas geográficamente. Generalmente, cada SMTS 310 está dividido en dos secciones, específicamente, la parte descendente 305 para enviar información al satélite 105 y la parte ascendente 315 para recibir información del satélite 105.

La parte descendente 305 obtiene información de la matriz de conmutación 416 a través de un número de hojas descendentes (DS, por sus siglas en inglés) 412. Las hojas DS 412 están divididas entre un número de generadores descendentes 408. Esta realización incluye cuatro generadores descendentes 408, uno para cada canal descendente 800. Por ejemplo, esta realización utiliza cuatro intervalos de espectro separados de 500 MHz que tienen frecuencias y/o polarizaciones diferentes. Un modulador de cuatro colores 436 tiene un modulador para cada respectivo generador de DS 408. Las señales moduladas se acoplan a la parte transmisora 1000 del transceptor 305 en una frecuencia intermedia. Cada uno de los cuatro generadores descendentes 408 en esta realización tiene hojas DS virtuales 412 J.

La parte ascendente 315 de SMTS 310 recibe y procesa información del satélite 105 en la frecuencia intermedia de la banda base. Después de que la parte receptora 1100 del transceptor 305 produzca todos los subcanales 912 para las cuatro señales ascendentes de banda base separadas, cada subcanal 912 se acopla a un demodulador 428 diferente. Algunas realizaciones podrían incluir un conmutador antes de los demoduladores 428 para permitir que cualquier subcanal de enlace de retorno 912 vaya a cualquier demodulador 428 para permitir la reasignación dinámica entre los cuatro canales de retorno 908. Una cantidad de demoduladores se destinan a una hoja ascendente (US, por sus siglas en inglés) 424.

Las hojas US 424 sirven para recuperar la información recibida del satélite 105 antes de suministrarla a la matriz de conmutación 416. El programador US 430 en cada hoja US 424 sirve para programar el uso del canal de retorno 900 para cada terminal 130 de abonado. Las necesidades futuras de un canal de retorno 900 particular de los terminales 130 de abonado se pueden evaluar y, en consecuencia, es posible ajustar el ancho de banda y los tiempos de espera en colaboración con el bloque administrador de recursos y equilibrador de carga 420 (RM/LB, por sus siglas en inglés).

El bloque RM/LB 420 asigna tráfico entre las hojas US y DS. Mediante la comunicación con otros bloques de RM/LB 420 en otros SMTS 310, cada bloque de RM/LB 420 puede reasignar los terminales 130 de abonado y los canales 800 y 900 a otras puertas de enlace 115. Esta reasignación puede tener lugar por varios motivos, por ejemplo, por la ausencia de preocupaciones respecto a recursos y/o carga. En esta realización, las decisiones se toman de una manera distribuida entre los bloques RM/LB 420, pero las decisiones de otras realizaciones podrían ser tomadas por un bloque MR/LB maestro o en alguna otra autoridad central de toma de decisiones. La reasignación de los terminales 130 de abonado podría utilizar, por ejemplo, haces 205 puntuales de servicio superpuestos.

En la **Fig. 5**, se muestra una realización de un satélite 105 en forma de diagrama de bloques. En esta realización, el satélite 105 se comunica con quince puertas de enlace 115 y todos los STs 130 utilizando sesenta haces puntuales de alimentador y de servicio 225 y 205. Otras realizaciones podrían utilizar más o menos puertas de enlace/haces puntuales. La potencia de distribución 512 se suministra utilizando una fuente de energía, tal como combustible químico, combustible nuclear y/o energía solar. Se emplea un controlador de satélite 516 para mantener la postura del satélite 105, así como para controlarlo. Es posible cargar actualizaciones de software al satélite 105 desde la puerta 115 de enlace, que se llevan a cabo por medio del controlador satelital 516.

La información pasa en dos direcciones a través del satélite 105. Un traductor descendente 508 recibe información de las quince puertas de enlace 115 para su retransmisión a los terminales 130 de abonado utilizando sesenta haces 205 puntuales de servicio. Un traductor ascendente 504 recibe información de los terminales 130 de abonado que ocupan las áreas de los sesenta haces puntuales y retransmite dicha información a las quince puertas de enlace 115. Esta realización del satélite puede conmutar frecuencias portadoras en los procesadores descendente o ascendente 508 y 504 en una configuración "transparente", pero otras realizaciones podrían hacer la conmutación de banda base entre los diversos canales de envío y retorno 800 y 900. Las frecuencias y la polarización de cada haz puntual 225 y 205 podrían ser programables o preconfiguradas.

Con referencia a la **Fig. 6A**, se muestra una realización de un traductor ascendente 504 en forma de diagrama de bloques. Un bloque receptor y convertidor y reductor (Rx/DC) 616 recibe toda la información del enlace de retorno para el área definida por un haz 205 puntual como señal análoga antes de la conversión a una frecuencia intermedia (IF, por sus siglas en inglés). Hay un bloque Rx/DC 616 por cada área de haz 205 puntual de servicio. Un conmutador IF 612 envía una señal de banda base particular desde un bloque Rx/DC 616 a un canal de enlace descendente ascendente particular. El canal de enlace descendente ascendente se llena utilizando un bloque convertidor y amplificador de tubo de onda progresiva 620 (UC/TWTA, por sus siglas en inglés). La frecuencia y/o polarización puede modificarse mediante este proceso, de tal manera que cada canal ascendente pase a través del satélite 105 en forma transparente.

Cada puerta 115 de enlace tiene cuatro bloques UC/TWTA 620 dedicados en el traductor ascendente 504. En esta realización, dos de los cuatro bloques de UC/TWTA 620 dedicados funcionan en un primer intervalo de frecuencias y los dos funcionan en un segundo intervalo de frecuencias. De forma adicional, dos utilizan polarización hacia la derecha y otros dos utilizan polarización hacia la izquierda. Entre las dos polarizaciones y las dos frecuencias, el satélite 105 puede comunicarse con cada puerta 115 de enlace con cuatro canales de enlace descendente ascendentes separados.

Con referencia a la **Fig. 6B**, se muestra una realización de un traductor descendente 508 en forma de diagrama de bloques. Cada puerta 115 de enlace tiene cuatro canales de enlace ascendente descendentes conectados con el satélite 105 mediante el uso de dos intervalos de frecuencias y dos polarizaciones. Un bloque Rx/DC 636 toma la señal análoga y la convierte en una frecuencia intermedia. Hay un bloque Rx/DC 636 para cada uno de los sesenta canales de enlace ascendente descendentes de las quince puertas de enlace 115. El conmutador IF 628 conecta un determinado canal 800 de una puerta 115 de enlace a un determinado haz 205 puntual de servicio. Cada señal IF del conmutador 628 se modula y amplifica con un bloque UC/TWTA 632. Usando un haz puntual, una antena transmite la señal a los terminales 130 de abonado que ocupan el área del haz puntual. Igual que con el traductor ascendente 504, el traductor descendente 508 puede cambiar la frecuencia portadora y la polarización de un determinado canal descendente en forma transparente.

La **Fig. 7** comprende un diagrama de bloques que ilustra un conjunto de equipo 700 de abonado que puede estar situado en la ubicación del abonado para la recepción y transmisión de señales de comunicación. Los componentes de este conjunto de equipo 700 de abonado pueden, por ejemplo, comprender la antena 125, el terminal 130 de abonado asociado y cualquier equipo 160 local de cliente (CPE, por sus siglas en inglés), que puede ser un ordenador, una red, etc.

Una antena 125 puede recibir señales de un satélite 105. La antena 125 puede comprender una antena VSAT o cualquier antena de una gama de tipos de antena (p. ej., otras antenas parabólicas, antenas microstrip o antenas helicoidales). En algunas realizaciones, la antena 125 puede configurarse para modificar de forma dinámica su configuración y recibir mejor las señales en ciertos intervalos de frecuencia o desde ciertos lugares. Desde la antena 125, las señales se envían (en ocasiones, después de algún tipo de procesamiento) al terminal 130 de abonado. El terminal 130 de abonado puede incluir una interfaz de radiofrecuencia 705 (RF, por sus siglas en inglés), un controlador 715, un filtro 702 de canal virtual, un modulador 725, un demodulador 710, un filtro 706, un convertidor 718 de protocolo descendente, un convertidor de protocolo ascendente 722, un búfer 712 de recepción (x) y un búfer 716 de transmisión (Tx).

En esta realización, la interfaz de RF 705 tiene funciones tanto de transmisión como de recepción. La función de recepción incluye la amplificación de las señales recibidas (p. ej., con un amplificador de ruido bajo (LNA, por sus siglas en inglés)). Esta señal amplificada se convierte y reduce a continuación (p. ej., mediante el uso de un mezclador para combinarla con una señal de un oscilador local (LO, por sus siglas en inglés)). Esta señal convertida y reducida puede amplificarse nuevamente con la interfaz de RF 705 antes de procesar la supertrama 804 con el filtro 702 de canal virtual. Un subconjunto de cada supertrama 804 se extrae desde el canal descendente 800 por medio del filtro 702 de canal virtual, por ejemplo, uno o más canales virtuales 808 se filtran para procesamiento adicional.

Se pueden emplear varias técnicas de modulación y codificación en el terminal 130 de abonado para las señales recibidas de y transmitidas a un satélite. En esta realización, las técnicas de modulación incluyen BPSK, QPSK,

8PSK, 16APSK y 32PSK. En otras realizaciones, las técnicas de modulación adicionales pueden incluir ASK, FSK, MFSK y QAM, así como diversas técnicas análogas. El demodulador 710 puede demodular las señales convertidas y reducidas, enviar el canal virtual 808 demodulado a un filtro 706 para eliminar los datos previstos para un determinado terminal 130 de abonado de otra información en el canal virtual 808.

Una vez que la información destinada para dicho terminal 130 de abonado ha sido aislada, un convertidor 718 de protocolo descendente traduce el protocolo utilizado para el enlace satelital a uno utilizado por el bloque DOCSIS MAC 726. Las realizaciones alternativas podrían utilizar un bloque WiMAX MAC o una combinación de bloque DOCSIS/WiMAX. Se utiliza un búfer Rx 712 para convertir la ráfaga recibida a alta velocidad en una corriente de menor velocidad que el bloque DOCSIS MAC 726 pueda procesar. El bloque DOCSIS MAC 726 es un circuito que recibe una corriente DOCSIS y la gestiona para el CPE 160. Tareas tales como el suministro, la gestión del ancho de banda, el control de acceso, la calidad de servicio, etc., se administran mediante el bloque DOCSIS MAC 726. A menudo, el CPE puede interconectarse con el bloque DOCSIS MAC 726 a través de Ethernet, Wi-Fi, USB y/u otras interfaces estándar. En algunas realizaciones, puede utilizarse un bloque WiMax 726 en lugar de un bloque DOCSIS MAC 726 para posibilitar el uso del protocolo WiMax.

Además, cabe mencionar que, si bien se puede utilizar un convertidor 718 de protocolo descendente y un convertidor de protocolo ascendente 722 para convertir paquetes recibidos a marcos DOCSIS o WiMax compatibles para su procesamiento por un bloque MAC 726, estos convertidores no serán necesarios en muchas realizaciones. Por ejemplo, en realizaciones donde no se utilizan componentes basados en DOCSIS o WiMax, el protocolo utilizado para el enlace satelital también puede ser compatible con el bloque MAC 726 sin dichas conversiones y, por tanto, los convertidores 718 y 722 pueden excluirse.

El controlador 715 gestiona varias funciones del terminal 130 de abonado. El controlador 715 puede supervisar varias técnicas de decodificación, intercalado, cifrado y resolución, como es conocido en la técnica. El controlador también puede gestionar las funciones aplicables a las señales y al intercambio de datos procesados con uno o más CPE 160. El CPE 160 puede comprender uno o más terminales de usuario, tales como ordenadores personales, ordenadores portátiles o cualquier otro dispositivo informático conocido en la técnica.

El controlador 715, junto con los otros componentes del terminal 130 de abonado, puede implementarse en uno o más circuitos integrados para aplicaciones específicas (ASIC, por sus siglas en inglés) o un procesador de uso general adaptado para realizar las funciones aplicables. De forma alternativa, las funciones del terminal 130 de abonado pueden realizarse mediante una o más unidades (o núcleos) de procesamiento, en uno o más circuitos integrados. En otras realizaciones, pueden usarse otros tipos de circuitos integrados (p. ej., ASIC estructurados/de plataforma, conjuntos de puertas programables de campo (FPGA) y otros IC semipersonalizados), que pueden programarse de cualquier manera conocida en la técnica. El controlador puede programarse para acceder a una unidad de memoria (no mostrada). Puede extraer instrucciones y otros datos de la unidad de memoria o escribir datos en la unidad de memoria.

Como se ha indicado anteriormente, los datos también pueden transmitirse desde el CPE 160 a través del terminal 130 de abonado y hasta una satélite 105 en diversas señales de comunicación. Por tanto, el CPE 160 puede transmitir datos al bloque DOCSIS MAC 726 para la conversión al protocolo DOCSIS antes de que dicho protocolo sea traducido con un convertidor de protocolo ascendente 722. Los datos de índice lento esperan en el búfer Tx 716 hasta que se descargan en el enlace satelital.

A continuación, los datos procesados se transmiten desde el búfer Tx 716 hacia el modulador 725, donde se modulan utilizando una de las técnicas descritas anteriormente. En algunas realizaciones, se pueden utilizar técnicas de codificación y modulación adaptativas o variables en estas transmisiones. Específicamente, pueden utilizarse diferentes combinaciones de modulación y codificación o "códigos modulares" para diferentes paquetes, dependiendo de los parámetros de calidad de señal de la antena 125 al satélite 105. También pueden influir en la determinación otros factores, tales como problemas de tráfico satelital y de la red. La información de calidad de señal se puede recibir desde el satélite u otras fuentes y las varias decisiones con respecto a la aplicabilidad de códigos modulares se pueden tomar de forma local en el controlador o de forma remota. Las interfaces de RF 705 pueden convertir y amplificar las señales moduladas para su transmisión al satélite a través de la antena 125.

Arquitectura satelital

Según una realización de la invención, se presenta una arquitectura novedosa para establecer un sistema de comunicación vía satélite de múltiples haces que tiene enlaces directos y enlaces de retorno que conectan las puertas de enlace y los terminales de abonado. Dicho sistema de comunicación vía satélite de múltiples haces se ilustra en las figuras. Por ejemplo, en las Figs. 1A y 1B, una puerta 115 de enlace envía una señal de enlace directo a uno o más terminales 130 de abonado-a a través de 130-n por satélite 105. En este caso, un enlace directo se refiere a señales enviadas desde una puerta de enlace a uno o más terminales de abonado. Dichas señales de puerta de enlace a abonado también se denominan, algunas veces, señales descendentes. En la dirección inversa, uno o más terminales 130-a de abonado a través de 130-n envían una o más señales de enlace de retorno a la puerta 115 de enlace. Dichas señales del abonado a la puerta de enlace también se denominan, algunas veces, señales ascendentes.

Uno de los muchos usos de los sistemas, tales como los mostrados en las Figs. 1A y 1B, puede ser el proporcionar acceso a la red (p. ej., acceso a Internet) a los terminales de abonado. Por ejemplo, un terminal 130 de abonado-a puede solicitar una página web de Internet mediante el envío de una solicitud de red utilizando una señal de enlace de retorno (ascendente) (145-a, 140) a la puerta 115 de enlace por satélite 105. La puerta 115 de enlace responde recuperando la página web solicitada desde la red 120, que puede conectarse directa o indirectamente a la Internet. Seguidamente, la puerta 115 de enlace envía la página web solicitada mediante el uso de una señal de enlace directo (descendente) (135, 150) al terminal 130 de abonado-a por satélite 105, completando así la solicitud de página web y la respuesta. Es posible implementar diferentes capas de operaciones de protocolo de red en el proceso, como es conocido para el experto en la técnica.

Según la presente realización de la invención, el satélite 105 comprende un repetidor transparente que es capaz de recibir una o más señales de la Tierra y transmitir las de vuelta a la Tierra, posiblemente después de traducir la frecuencia y modificar la polarización. Por ejemplo, cada señal recibida en el satélite 105 a una frecuencia y polarización particular puede transmitirse fuera del satélite 105 a una frecuencia y/o polarización diferentes. El repetidor transparente puede proporcionar, además, operaciones de conmutación, de manera que las diferentes "señales de alimentador" (es decir, las señales enviadas hacia y desde puertas de enlace) puedan conmutarse para conectarse a diferentes "señales de servicio" (es decir, señales enviadas a y desde los terminales de abonado). El repetidor transparente no demodula las señales recibidas en el satélite en datos como bits y los vuelve a modular en datos para la transmisión. Esto lo diferencia de los repetidores de procesamiento, que son capaces de realizar dicha demodulación y nueva modulación para obtener ganancias en el desempeño de corrección de errores. Aunque los repetidores de procesamiento están disponibles en el mercado, se adoptó un repetidor transparente para lograr una eficacia óptima en la comunicación entre el enlace directo y el enlace de retorno según la presente realización de la invención.

En la **Fig. 6B**, se pueden implementar componentes satélite para manejar enlaces directos en la dirección descendente desde las puertas de enlace a los terminales de abonado, tal como se muestra según una realización de la invención. En este caso, 15 puertas de enlace juntas envían 60 señales de enlace directo al satélite. Específicamente, cada puerta de enlace envía un haz de alimentador de enlace ascendente que comprende 4 señales de enlace directo diferentes utilizando una antena. Cada una de las 4 señales de enlace directo se transmite utilizando una combinación diferente de banda de frecuencia y polarización. Cada combinación única se conoce como un "color" específico, como se observó anteriormente. Cada señal de enlace directo se recibe en el satélite en un módulo receptor 636 particular. Cada módulo receptor 636 puede incluir un receptor, tal como un amplificador de bajo ruido (LNA) seguido de un convertidor y reductor (DC) que convierte la señal de enlace directo a una frecuencia conveniente, por ejemplo, una frecuencia intermedia (IF).

