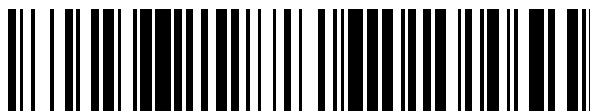


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 705 749**

51 Int. Cl.:

**H04B 7/185** (2006.01)  
**H04B 7/204** (2006.01)  
**H01Q 1/28** (2006.01)  
**H01Q 1/36** (2006.01)  
**H01Q 3/28** (2006.01)  
**H01Q 3/34** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.03.2016** **PCT/US2016/023922**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.10.2016** **WO16160487**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.03.2016** **E 16714188 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2018** **EP 3278472**

54 Título: **Procedimiento y aparato para evitar superar los límites de interferencia para un sistema de satélites no geoestacionarios**

30 Prioridad:

**03.04.2015 US 201562142769 P**  
**25.09.2015 US 201514865390**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**26.03.2019**

73 Titular/es:

**QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)**  
**5775 Morehouse Drive**  
**San Diego, CA 92121-1714, US**

72 Inventor/es:

**DETERMAN, JAMES;**  
**VASSILOVSKI, DAN;**  
**RAZAGHI, PEYMAN;**  
**TRAN, ALLEN MINH-TRIET;**  
**GURELLI, MEHMET;**  
**NAGARAJA, SUMEETH;**  
**BLACK, PETER JOHN;**  
**WU, QIANG y**  
**MARSH, GENE WESLEY**

74 Agente/Representante:

**FORTEA LAGUNA, Juan José**

ES 2 705 749 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

Procedimiento y aparato para evitar superar los límites de interferencia para un sistema de satélites no geoestacionarios

### Introducción

**[0001]** Los diversos aspectos descritos en el presente documento se refieren a las comunicaciones por satélite y, más en particular, a la transmisión de datos espectrales eficiente entre múltiples terminales de usuario por medio de un satélite.

**[0002]** Los sistemas de comunicación basados en satélites convencionales incluyen pasarelas y uno o más satélites para retransmitir señales de comunicación entre las pasarelas y uno o más terminales de usuario. Una pasarela es una estación terrena que tiene una antena para transmitir señales a, y recibir señales de, satélites de comunicación. Una pasarela proporciona enlaces de comunicación, usando satélites, para conectar un terminal de usuario a otros terminales de usuario o a usuarios de otros sistemas de comunicación, tales como una red telefónica pública conmutada, Internet y diversas redes públicas y/o privadas. Un satélite es un receptor y repetidor en órbita que se usa para retransmitir información.

**[0003]** Un satélite puede recibir señales desde y transmitir señales a un terminal de usuario, siempre que el terminal de usuario esté dentro de la huella del satélite. La huella de un satélite es la región geográfica en la superficie de la Tierra dentro del alcance de señales del satélite. Habitualmente, la huella se divide geográficamente en haces, a través del uso de antenas de conformación de haces. Cada haz cubre una región geográfica particular dentro de la huella. Los haces se pueden dirigir de tal manera que más de un haz del mismo satélite cubra la misma región geográfica específica.

**[0004]** Los satélites geosíncronos (más apropiadamente, geoestacionarios) se han usado durante mucho tiempo para las comunicaciones. Un satélite geosíncrono es estacionario con respecto a una localización dada en la Tierra, y por tanto, existe poco desplazamiento temporal y desplazamiento de frecuencia Doppler en la propagación de la señal de radio entre un transceptor de comunicación en la Tierra y el satélite geosíncrono. Sin embargo, debido a que los satélites geosíncronos están limitados a una órbita geosíncrona (OGS), que es un círculo que tiene un radio de aproximadamente 42.164 km desde el centro de la Tierra directamente sobre el ecuador de la Tierra, el número de satélites que se pueden colocar en la OGS es limitado. Como alternativas a los satélites geosíncronos, se han ideado sistemas de comunicación que utilizan una constelación de satélites en órbitas no geosíncronas (ONGS), tales como órbitas terrestres bajas (LEO), para proporcionar cobertura de comunicación a toda la Tierra o al menos a grandes partes de la Tierra.

**[0005]** Los satélites OGS y ONGS pueden funcionar en las mismas (o similares) bandas de frecuencia, y por lo tanto, los satélites ONGS pueden emplear técnicas de reducción de interferencia de tal manera que las comunicaciones por satélite OGS no se vean afectadas por las transmisiones por satélite ONGS. Por ejemplo, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) proporciona límites a la densidad de flujo de potencia equivalente (EPFD) que puede producir un satélite ONGS en cualquier punto de la superficie terrestre que se encuentre dentro de la huella de un satélite OGS.

**[0006]** Debido a que el cálculo de la EPFD en un punto dado de la superficie terrestre es complicado, los satélites ONGS usan típicamente otras técnicas para cumplir con los límites de EPFD de la UIT. Un procedimiento para cumplir con los límites de EPFD es que un satélite ONGS desactive un haz si, cuando se observa desde algún punto en el área de cobertura del haz en la Tierra, el ángulo entre el satélite ONGS y el satélite OGS es menor que un ángulo de umbral (por ejemplo, que puede indicar que el haz del satélite ONGS está transmitiendo lo suficientemente cerca en la dirección de la antena receptora de una estación terrestre OGS en esa localización como para superar los límites de EPFD). Aunque la desactivación del haz de un satélite ONGS de esta manera puede permitir que el satélite ONGS cumpla con los límites de EPFD, esto puede dar como resultado brechas de cobertura innecesarias para el sistema de comunicaciones del satélite ONGS (por ejemplo, cuando solo una parte del haz del satélite ONGS interfiere con las transmisiones del satélite OGS).

**[0007]** El documento EP 0 516 039 A1 se refiere a un sistema de comunicaciones por satélite de órbita baja para terminales móviles en el que el sistema de antena de comunicación proporciona una cobertura de isoflujo. El documento US 2001/0045494 A1 se refiere a técnicas de reducción de interferencias para compartir el espectro entre dos sistemas de comunicaciones que compiten.

### SUMARIO

**[0008]** Los aspectos de la materia objeto reivindicada se dirigen a sistemas y procedimientos para evitar superar los límites de interferencia para un sistema de satélites no geoestacionarios.

[0009] En una implementación, un procedimiento comprende: conformar una disposición de haces que comprende un conjunto de haces de una antena de un satélite en una huella del satélite, teniendo cada haz una primera mediana y una segunda mediana, siendo cada haz estrecho a lo largo de su primera mediana y ancho a lo largo de su segunda mediana, en el que las primeras medianas son sustancialmente colineales entre sí y las segundas medianas se orientan sustancialmente de este a oeste; y reducir la potencia a un subconjunto del conjunto de haces, en el que cada haz en el subconjunto se reduce a o por debajo de un nivel de potencia correspondiente de modo que cuando se aumenta la potencia de un haz por encima de su nivel de potencia correspondiente, una densidad de flujo de potencia equivalente (EPFD) supera un límite especificado en algún punto de la superficie terrestre.

[0010] En una implementación, un satélite comprende: una antena; un transpondedor acoplado a la antena; y un controlador de satélite configurado para controlar el transpondedor de tal manera que la antena conforme una disposición de haces que comprende un conjunto de haces en una huella del satélite, teniendo cada uno una primera mediana y una segunda mediana, siendo cada haz estrecho a lo largo de su primera mediana y ancho a lo largo de su segunda mediana, en el que las primeras medianas son sustancialmente colineales entre sí y las segundas medianas se orientan sustancialmente de este a oeste; el controlador de satélite configurado además para controlar el transpondedor para reducir la potencia a un subconjunto del conjunto de haces, en el que cada haz en el subconjunto se reduce a o por debajo de un nivel de potencia correspondiente de modo que cuando se aumenta la potencia de un haz por encima de su nivel de potencia correspondiente, una densidad de flujo de potencia equivalente (EPFD) supera un límite especificado en algún punto de la superficie terrestre.

[0011] En una implementación, un satélite comprende: una antena; medios para conformar una disposición de haces con la antena, en el que la disposición de haces comprende un conjunto de haces de una antena de un satélite en una huella del satélite, teniendo cada haz una primera mediana y una segunda mediana, siendo cada haz estrecho a lo largo de su primera mediana y ancho a lo largo de su segunda mediana, en el que las primeras medianas son sustancialmente colineales entre sí y las segundas medianas se orientan sustancialmente de este a oeste; y medios para reducir la potencia a un subconjunto del conjunto de haces, en el que cada haz en el subconjunto se reduce a o por debajo de un nivel de potencia correspondiente de modo que cuando se aumenta la potencia de un haz por encima de su nivel de potencia correspondiente, una densidad de flujo de potencia equivalente (EPFD) supera un límite especificado en algún punto de la superficie terrestre.

[0012] En una implementación, un medio legible por ordenador no transitorio ha almacenado instrucciones que cuando se ejecutan por un procesador, el procesador de a bordo de un satélite que tiene una antena, hace que el procesador realice un procedimiento que comprende: conformar una disposición de haces que comprende un conjunto de haces de la antena en una huella del satélite, teniendo cada haz una primera mediana y una segunda mediana, siendo cada haz estrecho a lo largo de su primera mediana y ancho a lo largo de su segunda mediana, en el que las primeras medianas son sustancialmente colineales entre sí y las segundas medianas se orientan sustancialmente de este a oeste; y reducir la potencia a un subconjunto del conjunto de haces, en el que cada haz en el subconjunto se reduce a o por debajo de un nivel de potencia correspondiente de modo que cuando se aumenta la potencia de un haz por encima de su nivel de potencia correspondiente, una densidad de flujo de potencia equivalente (EPFD) supera un límite especificado en algún punto de la superficie terrestre.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

### [0013]

La FIG. 1 es un diagrama de bloques de un sistema de comunicación por satélite de ejemplo.

La FIG. 2 es un diagrama de bloques de un ejemplo de la pasarela de la FIG. 1.

La FIG. 3 es un diagrama de bloques de un ejemplo del satélite de la FIG. 1.

La FIG. 4 es un diagrama de bloques de un ejemplo del terminal de usuario de la FIG. 1.

La FIG. 5 es un diagrama de bloques de un ejemplo del equipo de usuario de la FIG. 1.

La FIG. 6A es un diagrama de un ejemplo de un sistema de satélites que muestra una huella.

La FIG. 6B es un diagrama de un ejemplo de un sistema de satélites que muestra parámetros pertinentes relacionados con una huella.

La FIG. 7 es un diagrama de un ejemplo de una disposición de haces para un satélite.

La FIG. 8 es un diagrama de un ejemplo de una disposición de antenas con algunos haces en una zona de exclusión de órbita geosíncrona (OGS).

La FIG. 9A es un diagrama de un ejemplo de un procedimiento para la orientación de haces para un satélite.

La FIG. 9B es un diagrama de un ejemplo de un procedimiento para atenuar o desactivar un subconjunto de un conjunto de haces para un satélite.

La FIG. 10 es un diagrama de bloques de un ejemplo de un controlador de satélite para implementar los procedimientos resumidos en las FIGS. 9A y 9B.

La FIG. 11 es un diagrama de un ejemplo de una disposición de haces cuadrada con haces cuadrados para un satélite.

La FIG. 12 es un diagrama de un ejemplo de una disposición de haces cuadrada con haces ovalados para un satélite.

La fig. 13 es un ejemplo de una pasarela con módulos funcionales interrelacionados.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0014] Un sistema de satélites no geosíncronos incluye satélites que ajustan sus patrones de haz para evitar que la EPFD en la superficie terrestre supere un límite especificado. Un satélite tiene una antena (tal vez una antena de elementos múltiples) para formar una disposición de haces que comprende un conjunto de haces en la huella del satélite, donde en una implementación cada haz tiene una forma sustancialmente elíptica que tiene un eje menor y un eje mayor, donde los ejes menores son sustancialmente colineales y los ejes mayores se orientan sustancialmente de este a oeste. Para un satélite, la potencia se reduce o se apaga para un subconjunto del conjunto de haces, en el que cada haz en el subconjunto se reduce a o por debajo del nivel de potencia correspondiente, de modo que cuando se aumenta la potencia de un haz por encima de su nivel de potencia correspondiente, la EPFD supera un límite especificado en algún punto de la superficie terrestre.

[0015] Los aspectos de la materia objeto reivindicada se divulgan en la siguiente descripción y en los dibujos relacionados. Se pueden idear sistemas alternativos sin apartarse del alcance de la materia objeto reivindicada. Adicionalmente, los elementos ampliamente conocidos no se describirán en detalle, o se omitirán, para no oscurecer los detalles pertinentes de la descripción.

[0016] La terminología usada en el presente documento es para el propósito de describir aspectos particulares solo de la materia objeto reivindicada y no pretende ser limitante. Como se usa en el presente documento, las formas en singular "un", "una", "el" y "la" pretenden incluir también las formas en plural, a menos que el contexto lo indique claramente de otro modo. Se deberá entender, además, que los términos "comprende", "que comprende", "incluye" y/o "que incluye", cuando se usen en el presente documento, especifican la presencia de características, valores enteros, etapas, operaciones, elementos y/o componentes indicados, pero no excluyen la presencia o la incorporación de una o más características, valores enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes diferentes y/o grupos de los mismos.

[0017] Además, se describen algunos aspectos de la materia objeto reivindicada en términos de secuencias de acciones que se van a realizar por, por ejemplo, elementos de un dispositivo informático. Se reconocerá que se pueden realizar diversas acciones descritas en el presente documento por varias entidades, tales como: circuitos específicos (por ejemplo, circuitos integrados específicos de la aplicación (ASIC)); instrucciones de programa ejecutadas por uno o más procesadores; o por una combinación de ambos. Adicionalmente, se puede considerar que estas secuencias de acciones descritas en el presente documento se realizan por completo dentro de cualquier forma de medio de almacenamiento legible por ordenador que tenga almacenado en el mismo un conjunto correspondiente de instrucciones de ordenador que, tras su ejecución, provocarían que un procesador asociado realizara la funcionalidad descrita en el presente documento. Por tanto, los diversos aspectos de la materia objeto reivindicada se pueden realizar en una serie de formas diferentes, todas las cuales se ha contemplado que están dentro del alcance de la materia objeto reivindicada. Además, para cada uno de los aspectos de la materia objeto reivindicada descritos en el presente documento, la forma correspondiente de cualquiera de dichos aspectos se puede describir en el presente documento como, por ejemplo, "lógica configurada para" realizar la acción descrita.

[0018] La FIG. 1 ilustra un ejemplo de un sistema de comunicación por satélite 100 que incluye una pluralidad de satélites (aunque solo se muestra un satélite 300 por claridad de ilustración) en órbitas no geosíncronas (ONGS), por ejemplo, órbitas terrestres bajas (LEO), una pasarela 200 en comunicación con el satélite 300, una pluralidad de terminales de usuario (UT) 400 y 401 en comunicación con el satélite 300, y una pluralidad de equipos de usuario (UE) 500 y 501 en comunicación con los UT 400 y 401, respectivamente. Cada UE 500 o 501 puede ser un dispositivo de usuario tal como un dispositivo móvil, un teléfono, un teléfono inteligente, una tableta, un ordenador portátil, un ordenador, un dispositivo portátil, un reloj inteligente, un dispositivo audiovisual o cualquier dispositivo que incluya la capacidad para comunicarse con un UT. Adicionalmente, el UE 500 y/o el UE 501 pueden ser un dispositivo (por ejemplo, un punto de acceso, una celda pequeña, etc.) que se usa para comunicarse con uno o más dispositivos de usuario final. En el ejemplo ilustrado en la FIG. 1, el UT 400 y el UE 500 se comunican entre sí por medio de un enlace de acceso bidireccional (que tiene un enlace de acceso directo y un enlace de acceso de retorno), y, de forma similar,

el UT 401 y el UE 501 se comunican entre sí por medio de otro enlace de acceso bidireccional. En otra implementación, uno o más UE adicionales (no se muestran) se pueden configurar solo para recibir y, por lo tanto, comunicarse con un UT usando solo un enlace de acceso directo. En otra implementación, uno o más UE adicionales (no se muestran) también se pueden comunicar con el UT 400 o el UT 401. De forma alternativa, un UT y un UE correspondiente pueden ser partes integradas de un único dispositivo físico, tal como un teléfono móvil con un transceptor de satélite integrado y una antena para comunicarse directamente con un satélite, por ejemplo.