Según una realización de la invención, cada señal de enlace directo es una señal de banda ancha. En este caso, el término "banda ancha" se utiliza en el contexto de comunicaciones satelitales y, específicamente, se refiere a una señal que tiene un ancho de banda de al menos 250 MHz. Por ejemplo, en la presente realización, cada señal de enlace directo es una señal de banda ancha y tiene un ancho de banda de 500 MHz.

A continuación, cada señal de enlace directo se conecta a través de un conmutador 628 a un módulo de transmisión 632 adecuado. El módulo de transmisión puede incluir un convertidor (UC) que convierte y amplifica la señal de enlace directo IF a una frecuencia adecuada para la transmisión, seguida de un amplificador de transmisión vía satélite. Según una realización de la invención, el amplificador de transmisión vía satélite podría ser un amplificador de tubo de onda progresiva (TWTA, por sus siglas en inglés), que amplifica eficientemente la señal como una señal de portadora única. En este caso, cada amplificador de transmisión por satélite se emplea para amplificar solamente una señal de portadora única, lo que permite que el amplificador se opere con mayor eficacia. Este diseño permite el uso altamente eficiente de amplificadores de transmisión vía satélite.

Por tanto, cada amplificador de transmisión por satélite produce una señal de portadora única amplificada que puede transmitirse empleando una antena para formar un haz puntual que llega a la Tierra. El haz puntual tiene, de esta manera, un área de cobertura de superficie terrestre. Los terminales de abonado que están dentro de esta área de cobertura de superficie terrestre particular, serían capaces de recibir la señal de enlace directo. En este caso, cada haz puntual está formado por la salida de un amplificador de transmisión vía satélite. En otras palabras, no es necesario combinar las salidas de múltiples amplificadores de transmisión para formar cada haz puntual. Esto impide pérdidas de energía y permite que los amplificadores de transmisión vía satélite sean operados de forma aún más eficiente.

El uso novedoso de una señal de portadora única por amplificador de transmisión vía satélite y un único amplificador de transmisión vía satélite por haz puntual integrado en un repetidor transparente optimiza la relación de capacidad de datos y consumo de energía en el satélite, permitiendo obtener mejoras significativas en el rendimiento del equipo satelital.

La reutilización de frecuencia de los haces de servicio y puerta de enlace

Según una realización de la invención, se presenta un sistema satelital que adopta múltiples niveles de reutilización de frecuencia para aumentar al máximo el uso del ancho de banda de frecuencia disponible. Además de emplear la reutilización de frecuencia entre múltiples haces de servicio, de manera que diferentes haces de servicio puedan ocupar un canal de frecuencia común, el sistema utiliza además la reutilización de frecuencia entre haces de servicio y haces de alimentador al ubicar las puertas de enlace en regiones separadas de las áreas de cobertura de los

haces de servicio. Además, la reutilización de frecuencia también puede emplearse entre múltiples haces de alimentador para permitir obtener más ganancias en la eficacia espectral. Estos múltiples niveles de reutilización de frecuencia se explican con mayor detalle en un sistema ilustrativo como el que se describe más adelante.

5 Con referencia a los sistemas ilustrativos que se representan en las Figs. 6A y 6B, una red en estrella incluye 15 haces de alimentador independientes para soportar 60 haces de servicio. Por tanto, cada haz de alimentador corresponde a cuatro haces de servicio. En este caso, esta relación se mantiene tanto en la dirección de enlace ascendente como descendente. En la dirección de envío, el satélite retransmite cada haz de alimentador de enlace directo para generar cuatro haces de servicio de enlace descendente. En la dirección de retorno, el satélite retransmite cada uno de los cuatro haces de servicio de enlace ascendente para generar un haz de alimentador de enlace descendente. Por tanto, se puede considerar que la red en estrella tiene 15 grupos de señales, cada uno de los cuales contiene un haz de alimentador de enlace ascendente, un haz de alimentador de enlace descendente, cuatro haces de servicio de enlace ascendente y cuatro haces de servicio de enlace descendente.

15 La **Fig. 14** presenta un plan de reutilización de frecuencia 400 ilustrativo que puede adoptarse según una realización de la invención. La **Fig. 14** muestra la reutilización de frecuencias únicamente para 1 de los 15 grupos de señales descritos anteriormente. Sin embargo, según una realización preferida de la invención, se puede aplicar el mismo plan de reutilización de frecuencia 400 a cada uno de los 15 grupos de señales. Los valores particulares mostrados en la **Fig.14**, tales como los canales de frecuencia específicos, se eligen como ejemplos ilustrativos. Pueden utilizarse otros valores dentro del alcance de la presente invención.

20 Primero, se muestra un haz de alimentador ascendente 4002 que comprende 4 portadoras enviado desde un terminal de puerta de enlace al satélite, utilizando 4 combinaciones diferentes de frecuencia y polarización (4 “colores”), como se describió anteriormente. En este caso, estos 4 colores se forman utilizando dos canales diferentes de frecuencia de enlace ascendentes de 500 MHz, 27,5-28 GHz y 29,5-30 GHz, junto con dos polarizaciones diferentes, polarización circular hacia la derecha (RHCP, por sus siglas en inglés) y polarización circular hacia la izquierda (LHCP, por sus siglas en inglés).

25 A continuación, se muestran cuatro haces de servicio de enlace descendente 4004 enviados por satélite a los terminales de abonado. Se muestran 4 colores, formados utilizando dos canales de frecuencia de enlace descendente diferentes de 500 MHz, 17,7GHz-18,2 GHz y 19,7-20,2 GHz, junto con dos polarizaciones diferentes RHCP y LHCP. En este caso, dado que los cuatro haces de servicio de enlace descendente poseen una diversidad espacial entre sí (lo que facilita la reutilización de la frecuencia), existen diferentes opciones sobre cómo se pueden utilizar los 4 colores. En una implementación, se utilizan los cuatro colores, cada uno de ellos para un haz de servicio de enlace descendente diferente. En otra implementación, sólo dos de los colores se utilizan para los cuatro haces de servicio de enlace descendente. Por ejemplo, los dos colores que representan (1) 17,7 GHz-18,2 GHz con LHCP y (2) 17,7 GHz-18,2 GHz con RHCP se pueden utilizar para transmitir los cuatro haces de servicio de enlace descendente. Por tanto, los haces de servicio de enlace descendente se pueden transmitir utilizando el mismo ancho de banda de 500 MHz, pero con polarizaciones alternantes (LHCP y RHCP) asignados a haces de servicio de enlace descendente físicamente adyacentes, para permitir que los haces próximos entre sí se distingan unos de otros. Otras variaciones son posibles y están dentro del alcance de la presente invención.

30 A continuación, se muestran cuatro haces de servicio de enlace ascendente 4006 enviados desde los terminales de abonado al satélite. En este caso, los mismos 4 colores utilizados para transmitir el haz de alimentador de enlace descendente 4002 se pueden reutilizar para transmitir los cuatro haces de servicio de enlace ascendente 4008. Específicamente, estos 4 colores se forman utilizando dos canales de frecuencia de enlace ascendente de 500 MHz diferentes, 27,5-28 GHz y 29,5-30 GHz, junto con dos polarizaciones diferentes, RHCP y LHCP. Esto es posible porque la puerta de enlace que envía el haz de alimentador de enlace ascendente 4002 se sitúa en una ubicación diferente en la Tierra que los terminales de abonado que envían haces de servicio de enlace ascendente 4006. Por tanto, las antenas direccionales en el satélite son capaces de recibir separadamente el haz de alimentador de enlace ascendente 4002 y el haz de servicio de enlace ascendente 4008, aunque se pueden transmitir utilizando las mismas frecuencias y polarizaciones de enlace ascendente. Además, dado que los cuatro haces de servicio de enlace ascendente poseen diversidad espacial entre sí (lo que facilita la reutilización de la frecuencia), existen diferentes opciones para la manera en que se pueden utilizar estos 4 colores para transmitir haces de servicio de enlace ascendente 4006. Por ejemplo, puede utilizarse los 4 colores, sólo 2 colores, o adoptarse alguna variación. La situación es similar a la descrita anteriormente con respecto a los cuatro haces de servicio de enlace descendente 4004.

35 Finalmente, se muestra un haz de alimentador de enlace descendente 4008 que comprende 4 portadoras enviado desde el satélite hasta el terminal de puerta de enlace. En este caso, los mismos 4 colores utilizados para transmitir los haces de servicio de enlace descendente 4004 pueden reutilizarse para transmitir el haz de alimentador de enlace descendente 4008. Específicamente, estos 4 colores se forman utilizando dos canales de frecuencia de enlace descendente de 500 MHz diferentes, 17,7 GHz-18,2 GHz y 19,7 GHz-20,2 GHz, junto con dos polarizaciones diferentes RHCP y LHCP. Esto es posible porque la puerta de enlace que recibe el haz de alimentador de enlace descendente 4008 está colocada en una ubicación diferente en la Tierra que los terminales de abonado que reciben los haces de servicio de enlace descendente 4004. Es decir, la puerta de enlace se ubica en el área de cobertura del haz de alimentador donde se puede recibir el haz de alimentador de enlace descendente 4008. Por separado, los terminales de abonado están localizados en áreas de cobertura donde se

pueden recibir los haces de servicio de enlace descendente 4004. Como tal, el haz de alimentador de enlace descendente 4008 y los haces de servicio de enlace descendente 4004 pueden reutilizar las mismas frecuencias y polarizaciones de enlace descendente y, aun así, los receptores previstos las pueden recibir por separado.

5 Como se mencionó anteriormente, el plan de reutilización de la misma frecuencia 400 puede aplicarse en cada uno de los 15 grupos de señales. Es decir, todo el sistema que comprende 15 haces de alimentador de enlace ascendente, 60 haces de servicio de enlace descendente, 60 haces de servicio de enlace ascendente y 15 haces de alimentador de enlace descendente pueden adoptar simultáneamente el mismo plan de reutilización de frecuencia 400. Esto se logra capitalizando la diversidad espacial que puede existir entre las 60 áreas de cobertura del haz de servicio, colocando las 15 áreas de cobertura del haz de alimentador lo suficientemente lejos de las 60 áreas de cobertura del haz de servicio y colocando las 15 áreas de cobertura del haz de alimentador lo suficientemente lejos entre sí. En consecuencia, se realizan tres niveles de reutilización de frecuencia diferentes. Primero, la reutilización de frecuencia se logra entre los haces de servicio. En segundo lugar, la reutilización de frecuencia se logra entre los haces de servicio y los haces de alimentador. En tercer lugar, la reutilización de frecuencia se logra entre los haces de alimentador.

Colocación de puertas de enlace lejos de los haces de servicio

Según una realización de la invención, se presenta un sistema satelital que tiene una colocación eficiente de los terminales de puerta de enlace. Como se mencionó anteriormente, la diversidad espacial entre las puertas de enlace y los terminales de abonado facilita la reutilización de frecuencia entre los haces de servicio y los haces de alimentador. Además, la diversidad espacial entre puertas de enlace facilita la reutilización de frecuencia entre los haces de alimentador. La colocación de las puertas de enlace puede tener en cuenta estas y otras consideraciones.

En una realización, la pluralidad de áreas de cobertura del haz de servicio diferentes (p. ej., 60 áreas de cobertura del haz de servicio) puede diseñarse para proporcionar únicamente una cobertura parcial estratégicamente seleccionada en una región de cobertura. En términos generales, los sistemas satélite típicos que proporcionan comunicaciones en una región geográfica intentan lograr una cobertura completa, de manera que el servicio esté disponible en toda la región. Sin embargo, según la presente realización de la invención, un sistema satelital podría diseñarse para proporcionar únicamente una cobertura parcial estratégicamente seleccionada en una región particular. Por ejemplo, la región de cobertura puede comprender una región que incluye partes del oeste, el este y el sur de Estados Unidos. Las áreas de cobertura específicas compatibles con los haces de servicio pueden elegirse de diferentes maneras. Por ejemplo, las áreas de cobertura pueden corresponder a lugares “desatendidos”, donde puedan existir poblaciones significativas, pero donde el acceso a la red de banda ancha no se encuentre fácilmente disponible.

Según una realización de la presente invención, una o más puertas de enlace se colocan lejos de las áreas de cobertura de los haces de servicio para facilitar la reutilización de la frecuencia entre haces de servicio y haces de alimentador. En el sistema ilustrativo expuesto anteriormente, suponemos que los 60 haces de servicio de enlace ascendente y descendente tienen áreas de cobertura en una región que abarca partes del oeste, el este y el sur de Estados Unidos. En este caso, las 15 puertas de enlace podrían ubicarse en una región, por ejemplo, el centro de los Estados Unidos, lejos de la región de cobertura de los haces de servicio.

Además, es posible que sea necesario colocar una pluralidad de puertas de enlace (p. ej., 15 puertas de enlace) lo suficientemente lejos entre sí, de tal manera que la reutilización de frecuencia pueda adoptarse también entre diferentes haces de alimentador. Por ejemplo, cada puerta de enlace puede necesitar colocarse de manera que tenga una distancia mínima de 400 kilómetros a cualquier puerta de enlace cercana. Así, las puertas de enlace cercanas pueden utilizar los mismos canales de frecuencia sin interferir con otras puertas de enlace.

Otra restricción posible adicional sobre la colocación de las puertas de enlace se refiere a la proximidad física para tener acceso a una red de banda ancha superior. Por ejemplo, las puertas de enlace pueden ubicarse cerca de conexiones de red de fibra óptica. Esto permite que las puertas de enlace tengan acceso rápido y seguro a la red, de manera que las comunicaciones de datos que requieren acceso a redes no se ven impedidas. Según una realización de la invención, además de otros requisitos, cada puerta de enlace se coloca a una distancia dentro de los 50 kilómetros de una conexión de red de fibra óptica.

Otra limitación posible sobre la colocación de las puertas de enlace se refiere a patrones meteorológicos de área. Las puertas de enlace pueden necesitar estar ubicadas en áreas que experimenten una debilitación debida a la lluvia mínima. A modo ilustrativo únicamente, es posible que sea necesario colocar cada puerta de enlace en un lugar donde la debilitación debida a la lluvia total en la frecuencia de enlace ascendente sea menor de 10 dB de debilitación el 99,99 % del tiempo. Esto limita aún más la selección de ubicaciones posibles para los terminales de puertas de enlace.

Por tanto, según una realización de la presente invención, la colocación de las puertas de enlace puede tomar en cuenta múltiples factores tales como los descritos anteriormente. Si bien estas múltiples restricciones pueden hacer que la colocación de las puertas de enlace sea significativamente más difícil, es probable que un sistema que adopte estas restricciones logre un rendimiento general superior.

65

Carga útil de satélite de trasbordo

5 Según una realización, una parte de la potencia de distribución total a bordo de un satélite de comunicaciones se utiliza para respaldar una versión del sistema de comunicación vía satélite de la presente invención. Esta técnica, a la que se hace referencia como modo “trasbordo”, permite que un sistema completo de comunicación vía satélite como el que se describe anteriormente, o una parte del mismo, sea compatible con un satélite que también porta otra carga útil de comunicaciones. Por ejemplo, si un satélite particular tiene una potencia de distribución total disponible de 15 kilovatios (KW) y el satélite ya tiene una carga útil existente que consume 13 KW de la potencia de distribución, existe un excedente de 2 KW de potencia de distribución a bordo del satélite. Según una realización de la invención, un sistema 10 satelital como el que se describe anteriormente o una porción de este, puede implementarse utilizando los 2 KW restantes de la potencia de distribución. Por tanto, un sistema ilustrativo de 8 haces de servicio y 2 haces de alimentador correspondientes en las direcciones de enlace directo y de retorno puede implementarse utilizando el excedente de 2 KW de potencia de distribución a bordo del satélite de comunicación descrito anteriormente.

15 La carga útil adicional puede constituir un sistema de comunicación vía satélite independiente. De forma alternativa, la carga útil adicional puede constituir una fracción de un sistema satelital. Por ejemplo, un sistema satelital completo puede emplear 60 haces de servicio y 15 haces de alimentador correspondientes en la dirección del enlace directo y el enlace de retorno, como se mencionó anteriormente. Una fracción de dicho sistema puede corresponder a los 8 haces de servicio y 2 haces de alimentador correspondientes en las 20 direcciones de enlace directo y enlace de retorno que se describen anteriormente. Las características del sistema satelital completo pueden estar representadas de forma sustancial en el sistema fraccional.

25 La carga útil añadida puede adoptar una estructura similar a la de una arquitectura de satélite independiente, como se describe en las realizaciones descritas anteriormente. Por ejemplo, en la dirección del enlace directo, cada haz de alimentador enviado desde una puerta de enlace al satélite podría comprender 4 señales (por ejemplo, representadas por cuatro “colores”) que producen 4 señales de portadora única separadas enviadas por el satélite como haces puntuales de servicio individuales para alcanzar los terminales de abonado. De manera similar, es posible adoptar otras características de la arquitectura satelital para utilizarse en un sistema implementado como una carga útil añadida.

30 Existen diferentes aplicaciones posibles. A continuación, se describe brevemente una implementación con fines ilustrativos. En este caso, la carga útil añadida comprende un paquete Ka que se puede añadir a un contrato de satélite existente. Tal sistema puede posibilitar compensaciones en el diseño a nivel muy alto que minimicen el impacto del paquete en el diseño y la distribución física, el peso y la potencia del diseño del satélite en su conjunto. Un ejemplo de mercado para esta carga útil añadida puede ser el mercado del consumidor de banda ancha. El 35 envase puede tener capacidad para 10 haces puntuales, cada uno de los cuales tiene aproximadamente 0,35 grados de anchura del haz a media potencia (HPBW, por sus siglas en inglés) de transmisión y recepción. La inutilidad TWTA debe concordar con la vida orbital. El sistema puede tener reutilización de cuatro colores con 2 de los 10 haces puntuales para enlaces de alimentador. La potencia isótropa radiada equivalente (EIRP, por sus siglas en inglés) del paquete puede ser de 70 dBW por haz puntual y la ganancia/temperatura puede ser de 27 dB/°K por 40 haz puntual. Los transpondedores individuales pueden ser de banda ancha del orden de 500 MHz. La polarización puede ser circular y los puntos alternantes pueden utilizar polarización de hacia la izquierda y la derecha de forma alternativamente El SFD de entrada puede ajustarse de -105 a -85 dB en una etapa dB.

45 Según la invención, las cargas útiles de diferente tamaño pueden añadirse, por tanto, mediante el uso del modo “trasbordo” para posibilitar el uso eficiente del excedente de potencia de distribución a bordo de satélites. Los parámetros específicos tales como el número de haces puntuales implementados pueden variar según las necesidades del sistema.

Uso adaptativo de bandas de enlace ascendente del satélite

50 Según una realización de la invención, se utiliza un uso adaptativo de bandas satelitales de enlace ascendente. Una implementación ilustrativa de dicha técnica permite el uso flexible de canales de frecuencia por parte de un terminal de abonado, siendo este un titular de licencia de espectro secundario. El derecho de un titular de licencia de espectro secundario a transmitir en una banda de frecuencia específica es secundario respecto al de un titular de licencia de espectro primario. Es decir, el titular de licencia de espectro primario puede ser capaz de transmitir señales en la banda de 55 frecuencia siempre que lo desee, con independencia de los demás usuarios. Por el contrario, un titular de licencia de espectro secundario únicamente puede transmitir en la banda de frecuencia especificada si el titular de licencia de espectro primario no está transmitiendo en la banda especificada. Un terminal de abonado titular de licencia de espectro secundario puede hacer un uso adaptativo de bandas satelitales de enlace ascendente, como se describe en varias realizaciones de la presente invención, para asegurar que cuando se detecte otra señal, por ejemplo, la señal del titular de licencia de espectro primario, se pueda reasignar el canal de frecuencia de transmisión para mover la transmisión de 60 enlace ascendente del satélite a una frecuencia diferente y no interferir con el titular de licencia de espectro primario.

La **Fig. 15** presenta un sistema ilustrativo que hace un uso adaptativo de bandas satelitales de enlace ascendente según una realización de la invención. En este caso, una unidad central 121 controla la asignación de canales de frecuencia de transmisión y canales de frecuencia de recepción utilizados por terminales del abonado tales como 130-a 1 y 130-a-2. La unidad central 121 puede acoplarse a una puerta 115 de enlace a través de la red 120. Por

tanto, la unidad central 121 puede conectarse, por tanto, a otras puertas de enlace, además, con el fin de controlar un sistema satelital de mayor tamaño. En una realización alternativa, la unidad central 121 puede estar contenida en una puerta de enlace tal como la puerta 115 de enlace.

5 La unidad central 121 asigna al terminal 130-a-1 de abonado un canal de frecuencia de transmisión en el que transmitir las señales satelitales de enlace ascendente 145-a-1, así como un canal de frecuencia de recepción en el que recibir señales satelitales de enlace descendente 150. De manera similar, la unidad central 121 asigna al terminal 130 de abonado-a-2 un canal de frecuencia de transmisión en el que transmitir señales satelitales de enlace ascendente 145-a-2, así como un canal de frecuencia de recepción en el que recibir señales satelitales de enlace descendente 150. Según una realización
10 de la invención, la unidad central 121 puede emplear un esquema adoptivo para asignar canales de frecuencia a uno o más terminales de abonado, en base a las observaciones locales del espectro de frecuencia de transmisión hechas por los terminales de abonado y notificadas de nuevo a la unidad central 121, como se describe más adelante.

15 La transmisión de señales satelitales de enlace ascendente 145-a-1 del terminal 130-a-1 de abonado en el canal de frecuencia de transmisión asignado puede ser de naturaleza intermitente. Por ejemplo, las señales de enlace ascendente pueden transportar solicitudes de la página web que sólo requieren descargas cortas de datos. Por tanto, las señales satelitales de enlace ascendente se pueden enviar durante periodos de transmisión separados en el tiempo. Es decir, cada período de transmisión puede tener una duración limitada. Los períodos de transmisión pueden separarse por periodos en los que no se envía ninguna transmisión desde el terminal 130-a-1 de abonado.

20 El terminal 130-a-1 de abonado puede monitorear el canal de frecuencia de transmisión asignado entre estos periodos de transmisión de señales satelitales de enlace ascendente separados en el tiempo. Esto es, cuando el terminal 130-a-1 de abonado no transmite, puede monitorear el canal de frecuencia de transmisión asignado en busca de la posible presencia de otras señales de fuentes externas. Puede haber diferentes tipos de estas fuentes externas, tales como usuarios de servicios de datos móviles terrestres 127 (LMDS, por sus siglas en inglés). Un contexto en el que esta situación podría surgir es cuando la unidad central 121 asigna un canal de frecuencia de transmisión que utiliza el ancho de banda en el que el usuario de LMDS 127 es el titular de licencia de espectro primario y el terminal 130-a-1 de abonado es un titular de licencia de espectro secundario. Como tal, el terminal 130 de abonado-a-1 puede no utilizar el canal de frecuencia de transmisión asignado si el usuario de LMDS 127 está utilizando el canal.
25

30 Además de monitorear el canal de frecuencia de transmisión asignado, el terminal 130-a-1 de abonado también puede monitorear al menos uno de los canales de frecuencia fuera de banda que no sea el canal de frecuencia de transmisión asignado. Por ejemplo, el terminal 130 de abonado-a-1 también puede monitorear uno o más canales de frecuencia vecinos. Los canales de frecuencia adyacentes pueden incluir un número de canales en el área adyacente al canal de frecuencia de transmisión asignado. Estos canales pueden incluir canales inmediatamente adyacentes al canal de frecuencia de transmisión asignado actualmente, así como otros canales. El monitoreo de canales de frecuencia fuera de banda facilita la detección de otras señales, tales como la señal 128, en un intervalo más amplio de frecuencias. Esta información permite que se forme una imagen más completa con respecto al espectro potencial que puede utilizar el terminal 130-a-1 de abonado para la transmisión de señal.
35

40 En una realización, el terminal 130-a-1 de abonado transmite y recibe señales satelitales utilizando una primera antena 125-a-1 y realiza el monitoreo de canales de frecuencia utilizando una segunda antena 126-a-1. En este caso, esta disposición de doble antena permite una implementación más fácil. La primera antena 125-a-1 puede ser una antena parabólica reflectante orientada hacia el satélite 150. Por tanto, la primera antena es adecuada para transmitir y recibir señales satelitales. La segunda antena 126-a-2 puede ser una antena dipolo diseñada para señales terrestres. La segunda antena puede ser adecuada para detectar señales terrestres que viajen en la dirección a lo largo del horizonte, tal como una señal 128 enviada desde el usuario de LMDS 127. Esta es simplemente una disposición ilustrativa. Se pueden implementar variaciones dentro del alcance de la invención.
45

50 Cuando se detecta una señal como la señal 128 del usuario de LMDS 127, el terminal 130 de abonado-a-1 notifica a la unidad central 121. Esto puede hacerse mediante un resultado de observación comunicado a la unidad central 121. El resultado de observación puede generarse de diferentes maneras. Como ejemplo, el terminal 130-a-1 de abonado puede generar resultados de observación de forma automática periódicamente. Como ejemplo adicional, la unidad central 121 puede solicitar resultados de observación del terminal 130 de abonado-a-1 en momentos apropiados. Además, el resultado de observación se puede notificar en diferentes formatos, dependiendo de la implementación. El formato puede ser un valor booleano, un valor numérico, etc. En una implementación, el resultado de observación se envía independientemente de si se detecta la presencia de otra señal. En una implementación alternativa, el resultado de observación sólo se envía si se detecta la presencia de otra señal.
55

60 En respuesta, la unidad central 121 puede reasignar el terminal 130-a-1 de abonado a un canal de frecuencia de transmisión diferente para evitar interferencias con la fuente de la señal detectada. En este caso, la asignación de frecuencia sirve para evitar la interferencia con la señal 128 enviada por el usuario LMDS 127, que puede ser el titular de licencia de espectro primario. La unidad central 121 puede determinar el nuevo canal de frecuencia de transmisión para el terminal 130-a-1 de abonado de diferentes maneras. En determinadas realizaciones, la determinación es simple y no toma en cuenta la monitorización realizada en otros terminales de abonado. Por ejemplo, puede haber un canal de frecuencia predeterminado que se asigna.
65

En otras realizaciones, la determinación toma en cuenta el monitoreo realizado en otros terminales de abonado. Algunos o todos los terminales de abonado pueden realizar el monitoreo del canal de frecuencia e informar de los resultados de observación a la unidad central 121. A continuación, la unidad central 121 puede decidir sobre una asignación de frecuencia global que tenga en cuenta las necesidades de una pluralidad de terminales de abonado. Por lo tanto, la determinación de un canal de frecuencia de transmisión asignado recientemente para cada terminal de abonado puede realizarse como parte de la asignación de frecuencia general. A continuación se describe un ejemplo sencillo con fines ilustrativos.

Suponemos que el terminal 130 de abonado-a-1 está asignado actualmente para transmitir señales satelitales de enlace ascendente en el canal de frecuencia X e informa que observa que el canal de frecuencia X y la mayoría de los otros canales de frecuencia están siendo utilizados por otras señales (tales como la señal 128 de un usuario de LMDS) y que solamente un canal de frecuencia Y particular parece estar siendo utilizado por otras señales. Además, suponemos que el terminal 130-a-2 de abonado está asignado actualmente para transmitir señales satelitales de enlace ascendente en el canal de frecuencia Y, y comunica que observa que el canal de frecuencia Y y que la mayoría de los otros canales de frecuencia no están siendo utilizados por otras señales. En respuesta, la unidad central 121 puede determinar que la mejor asignación de frecuencia general involucre reasignar el terminal 130-a-2 de abonado a un canal de frecuencia de transmisión que no sea Y, de manera que el canal Y pueda asignarse a los terminales 130-a-1 de abonado. Por ejemplo, el terminal 130 de abonado-a-2 puede ser reasignado al canal de frecuencia X, y el terminal 130-a-1 de abonado puede ser reasignado al canal de frecuencia Y. Esto permite que ambos terminales de abonado funcionen sin interferir con otras señales que podrían representar a los titulares de licencia de espectro primario, teniendo en cuenta las observaciones hechas en ambos terminales de abonado para llegar a un plan de frecuencia conjunto para los terminales de abonado. Por supuesto, esto es sólo un ejemplo simple que implica dos terminales de abonado. Las asignaciones de frecuencia que involucren más terminales de abonado quedan dentro del alcance de la presente invención.

Colocación de puertas de enlace en proximidad a haces de servicio

La **Fig. 16** es un diagrama de bloques ilustrativo que representa diferentes posiciones de haces de alimentador respecto a la posición de una pluralidad de haces de servicio, cada uno de los cuales está asociado con un área de cobertura del haz de servicio. En esta ilustración, un área de servicio geográfica está abarcada por una cantidad de haces de servicio que se presentan como cuatro filas por cuatro columnas de círculos parcialmente superpuestos. En realizaciones prácticas, estos haces de servicio pueden tener otras formas geométricas, tales como contornos ovalados, hexagonales o irregulares, y pueden no superponerse. En el caso donde los haces de servicio están separados de manera suficiente, pueden utilizar el mismo canal de frecuencia de enlace descendente para explotar la diversidad espacial entre sí. Cuando los haces de servicio están superpuestos, el mismo canal de frecuencia de enlace descendente ya no puede compartirse entre los haces de servicio y cada uno de los haces de servicio superpuestos debe utilizar un canal de frecuencia de enlace descendente diferente con el fin de evitar la interferencia de canal adyacente. Según un esquema de reutilización de frecuencia, un conjunto de canales de frecuencia (el conjunto se denomina, además, un patrón de colores), mostrado como A, B, C y D, está asignado para utilizarse en cada haz de servicio. Los cuatro canales de frecuencia (colores) pueden incluir dos frecuencias, en los que cada frecuencia tiene dos polarizaciones diferentes. Por ejemplo, las dos polarizaciones diferentes pueden ser polarización circular hacia la derecha (RHCP) y polarización circular hacia la izquierda (LHCP). Con fines ilustrativos, se agrupan cuatro áreas de cobertura del haz de servicio adyacentes, cada una de las cuales emplea un color diferente, en un grupo 1610. Por ejemplo, un terminal de abonado en el área de cobertura del haz 205-a de servicio utiliza el color A, un terminal de abonado en el área de cobertura del haz 205-b de servicio utiliza el color B, un terminal de abonado en el área de cobertura del haz 205-c de servicio utiliza el color C y un terminal de abonado en el área de cobertura del haz 205-d de servicio utiliza el color D. Este patrón de colores se repite en otros grupos.

En una realización, la terminal de puerta de enlace GW1 se coloca en el haz de alimentador 225-1, que está geográficamente separado de las áreas de cobertura del haz de servicio. Los mismos 4 colores que se asignan a los haces de servicio pueden reutilizarse para GW1 para aprovechar la diversidad espacial. En la Fig. 14 se muestra un plan de reutilización de frecuencia ilustrativo para el haz de alimentador de enlace ascendente y los haces de servicio de enlace ascendente, el haz de alimentador de enlace descendente y los haces de servicio de enlace descendente. Nótese que la GW1 utiliza un haz de alimentador de enlace ascendente que incluye cuatro canales de frecuencia de enlace ascendente (cuatro colores), y dicho haz de alimentador de enlace ascendente entrega información a cuatro haces de servicio de enlace descendente. En esta realización, la reutilización de frecuencia se logra entre los haces de servicio y la reutilización de frecuencia se logra entre los haces de servicio y los haces de alimentador.

En una realización, la terminal de puerta de enlace GW2 puede colocarse en el haz de alimentador 225-2, que está cerca del área de cobertura del haz 205-a de servicio, pero no a cualquier otra área de cobertura de haz de servicio. Dado que el área de cobertura del haz 205-a de servicio utiliza el color A para el haz de servicio de enlace ascendente para comunicarse con el satélite, GW2 no puede utilizar el color A en el haz de alimentador de enlace ascendente para evitar interferencias de canal adyacente. Por tanto, GW2 excluye el color A y sólo utiliza los colores B, C y D en el haz de alimentador de enlace ascendente para transmitir información al satélite. De manera similar, GW2 excluye el color A' y sólo utiliza los colores B', C' y D' en el haz de alimentador de enlace descendente para recibir información del satélite.

En otra realización, la terminal de puerta de enlace GW3 puede colocarse en un haz de alimentador 225-3 que está cerca de las áreas de cobertura del haz 205-c y 225-d de servicio. Dado que las áreas de cobertura del haz 205-c y 225-d de servicio utilizan respectivamente los colores C y D en los haces de servicio de enlace ascendente para comunicarse con el satélite 105, el haz de alimentador de enlace ascendente de GW3 no puede utilizar los colores C y D para evitar interferencias de canal adyacente. Por tanto, GW3 excluye los colores C y D y solamente utiliza los colores A y B en el haz de alimentador de enlace ascendente para transmitir información al satélite. Asimismo, dado que las áreas de cobertura del haz 205-c y 225-d de servicio utilizan respectivamente los colores C' y D' en los haces de servicio de enlace descendente para comunicarse con el satélite, el haz de alimentador de enlace descendente de GW3 no puede utilizar los colores C' y D' para recibir información del satélite.

Nótese que los terminales de puerta de enlace pueden ubicarse de muchas otras maneras y que el plan de reutilización de frecuencia se debe modificar en consecuencia. Por ejemplo, en una realización, GW4 puede colocarse en el haz de alimentador 225-4 que está cerca de las áreas de cobertura del haz 205-b y 225-d de servicio. Dado que las áreas de cobertura del haz 205-b y 225-d de servicio utilizan respectivamente los colores B y D en los haces de servicio de enlace ascendente para comunicarse con el satélite 105, el haz de alimentador de enlace ascendente de GW4 no puede utilizar los colores B y D para evitar interferencias de canal adyacente. Por tanto, GW4 excluye los colores B y D y solamente utiliza los colores A y C en el haz de alimentador de enlace ascendente para transmitir información al satélite. Asimismo, dado que las áreas de cobertura del haz 205-c y 225-d de servicio utilizan los respectivos colores B' y D' en los haces de servicio de enlace descendente para comunicarse con el satélite, el haz de alimentador de enlace descendente de GW3 no puede utilizar los colores B' y D' para recibir información del satélite.

En otra realización más, GW5 puede colocarse en el haz de alimentador 225-5 que está cerca de las áreas de cobertura del haz 205-a y 225-c de servicio. Dado que las áreas de cobertura del haz 205-a y 225-c de servicio utilizan respectivamente los colores A y C en los haces de servicio de enlace ascendente para comunicarse con el satélite 105, el haz de alimentador de enlace ascendente de GW5 no puede utilizar los colores A y C para evitar interferencias de canal adyacente. Por tanto, GW5 excluye los colores A y C y solamente utiliza los colores B y D en el haz de alimentador de enlace ascendente para transmitir información al satélite. Asimismo, dado que las áreas de cobertura del haz 205-a y 225-c de servicio utilizan los respectivos colores A' y C' en los haces de servicio de enlace descendente para comunicarse con el satélite, el haz de alimentador de enlace descendente de GW5 no puede utilizar los colores A' y C' para recibir información del satélite.

La **Fig. 17A** ilustra la reutilización de frecuencia en forma de un diagrama de bloques que representa la selección de colores del haz de alimentador de enlace ascendente de GW2. El haz 1702 de alimentador de enlace ascendente de GW2 utiliza solamente los colores B, C y D para transmitir información al satélite, que funciona como satélite transparente y convierte el haz 1702 de alimentador de enlace descendente a un número de haces de servicio de enlace descendente. En este diagrama de bloques ilustrativo, los colores A y B ocupan la banda de frecuencia de 27,5 GHz a 28,0 GHz, donde el color A presenta polarización circular hacia la izquierda y el color B presenta polarización circular hacia la derecha. Los colores C y D ocupan la banda de frecuencia 29,5 GHz a 30,0 GHz, donde el color C presenta polarización circular hacia la izquierda y el color D presenta polarización circular hacia la derecha. Los haces 1706-a a 1706-d de servicio de enlace ascendente se asocian con las áreas de cobertura del haz 205-a a 205-d de servicio, respectivamente. Debido a que GW2 está colocada cerca del área de cobertura del haz 205-a de servicio, GW2 no puede utilizar el color A en el haz de alimentador de enlace ascendente para evitar interferencias de canal adyacente.