**[0019]** La pasarela 200 puede tener acceso a Internet 108 o a uno o más tipos de redes públicas, semiprivadas o privadas diferentes. En el ejemplo ilustrado en la FIG. 1, la pasarela 200 está en comunicación con la infraestructura 106, que puede acceder a Internet 108 o a uno o más tipos de redes públicas, semiprivadas o privadas distintas. La pasarela 200 también se puede acoplar a diversos tipos de redes de retorno de comunicación, incluyendo, por ejemplo, redes terrestres tales como redes de fibra óptica o redes telefónicas públicas conmutadas (PSTN) 110. Además, en implementaciones alternativas, la pasarela 200 puede interactuar con Internet 108, la PSTN 110, o uno o más tipos de redes públicas, semiprivadas o privadas distintas sin usar la infraestructura 106. Aún más, la pasarela 200 se puede comunicar con otras pasarelas, tales como la pasarela 201, a través de la infraestructura 106 o, de forma alternativa, se puede configurar para comunicarse con la pasarela 201 sin usar la infraestructura 106. La infraestructura 106 puede incluir, en su totalidad o en parte, un centro de control de red (NCC), un centro de control de satélite (SCC), una red central cableada y/o inalámbrica y/o cualquier otro componente o sistema usado para facilitar la operación de y/o la comunicación con el sistema de comunicación por satélite 100.

**[0020]** Las comunicaciones entre el satélite 300 y la pasarela 200 en ambas direcciones se denominan enlaces de conexión, mientras que las comunicaciones entre el satélite y cada uno de los UT 400 y 401 en ambas direcciones se denominan enlaces de servicio. Un trayecto de señal desde el satélite 300 a una estación terrestre, que puede ser la pasarela 200 o uno de los UT 400 y 401, se puede denominar de forma genérica un enlace descendente. Un trayecto de señal desde una estación terrestre al satélite 300 se puede denominar de forma genérica un enlace ascendente. Adicionalmente, como se ilustra, las señales pueden tener una direccionalidad general, tal como un enlace directo y un enlace de retorno o enlace inverso. En consecuencia, un enlace de comunicación en una dirección que se origina desde la pasarela 200 y que termina en el UT 400 a través del satélite 300 se denomina un enlace directo, mientras que un enlace de comunicación en una dirección que se origina desde el UT 400 y que termina en la pasarela 200 a través del satélite 300 se denomina un enlace de retorno o enlace inverso. Como tal, el trayecto de señal desde la pasarela 200 al satélite 300 se marca como "enlace de conexión directo", mientras que el trayecto de señal desde el satélite 300 a la pasarela 200 se marca como "enlace de conexión de retorno" en la FIG. 1. De manera similar, el trayecto de señal desde cada UT 400 o 401 al satélite 300 se marca como "enlace de servicio de retorno", mientras que el trayecto de señal desde el satélite 300 a cada UT 400 o 401 se marca como "enlace de servicio directo" en la FIG. 1.

**[0021]** La FIG. 2 es un diagrama de bloques de ejemplo de la pasarela 200, que también se puede aplicar a la pasarela 201 de la FIG. 1. Se muestra que la pasarela 200 incluye una serie de antenas 205, un subsistema de RF 210, un subsistema digital 220, una interfaz de red telefónica pública conmutada (PSTN) 230, una interfaz de red de área local (LAN) 240, una interfaz de pasarela 245 y un controlador de pasarela 250. El subsistema de RF 210 se acopla a las antenas 205 y al subsistema digital 220. El subsistema digital 220 se acopla a la interfaz PSTN 230, la interfaz LAN 240 y la interfaz de pasarela 245. El controlador de pasarela 250 se acopla al subsistema de RF 210, el subsistema digital 220, la interfaz de PSTN 230, la interfaz de LAN 240 y la interfaz de pasarela 245.

**[0022]** El subsistema de RF 210, que puede incluir una serie de transceptores de RF 212, un controlador de RF 214 y un controlador de antena 216, puede transmitir señales de comunicación a un satélite (por ejemplo, el satélite 300 de la FIG. 1) por medio de un enlace de conexión directo 301F, y puede recibir señales de comunicación del satélite 300 por medio de un enlace de conexión de retorno 301R. Aunque no se muestra por simplicidad, cada uno de los transceptores de RF 212 puede incluir una cadena de transmisión y una cadena de recepción. Cada cadena de recepción puede incluir un amplificador de bajo ruido (LNA) y un reductor de frecuencia (por ejemplo, un mezclador) para amplificar y reducir en frecuencia, respectivamente, las señales de comunicación recibidas de una manera ampliamente conocida. Además, cada cadena de recepción puede incluir un convertidor de analógico a digital (ADC) para convertir las señales de comunicación recibidas de señales analógicas a señales digitales (por ejemplo, para el procesamiento por el subsistema digital 220). Cada cadena de transmisión puede incluir un elevador de frecuencia (por ejemplo, un mezclador) y un amplificador de potencia (PA) para elevar la frecuencia de y amplificar, respectivamente, las señales de comunicación que se van a transmitir al satélite 300 de una manera ampliamente conocida. Además, cada cadena de transmisión puede incluir un convertidor de digital a analógico (DAC) para convertir las señales digitales recibidas del subsistema digital 220 en señales analógicas que se van a transmitir al satélite 300.

**[0023]** El controlador de RF 214 se puede usar para controlar diversos aspectos de la serie de transceptores de RF 212 (por ejemplo, selección de la frecuencia de portadora, calibración de frecuencia y fase, ajustes de ganancia y similares). El controlador de antena 216 puede controlar diversos aspectos de las antenas 205 (por ejemplo, conformación de haces, orientación de haces, ajustes de ganancia, sintonización de frecuencia y similares).

**[0024]** El subsistema digital 220 puede incluir una serie de módulos de receptor digital 222, una serie de módulos de transmisor digital 224, un procesador de banda de base (BB) 226 y un procesador de control (CTRL) 228. El

subsistema digital 220 puede procesar señales de comunicación recibidas desde el subsistema de RF 210 y reenviar las señales de comunicación procesadas a la interfaz de PSTN 230 y/o a la interfaz de LAN 240, y puede procesar señales de comunicación recibidas desde la interfaz de PSTN 230 y/o la interfaz de LAN 240 y reenviar las señales de comunicación procesadas al subsistema de RF 210.

**[0025]** Cada módulo receptor digital 222 puede corresponder a elementos de procesamiento de señal usados para gestionar las comunicaciones entre una pasarela y el UT (por ejemplo, la pasarela 200 y el UT 400 de la FIG. 1). Una de las cadenas de recepción de los transceptores de RF 212 puede proporcionar señales de entrada a múltiples módulos de receptor digital 222. Se puede usar una serie de módulos de receptor digital 222 para adaptarse a todos los haces de satélite y las posibles señales de modo de diversidad que se gestionan en un momento dado. Aunque no se muestra por simplicidad, cada módulo de receptor digital 222 puede incluir uno o más receptores de datos digitales, un receptor buscador y un circuito combinador de diversidad y descodificador. El receptor buscador se puede usar para buscar modos de diversidad apropiados de señales portadoras, y se puede usar para buscar señales piloto (u otras señales fuertes de patrón relativamente fijo).

**[0026]** Los módulos de transmisor digital 224 pueden procesar las señales que se van a transmitir al UT 400 por medio del satélite 300. Aunque no se muestra por simplicidad, cada módulo de transmisor digital 224 puede incluir un modulador de transmisión que modula los datos para la transmisión. La potencia de transmisión de cada modulador de transmisión se puede controlar mediante un controlador de potencia de transmisión digital correspondiente (no se muestra por simplicidad) que puede (1) aplicar un nivel mínimo de potencia para propósitos de reducción de interferencia y asignación de recursos y (2) aplicar niveles apropiados de potencia cuando sea necesario para compensar la atenuación en el trayecto de transmisión y otras características de transferencia del trayecto.

**[0027]** El procesador CTRL (control) 228, que está acoplado al módulo de receptor digital 222, el módulo de transmisor digital 224 y el procesador BB (banda de base) 226, puede proporcionar señales de comando y control para efectuar funciones tales como, pero no limitadas a, procesamiento de señal, generación de señales de temporización, control de potencia, control de traspaso, combinación de diversidad e interconexión de sistemas.

**[0028]** El procesador CTRL 228 también puede controlar la generación y la potencia de las señales de los canales piloto, de sincronización y de radiolocalización y su acoplamiento al controlador de potencia de transmisión (no se muestra por simplicidad). El canal piloto es una señal que no está modulada por datos, y puede usar un patrón repetitivo constante o un tipo de estructura de trama (patrón) o una entrada de tipo de tono no variable. Por ejemplo, la función ortogonal usada para formar el canal para la señal piloto en general tiene un valor constante, tal como todo 1 o 0, o un patrón repetitivo ampliamente conocido, tal como un patrón estructurado de 1 y 0 intercalados.

**[0029]** El procesador BB 226 es ampliamente conocido en la técnica y por lo tanto no se describe en detalle en el presente documento. Por ejemplo, el procesador BB 226 puede incluir una variedad de elementos conocidos tales como (pero no limitados a) codificadores, módems de datos y componentes de almacenamiento y conmutación de datos digitales.

**[0030]** La interfaz de PSTN 230 puede proporcionar señales de comunicación a, y recibir señales de comunicación desde, una PSTN externa directamente o bien a través de la infraestructura 106, como se ilustra en la FIG. 1. La interfaz de PSTN 230 se conoce ampliamente en la técnica y, por lo tanto, no se describe en detalle en el presente documento. Para otras implementaciones, la interfaz de PSTN 230 se puede omitir, o se puede reemplazar con cualquier otra interfaz adecuada que conecte la pasarela 200 a una red con base en tierra (por ejemplo, Internet 108 de la FIG. 1).

**[0031]** La interfaz de LAN 240 puede proporcionar señales de comunicación a, y recibir señales de comunicación de, una LAN externa. Por ejemplo, la interfaz de LAN 240 se puede acoplar a Internet 108 directamente o bien a través de la infraestructura 106, como se ilustra en la FIG. 1. La interfaz de LAN 240 se conoce ampliamente en la técnica y, por lo tanto, no se describe en detalle en el presente documento.

**[0032]** La interfaz de pasarela 245 puede proporcionar señales de comunicación a, y recibir señales de comunicación desde, una o más pasarelas diferentes asociadas con el sistema de comunicación por satélite 100 de la FIG. 1 (y/o a/desde las pasarelas asociadas con otros sistemas de comunicación por satélite, que no se muestran por simplicidad). Para algunas implementaciones, la interfaz de pasarela 245 se puede comunicar con otras pasarelas por medio de una o más líneas o canales de comunicación dedicados (no se muestran por simplicidad). Para otras implementaciones, la interfaz de pasarela 245 se puede comunicar con otras pasarelas usando la PSTN 110 y/u otras redes tales como Internet 108 (véase la FIG. 1). Para al menos una implementación, la interfaz de pasarela 245 se puede comunicar con otras pasarelas por medio de la infraestructura 106.

**[0033]** El controlador de pasarela 250 puede proporcionar el control de pasarela global. El controlador de pasarela 250 puede planificar y controlar la utilización de los recursos del satélite 300 mediante la pasarela 200. Por ejemplo, el controlador de pasarela 250 puede analizar tendencias, generar planes de tráfico, asignar recursos de satélite, supervisar (o seguir) posiciones de satélite, y supervisar el rendimiento de la pasarela 200 y/o el satélite 300. El controlador de pasarela 250 también se puede acoplar a un controlador de satélite con base en tierra (no se muestra

por simplicidad) que mantiene y supervisa las órbitas del satélite 300, retransmite la información de uso del satélite a la pasarela 200, sigue las posiciones del satélite 300 y/o ajusta diversos ajustes de canales del satélite 300.

**[0034]** Para la implementación de ejemplo ilustrada en la FIG. 2, el controlador de pasarela 250 incluye referencias de hora, frecuencia y posición locales 251, que pueden proporcionar información de hora y frecuencia locales al subsistema de RF 210, al subsistema digital 220 y/o a las interfaces 230, 240 y 245. La información de hora y frecuencia se puede usar para sincronizar los diversos componentes de la pasarela 200 entre sí y/o con el satélite 300. Las referencias de hora, frecuencia y posición locales 251 también pueden proporcionar información de posición (por ejemplo, datos de efemérides) del satélite 300 a los diversos componentes de la pasarela 200. Además, aunque se representan en la FIG. 2 como incluidas dentro del controlador de pasarela 250, para otras implementaciones, las referencias de hora, frecuencia y posición locales 251 pueden ser un subsistema independiente que se acopla al controlador de pasarela 250 (y/o a uno o más del subsistema digital 220 y el subsistema de RF 210).

**[0035]** Aunque no se muestra en la FIG. 2 por simplicidad, el controlador de pasarela 250 también se puede acoplar a un centro de control de red (NCC) y/o a un centro de control de satélite (SCC). Por ejemplo, el controlador de pasarela 250 puede permitir que el SCC se comunique directamente con el satélite 300, por ejemplo, para recuperar datos de efemérides del satélite 300. El controlador de pasarela 250 también puede recibir información procesada (por ejemplo, desde el SCC y/o el NCC) que permite al controlador de pasarela 250 orientar apropiadamente sus antenas 205 (por ejemplo, en el satélite 300), para programar transmisiones de haz, para coordinar transferencias y realizar diversas funciones ampliamente conocidas diferentes.

**[0036]** La FIG. 3 es un diagrama de bloques de ejemplo del satélite 300 solo para propósitos ilustrativos. Se apreciará que las configuraciones de satélite específicas pueden variar significativamente y pueden incluir o no el procesamiento de a bordo. Además, aunque se ilustra como un único satélite, dos o más satélites que usan comunicación entre satélites pueden proporcionar la conexión funcional entre la pasarela 200 y el UT 400. Se apreciará que la divulgación no se limita a ninguna configuración de satélite específica, y se puede considerar que cualquier satélite o combinación de satélites que pueda proporcionar la conexión funcional entre la pasarela 200 y el UT 400 se encuentra dentro del alcance de la divulgación. En un ejemplo, se muestra que el satélite 300 incluye un transpondedor directo 310, un transpondedor de retorno 320, un oscilador 330, un controlador 340, antenas de enlace directo 351 y 352(1)-352(N) y antenas de enlace de retorno 361(1)-361(N) y 362. El transpondedor directo 310, que puede procesar señales de comunicación dentro de un canal o banda de frecuencia correspondiente, puede incluir uno respectivo de los primeros filtros de paso de banda 311(1)-311(N), uno respectivo de los primeros LNA 312(1)-312(N), uno respectivo de los convertidores de frecuencia 313(1)-313(N), uno respectivo de los segundos LNA 314(1)-314(N), uno respectivo de los segundos filtros de paso de banda 315(1)-315(N), y uno respectivo de los PA 316(1)-316(N). Cada uno de los PA 316(1)-316(N) está acoplado a una respectiva de las antenas 352(1)-352(N), como se muestra en la FIG. 3.