En una realización, la conversión de frecuencia es una conversión descendente, es decir, el satélite convierte el haz 1702 de alimentador de enlace ascendente a un número de haces de servicio de enlace descendente que tienen una frecuencia menor que el haz de alimentador de enlace ascendente. En una realización, el número de haces de servicio de enlace descendente es cuatro. En este caso, cada haz de alimentador de enlace ascendente en el sistema satelital corresponde a cuatro haces de servicio de enlace descendente. En consecuencia, la relación de los haces de servicio de enlace descendente y el haz de alimentador de enlace ascendente es constante e independiente de la posición del terminal de puerta de enlace en relación con la posición de las áreas de cobertura del haz de servicio. En una realización preferida, la relación de los haces de servicio de enlace descendente y el haz de alimentador de enlace ascendente es de cuatro, y el haz de alimentador de enlace ascendente utiliza tres colores B, C y D para la comunicación entre GW2 y el satélite (el color A correspondiente a 17,7-18,2 GHz no se utiliza y aparece tachado en la Fig. 17A).

La **Fig. 17B** ilustra la reutilización de frecuencia en forma de un diagrama de bloques que representa la selección de colores del haz 1708 de alimentador de enlace descendente de GW2. El haz 1708 de alimentador de enlace descendente de GW2 utiliza solamente los colores B', C' y D' para recibir información del satélite debido a la proximidad de GW2 en el área de cobertura del haz 205-a de servicio. En este diagrama de bloques ilustrativo de la reutilización de frecuencia, los colores A' y B' ocupan la banda de frecuencia de 17,7 GHz a 18,2 GHz, donde el color A' presenta polarización circular hacia la izquierda y el color B' presenta polarización circular hacia la derecha. Los colores C' y D' ocupan la banda de frecuencia de 19,7 GHz a 20,2 GHz, donde el color C' presenta polarización circular hacia la izquierda y el color D' presenta polarización circular hacia la derecha. Los haces 1704-a a 1704-d de servicio de enlace descendente se asocian con las áreas de cobertura del haz 205-a a 205-d de servicio, respectivamente. Debido a que GW2 está colocada cerca del área de cobertura del haz 205-a de servicio, GW2 no puede utilizar el color A' para evitar interferencias de canal adyacente. En una realización preferida, la relación entre

los haces de servicio de enlace descendente y el haz de alimentador de enlace ascendente es de cuatro. El haz 1708 de alimentador de enlace descendente utiliza los colores B', C' y D', mientras que no utiliza el color A' para evitar interferencias de canal adyacente (el color sin utilizar A' aparece tachado en la Fig. 17B).

5 En otra realización, GW3 puede colocarse en el haz 225-3 de alimentador, que está cerca de las áreas de cobertura del haz 205-c y 205-d de servicio (figura 16). Dado que las áreas de cobertura del haz 205-c y 205-d de servicio utilizan los respectivos colores C y D en los haces de servicio de enlace ascendente para comunicarse con el satélite, GW3 no puede utilizar los colores C y D en el haz 1802 de alimentador de enlace ascendente para evitar interferencias de canal adyacente. Por tanto, GW3 excluye los colores C y D y sólo utiliza los colores A y B para transmitir información al satélite.

10 La **Fig. 18A** es un diagrama de bloques ilustrativo que representa la selección de colores del haz de alimentador de enlace ascendente de GW3. El haz de alimentador de enlace ascendente 1802 de GW3 utiliza solamente los colores A y B para transmitir información al satélite, que funciona como satélite transparente y convierte el haz de alimentador de enlace ascendente 1802 a un número de haces de servicio de enlace descendente. En una realización, la conversión es una conversión descendente, donde el canal de frecuencia del haz de alimentador de enlace ascendente se convierte en un número de haces de servicio de enlace descendente con bandas de frecuencia inferiores. En otra realización, el número de haces de servicio de enlace descendente es de cuatro, es decir, cada haz de alimentador de enlace ascendente en el sistema satelital corresponde a cuatro haces de servicio de enlace descendente. En consecuencia, la relación de los haces de servicio de enlace descendente y el haz de alimentador de enlace ascendente permanece constante y es independiente de la posición del terminal de puerta de enlace en relación con las áreas de cobertura del haz de servicio. Los colores C y D sin utilizar del haz de alimentador de enlace ascendente 1802 se muestran tachados en la Fig. 18A.

15 La **Fig. 18B** ilustra la reutilización de frecuencia en forma de un diagrama de bloques que representa la selección de colores del haz de alimentador de enlace descendente 1808 de GW3. El haz de alimentador de enlace descendente 1808 de GW3 utiliza solamente los colores A' y B' para recibir información del satélite. En este diagrama de bloques ilustrativo de la reutilización de frecuencia, los colores A' y B' ocupan la banda de frecuencia de 17,7 GHz a 18,2 GHz, donde el color A' presenta polarización circular hacia la izquierda y el color B' presenta polarización circular hacia la derecha. Los colores C' y D' ocupan la banda de frecuencia de 19,7 GHz a 20,2 GHz, donde el color C' presenta polarización circular hacia la izquierda (LHCP) y el color D' presenta polarización circular hacia la derecha (RHCP). Los haces 1804-a a 1804-d de servicio de enlace descendente se asocian con las áreas de cobertura del haz 205-a a 205-d, respectivamente. Dado que GW3 está ubicada cerca de las áreas de cobertura del haz -c y 205-d de servicio, GW3 puede no utilizar los colores C' y D' para evitar interferencias de canal adyacente (tanto LHCP como RHCP correspondientes a los colores C' y D' se muestran tachados). En otras realizaciones, los terminales de puerta de enlace pueden ubicarse en proximidad de otras áreas de cobertura del haz de servicio y el plan de reutilización de la frecuencia debe ajustarse en consecuencia.

20 Debería observarse los métodos, sistemas y aplicaciones informáticas analizados anteriormente son únicamente a título ilustrativo. Debe enfatizarse que diversas realizaciones pueden omitir, sustituir o agregar diversos procedimientos o componentes según sea apropiado. Por ejemplo, debe apreciarse que, en realizaciones alternativas, los métodos pueden realizarse en un orden diferente al descrito, y que se pueden agregar, omitir o combinar diversas etapas. Además, las características descritas con respecto a ciertas realizaciones pueden combinarse en diversas otras realizaciones. Los diferentes aspectos y elementos de las realizaciones pueden combinarse de una manera similar. También, debe destacarse que la tecnología evoluciona y, por lo tanto, muchos de los elementos son de naturaleza ejemplar y no deben interpretarse como limitativos del alcance de la invención.

25 Los detalles específicos se proporcionan en la descripción para proporcionar un entendimiento completo de las realizaciones. Sin embargo, un experto en la técnica comprenderá que las realizaciones pueden ponerse en práctica sin estos detalles específicos. Por ejemplo, se han mostrado circuitos, procesos, algoritmos, estructuras y técnicas bien conocidos sin detalles innecesarios para evitar la complicación de las realizaciones.

30 También se observa que las realizaciones pueden describirse como un proceso que se representa como un diagrama de flujo, un diagrama de estructura o un diagrama de bloques. Aunque cada una puede describir las operaciones como un proceso secuencial, muchas de las operaciones pueden realizarse en paralelo o simultáneamente. Además, el orden de las operaciones se puede reorganizar. Un proceso acaba cuando las operaciones incluidas en este se completan, pero podría tener etapas adicionales no incluidas en la figura.

35 Es más, según se describe en el presente trabajo, el término "medio de almacenamiento" o "dispositivo de almacenamiento" puede hacer referencia a uno o más dispositivos para almacenar datos, incluyendo memorias de sólo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio (RAM), RAM magnética, memoria central, medios de almacenamiento en disco magnético, medios de almacenamiento óptico, dispositivos de memoria flash u otros medios legibles por ordenador para almacenar información. El término "medio legible por ordenador" incluye, pero no de forma limitativa, dispositivos de almacenamiento portátiles o fijos, dispositivos de almacenamiento óptico, canales inalámbricos, tarjetas SIM, otras tarjetas inteligentes y otros diversos medios capaces de almacenar, contener o transportar instrucciones o datos.

40 Además, las realizaciones pueden implementarse mediante hardware, software, firmware, middleware, microcódigo, lenguajes de descripción de hardware o cualquier combinación de los mismos. Cuando se implementa en software, firmware, middleware o microcódigo, el código o los segmentos de código que realizan

las tareas necesarias se pueden almacenar en un medio legible por ordenador, tal como un medio de almacenamiento. Los procesadores pueden realizar las tareas necesarias.

5 Habiendo descrito diversas realizaciones, será reconocido por los expertos en la técnica que pueden utilizarse diversas modificaciones, construcciones alternativas y equivalentes sin abandonar el ámbito de la invención según lo definido por las reivindicaciones. Por ejemplo, los elementos anteriores pueden ser simplemente un
10 componente de un sistema más grande, en donde otras reglas pueden tomar precedencia sobre o de cualquier otra forma modificar la aplicación de la invención. También, es posible que sea necesaria una serie de etapas antes, durante o después de los elementos descritos anteriormente. En consecuencia, la descripción anterior no debe tomarse como una limitación del ámbito de la invención, el cual se define en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un satélite de haz puntual (105) que comprende:
 - 5 un sistema de antena configurado para crear un patrón de haz; estando configurado el satélite de haz puntual para recibir datos de una pluralidad de haces (205) de servicio y de un haz (225) de alimentador, teniendo cada haz de servicio un área de cobertura del haz de servicio asociada y teniendo el haz de alimentador un área de cobertura de haz de alimentador asociada, estando asignado cada haz de servicio a uno de cuatro colores diferentes, siendo cada color una combinación
 - 10 diferente de banda de frecuencia y polarización, en donde el área de cobertura del haz de alimentador está cerca de una de las áreas de cobertura del haz de servicio, y en donde un conjunto de colores asignado al haz de alimentador incluye los tres colores diferentes no asignados al haz de servicio asociado con el área de cobertura del haz de servicio cerca del
 - 15 área de cobertura del haz de alimentador, en donde al menos otro de los haces de servicio asociados con otra de las áreas de cobertura del haz de servicio que no está cerca del área de cobertura del haz de alimentador, está asignado a uno de los tres colores diferentes asignados al haz de alimentador.
 - 20 2. El satélite de haz puntual de la reivindicación 1, en donde si una primera área de cobertura del haz de servicio está asociada a un primer haz de servicio, está cerca de una segunda área de cobertura del haz de servicio asociada con un segundo haz de servicio, el primer haz de servicio está asignado a un primer color de los cuatro colores diferentes y el segundo haz de servicio está asignado a un segundo color de los cuatro colores diferentes, en donde el primer color y el segundo color son diferentes.
 - 25 3. El satélite de haz puntual de la reivindicación 1, en donde los haces de servicio comprenden un componente de enlace ascendente y un componente de enlace descendente, y a los componentes del enlace ascendente y descendente se les asignan frecuencias diferentes.
 - 30 4. El satélite de haz puntual de la reivindicación 3, en donde el satélite se configura para convertir una señal recibida desde el componente de enlace ascendente desde una primera frecuencia asociada con el enlace ascendente a una segunda frecuencia asociada con el enlace descendente.
 - 35 5. El satélite de haz puntual de la reivindicación 1, en donde el haz de alimentador además comprende un haz de alimentador de enlace ascendente que tiene al menos un canal de frecuencia común y un haz de alimentador de enlace descendente que tiene al menos un canal de frecuencia común, en donde el al menos un canal de frecuencia común asociado con el haz de alimentador de enlace ascendente emplea un primer intervalo de frecuencia y el al menos un canal de frecuencia común asociado con el haz de alimentador de enlace descendente emplea un segundo intervalo de frecuencia, y en donde el primer
 - 40 intervalo de frecuencia es diferente al segundo intervalo de frecuencia.
 - 45 6. El satélite de haz puntual de la reivindicación 5, en donde el satélite se configura para convertir una señal recibida desde el componente de enlace ascendente desde una primera frecuencia asociada con el enlace ascendente a una segunda frecuencia asociada al enlace descendente.
 - 50 7. El satélite de haz puntual de la reivindicación 1, en donde el satélite se configura para recibir datos de un segundo haz de alimentador, en donde el segundo haz de alimentador está asociado con una segunda área de cobertura del haz de alimentador, en donde la segunda área de cobertura del haz de alimentador no está cerca de ninguna de las áreas de cobertura del haz de servicio, y en donde la segunda área de cobertura del haz de alimentador está asignada a los cuatro colores diferentes.
 8. Un método de operar un satélite de haz puntual (105), comprendiendo el método:
 - 55 recibir datos en el satélite de haz puntual desde una pluralidad de haces (205) de servicio y un haz (225) de alimentador, teniendo cada haz de servicio un área de cobertura del haz de servicio asociada y teniendo el haz de alimentador un área de cobertura del haz de alimentador asociada, teniendo el satélite de haz puntual un sistema de antena configurado para crear un patrón de haces, estando asignado cada haz de servicio a uno de cuatro colores diferentes, siendo cada color una combinación diferente de banda de frecuencia y polarización,
 - 60 en donde el área de cobertura del haz de alimentador está cerca de una de las áreas de cobertura del haz de servicio, y en donde un conjunto de colores asignado al haz de alimentador incluye los tres colores diferentes no asignados al haz de servicio asociado con el área de cobertura del haz de servicio cerca del área de cobertura del haz de alimentador,

en donde al menos otro de los haces de servicio asociados con otra de las áreas de cobertura del haz de servicio que no está cerca del área de cobertura del haz de alimentador, está asignado a uno de los tres colores diferentes asignados al haz de alimentador.

- 5 9. El método de la reivindicación 8, que además comprende:
si una primera área de cobertura del haz de servicio está asociada a un primer haz de servicio, está cerca
de una segunda área de cobertura del haz de servicio asociada a un segundo haz de servicio, asignando al
primer haz de servicio un primer color de los cuatro colores diferentes y al segundo haz de servicio un
segundo color de los cuatro colores diferentes, en donde el primer color y el segundo color son diferentes.
- 10 10. El método de la reivindicación 8, en donde los haces de servicio comprenden un componente de enlace
ascendente y un componente de enlace descendente, y a los componentes del enlace ascendente y
descendente se les asignan frecuencias diferentes.
- 15 11. El método de la reivindicación 10, que además comprende:
convertir, en el satélite de haz puntual, una señal recibida desde el componente de enlace ascendente
desde una primera frecuencia asociada con el enlace ascendente a una segunda frecuencia asociada
con el enlace descendente.
- 20 12. El método de la reivindicación 8, en donde el haz de alimentador además comprende un haz de
alimentador de enlace ascendente que tiene al menos un canal de frecuencia común y un haz de
alimentador de enlace descendente que tiene al menos un canal de frecuencia común, en donde el al
menos un canal de frecuencia común asociado con el haz de alimentador de enlace ascendente emplea
un primer intervalo de frecuencia y el al menos un canal de frecuencia común asociado con el haz de
25 alimentador de enlace descendente emplea un segundo intervalo de frecuencia, y en donde el primer
intervalo de frecuencia es diferente al segundo intervalo de frecuencia.
- 30 13. El método de la reivindicación 12, que además comprende:
convertir, en el satélite de haz puntual, una señal recibida desde el componente de enlace ascendente
desde una primera frecuencia asociada con el enlace ascendente a una segunda frecuencia asociada
con el enlace descendente.
- 35 14. El método de la reivindicación 8, que además comprende recibir datos de un segundo haz de
alimentador, estando asociado el segundo haz de alimentador con una segunda área de cobertura del
haz de alimentador, en donde la segunda área de cobertura del haz de alimentador no está cerca de
ninguna de las áreas de cobertura del haz de servicio, y en donde la segunda área de cobertura del haz
de alimentador está asignada a los cuatro colores diferentes.

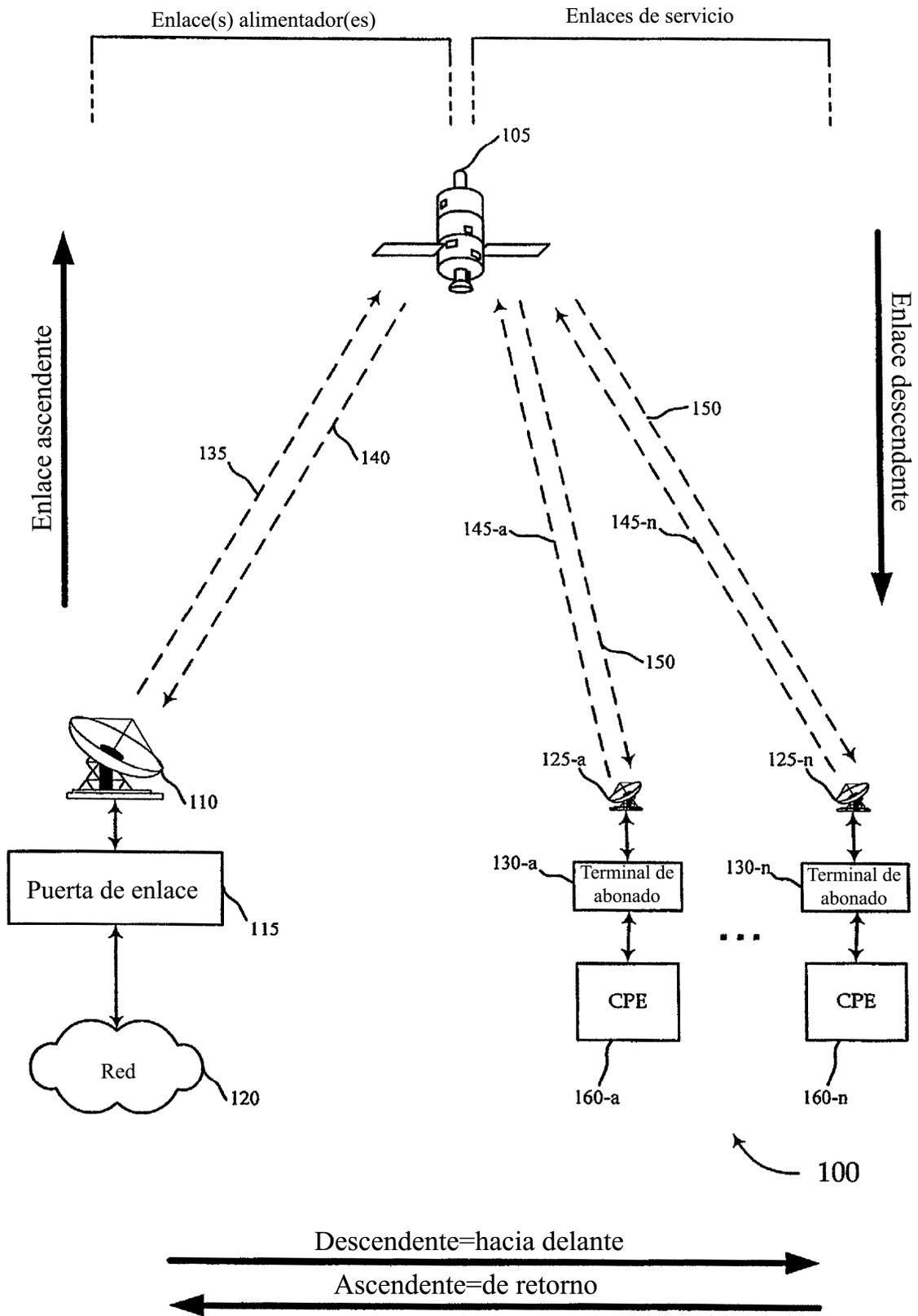


FIG. 1A

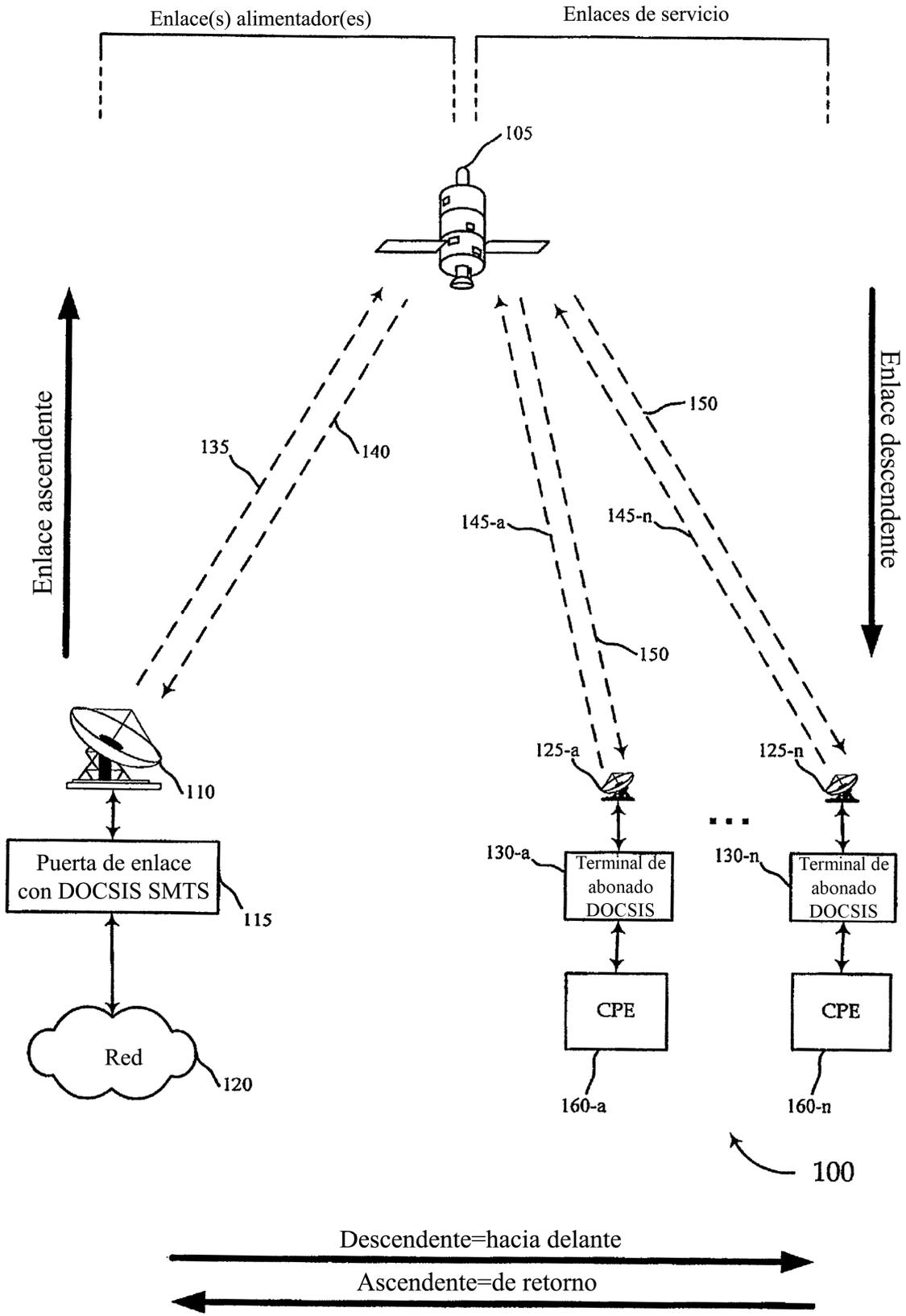


FIG. 1B

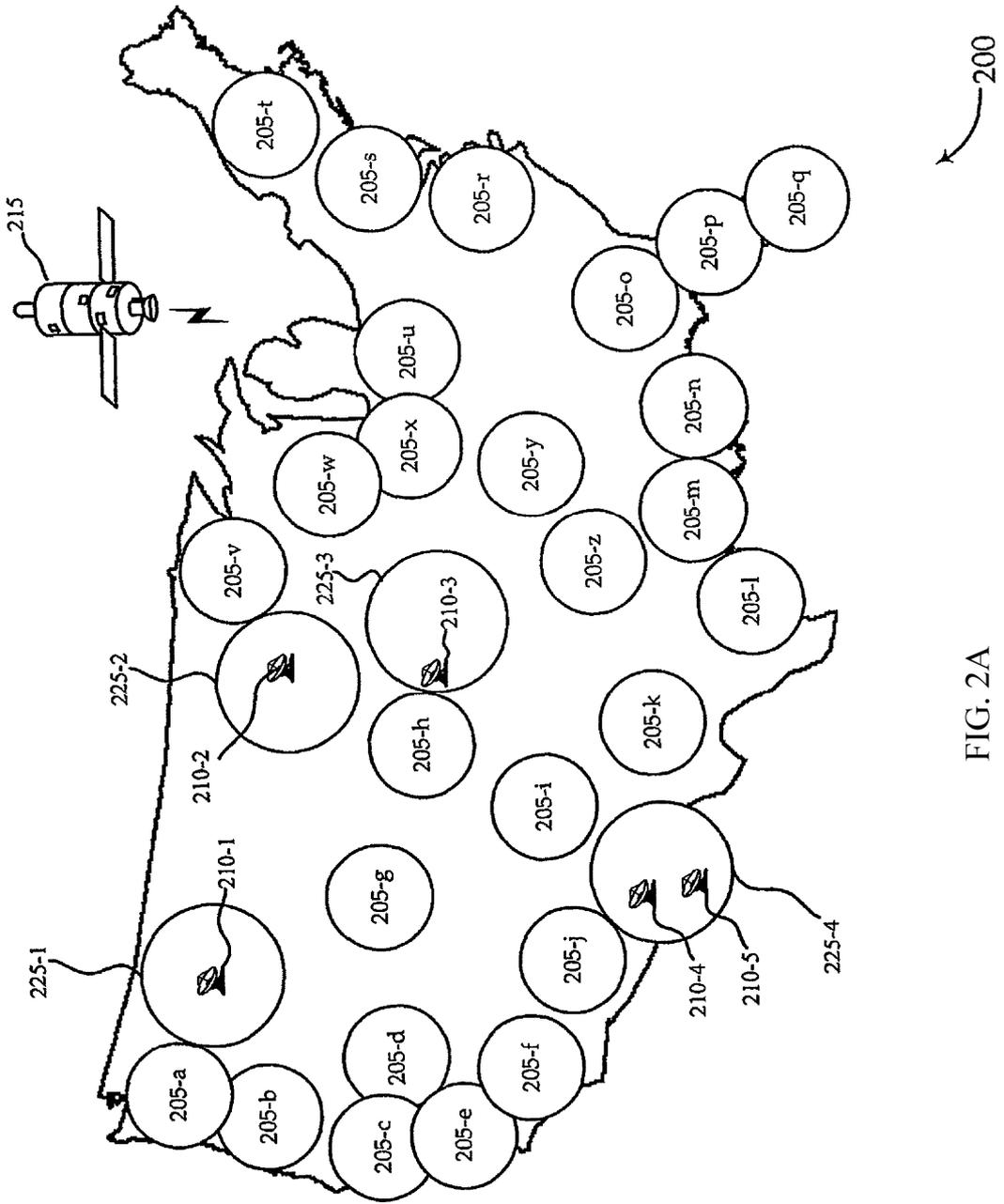


FIG. 2A

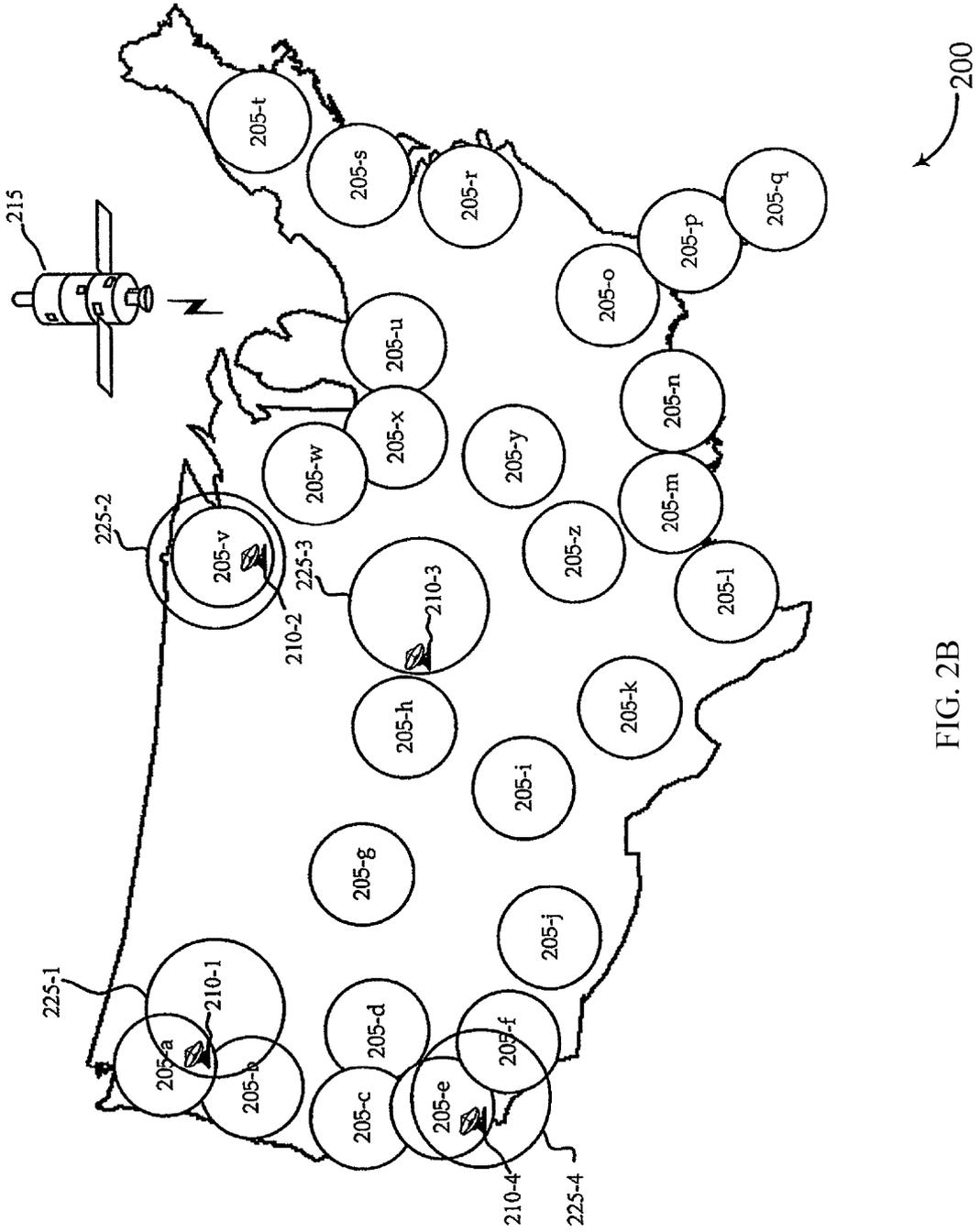


FIG. 2B

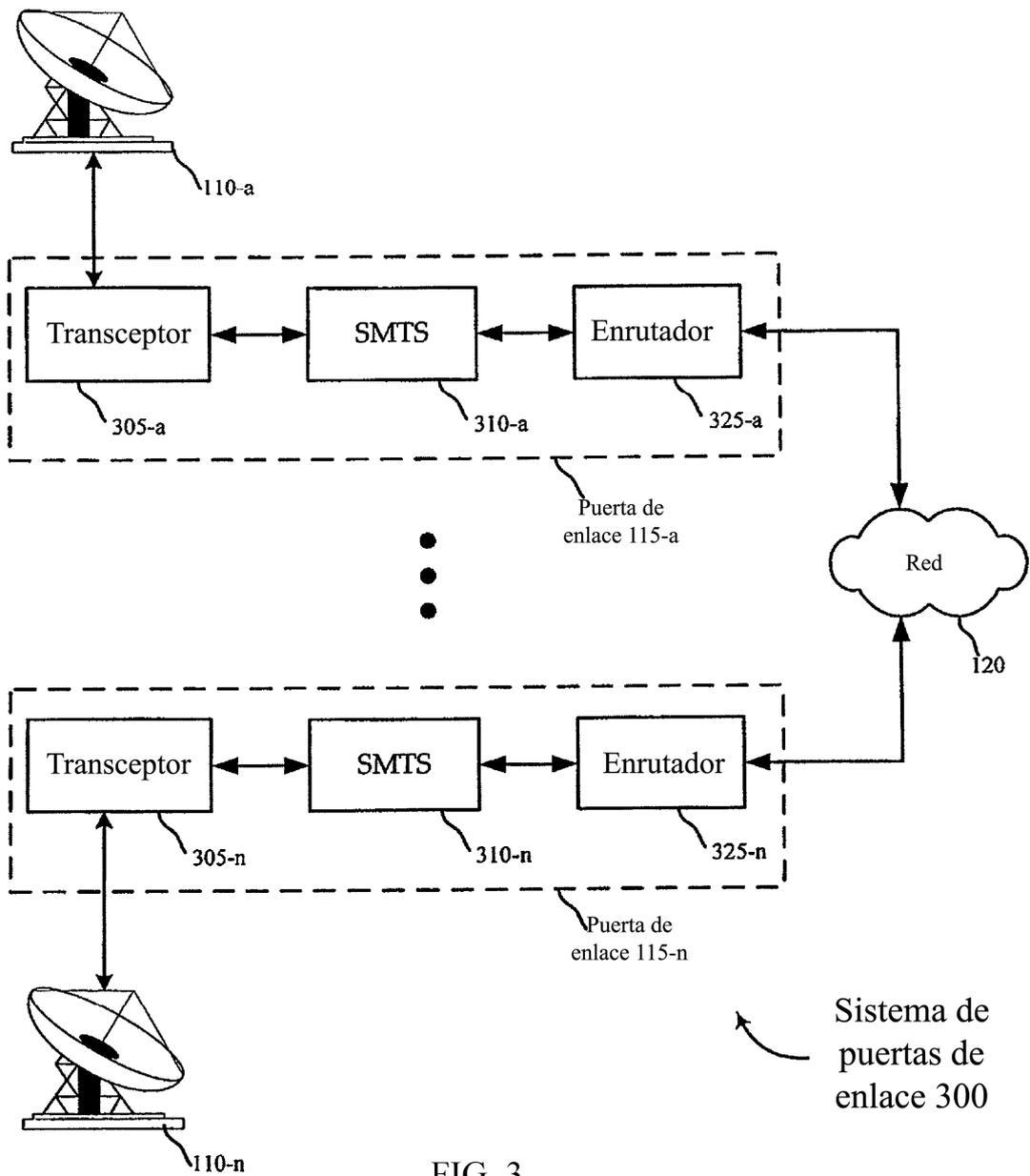


FIG. 3

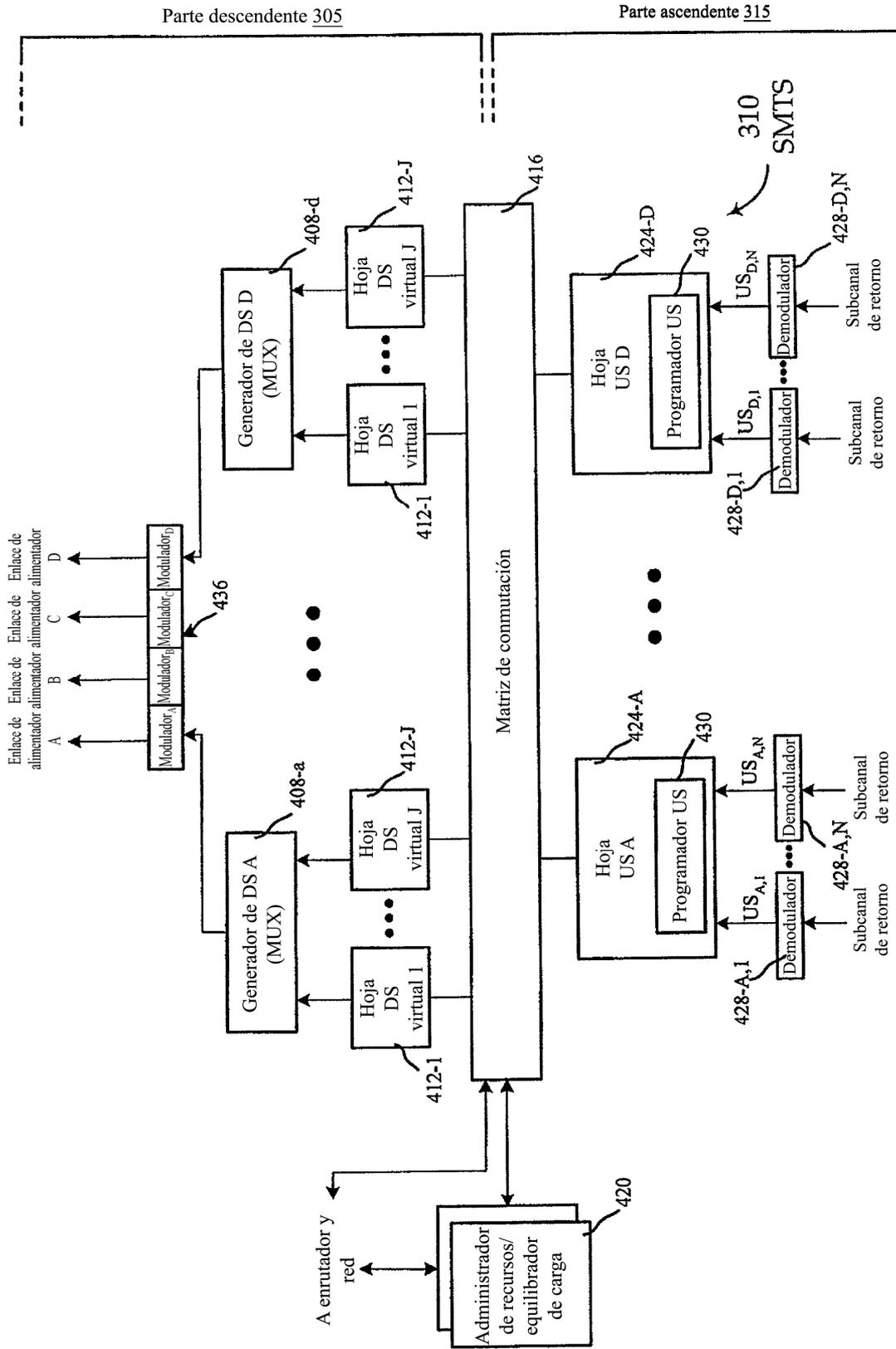


FIG. 4

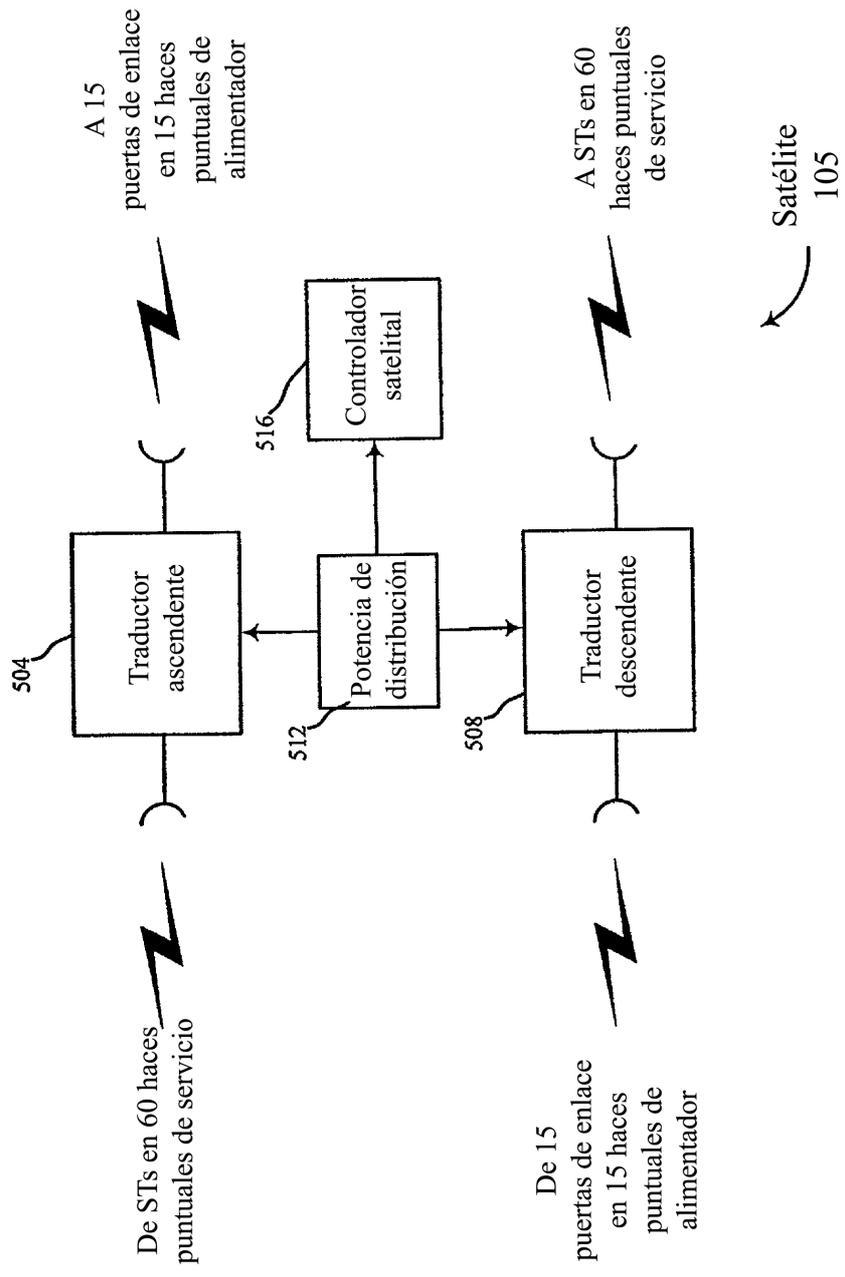


FIG. 5

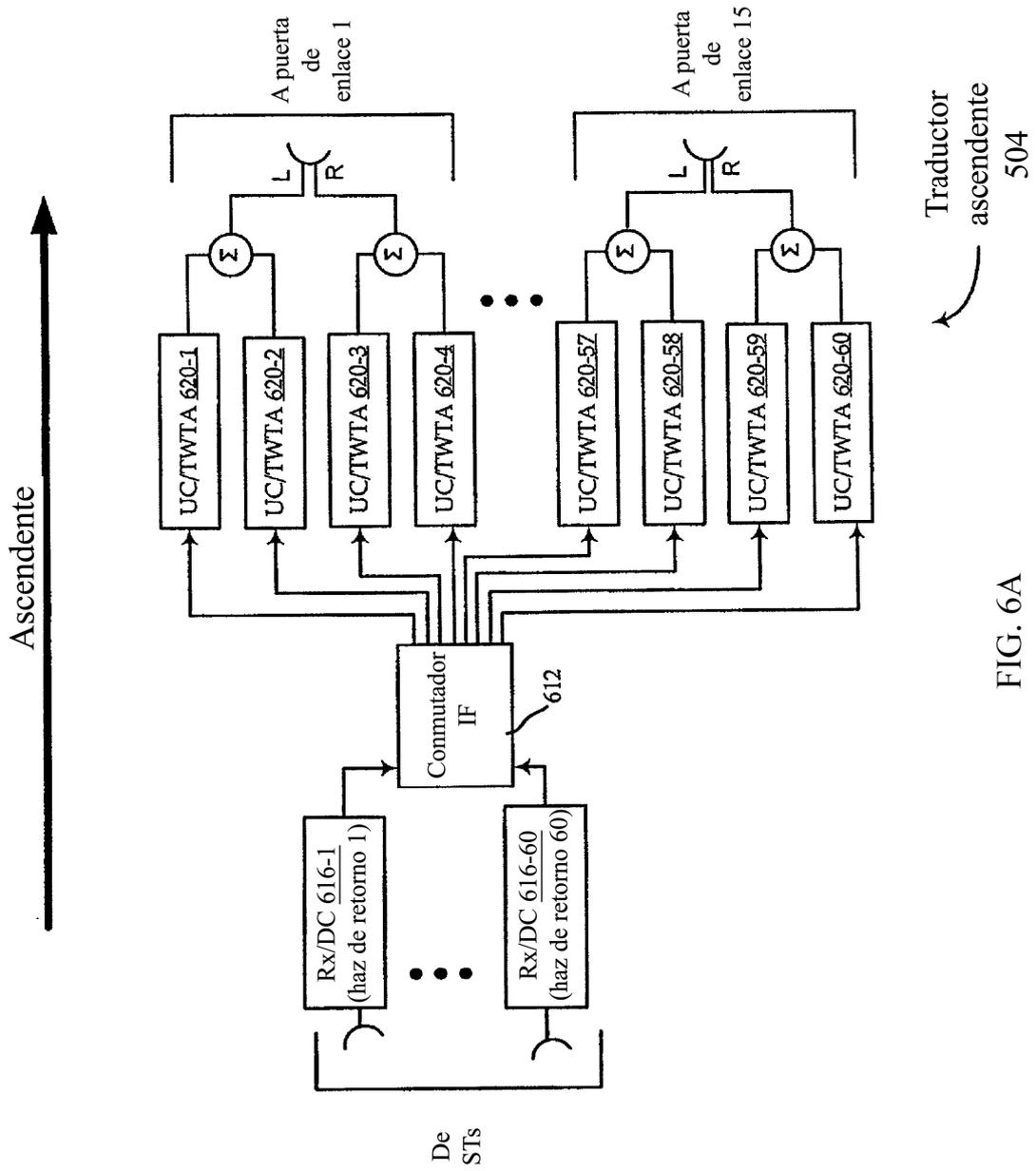


FIG. 6A

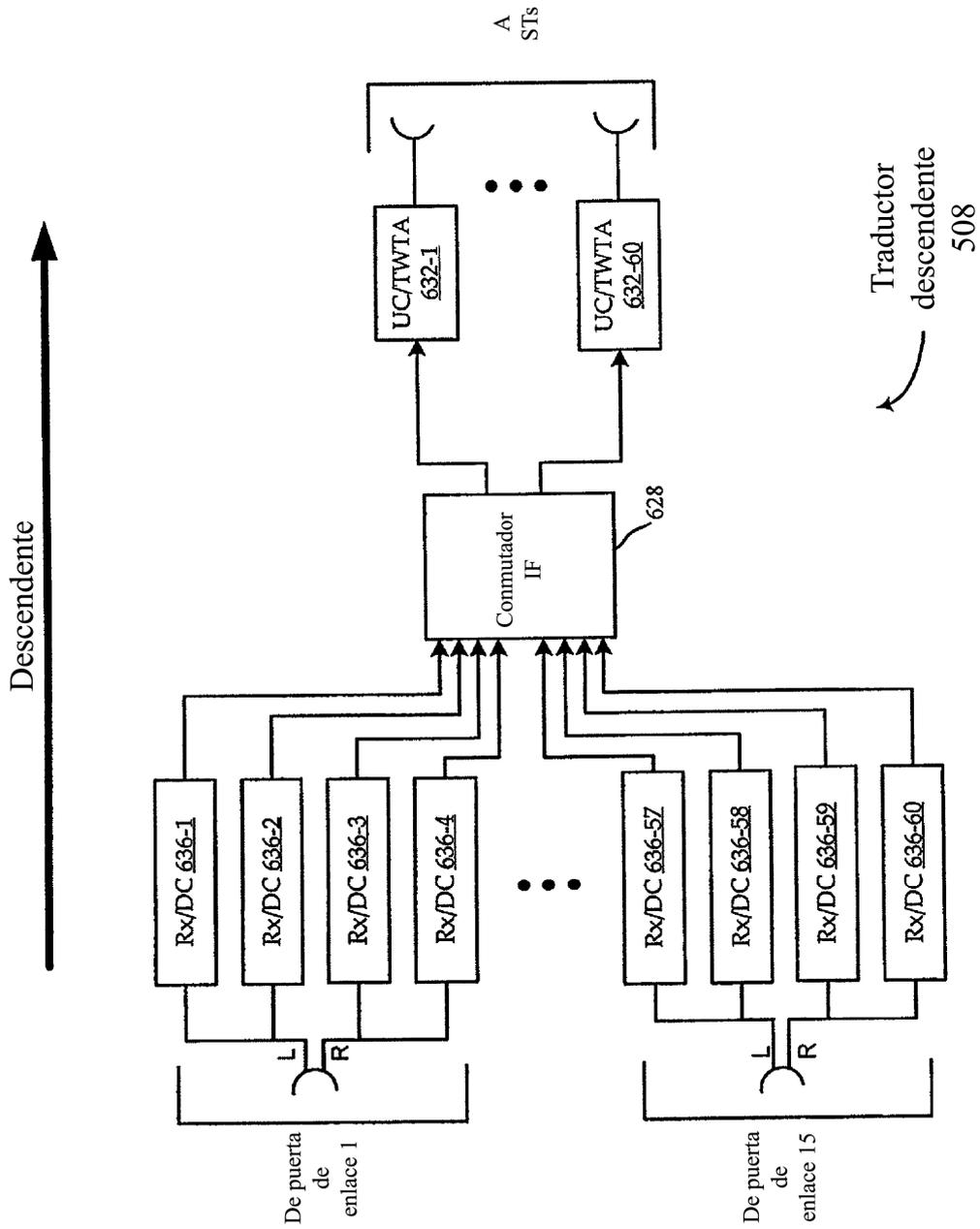


FIG. 6B

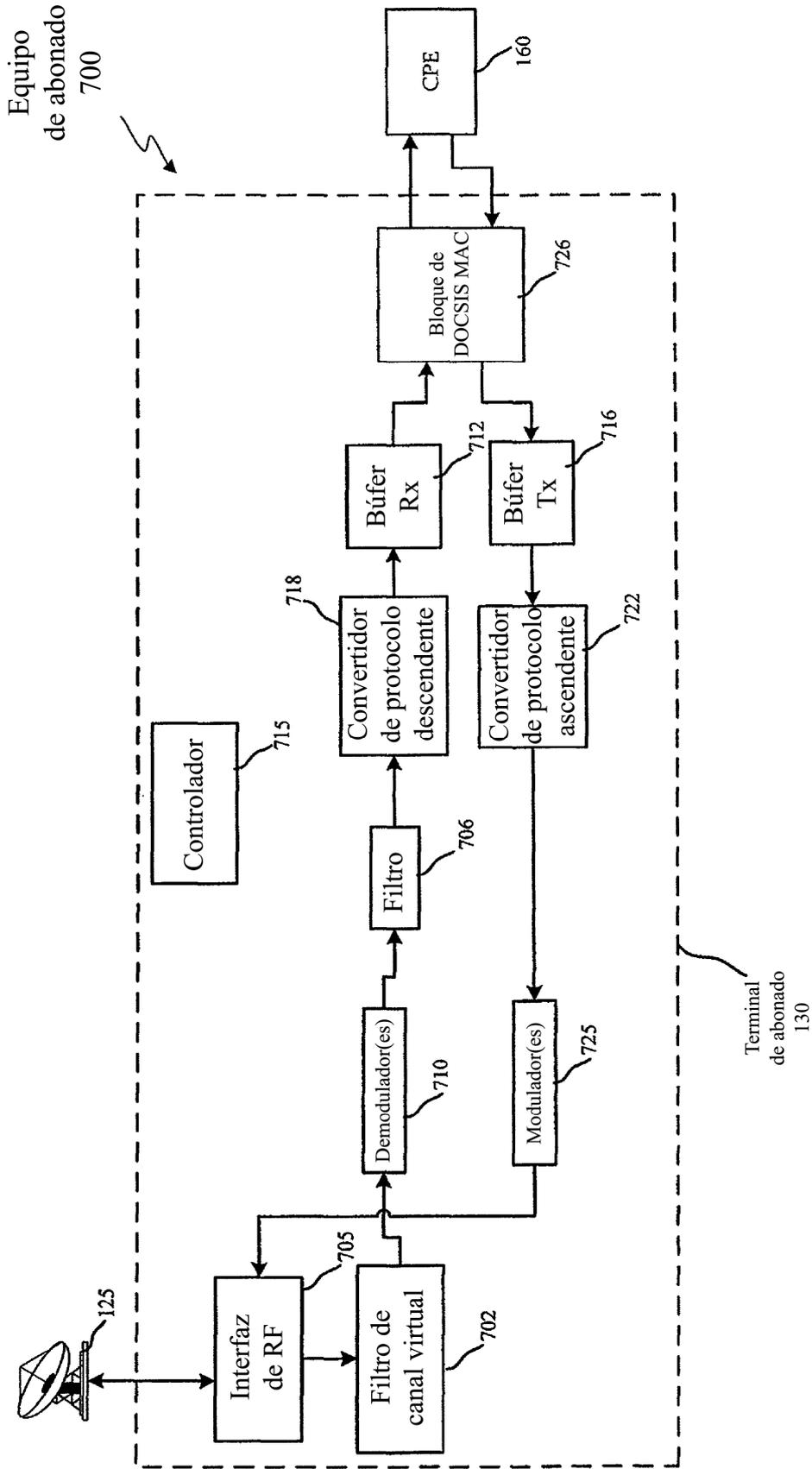


FIG. 7

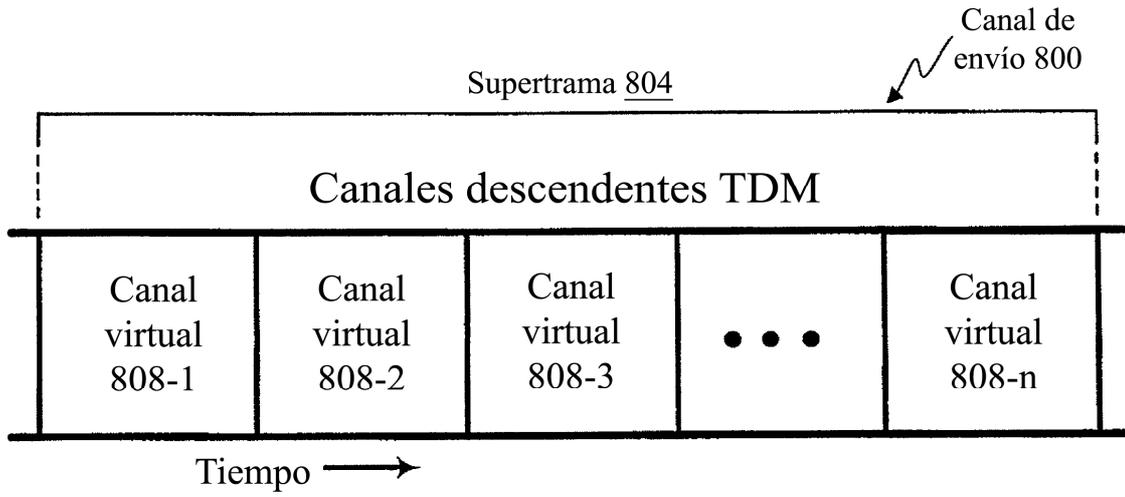


FIG. 8

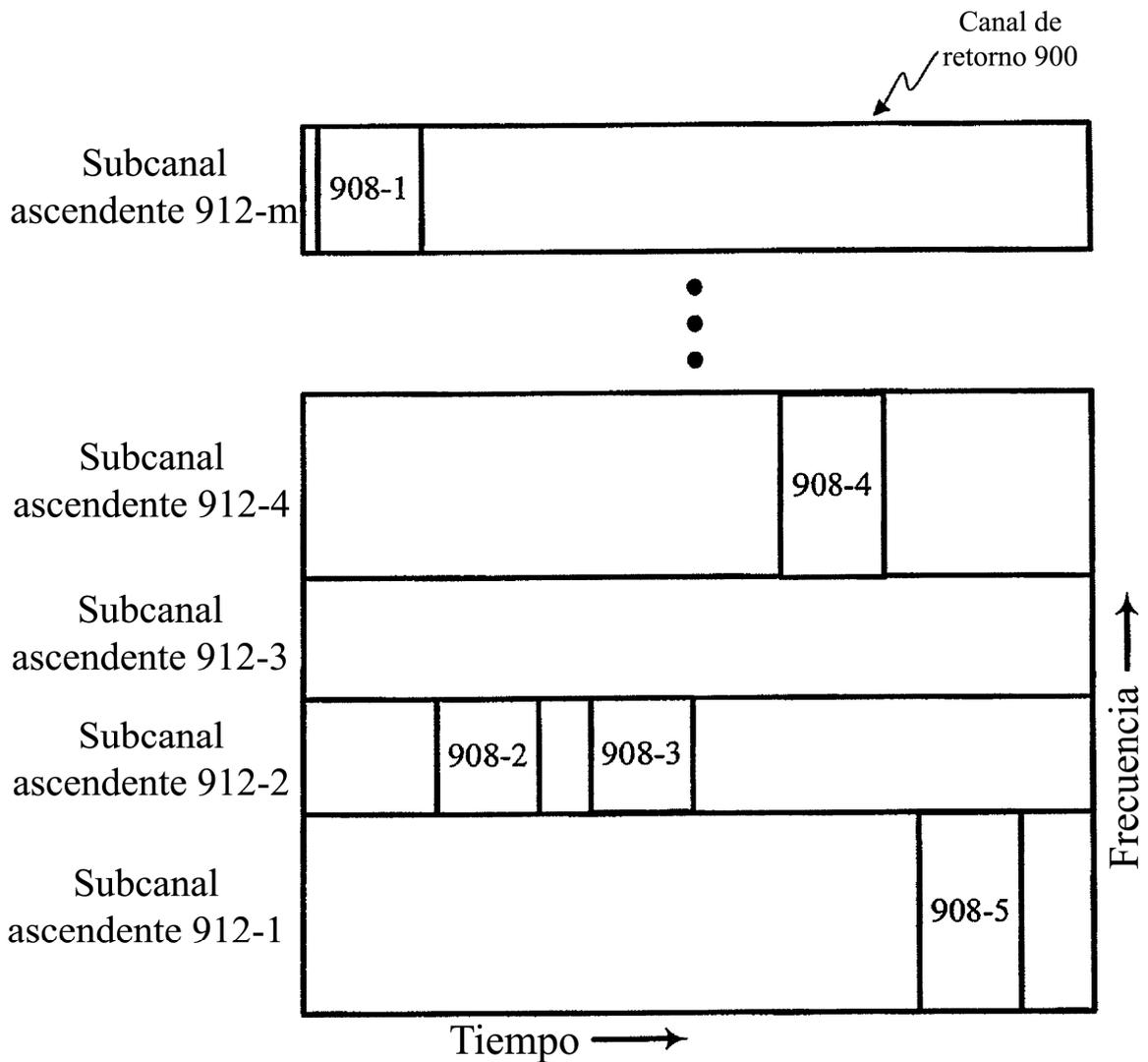


FIG. 9

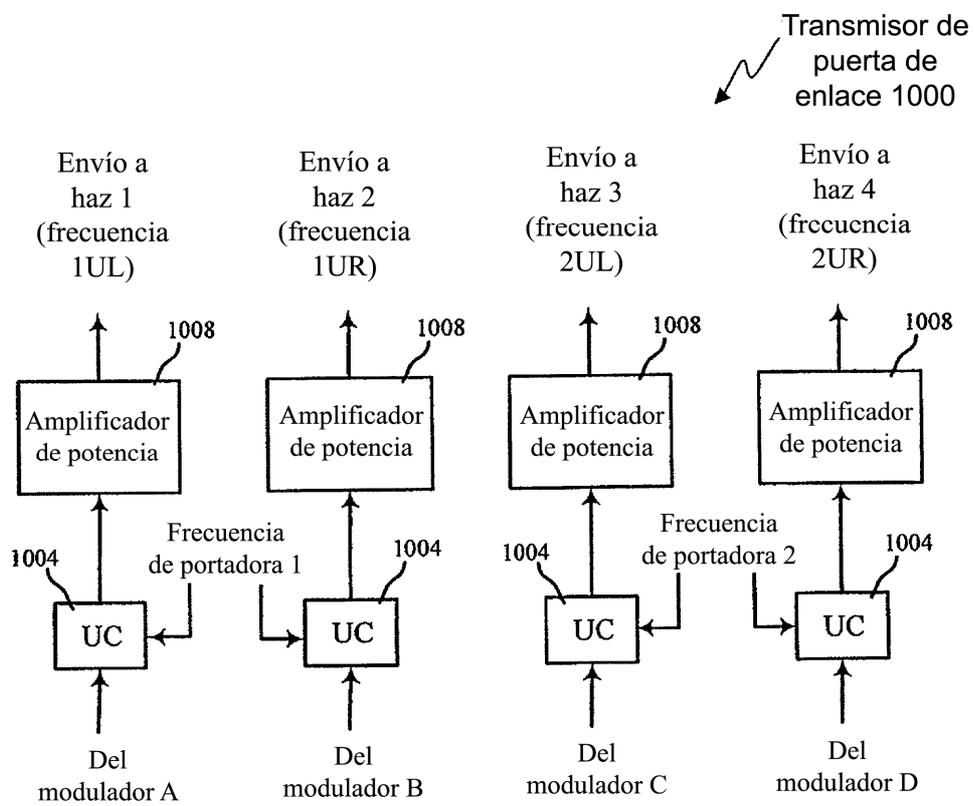


FIG. 10

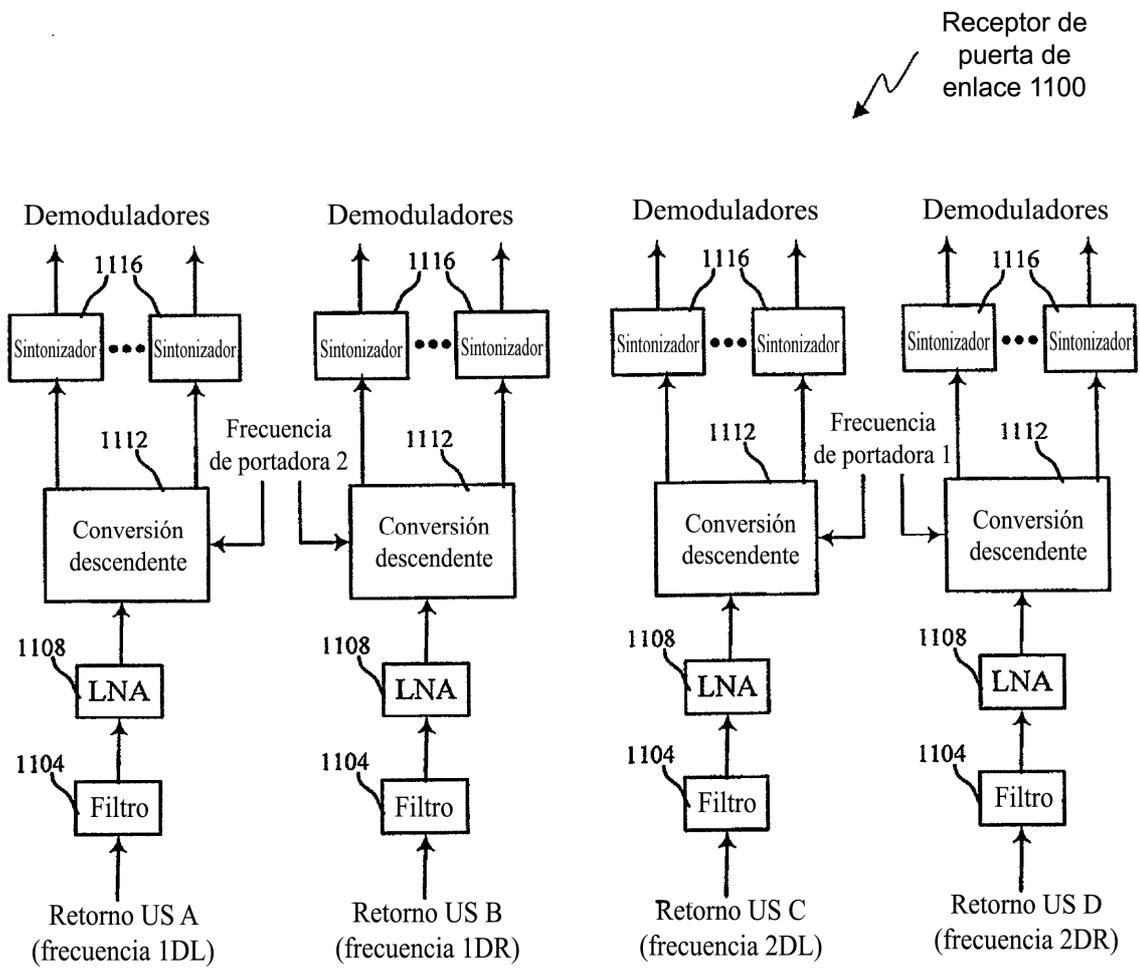


FIG. 11

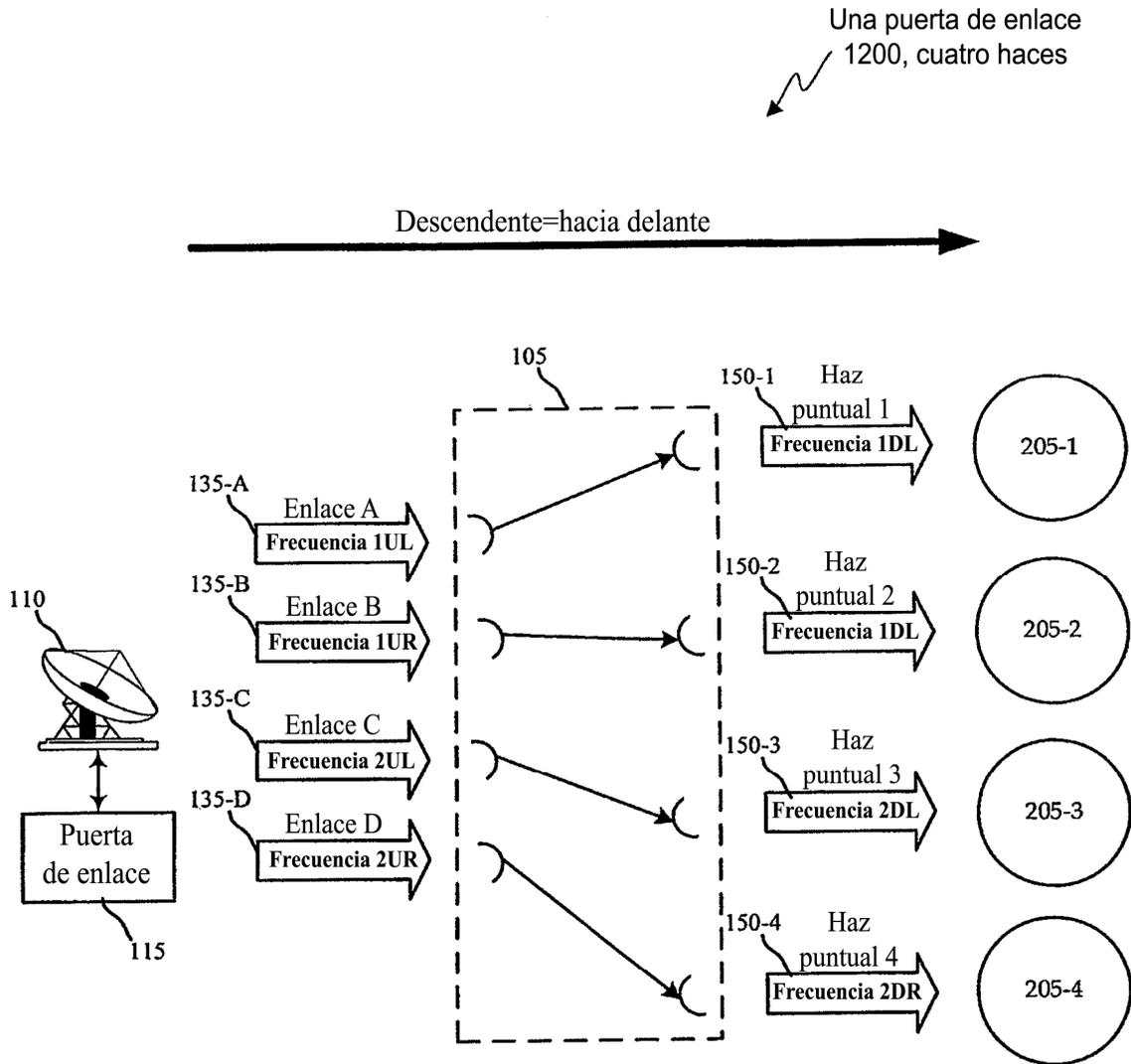


FIG. 12A

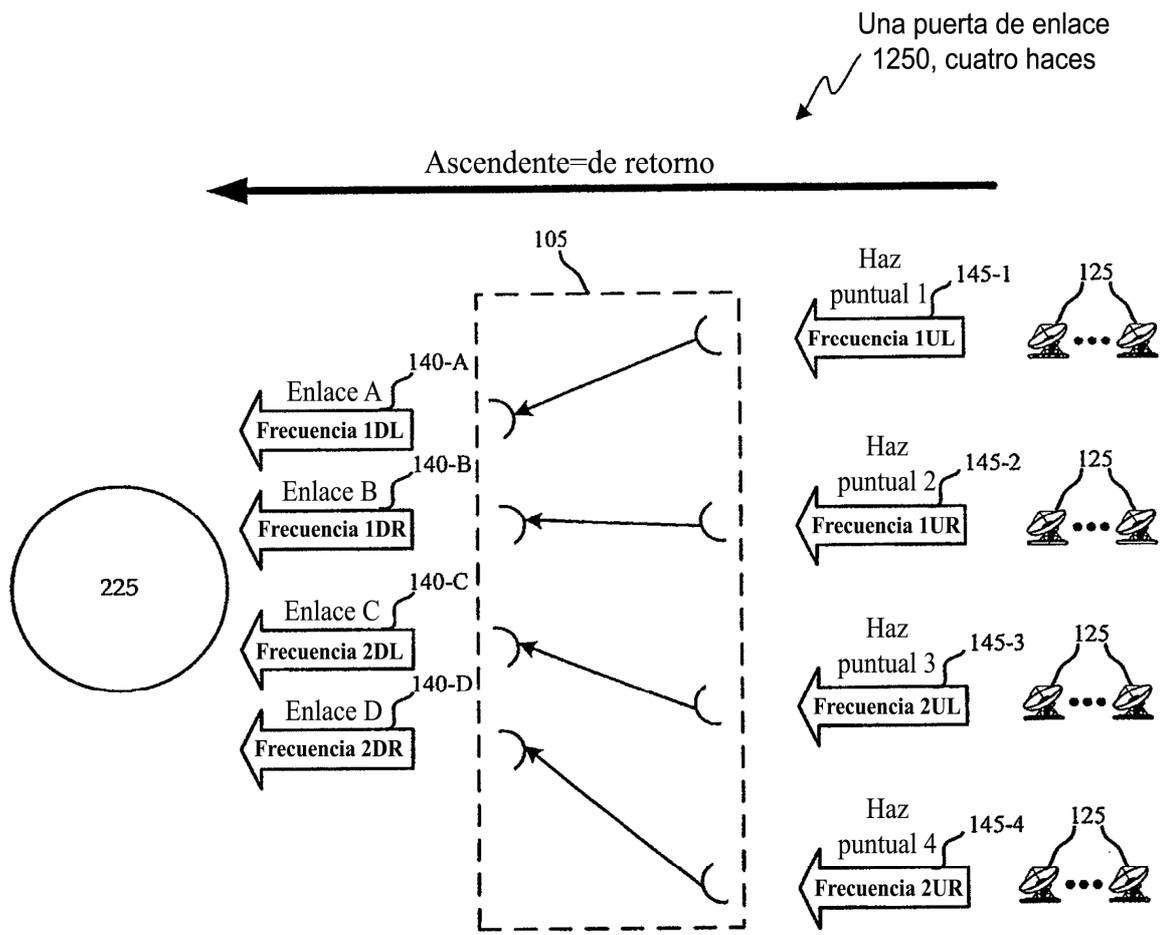


FIG. 12B

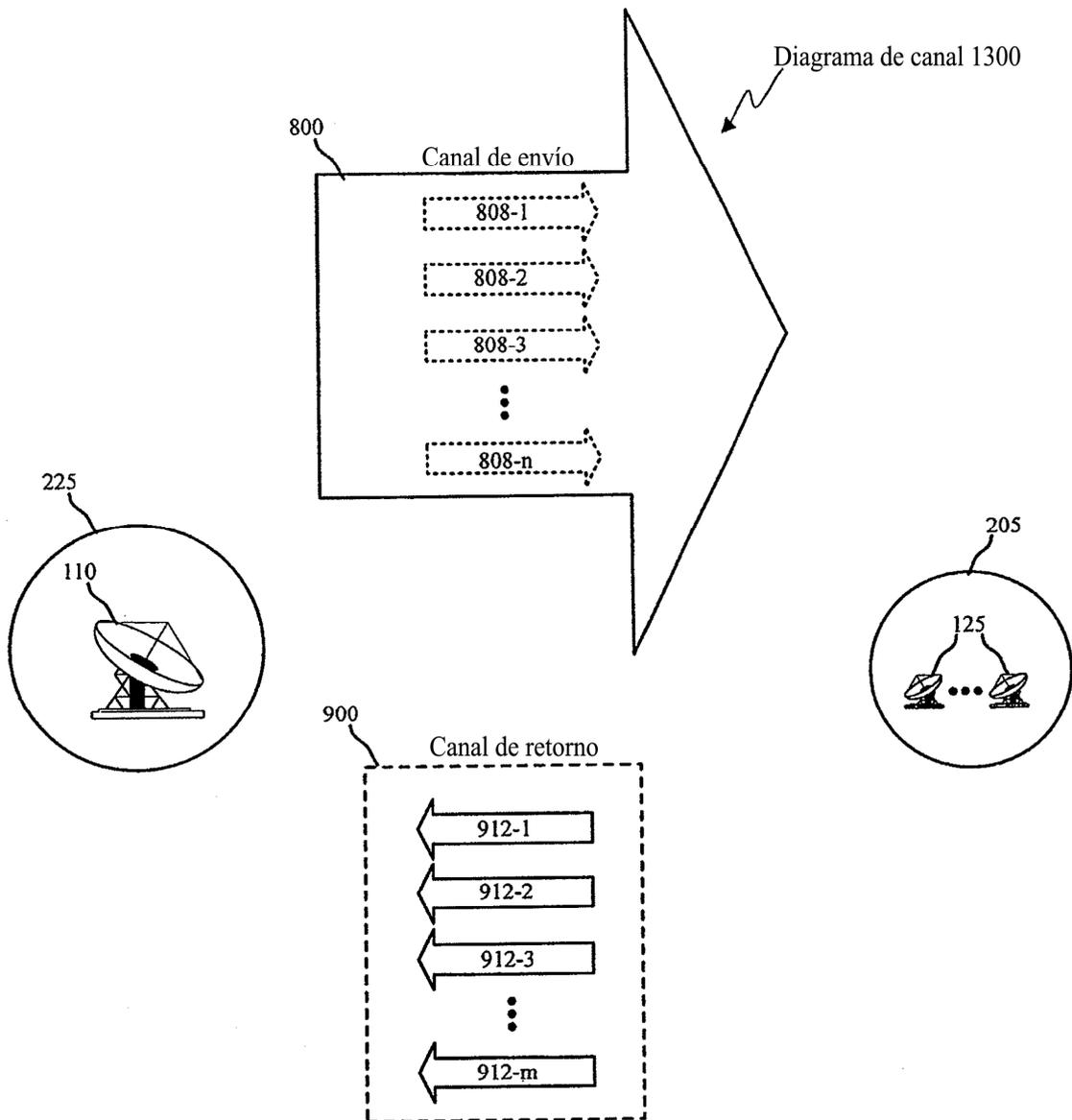
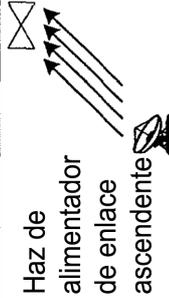
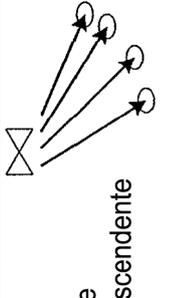
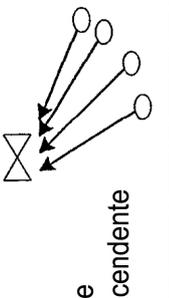
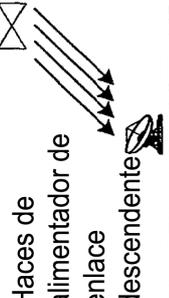


FIG. 13

400

Señal	17.7 ~ 18,2 GHz	19.7 ~ 20,2 GHz	27.5 ~ 28,0 GHz	29.5 ~ 30,0 GHz