**[0037]** Dentro de cada uno de los respectivos trayectos directos FP(1)-FP(N), los primeros filtros de paso de banda 311(1)-311(N), pasan las componentes de señal que tienen frecuencias dentro del canal o banda de frecuencia de los respectivos trayectos directos FP(1)-FP(N), y filtra las componentes de señal que tienen frecuencias fuera del canal o banda de frecuencia de los respectivos trayectos directos FP(1)-FP(N). Por tanto, la banda de paso de los primeros filtros de paso de banda 311(1)-311(N) corresponde al ancho del canal asociado con los respectivos trayectos directos FP(1)-FP(N). Los primeros LNA 312(1)-312(N) amplifican las señales de comunicación recibidas a un nivel adecuado para su procesamiento mediante los convertidores de frecuencia 313(1)-313(N). Los convertidores de frecuencia 313(1)-313(N) convierten la frecuencia de las señales de comunicación en los respectivos trayectos directos FP(1)-FP(N) (por ejemplo, a una frecuencia adecuada para la transmisión desde el satélite 300 al UT 400). Los segundos LNA 314(1)-314(N) amplifican las señales de comunicación convertidas en frecuencia, y los segundos filtros de paso de banda 315(1)-315(N) filtran las componentes de señal que tienen frecuencias fuera del ancho del canal asociado. Los PA 316(1)-316(N) amplifican las señales filtradas a un nivel de potencia adecuado para su transmisión al UT 400 por medio de las respectivas antenas 352(1)-352(N). El transpondedor de retorno 320, que incluye un número N de trayectos de retorno RP(1)-RP(N), recibe señales de comunicación desde el UT 400 a lo largo de un enlace de servicio de retorno 302R por medio de las antenas 361(1)-361(N), y transmite señales de comunicación a la pasarela 200 a lo largo del enlace de conexión de retorno 301R por medio de la antena de enlace de retorno 362. Cada uno de los trayectos de retorno RP(1)-RP(N), que puede procesar señales de comunicación dentro de un canal o banda de frecuencia correspondiente, se puede acoplar a una respectiva de las antenas 361(1)-361(N), y puede incluir uno respectivo de los primeros filtros de paso de banda 321(1)-321(N), uno respectivo de los primeros LNA 322(1)-322(N), uno respectivo de los convertidores de frecuencia 323(1)-323(N), uno respectivo de los segundos LNA 324(1)-324(N), y uno respectivo de los segundos filtros de paso de banda 325(1)-325(N).

**[0038]** Dentro de cada uno de los respectivos trayectos de retorno RP(1)-RP(N), los primeros filtros de paso de banda 321(1)-321(N) pasan las componentes de señal que tienen frecuencias dentro del canal o banda de frecuencia de los respectivos trayectos de retorno RP(1)-RP(N), y filtra las componentes de señal que tienen frecuencias fuera del canal o banda de frecuencia de los respectivos trayectos de retorno RP(1)-RP(N). Por tanto, la banda de paso de los primeros filtros de paso de banda 321(1)-321(N) puede corresponder, en algunas implementaciones, al ancho del canal asociado con los respectivos trayectos de retorno RP(1)-RP(N). Los primeros LNA 322(1)-322(N) amplifican todas las señales de comunicación recibidas a un nivel adecuado para su procesamiento mediante los convertidores de frecuencia 323(1)-323(N). Los convertidores de frecuencia 323(1)-323(N) convierten la frecuencia de las señales

de comunicación en los respectivos trayectos de retorno RP(1)-RP(N) (por ejemplo, a una frecuencia adecuada para su transmisión desde el satélite 300 a la pasarela 200). Los segundos LNA 324(1)-324(N) amplifican las señales de comunicación convertidas en frecuencia, y los segundos filtros de paso de banda 325(1)-325(N) filtran las componentes de señal que tienen frecuencias fuera del ancho del canal asociado. Las señales desde los trayectos de retorno RP(1)-RP(N) se combinan y se proporcionan a la antena de enlace de retorno 362 por medio de un PA 326. El PA 326 amplifica las señales combinadas para su transmisión a la pasarela 200.

**[0039]** El oscilador 330, que puede ser cualquier circuito o dispositivo adecuado que genera una señal oscilante, proporciona una señal de oscilador local directa LO(F) a los convertidores de frecuencia 313(1)-313(n) del transpondedor directo 310, y proporciona una señal de oscilador local de retorno LO(R) a los convertidores de frecuencia 323(1)-323(N) del transpondedor de retorno 320. Por ejemplo, la señal LO(F) se puede usar por los convertidores de frecuencia 313(1)-313(N) para convertir señales de comunicación desde una banda de frecuencia asociada con la transmisión de señales desde la pasarela 200 al satélite 300 a una banda de frecuencia asociada con la transmisión de señales desde el satélite 300 al UT 400. La señal LO(R) se puede usar por los convertidores de frecuencia 323(1)-323(N) para convertir señales de comunicación desde una banda de frecuencia asociada con la transmisión de señales desde el UT 400 al satélite 300 a una banda de frecuencia asociada con la transmisión de señales desde el satélite 300 a la pasarela 200.

**[0040]** El controlador 340, que se acopla al transpondedor directo 310, al transpondedor de retorno 320 y al oscilador 330, puede controlar diversas operaciones del satélite 300, incluyendo (pero no limitadas a) asignaciones de canal. En un aspecto, el controlador 340 puede incluir una memoria acoplada a un procesador (no se muestra por simplicidad). La memoria puede incluir un medio legible por ordenador no transitorio (por ejemplo, uno o más elementos de memoria no volátil, tales como EPROM, EEPROM, memoria flash, un disco duro, etc.) que almacena instrucciones que, cuando se ejecutan por el procesador, hacen que el satélite 300 realice operaciones que incluyen (pero no se limitan a) las descritas en el presente documento.

**[0041]** Un ejemplo de un transceptor para su uso en el UT 400 o el UT 401 se ilustra en la FIG. 4. En la FIG. 4, se proporciona al menos una antena 410 para recibir señales de comunicación de enlace directo (por ejemplo, desde el satélite 300), que se transfieren a un receptor analógico 414, donde se convierten de manera descendente, se amplifican y se digitalizan. Un elemento duplexor 412 se usa a menudo para permitir que la misma antena sirva tanto para funciones de transmisión como de recepción. De forma alternativa, un transceptor de UT puede emplear antenas independientes para operar a diferentes frecuencias de transmisión y recepción.

**[0042]** Las señales de comunicación digitales emitidas por el receptor analógico 414 se transfieren a al menos un receptor de datos digitales 416A-416N y al menos un receptor buscador 418. Se pueden usar receptores de datos digitales adicionales 416A-416N para obtener los niveles deseados de diversidad de señal, dependiendo del nivel aceptable de complejidad del transceptor, como sería evidente para un experto en la técnica relevante.

**[0043]** Al menos un procesador de control de UT 420 se acopla a los receptores de datos digitales 416A-416N y al receptor buscador 418. El procesador de control 420 proporciona, entre otras funciones, el procesamiento de señal básico, la temporización, el control o la coordinación de potencia y traspaso, y la selección de frecuencia usada para las portadoras de señal. Otra función de control básica que puede realizar el procesador de control 420 es la selección o manipulación de las funciones que se van a usar para procesar diversas formas de onda de señal. El procesamiento de señal por el procesador de control 420 puede incluir una determinación de la intensidad de señal relativa y un cálculo de diversos parámetros de señal relacionados. Dichos cálculos de parámetros de señal, tales como la temporización y la frecuencia, pueden incluir el uso de circuitos dedicados adicionales o independientes para proporcionar eficiencia o velocidad incrementada en las mediciones o una asignación mejorada de los recursos de procesamiento de control.

**[0044]** Las salidas de los receptores de datos digitales 416A-416N se acoplan a los circuitos de banda de base digitales 422 dentro del UT 400. Los circuitos de banda de base digitales 422 comprenden elementos de procesamiento y presentación usados para transferir información a y desde el UE 500, como se muestra en la FIG. 1, por ejemplo. Haciendo referencia a la FIG. 4, si se emplea el procesamiento de señal de diversidad, los circuitos de banda de base digitales 422 pueden comprender un combinador de diversidad y descodificador. Algunos de estos elementos también pueden operar bajo el control de, o en comunicación con, el procesador de control 420.

**[0045]** Cuando la voz u otros datos se preparan como un mensaje de salida o señal de comunicación que se origina en el UT 400, los circuitos de banda de base digitales 422 se usan para recibir, almacenar, procesar y, de otro modo, preparar los datos deseados para su transmisión. Los circuitos de banda de base digitales 422 proporcionan estos datos a un modulador de transmisión 426 que opera bajo el control del procesador de control 420. La salida del modulador de transmisión 426 se transfiere a un controlador de potencia de transmisión digital 428 que proporciona control de potencia de salida a un amplificador de potencia de transmisión analógico 430 para la transmisión final de la señal de salida desde la antena 410 a un satélite (por ejemplo, el satélite 300).

**[0046]** En la FIG. 4, el UT 400 también incluye una memoria 432 asociada con el procesador de control 420. La memoria 432 puede incluir instrucciones para su ejecución por el procesador de control 420, así como datos para su procesamiento por el procesador de control 420.

**[0047]** En el ejemplo ilustrado en la FIG. 4, el UT 400 también incluye unas referencias de hora, frecuencia y/o posición locales opcionales 434 (por ejemplo, un receptor GPS), que pueden proporcionar información de hora, frecuencia y/o posición locales al procesador de control 420 para diversas aplicaciones, incluyendo, por ejemplo, la sincronización de hora y frecuencia para el UT 400.

**[0048]** Los receptores de datos digitales 416A-416N y el receptor buscador 418 se configuran con elementos de correlación de señal para desmodular y seguir señales específicas. El receptor buscador 418 se usa para buscar señales piloto, u otras señales fuertes de patrón relativamente fijo, mientras que los receptores de datos digitales 416A-416N se usan para desmodular otras señales asociadas con las señales piloto detectadas. Sin embargo, se pueden asignar los receptores de datos digitales 416A-416N para seguir la señal piloto después de la adquisición para determinar con precisión la proporción de energías de chip de señal con respecto a ruido de señal, y para formular la intensidad de la señal piloto. Por lo tanto, las salidas de estos receptores de datos digitales 416A-416N se pueden supervisar para determinar la energía, o la frecuencia, de la señal piloto u otras señales. Estos receptores de datos digitales 416A-416N también emplean elementos de seguimiento de frecuencia que se pueden supervisar para proporcionar información de frecuencia y temporización actual al procesador de control 420 para señales que se están desmodulando.

**[0049]** El procesador de control 420 puede usar dicha información para determinar en qué medida las señales recibidas están desplazadas de la frecuencia del oscilador, cuando se escalan a la misma banda de frecuencia, según sea apropiado. Esta y otra información relacionada con errores de frecuencia y desplazamientos de frecuencia se pueden almacenar en la memoria 432 como se desee.

**[0050]** El procesador de control 420 también se puede acoplar a los circuitos de interfaz del UE 450 para permitir las comunicaciones entre el UT 400 y uno o más UE. Los circuitos de interfaz del UE 450 se pueden configurar como se desee para la comunicación con diversas configuraciones de UE y, en consecuencia, pueden incluir diversos transceptores y componentes relacionados dependiendo de las diversas tecnologías de comunicación empleadas para comunicarse con los diversos UE admitidos. Por ejemplo, los circuitos de interfaz del UE 450 pueden incluir una o más antenas, un transceptor de red de área amplia (WAN), un transceptor de red de área local inalámbrica (WLAN), una interfaz de red de área local (LAN), una interfaz de red telefónica pública conmutada (PSTN) y/u otras tecnologías de comunicación conocidas configuradas para comunicarse con uno o más UE en comunicación con el UT 400.

**[0051]** La FIG. 5 es un diagrama de bloques que ilustra el UE 500, que también se puede aplicar al UE 501 de la FIG. 1. El UE 500 como se muestra en la FIG. 5 puede ser un dispositivo móvil, un ordenador portátil, una tableta, un dispositivo portátil, un reloj inteligente o cualquier tipo de dispositivo capaz de interactuar con un usuario, por ejemplo. Adicionalmente, el UE 500 puede ser un dispositivo de lado de la red que proporciona conectividad a diversos dispositivos de usuario final fundamentales y/o a diversas redes públicas o privadas. En el ejemplo mostrado en la FIG. 5, el UE 500 puede comprender una interfaz de LAN 502, una o más antenas 504, un transceptor de red de área amplia (WAN) 506, un transceptor de red de área local inalámbrica (WLAN) 508 y un receptor de sistema de posicionamiento por satélite (SPS) 510. El receptor de SPS 510 puede ser compatible con un sistema de posicionamiento global (GPS), un sistema global de navegación por satélite (GLONASS) y/o cualquier otro sistema de posicionamiento global o regional basado en satélites. En un aspecto alternativo, el UE 500 puede incluir el transceptor de WLAN 508, tal como un transceptor de Wi-Fi, con o sin la interfaz de LAN 502, el transceptor de WAN 506 y/o el receptor de SPS 510, por ejemplo. Además, el UE 500 puede incluir transceptores adicionales tales como Bluetooth, ZigBee y otras tecnologías conocidas, con o sin la interfaz LAN 502, el transceptor WAN 506, el transceptor WLAN 508 y/o el receptor de SPS 510. En consecuencia, los elementos ilustrados para el UE 500 se proporcionan simplemente como una configuración de ejemplo y no pretenden limitar la configuración de los UE de acuerdo con los diversos aspectos divulgados en el presente documento.

**[0052]** En el ejemplo mostrado en la FIG. 5, un procesador 512 se conecta a la interfaz de LAN 502, al transceptor de WAN 506, al transceptor de WLAN 508 y al receptor de SPS 510. Opcionalmente, un sensor de movimiento 514 y/u otros sensores también se pueden acoplar al procesador 512.

**[0053]** Una memoria 516 se conecta al procesador 512. En un aspecto, la memoria 516 puede incluir datos 518 que se pueden transmitir a y/o recibir desde el UT 400, como se muestra en la FIG. 1. Haciendo referencia a la FIG. 5, la memoria 516 también puede incluir instrucciones almacenadas 520 que se van a ejecutar por el procesador 512 para realizar las etapas del proceso para comunicarse con el UT 400, por ejemplo. Además, el UE 500 también puede incluir una interfaz de usuario 522, que puede incluir hardware y software para interconectar entradas o salidas del procesador 512 con el UE 500 a través de entradas o salidas luminosas, sonoras o táctiles, por ejemplo. En el ejemplo mostrado en la FIG. 5, el UE 500 incluye un micrófono/altavoz 524, un teclado 526 y una pantalla 528 conectados a la interfaz de usuario 522. De forma alternativa, la entrada o salida táctil de usuario se puede integrar con la pantalla 528 usando una pantalla táctil, por ejemplo. Una vez más, los elementos ilustrados en la FIG. 5 no pretenden limitar la

configuración de los UE divulgados en el presente documento y se apreciará que los elementos incluidos en el UE 500 variarán basándose en el uso final del dispositivo y las opciones de diseño de los ingenieros de sistemas.

**[0054]** Adicionalmente, el UE 500 puede ser un dispositivo de usuario tal como un dispositivo móvil o un dispositivo de lado de la red externa en comunicación con, pero independiente del UT 400, como se ilustra en la FIG. 1, por ejemplo. De forma alternativa, el UE 500 y el UT 400 pueden ser partes integrantes de un único dispositivo físico.

**[0055]** La FIG. 6A muestra un diagrama 600 que representa un satélite OGS 610 y dos satélites ONGS 620(1)-620(2) en órbita alrededor de la Tierra 630. Para un observador en la Tierra 630, el satélite OGS 610 aparece inmóvil en una posición fija en el cielo localizada (por ejemplo, por encima del ecuador de la Tierra 631). El satélite OGS 610 mantiene una línea de visión relativamente fija con una estación terrestre OGS correspondiente 612. Cabe señalar que para un punto dado en la superficie de la Tierra 630, puede haber un arco de posiciones en el cielo a lo largo de las que se localiza una pluralidad de satélites OGS. Este arco de posiciones de satélites OGS se puede denominar en el presente documento como un arco de OGS 640. La dirección de recepción para una estación terrestre OGS (por ejemplo, tal como una estación terrestre OGS 612) se puede definir por un disposición de antenas de orientación típicamente fija y ancho de haz fijo (tal como un ancho de haz definido por una especificación de la UIT).

**[0056]** Los satélites ONGS 620(1)-620(2) se despliegan en órbitas no geoestacionarias y giran alrededor de la Tierra 630 a lo largo de diversos trayectos por encima de la superficie terrestre a altitudes relativamente bajas (por ejemplo, en comparación con los satélites OGS). Debido a que los satélites ONGS 620(1)-620(2) giran alrededor de la Tierra 630 con relativa rapidez (por ejemplo, aproximadamente cada 90 minutos para los satélites de órbita terrestre baja (LEO)), sus posiciones cambian rápidamente con respecto a una localización fija en la Tierra 630. Para proporcionar cobertura sobre un área amplia de la superficie terrestre (por ejemplo, para proporcionar servicios de Internet en los Estados Unidos), una pluralidad de satélites ONGS se despliega típicamente para formar una constelación de satélites ONGS, proporcionando cada uno de los satélites ONGS cobertura para un trayecto correspondiente a través de la superficie terrestre. Por ejemplo, el satélite ONGS 620(2) se representa como dirigiendo el haz 621(1) hacia una primera área de cobertura 622(1) en la superficie terrestre, y el satélite ONGS 620(1) se representa como dirigiendo el haz 621(2) hacia una segunda área de cobertura 622(2) en la superficie terrestre. Para implementaciones reales, los satélites ONGS 620(1)-620(2) pueden transmitir cada uno cualquier número de haces, y uno o más de los haces se pueden dirigir hacia regiones superpuestas en la superficie terrestre. Como se usa en el presente documento, la huella de un satélite es el área de superficie (en la Tierra) dentro de la cual todos los UT se pueden comunicar con el satélite (por encima de un ángulo de elevación mínimo). El área cubierta por un haz transmitido (por ejemplo, desde una antena correspondiente) por el satélite se denomina en el presente documento área de cobertura del haz. Por tanto, la huella de un satélite se puede definir por una serie de áreas de cobertura de haz proporcionadas por una serie de haces transmitidos desde el satélite.

**[0057]** Los satélites ONGS 620(1)-620(2) se pueden comunicar con pasarelas con base en tierra (no se muestran en la FIG. 6A por simplicidad) y UT que usan al menos parte del mismo espectro de frecuencias usado por un satélite OGS 610. Los satélites ONGS 620(1)-620(2) no deberían superar los límites de EPFD establecidos por la UIT. Un haz de satélite ONGS dado probablemente corre el riesgo de superar los límites de EPFD e interferir potencialmente en las comunicaciones del satélite OGS si el satélite ONGS dado y el satélite OGS 610 están sustancialmente en la misma dirección cuando se observan desde algún punto de la superficie terrestre dentro del área de cobertura del haz del satélite ONGS, de tal manera que el haz del satélite ONGS está transmitiendo sustancialmente en la dirección de la antena receptora de una estación terrestre OGS en esa localización, por ejemplo, como se define por la disposición de haces de la estación terrestre OGS (por ejemplo, una disposición de antenas).

**[0058]** Como se analiza anteriormente, la interferencia, en cualquier punto de la superficie terrestre visible desde la órbita geoestacionaria, producida por las emisiones de todas las estaciones espaciales de un sistema de satélites no geoestacionarios no debe superar los límites descritos en el artículo 22 del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT. Superar estos límites podría interferir con el funcionamiento de las estaciones terrenas de satélites geoestacionarios (OGS). Los satélites ONGS deben reducir la potencia o dejar de transmitir sobre áreas de la superficie terrestre donde estos límites se superarían.

**[0059]** Para que un sistema de satélites no geoestacionarios maximice el rendimiento (incluyendo la cobertura y capacidad) y minimice el número de satélites ONGS requeridos para lograr el rendimiento deseado, es deseable minimizar la parte del área de cobertura de cada satélite donde la potencia de transmisión se debería reducir o desactivar.

**[0060]** La FIG. 6B ilustra la terminología asociada con una huella de un satélite ONGS 650. La huella 652 del satélite ONGS 650 forma un círculo en la superficie de la Tierra definido por un ángulo central de la Tierra (se muestra en la FIG. 6B como  $\lambda$ ) dictado por el ángulo de elevación mínimo (se muestra en la FIG. 6B como  $\epsilon$ ) de la estación terrena 654 que da servicio al satélite ONGS 650. Cada satélite ONGS 650 proporciona cobertura a su respectiva huella 652 a través de los haces que transmite a la superficie de la Tierra desde las antenas montadas en el satélite ONGS 650.

**[0061]** En una implementación del satélite ONGS 650, se diseña una disposición de haces de antena de enlace descendente como una serie de haces estrechos largos. Los haces se orientan de tal manera que el contorno de cada

haz en el suelo (por ejemplo, el contorno descendente de 3 dB) tiene su eje largo (eje mayor) orientado de este a oeste, y su eje corto (eje menor) orientado de norte a sur. Los haces se alinean de tal manera que sean adyacentes entre sí en sentido norte a sur.

**[0062]** La FIG. 7 ilustra una implementación de una disposición de haces de satélite ONGS que comprende 16 haces, donde los haces están marcados numéricamente de 1 a 16, con cada haz de forma sustancialmente elíptica y de área aproximadamente igual. Los haces están dispuestos para cubrir aproximadamente una huella de satélite ONGS 702. La flecha 704 indica el sentido norte con respecto a la ilustración. Los ejes menores de las elipses coinciden a lo largo de una única línea, marcada como 706, que discurre de norte a sur. Los ejes mayores de las elipses discurren de este a oeste. La superposición de cualquiera de dos disposiciones de haces adyacentes, si existe una superposición, es a lo sumo una fracción relativamente pequeña del área de disposición de haces. La elección de 16 haces se hace para facilitar la ilustración y no pretende ser limitante, de tal manera que otras implementaciones pueden tener más o menos de 16 haces.

**[0063]** Para órbitas de satélites inclinadas (por ejemplo, constelaciones de Walker) la orientación de este a oeste de los ejes mayores de los haces de satélite se puede mantener mediante la orientación de guiñada de los satélites, o de otro modo, la rotación de la antena para que rote la disposición de haces durante cada órbita.

**[0064]** Cuando se superen los límites de interferencia de EPFD para cualquier punto de la Tierra en el área de cobertura de un haz si su potencia está al máximo, la potencia del haz se reduce o se desactiva de tal manera que no se supere el límite de EPFD. El área donde se superarían los límites de interferencia de EPFD para un satélite en particular se denomina la zona de exclusión de OGS. La zona de exclusión de OGS forma una región curva en la superficie terrestre y cruza la huella del satélite ONGS 702 en sentido este a oeste, pero es estrecha en sentido norte a sur.

**[0065]** La FIG. 8 ilustra una zona de exclusión de OGS para la disposición de haces ilustrada en la FIG. 7, donde las líneas 802 y 804 en la FIG. 8 limitan la zona de exclusión de OGS. Para el ejemplo particular de la FIG. 8, la zona de exclusión de OGS cubre los haces 9 y 10, y cubre parcialmente los haces 8 y 11. En consecuencia, a lo sumo sería necesario atenuar o desactivar los haces 8, 9, 10 y 11, dependiendo de qué haces superan el límite de EPFD. El valor de la EPFD depende del ángulo de llegada por encima del plano horizontal visto por una estación terrena y, por lo tanto, puede variar de un haz a otro. En otros ejemplos, la zona de exclusión de OGS puede cubrir haces diferentes a los que se muestran en la FIG. 8.

**[0066]** Como se ilustra en la FIG. 8, debido a que los haces son relativamente largos y estrechos, y debido a que se orientan discurrendo sus ejes mayores de este a oeste a lo largo de la zona de exclusión de OGS, los haces cubren la huella del satélite ONGS 702 de manera eficiente en el sentido de que será necesario que se atenúen o desactiven relativamente pocos haces, y una región relativamente pequeña de la huella del satélite ONGS 702 fuera de la zona de exclusión de OGS está cubierta por haces que será necesario que se atenúen o se desactiven. Como resultado, la región cubierta por haces activos fuera de la zona de exclusión de OGS es una fracción relativamente grande de la huella del satélite ONGS 702.

**[0067]** La ganancia de los haces estrechos largos es típicamente más fuerte en el centro de su área de cobertura y se debilita gradualmente hacia los extremos del eje mayor (largo). En consecuencia, a medida que la distancia entre los planos orbitales para satélites ONGS disminuye hacia latitudes más altas, y los haces de satélites ONGS en planos orbitales adyacentes se superponen incrementalmente, es la parte más débil de los haces la que se superpone, lo que minimiza la interferencia y deja el área central más fuerte del haz como la región primaria de cobertura.

**[0068]** Un satélite ONGS puede realizar los procedimientos (o procesos) ilustrados en las FIGS. 9A y 9B. Haciendo referencia a la FIG. 9A, en la acción 902, se determina la posición, el rumbo y la orientación del satélite ONGS. Esta determinación puede depender de las coordenadas medidas por GPS y otros sensores que proporcionan información de orientación, es decir, la dirección y orientación de una antena de enlace descendente. En la acción 904, una antena o el satélite ONGS se vira para orientar los haces de tal manera que sus ejes mayores se encuentren en sentido este a oeste. La FIG. 9A ilustra un bucle de la acción 904 a la acción 902 para indicar que este proceso es un proceso en ejecución de tal manera que los haces tengan la orientación como se describe con respecto a la FIG. 7 y la FIG. 8 a medida que el satélite ONGS se mueve en su órbita.

**[0069]** La FIG. 9B ilustra un procedimiento para atenuar o desactivar un subconjunto de haces en un conjunto de haces para un satélite de tal manera que la potencia total debida a la constelación de satélites en cualquier punto de interés en la superficie de la Tierra no supere el límite de EPFD. En particular, un conjunto de niveles de potencia correspondientes se corresponde con el subconjunto de haces donde cada haz en el subconjunto de haces se establece en o por debajo de su nivel de potencia correspondiente. El conjunto de niveles de potencia correspondientes es tal que si cualquier haz en el subconjunto de haces supera su nivel de potencia correspondiente, entonces se superará el límite de EPFD para algún punto de interés en la superficie terrestre. Existen muchos enfoques para encontrar un subconjunto de haces de este tipo y el conjunto de niveles de potencia correspondientes, donde la FIG. 9B proporciona uno de dichos ejemplos.

**[0070]** En la acción 906 se determina si un haz a su nivel de potencia actual daría como resultado que la potencia total en algún punto de la superficie terrestre desde todos los satélites en el sistema de comunicación basado en satélites supere el límite de EPFD. Como se señala en la FIG. 9B, los haces se indexan por el índice  $i$  y se escriben como "haz( $i$ )", donde el índice  $i$  discurre de 0 a  $n-1$ , y donde  $n$  es un número entero que indica el número de haces en el conjunto de haces. Si en la acción 906 se determina que el haz( $i$ ) no provocará que la potencia total en algún punto de la superficie terrestre supere el límite de EPFD, entonces el control pasa a la acción 907, donde se mantiene el haz( $i$ ) en su nivel actual. En algunos modos de realización, el nivel de potencia del haz( $i$ ) se puede incrementar si hacerlo no provoca que se supere el límite de EPFD. (Por supuesto, no se puede aumentar la potencia de un haz más allá de su límite de seguridad). Sin embargo, si en la acción 906 se determina que el haz( $i$ ) provocaría que la potencia total en algún punto de la superficie terrestre supere el límite de PFD, entonces el control pasa a la acción 908 donde se desactiva ese haz particular o se atenúa su potencia. A continuación, el control pasa a la acción 910.

**[0071]** En la acción 910, el índice  $i$  se incrementa en 1, pero se devuelve a 0 cuando se ha alcanzado  $n-1$ . A continuación, el control pasa de nuevo a la acción 906 para indicar que el proceso ilustrado en la FIG. 9B es un proceso en ejecución. El proceso en la FIG. 9B se puede implementar repetidamente, de tal manera que cada haz se pruebe para ver si se debería atenuar o incrementar su potencia. Téngase en cuenta que un haz se puede atenuar hasta el punto donde esté completamente apagado.

**[0072]** Se ha de apreciar que las acciones de incremento y disminución (atenuación) de un nivel de potencia de un haz como se indica en las acciones 907 y 908 se realizan usando algún tamaño de incremento, donde el tamaño del incremento es una elección de diseño de ingeniería y puede depender de la tecnología disponible. En consecuencia, la indicación de que el límite de EPFD se supera si algún haz en el subconjunto de haces supera su nivel de potencia correspondiente se puede interpretar para querer decir que se supera el límite de EPFD cuando cualquier haz en el subconjunto de haces tiene un tamaño de incremento por encima de su nivel de potencia correspondiente.

**[0073]** La FIG. 10 es un diagrama de bloques de un satélite de ejemplo 1000 que incluye un controlador de satélite 1002 para realizar procedimientos (procesos) de acuerdo con implementaciones de ejemplo, incluyendo los analizados con respecto a las FIGS. 9A y 9B. Para el ejemplo de la FIG. 10, el controlador de satélite 1002 se acopla a un transpondedor directo 1004 por medio de un primer enlace 1006 y se acopla a un transpondedor de retorno 1008 por medio de un segundo enlace 1010. Para facilitar la ilustración, no todos los elementos en un satélite típico se muestran en la FIG. 10.

**[0074]** El controlador de satélite 1002 incluye un procesador 1012 y una memoria 1014. El procesador 1012 puede incluir múltiples núcleos procesadores integrados en uno o más chips, y en consecuencia, la referencia al procesador 1012 pretende incluir uno o más procesadores. La memoria 1014 puede incluir un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio (por ejemplo, uno o más elementos de memoria no volátil, tales como EPROM, EEPROM, memoria flash, un disco duro y así sucesivamente) que puede almacenar los siguientes módulos de software (SW): un módulo de software de determinación de localización de haz 1016 para facilitar la determinación de la localización y altitud actuales del satélite 1000; un módulo de software de localización de arco de OGS 1018 para facilitar la determinación de la localización del arco de OGS con respecto al satélite 1000; y un módulo de software de configuración y activación de haz 1020 para facilitar la activación o desactivación, o el encendido o apagado, de uno o más haces del satélite 1000, tal como para ajustar una serie de parámetros (por ejemplo, configuraciones de antena, orientación de haces, ganancia de antena y niveles de potencia de transmisión) de uno o más haces del satélite 1000, por ejemplo, como se describe en una o más operaciones ilustradas en las FIGS. 9A y 9B.

**[0075]** Una antena acoplada al transpondedor directo 1004 se ilustra como una matriz de elementos de antena, donde para facilitar la ilustración solo se muestran dos, marcados como 1022 y 1024. De forma similar, una antena acoplada al transpondedor de retorno 1008 se ilustra como una matriz de elementos de antena, donde, para facilitar la ilustración, solo se muestran dos, marcados como 1026 y 1028. Las implementaciones analizadas en el presente documento y en las FIGS. 9A y 9B se han dirigido a la antena acoplada al transpondedor directo 1004. Se pueden emplear diversos tipos de antenas. Por ejemplo, los elementos de antena 1022 y 1024 pueden representar una antena orientable electrónicamente, una antena de matriz ranurada, así como otras clases de antenas con diferentes clases de polarización, tales como por ejemplo la polarización dextrógira o la polarización levógira.

**[0076]** Además, los componentes y funciones representados por la FIG. 10, así como otros componentes y funciones descritos en el presente documento, se pueden implementar usando cualquier medio adecuado. Dichos medios también se pueden implementar, al menos en parte, usando las estructuras correspondientes como se explica en el presente documento. Por ejemplo, los componentes descritos anteriormente junto con los componentes de "módulo para" de la FIG. 10 también pueden corresponder a la funcionalidad "medios para" designada de forma similar. Por tanto, en algunos aspectos, uno o más de dichos medios se pueden implementar usando uno o más de los componentes de procesador, circuitos integrados u otra estructura adecuada como se explica en el presente documento.