 <p>Haz de alimentador de enlace ascendente (4002)</p>			Polarización circular hacia la izquierda Polarización circular hacia la derecha	Polarización circular hacia la izquierda Polarización circular hacia la derecha
 <p>Haces de servicio de enlace descendente (4004)</p>	Polarización circular hacia la izquierda* Polarización circular hacia la derecha*	Polarización circular hacia la izquierda* Polarización circular hacia la derecha*		
 <p>Haces de servicio de enlace ascendente (4006)</p>			Polarización circular hacia la izquierda* Polarización circular hacia la derecha*	Polarización circular hacia la izquierda* Polarización circular hacia la derecha*
 <p>Haces de alimentador de enlace descendente (4008)</p>	Polarización circular hacia la izquierda Polarización circular hacia la derecha	Polarización circular hacia la izquierda Polarización circular hacia la derecha		

*opciones de frecuencia/polarización para haces de servicio

FIG. 14

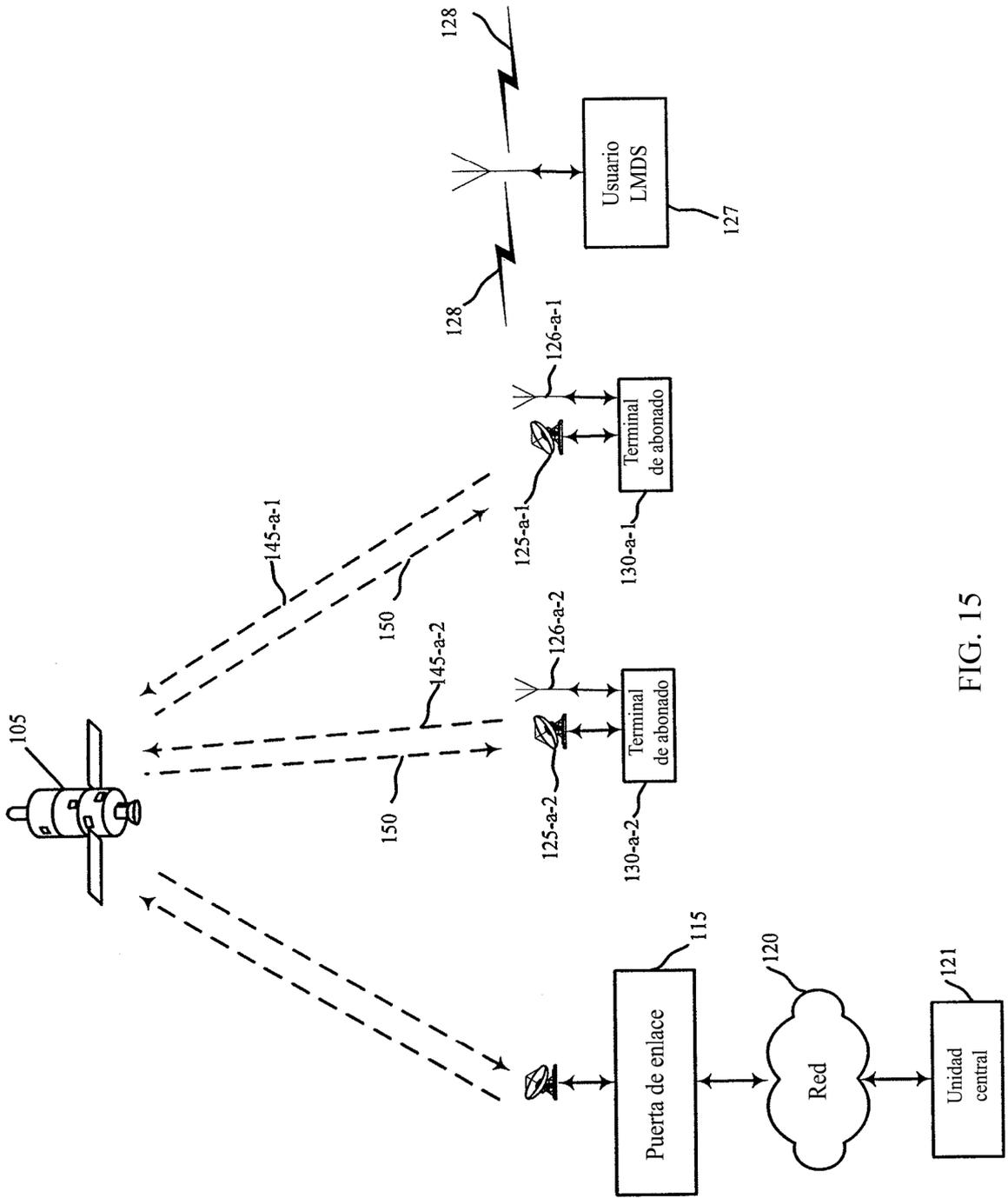


FIG. 15

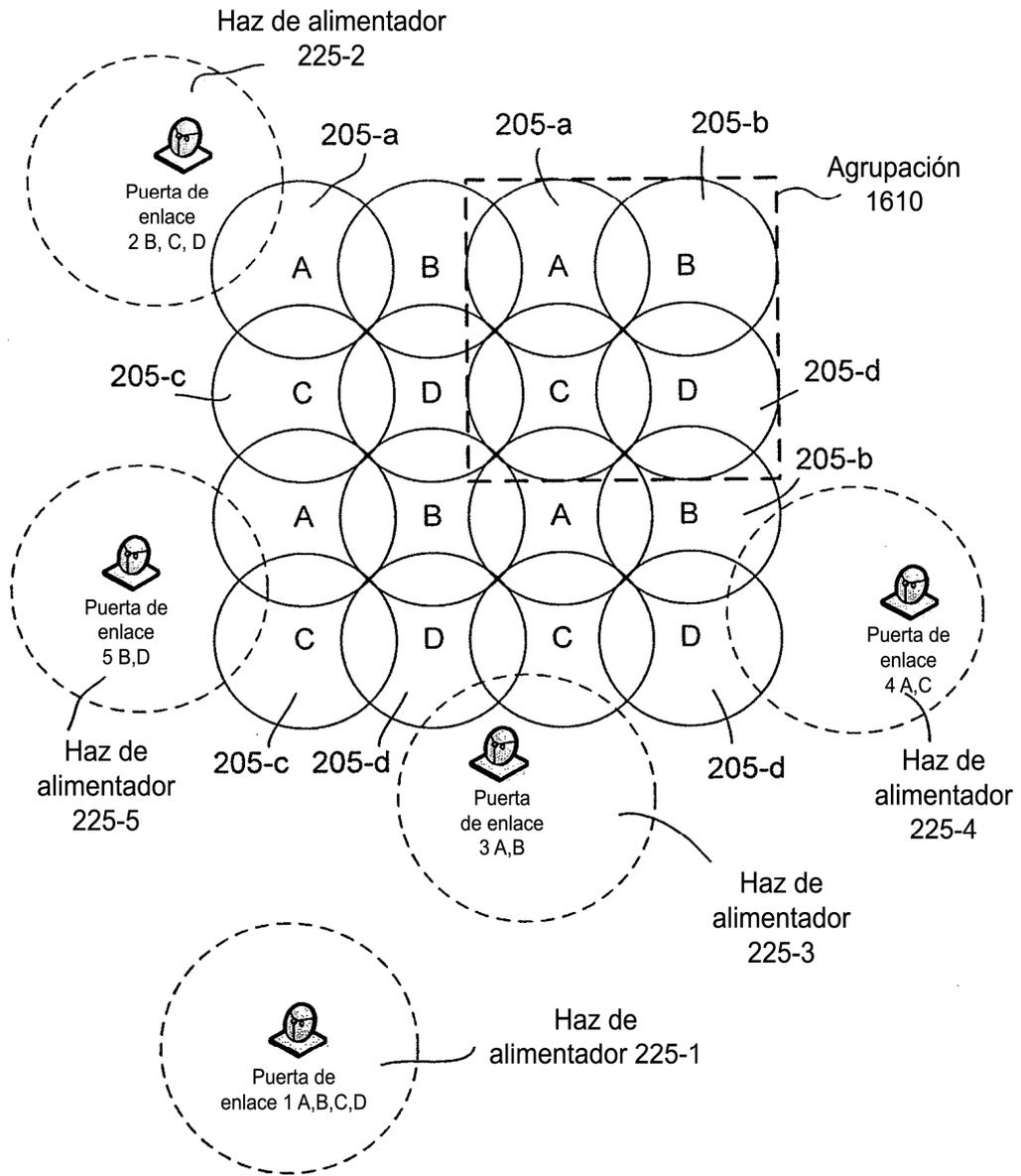


FIG. 16

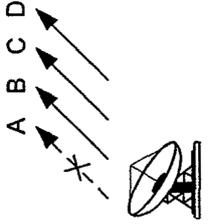
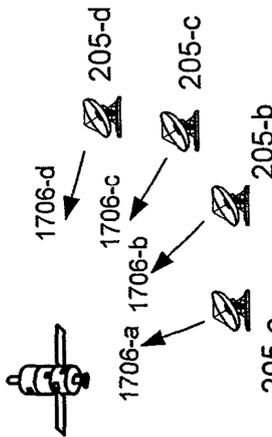