**[0077]** Se pueden hacer diversas modificaciones a las implementaciones divulgadas sin apartarse de la materia objeto reivindicada. Por ejemplo, los haces pueden tener formas distintas a la elíptica, y las disposiciones de haces pueden tener formas distintas a la circular. Para algunas implementaciones, es deseable una disposición de haces con forma

cuadrada o rectangular con haces con forma rectangular, oblonga o elíptica. Por ejemplo, los modos de realización probables para los sistemas de satélites son una disposición de haces con forma rectangular con haces con forma rectangular para órbitas de satélites polares y una disposición de haces con forma circular con haces con forma elíptica para órbitas de satélites inclinadas o de Walker. Como otros ejemplos, la cantidad de superposición entre haces en la disposición de haces puede variar, y los ejes cortos (menores) de los haces pueden no coincidir a lo largo de una única línea.

**[0078]** La FIG. 11 proporciona un ejemplo particular de una disposición de haces cuadrada con 16 haces que cubren una huella 1102, pero donde los haces tienen una forma rectangular. En este caso, lo que se denominó eje menor para una elipse ahora se puede denominar mediana (o línea media o segmento medio) para un rectángulo, aunque el término eje menor todavía se puede usar. Más precisamente, es la más pequeña de las dos medianas de un haz rectangular que es colineal (coaxial) desde un haz rectangular a otro. La más pequeña de las dos medianas se puede denominar mediana corta. Por ejemplo, una línea discontinua 1106 en la FIG. 11 representa todas las medianas cortas de los haces rectangulares alineados entre sí.

**[0079]** La FIG. 12 proporciona otro ejemplo particular de una disposición de haces cuadrada con 16 haces que cubren una huella 1202, pero donde los haces tienen una forma elíptica u ovalada. Una forma de haz de este tipo se obtiene más fácilmente que la forma rectangular mostrada en la FIG. 11, que se puede considerar que representa una forma ideal. Una línea discontinua 1206 en la FIG. 12 representa todas las medianas cortas de los haces ovalados alineados entre sí.

**[0080]** En general, un haz puede tener una de varias formas diferentes, pero en la práctica cada haz se puede describir como relativamente corto o estrecho en sentido norte a sur, y ancho o largo en sentido este a oeste, donde los haces son sustancialmente adyacentes (contiguos) entre sí cuando se observa mirando hacia abajo hacia la superficie de la huella. Es decir, sus medianas cortas son colineales, orientadas en sentido norte a sur, entendiéndose que la mediana corta de una elipse es su eje menor.

**[0081]** En la descripción de que un haz es estrecho a lo largo de una primera mediana (o primera dirección) y ancho a lo largo de una segunda mediana (o segunda dirección), se ha de entender que la dimensión lineal del haz a lo largo de la primera mediana (o primera dirección) es menor que la dimensión lineal del haz a lo largo de la segunda mediana (o segunda dirección). Además, debido a que el conjunto de haces que componen una disposición de haces se puede orientar con a lo sumo precisión finita, al describir las medianas de un conjunto de haces en una disposición de haces como sustancialmente colineales o sustancialmente orientadas en una dirección particular, se ha de entender que la mediana de cada haz en el conjunto de haces puede, a lo sumo, ser colineal u orientada en una dirección particular dentro de las tolerancias disponibles para la tecnología particular empleada en un modo de realización.

**[0082]** Más en general, el término sustancialmente, cuando se usa con respecto a una característica o condición de un haz está destinado a transmitir las limitaciones inherentes en la tecnología particular empleada en un modo de realización. Por ejemplo, un haz se puede describir como sustancialmente elíptico, entendiéndose que la forma del haz no se ajustará exactamente a la definición geométrica de una elipse, pero que un experto en la técnica reconocerá que la forma es suficientemente elíptica de tal manera que se pueda modelar como una elipse cuando se calcula la potencia o un presupuesto de enlace de comunicación.

**[0083]** La FIG. 13 ilustra un aparato de pasarela 1300 de ejemplo representado como una serie de módulos funcionales interrelacionados, como se analiza con respecto a los ejemplos de las FIGS. 9A, 9B y 10. Un módulo para conformar una disposición de haces 1304 con la antena 1302 puede corresponder, al menos en algunos aspectos, a, por ejemplo, un controlador de satélite o un componente del mismo como se analiza en el presente documento (por ejemplo, el controlador de satélite 1002 de la FIG. 10 o similar). El módulo para conformar una disposición de haces 1304 conforma una disposición de haces de modo que para un conjunto de haces en una huella, cada haz es estrecho a lo largo de su primera mediana y ancho a lo largo de su segunda mediana, donde las primeras medianas son sustancialmente colineales entre sí y las segundas medianas se orientan sustancialmente de este a oeste. Un módulo para reducir (o atenuar) la potencia a un subconjunto del conjunto de haces 1306 puede corresponder, al menos en algunos aspectos, a, por ejemplo, un controlador de satélite o un componente del mismo como se analiza en el presente documento (por ejemplo, el controlador de satélite 1002 de la FIG. 10 o similares). Cada haz del subconjunto se reduce a o por debajo de un nivel de potencia correspondiente, de modo que cuando se aumenta la potencia de un haz por encima de su nivel de potencia correspondiente, una densidad de flujo de potencia equivalente (EPFD) supera un límite en algún punto de la superficie terrestre.

**[0084]** La funcionalidad de los módulos de la FIG. 13 se puede implementar de diversas maneras congruentes con las enseñanzas en el presente documento. En algunos diseños, la funcionalidad de estos módulos se puede implementar como uno o más componentes eléctricos. En algunos diseños, la funcionalidad de estos bloques se puede implementar como un sistema de procesamiento que incluye uno o más componentes de procesador. En algunos diseños, la funcionalidad de estos módulos se puede implementar usando, por ejemplo, al menos una parte de uno o más circuitos integrados (por ejemplo, un ASIC). Como se analiza en el presente documento, un circuito integrado puede incluir un procesador, software, otros componentes relacionados o alguna combinación de los mismos. Por tanto, la funcionalidad de diferentes módulos se puede implementar, por ejemplo, como subconjuntos diferentes de un circuito

integrado, como subconjuntos diferentes de un conjunto de módulos de software, o una combinación de los mismos. Además, se apreciará que un subconjunto dado (por ejemplo, de un circuito integrado y/o de un conjunto de módulos de software) puede proporcionar al menos una parte de la funcionalidad para más de un módulo.

**[0085]** Además, los componentes y funciones representados por la FIG. 13, así como otros componentes y funciones descritos en el presente documento, se pueden implementar usando cualquier medio adecuado. Dichos medios también se pueden implementar, al menos en parte, usando la estructura correspondiente como se explica en el presente documento. Por ejemplo, los componentes descritos anteriormente junto con los componentes de "módulo para" de la FIG. 13 también pueden corresponder a la funcionalidad "medios para" designada de forma similar. Por tanto, en algunos aspectos, uno o más de dichos medios se pueden implementar usando uno o más de los componentes de procesador, circuitos integrados u otra estructura adecuada como se explica en el presente documento.

**[0086]** Se ha de apreciar que cuando se describen las implementaciones de la divulgación, un haz se puede denominar sustancialmente elíptico, sustancialmente rectangular, o de modo que las medianas cortas sean sustancialmente colineales. Un experto en la técnica reconoce que sustancialmente es un término de la técnica que refleja el hecho de que las disposiciones de antenas no se pueden ajustar a una definición geométrica precisa debido al tamaño finito de la abertura de la antena y las tolerancias disponibles en las estructuras mecánicas y en los componentes electrónicos y de microondas.

**[0087]** Los expertos en la técnica apreciarán que la información y las señales se pueden representar usando cualquiera de una variedad de tecnologías y técnicas diferentes. Por ejemplo, los datos, las instrucciones, los comandos, la información, las señales, los bits, los símbolos y los chips que se puedan haber mencionado a lo largo de la descripción anterior se pueden representar por tensiones, corrientes, ondas electromagnéticas, campos o partículas magnéticos, campos o partículas ópticos o cualquier combinación de los mismos.

**[0088]** Además, los expertos en la técnica apreciarán que los diversos bloques lógicos, módulos, circuitos y etapas de algoritmo ilustrativos descritos en el presente documento se pueden implementar como hardware electrónico, software informático o combinaciones de ambos. Para ilustrar claramente esta intercambiabilidad de hardware y software, anteriormente se han descrito, en general, diversos componentes, bloques, módulos, circuitos y etapas ilustrativos en términos de su funcionalidad. Que dicha funcionalidad se implemente como hardware o software depende de la aplicación particular y de las restricciones de diseño impuestas en el sistema global. Los expertos en la técnica pueden implementar la funcionalidad descrita de formas diversas para cada aplicación particular, pero no se debería interpretar que dichas decisiones de implementación suponen apartarse del alcance de la presente invención.

**[0089]** Los procedimientos, las secuencias y/o algoritmos divulgados en el presente documento se pueden realizar directamente en hardware, en un módulo de software ejecutado por un procesador o en una combinación de los dos. Un módulo de software puede residir en una memoria RAM, en una memoria flash, en una memoria ROM, en una memoria EPROM, en una memoria EEPROM, en registros, en un disco duro, en un disco extraíble, en un CD-ROM o en cualquier otra forma de medio de almacenamiento conocido en la técnica. Un medio de almacenamiento ejemplar está acoplado al procesador de modo que el procesador pueda leer información de, y escribir información en, el medio de almacenamiento. De forma alternativa, el medio de almacenamiento puede estar integrado en el procesador.

**[0090]** En consecuencia, los aspectos de la materia objeto reivindicada pueden incluir un medio legible por ordenador que incorpora un procedimiento para evitar superar los límites de interferencia para un sistema de satélites no geostacionarios. En consecuencia, la materia objeto reivindicada no se limita a los ejemplos ilustrados.

**[0091]** Aunque la divulgación anterior muestra los aspectos ilustrativos de la materia objeto reivindicada, cabe destacar que se pueden hacer diversos cambios y modificaciones en el presente documento sin apartarse del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas. No es necesario que las funciones, etapas y/o acciones de las reivindicaciones de procedimiento de acuerdo con la descripción en el presente documento se realicen en ningún orden particular. Además, aunque los aspectos de la materia objeto reivindicada se pueden describir o reivindicar en singular, el plural se contempla a menos que se establezca explícitamente la limitación al singular.

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento que comprende:
  - conformar una disposición de haces que comprende un conjunto de haces (1-16) de una antena de un satélite en una huella del satélite (702), teniendo cada haz una primera mediana y una segunda mediana, siendo cada haz estrecho a lo largo de su primera mediana y ancho a lo largo de su segunda mediana, en el que las primeras medianas son sustancialmente colineales entre sí y las segundas medianas se orientan sustancialmente de este a oeste; y
  - reducir la potencia a un subconjunto del conjunto de haces (8, 9, 10, 11), en el que cada haz en el subconjunto se reduce a o por debajo de un nivel de potencia correspondiente, de modo que cuando se aumenta la potencia de un haz por encima de su nivel de potencia correspondiente, una densidad de flujo de potencia equivalente supera un límite especificado en algún punto de la superficie terrestre.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el límite especificado está especificado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones para evitar provocar interferencias inaceptables a las redes de satélites geoestacionarios.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la antena es una antena orientable electrónicamente.
4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la etapa de conformación del conjunto de haces comprende la orientación de guiñada del satélite o la rotación de la antena.
5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que cada haz tiene sustancialmente la misma área.
6. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que cada haz tiene una forma sustancialmente elíptica, en el que la primera mediana de cada haz es su eje menor y la segunda mediana de cada haz es su eje mayor, o una forma sustancialmente rectangular.
7. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la etapa de reducción de la potencia al subconjunto comprende apagar cada haz en el subconjunto.
8. Un satélite (1000) que comprende:
  - una antena (1022, 1024);
  - medios (1004) para conformar una disposición de haces con la antena, en el que la disposición de haces comprende un conjunto de haces de una antena de un satélite en una huella del satélite (702), teniendo cada haz una primera mediana y una segunda mediana, siendo cada haz estrecho a lo largo de su primera mediana y ancho a lo largo de su segunda mediana, en el que las primeras medianas son sustancialmente colineales entre sí y las segundas medianas se orientan sustancialmente de este a oeste; y
  - medios para reducir la potencia (1002) a un subconjunto del conjunto de haces, en el que cada haz en el subconjunto se reduce a o por debajo de un nivel de potencia correspondiente de modo que cuando se aumenta la potencia de un haz por encima de su nivel de potencia correspondiente una densidad de flujo de potencia equivalente supera un límite especificado en algún punto de la superficie terrestre.
9. El satélite de la reivindicación 8, en el que el límite especificado está especificado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones para evitar provocar interferencias inaceptables a las redes de satélites geoestacionarios.
10. El satélite de la reivindicación 8, en el que los medios para conformar la disposición de haces se configuran para orientar electrónicamente la antena para conformar el conjunto de haces.
11. El satélite de la reivindicación 8, en el que los medios para conformar la disposición de haces se configuran para orientar de guiñada el satélite o rotar la antena para conformar el conjunto de haces.
12. El satélite de la reivindicación 8, en el que cada haz tiene sustancialmente la misma área.
13. El satélite de la reivindicación 8, en el que cada haz tiene una forma sustancialmente elíptica, en el que la primera mediana de cada disposición de haces es su eje menor y la segunda mediana de cada disposición de haces es su eje mayor, o una forma sustancialmente rectangular.
14. El satélite de la reivindicación 8, en el que los medios para reducir la potencia al subconjunto del conjunto de haces se configuran para apagar cada haz en el subconjunto.

15. Un medio no transitorio legible por ordenador que tiene instrucciones almacenadas que cuando se ejecutan por un procesador, el procesador a bordo de un satélite (1000) que tiene una antena (1022, 1024), hacen que el procesador realice un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

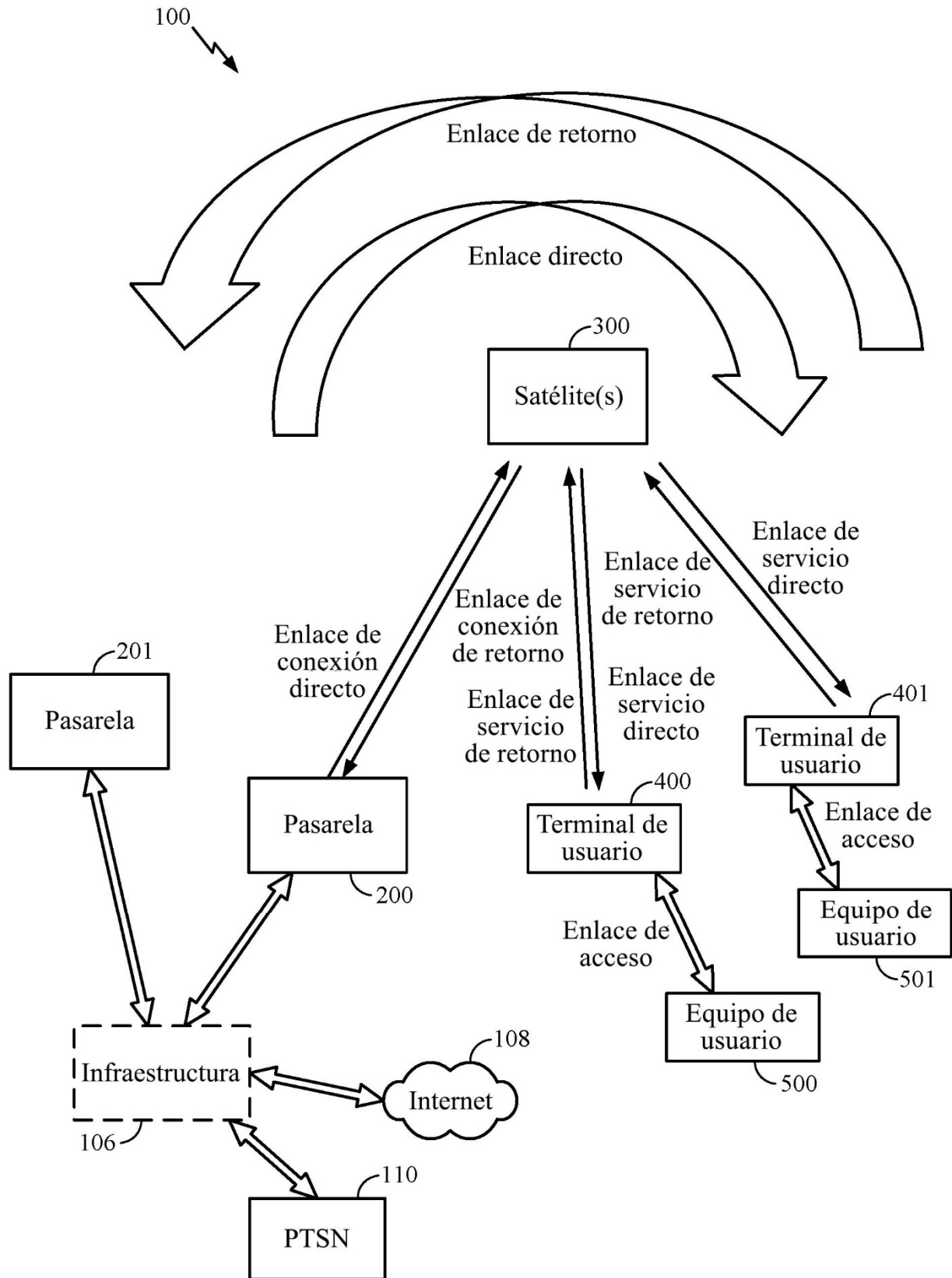


FIG. 1