Señal	27,5 – 28,0 GHz	29,5 – 30,0 GHz
 <p>Haz de alimentador de enlace ascendente 1702</p>	<p>Polarización circular hacia la izquierda Polarización circular hacia la derecha</p>	<p>Polarización circular hacia la izquierda Polarización circular hacia la derecha</p>
 <p>Haces de servicio de enlace ascendente</p>	<p>Polarización circular hacia la izquierda Polarización circular hacia la derecha</p>	<p>Polarización circular hacia la izquierda Polarización circular hacia la derecha</p>

FIG. 17A

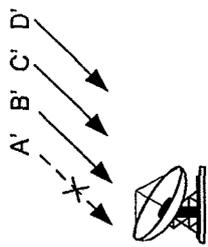
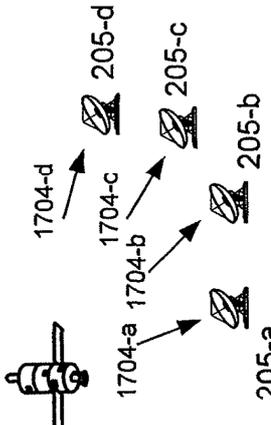
<p>Señal</p>	<p>17,7 – 18,2 GHz</p>	<p>19,7 – 20,2 GHz</p>
 <p>Haz de alimentador de enlace descendente 1708</p>	<p>Polarización circular hacia la izquierda Polarización circular hacia la derecha</p>	<p>Polarización circular hacia la izquierda Polarización circular hacia la derecha</p>
 <p>Haces de servicio de enlace descendente</p>	<p>Polarización circular hacia la izquierda Polarización circular hacia la derecha</p>	<p>Polarización circular hacia la izquierda Polarización circular hacia la derecha</p>

FIG. 17B

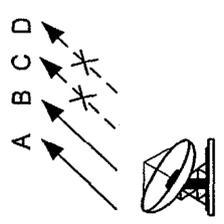
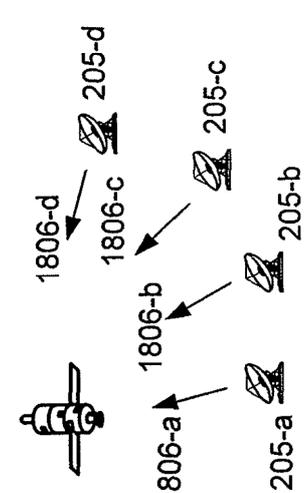
Señal	27,5 – 28,0 GHz	29,5 – 30,0 GHz
 <p>Haz de alimentador de enlace ascendente 1802</p>	<p>Polarización circular hacia la izquierda Polarización circular hacia la derecha</p>	<p>Polarización circular hacia la izquierda Polarización circular hacia la derecha</p>
 <p>Haces de servicio de enlace ascendente</p>	<p>Polarización circular hacia la izquierda Polarización circular hacia la derecha</p>	<p>Polarización circular hacia la izquierda Polarización circular hacia la derecha</p>

FIG. 18A

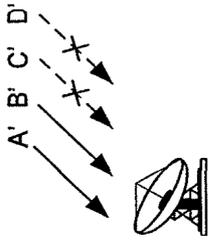
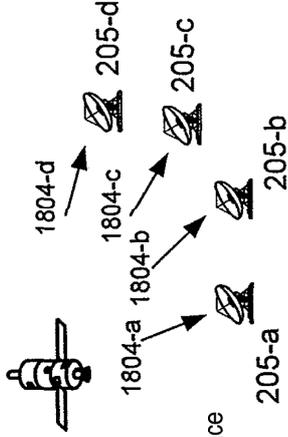
Señal	17,7 – 18,2 GHz	19,7 – 20,2 GHz
 <p>Haz de alimentador de enlace descendente 1808</p>	<p>Polarización circular hacia la izquierda Polarización circular hacia la derecha</p>	<p>Polarización circular hacia la izquierda Polarización circular hacia la derecha</p>
 <p>Haces de enlace servicio de enlace descendente 205-a</p>	<p>Polarización circular hacia la izquierda Polarización circular hacia la derecha</p>	<p>Polarización circular hacia la izquierda Polarización circular hacia la derecha</p>

FIG. 18B