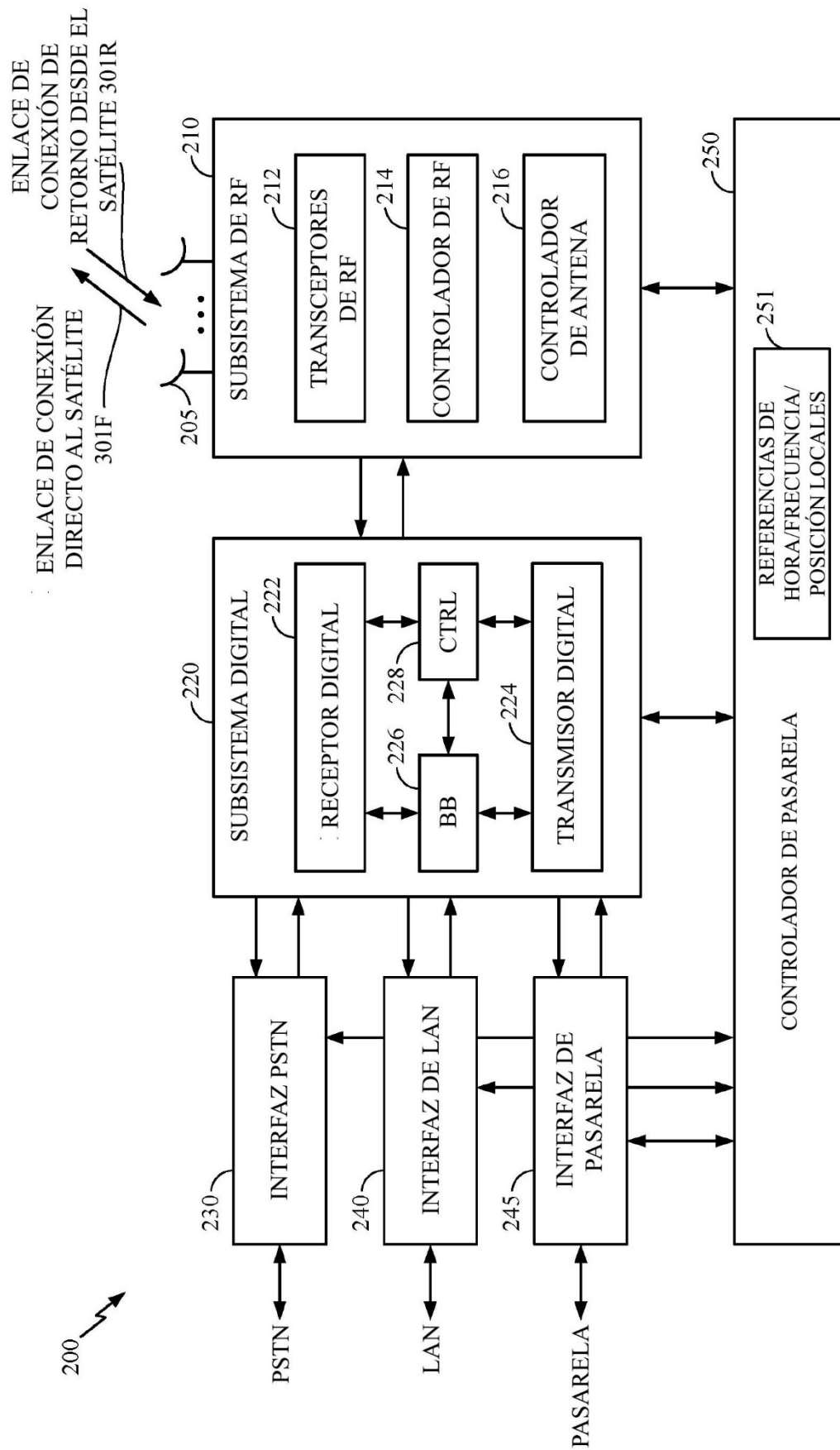


FIG. 2

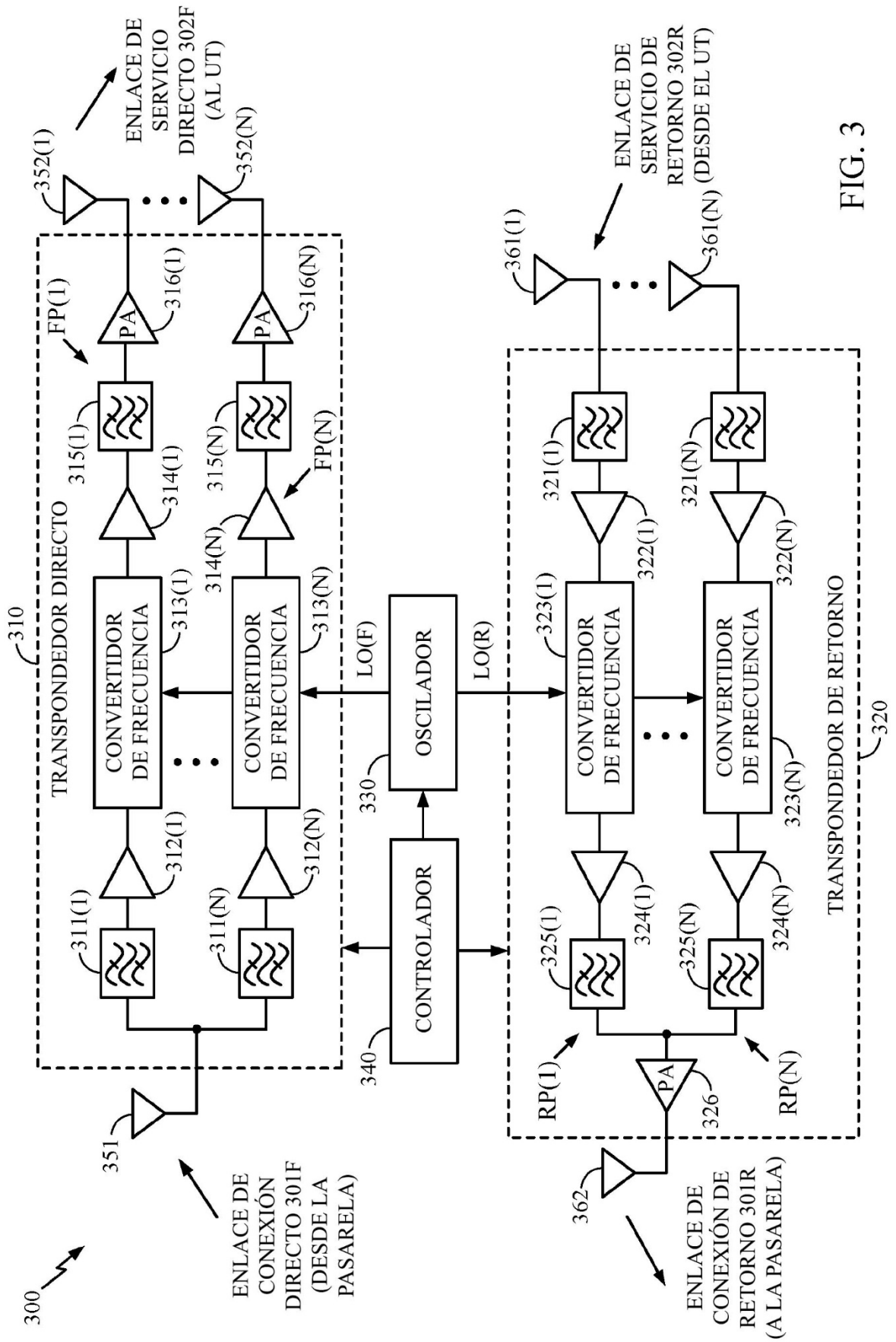


FIG. 3

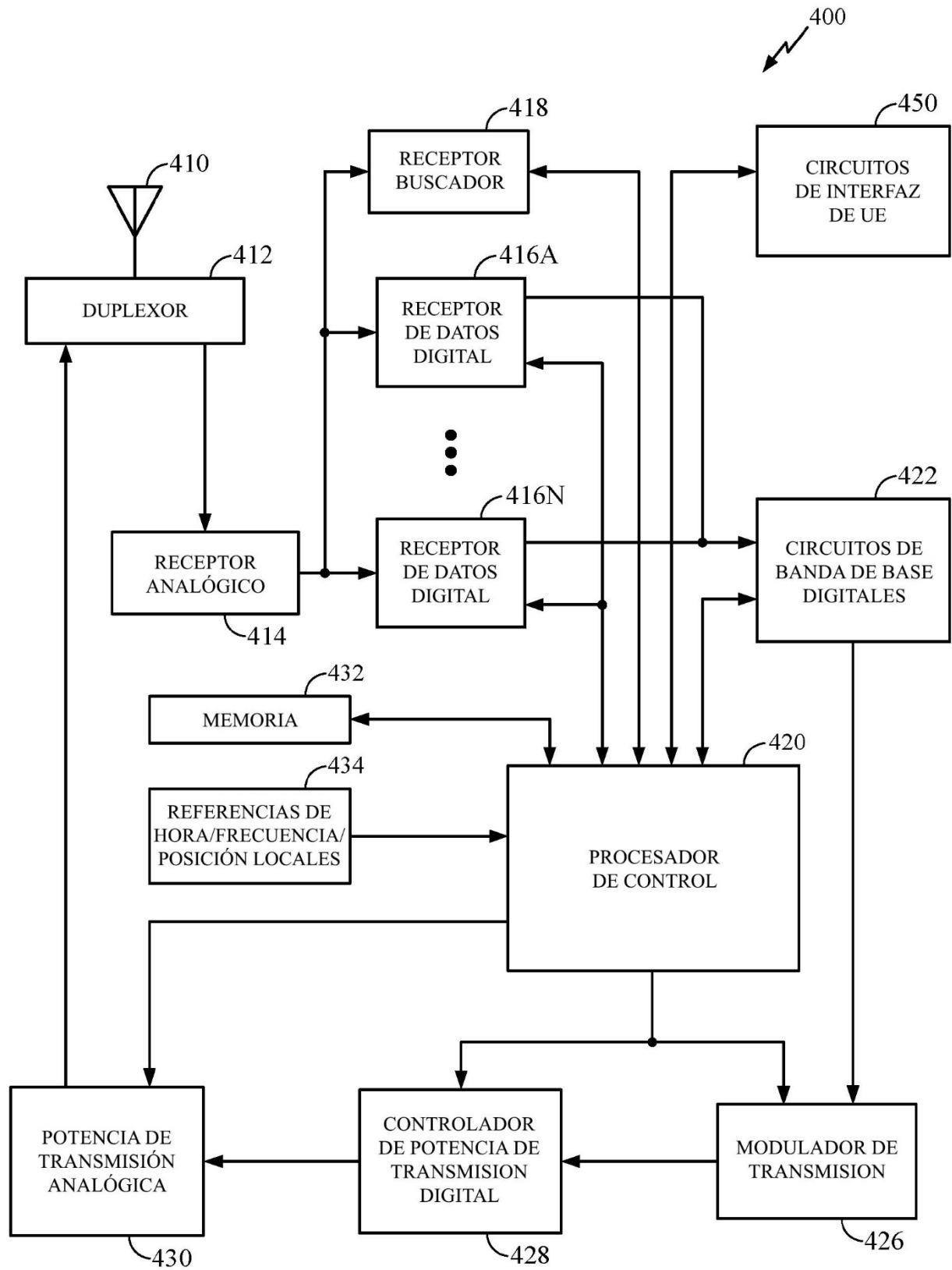


FIG. 4

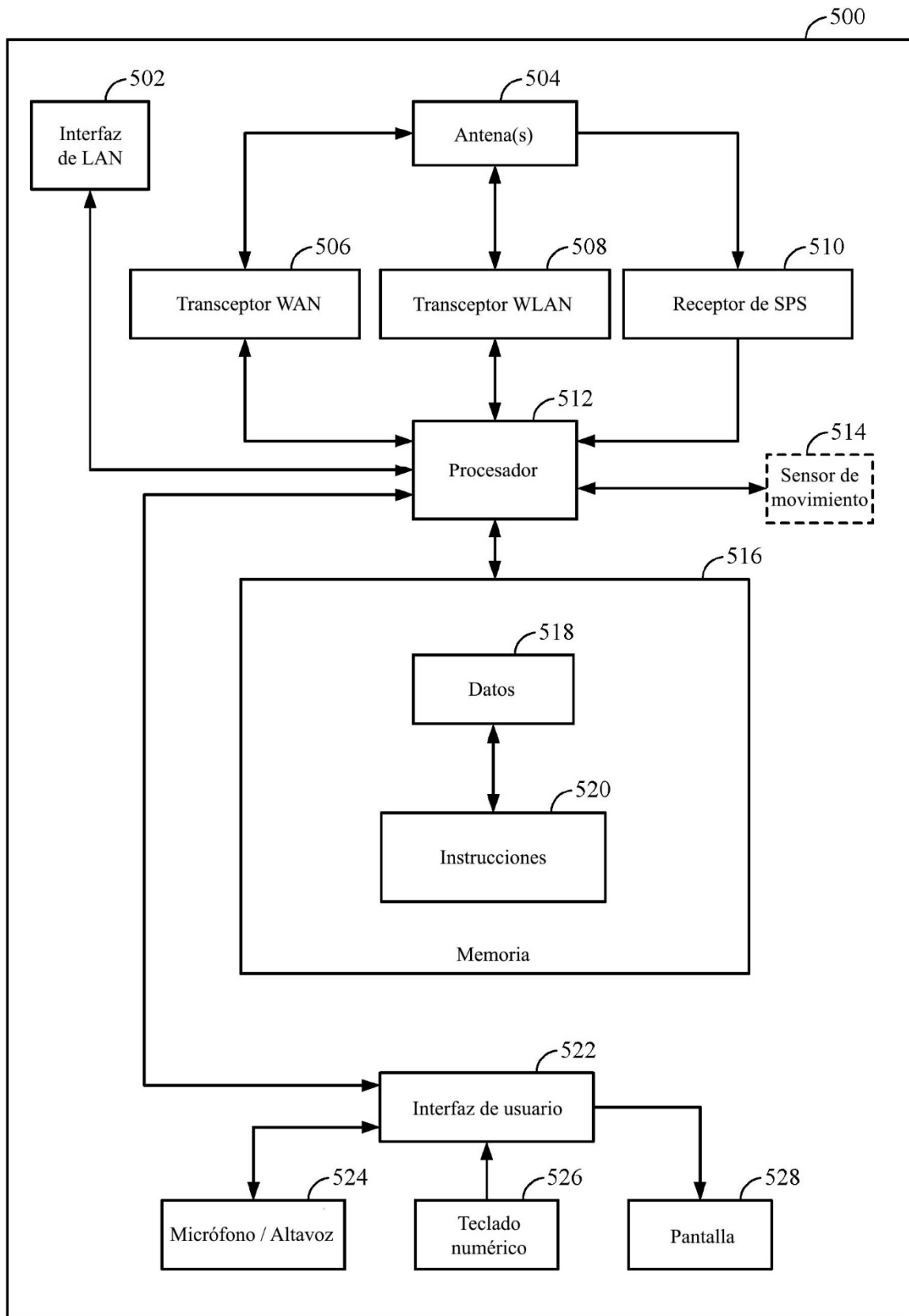


FIG. 5

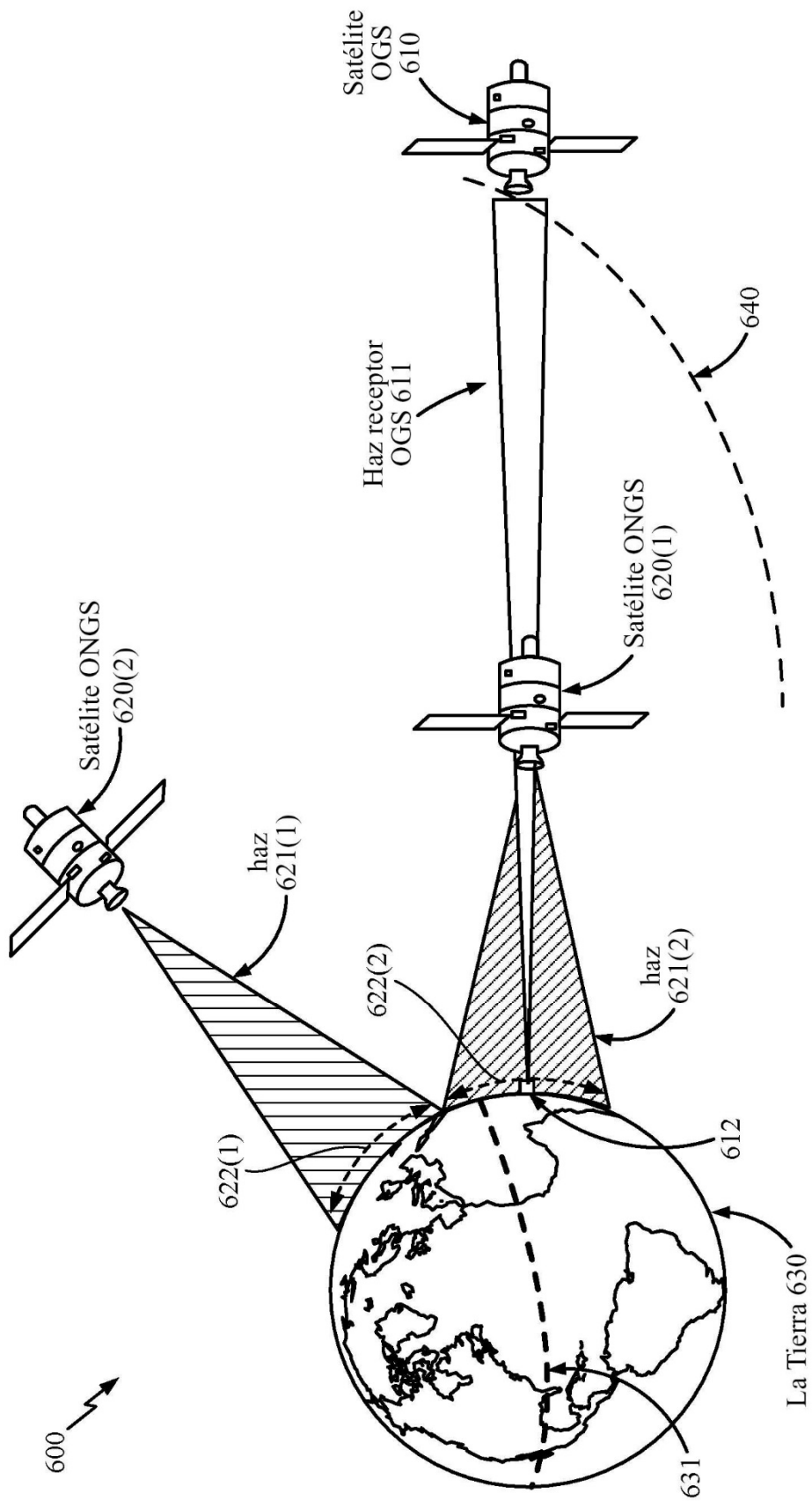


FIG. 6A

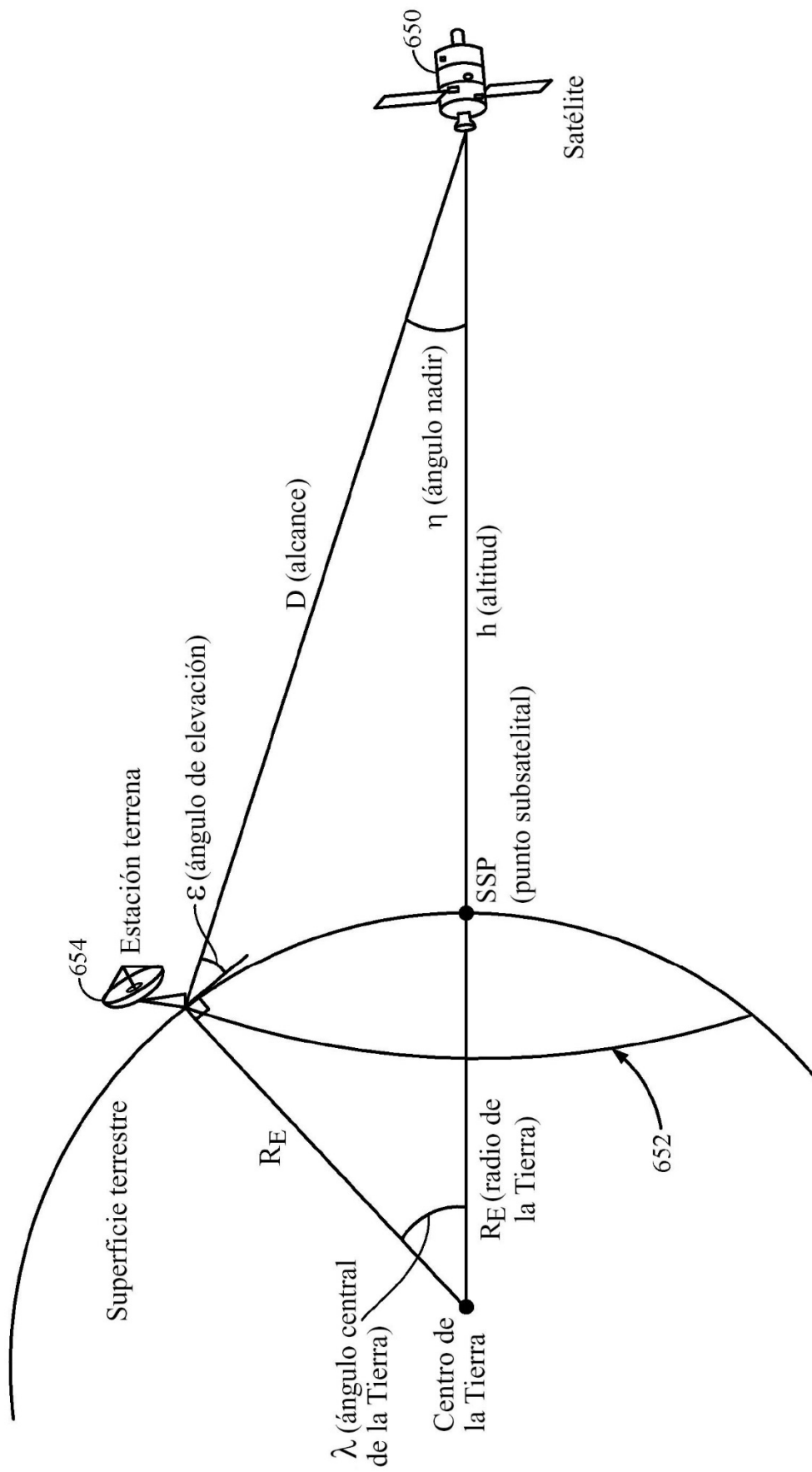


FIG. 6B

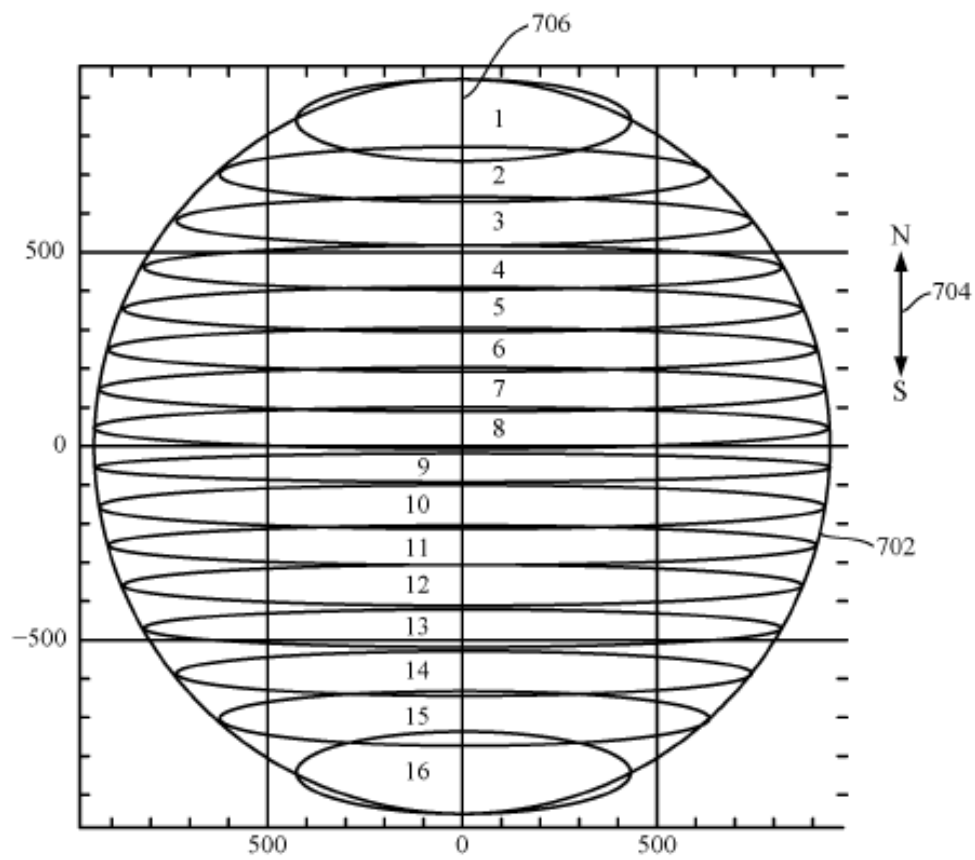


FIG. 7

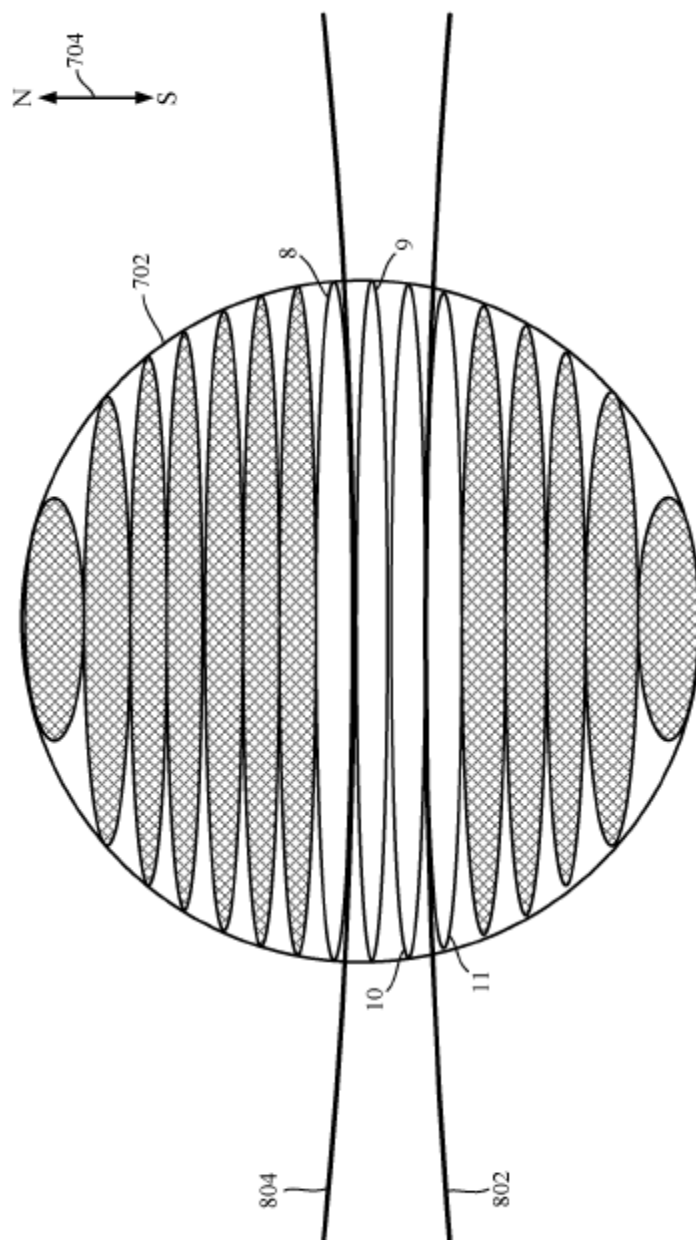


FIG. 8

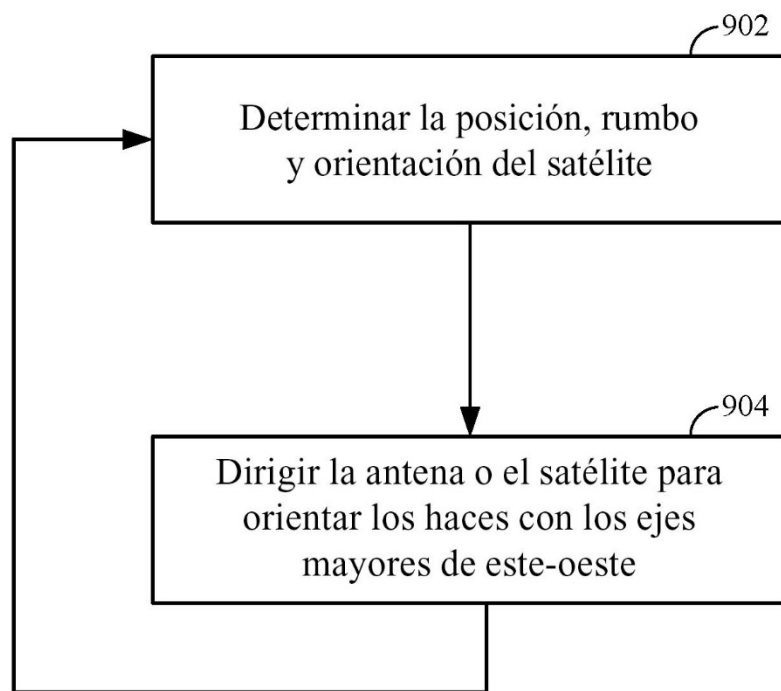


FIG. 9A

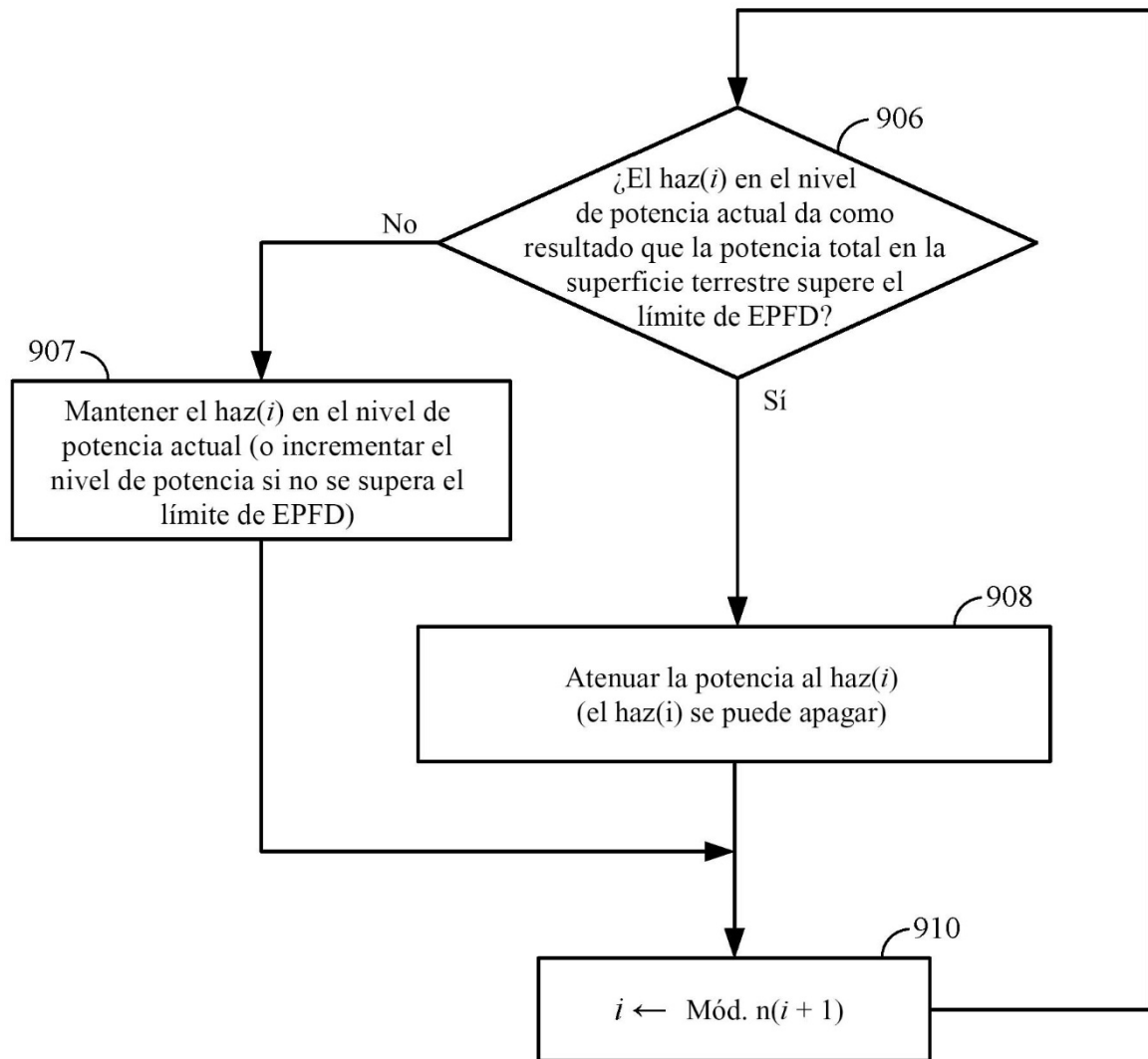


FIG. 9B

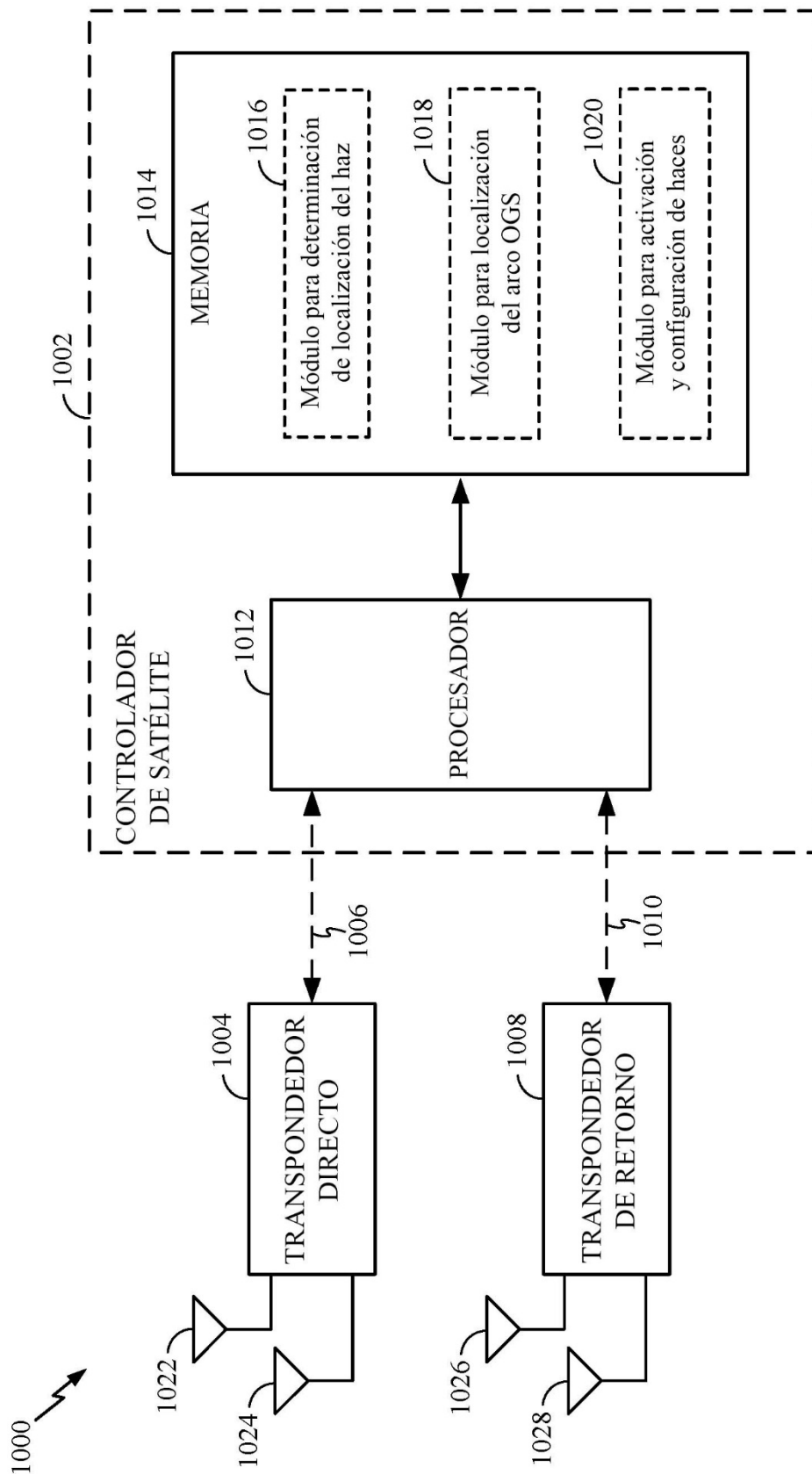


FIG. 10

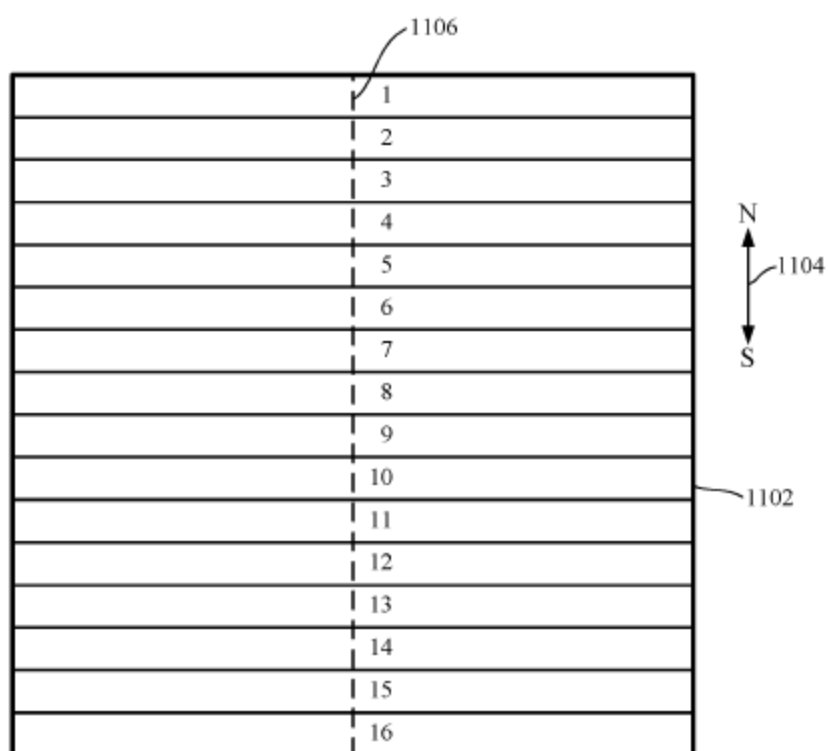


FIG. 11

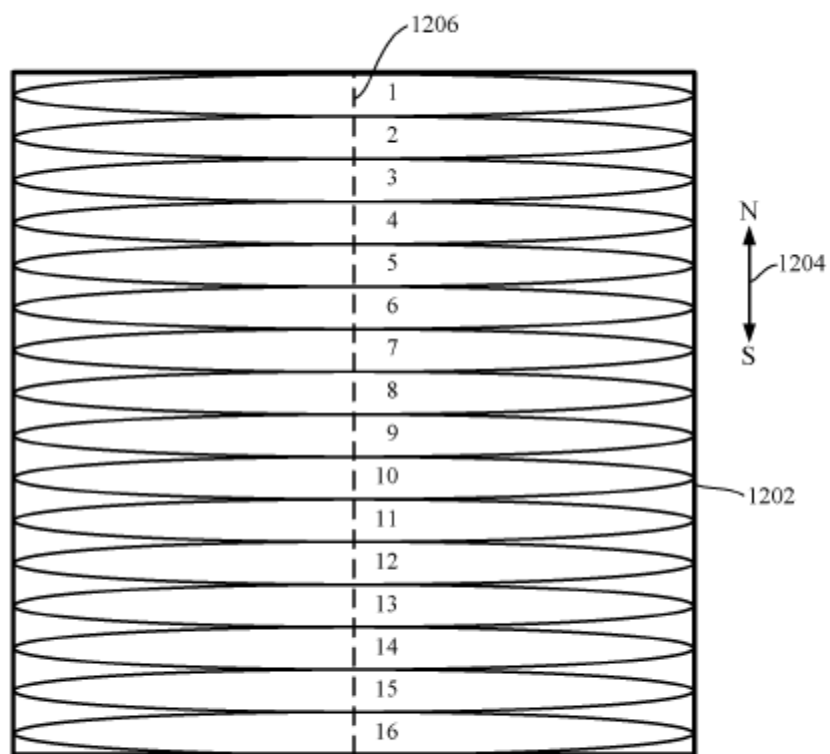


FIG. 12

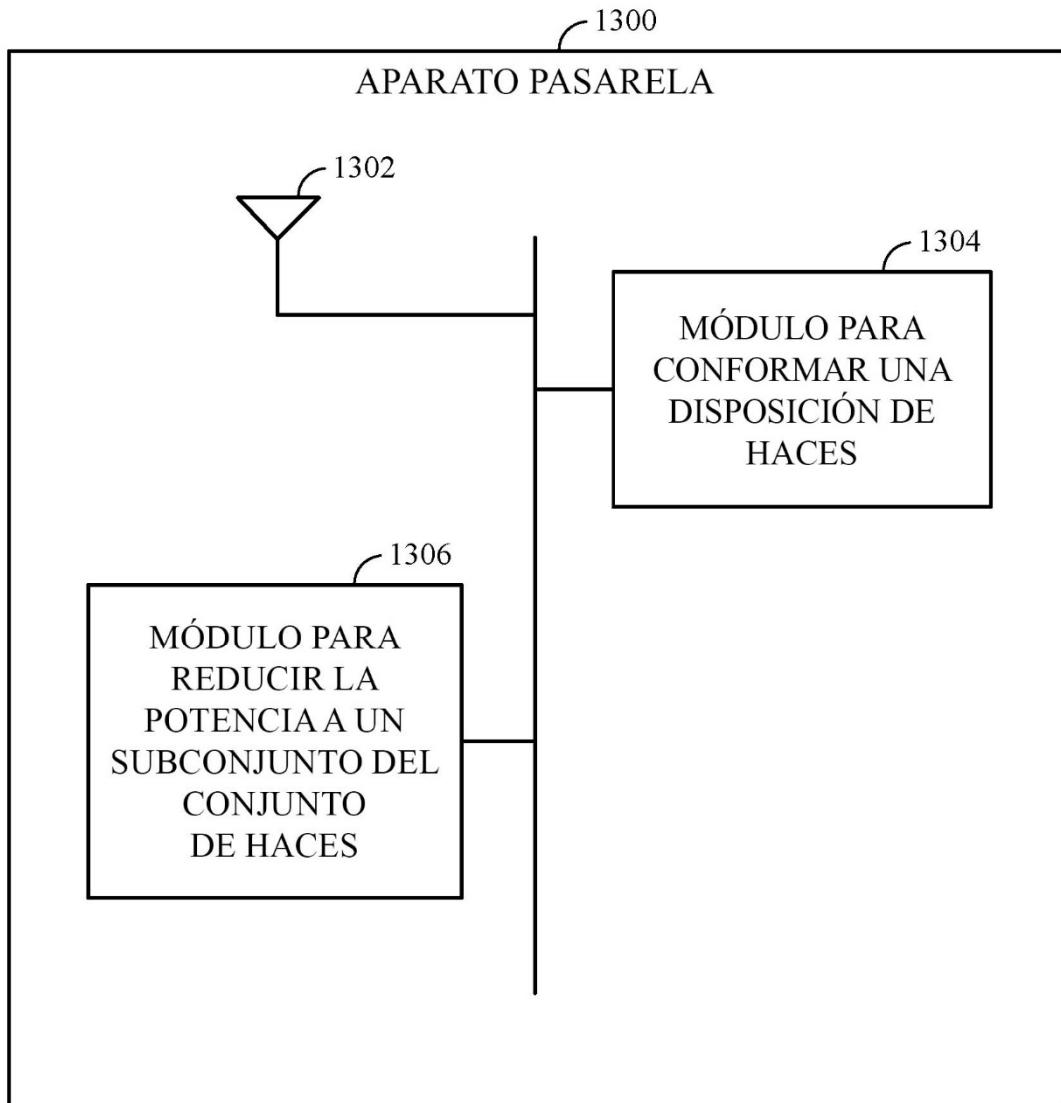


FIG. 13