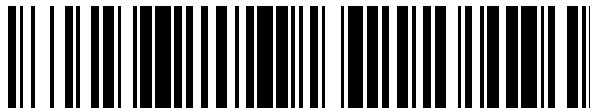


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 677 716**

51 Int. Cl.:

H04B 7/185 (2006.01)

H04B 7/204 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.07.2013 PCT/US2013/051129**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.01.2014 WO14015169**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.07.2013 E 13742372 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.05.2018 EP 2875592**

54 Título: **Sistema de señalización de antenas de satélite asistidas en tierra**

30 Prioridad:

18.07.2012 US 201261673150 P
15.03.2013 US 201313842346

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.08.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

MENDELSON, AARON y
MILLER, MARK

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 677 716 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

Sistema de señalización de antenas de satélite asistidas en tierra

5 Antecedentes

La presente descripción se refiere a comunicaciones vía satélite en general, y en particular, al posicionamiento de antenas de satélite.

10 A medida que la demanda de comunicaciones vía satélite continúa creciendo, el uso de haces puntuales en sistemas de satélites se ha hecho cada vez más popular. Un haz puntual es un haz de satélite modulado enfocado en una región geográfica limitada de la Tierra. Al reducir el área de cobertura del haz, se puede usar una antena más direccional mediante el satélite para transmitir el haz a la Tierra. Esta mayor ganancia asociada con un haz puntual puede producir una mejor relación de señal a ruido (SNR) en un terminal del usuario, lo que
15 permite mayores velocidades de transferencia de datos entre el satélite y el terminal. Además, el menor tamaño de los haces puntuales permite la reutilización de frecuencia con una interferencia limitada entre haces, proporcionando de este modo incluso mayores aumentos en la capacidad de tratamiento de datos en un satélite.

20 Aunque los haces puntuales pueden ser muy útiles en áreas de alta demanda, pueden ser susceptibles a errores de señalización. El movimiento de antenas de satélite dentro de algunas milésimas de un grado puede cambiar sustancialmente el área de cobertura de un haz puntual sobre la Tierra. Además, a menudo se da el caso de que múltiples haces puntuales se transmiten en un patrón predeterminado desde el satélite a diferentes áreas de cobertura previstas. Por lo tanto, un error de señalización de antena en el satélite puede disminuir de manera perjudicial la calidad de las comunicaciones sobre múltiples haces puntuales simultáneamente.

25 La patente US 2004/203444 A1 describe un sistema de comunicación inalámbrico que incluye plataformas que generan haces puntuales y haces de área amplia. El sistema incluye un controlador de operaciones de red que recibe señales desde terminales de usuario. Los terminales de usuario determinan las intensidades de las señales de los haces puntuales y los haces de área amplia y una relación puede calcularse, por lo tanto, entre el haz puntual y los haces de área amplia.

30 Sumario

Se describen métodos, sistemas y dispositivos para combinar las mediciones terrestres de la intensidad de la señal del haz puntual y las mediciones a bordo de una baliza de enlace ascendente para identificar errores de señalización de antenas de satélite y ajustar la posición de la antena de satélite para corregir los errores de señalización.

Breve descripción de los dibujos

40 Se puede alcanzar una mayor comprensión de la naturaleza y de las ventajas de realizaciones de la presente descripción mediante referencia a los siguientes dibujos. En las figuras adjuntas, componentes o características similares pueden tener el mismo signo de referencia. Además, se pueden distinguir varios componentes del mismo tipo poniendo un guion detrás del signo de referencia y un segundo signo que distinga entre los componentes similares. Si solo se utiliza el primer signo de referencia en la memoria descriptiva, la descripción es aplicable a cualquiera de los componentes similares que tienen el mismo primer signo de referencia independientemente del segundo signo de referencia.

45 La FIG. 1 es un diagrama de un ejemplo de un sistema de satélite que proporciona servicios de comunicación a la Tierra mediante el uso de haces puntuales según diversas realizaciones de los principios descritos en la presente memoria.

50 Las FIGS. 2A-2D son, cada una, diagramas de ejemplos de alineación de haces puntuales resultantes de las distintas orientaciones de las antenas de satélite, según diversas realizaciones de los principios descritos en la presente memoria.

La FIG. 3 es un diagrama de bloques de un módulo 325 controlador del seguimiento automático ilustrativo de acuerdo con varias realizaciones de los principios descritos en la presente memoria.

55 Las FIGS. 4A y 4B son diagramas de sistemas ilustrativos para la señalización de antenas de satélite asistidas en tierra según diversas realizaciones de los principios descritos en la presente memoria.

La FIG. 5 es un diagrama de bloques de un sistema ilustrativo para la señalización de antenas de satélite asistidas en tierra según diversas realizaciones de los principios descritos en la presente memoria.

60 Las FIGS. 6A y 6B son diagramas de bloques de sistemas ilustrativos para producir selectivamente señales de corrección de señalización de antenas de satélite según diversas realizaciones de los principios descritos en la presente memoria.

Descripción detallada

65

Se describen métodos, sistemas y dispositivos para la señalización de antenas de satélite asistidas en tierra. En los métodos, sistemas y dispositivos de la presente descripción, un controlador de seguimiento automático u otro componente de un satélite pueden usar mediciones terrestres de la intensidad del haz puntual y/o mediciones de baliza de enlace ascendente para ajustar el posicionamiento de una antena de satélite y reducir errores de señalización.

Esta descripción proporciona ejemplos, y no pretende limitar el alcance, la capacidad de aplicación o la configuración de las realizaciones de los principios descritos en la presente memoria. Más bien, la descripción siguiente proporcionará a los expertos en la técnica una descripción que permita implementar las realizaciones de los principios descritos en la presente memoria. Se pueden hacer varios cambios en la función y en la disposición de los elementos.

Por lo tanto, varias realizaciones pueden omitir, sustituir o agregar varios procedimientos o componentes según sea apropiado. Por ejemplo, debe apreciarse que los métodos pueden realizarse en un orden diferente al descrito, y que se pueden añadir, omitir o combinar varias etapas. Además, los aspectos y los elementos descritos con respecto a ciertas realizaciones pueden combinarse en varias otras realizaciones. Debe apreciarse también que los siguientes sistemas, métodos, dispositivos y software pueden ser, individual o colectivamente, componentes de un sistema más grande, en el que otros procedimientos pueden ser preferibles o modificar de cualquier otra forma su aplicación.

Se describen sistemas, dispositivos, métodos y software para combinar mediciones terrestres y mediciones en un satélite para ajustar la orientación de una antena de satélite. La **FIG. 1** ilustra un ejemplo de un sistema 100 en el que un satélite 105 que orbita la Tierra proporciona servicios de comunicación en diversas regiones de la Tierra 115 mediante el uso de varios haces puntuales 110.

Por motivos de simplicidad, se muestran trece haces puntuales 110. No obstante, se apreciará que el satélite 105 puede ser capaz de proporcionar muchos más haces puntuales. En ciertos ejemplos, el satélite 105 puede configurarse para proporcionar un número de haces puntuales solapados de manera que sustancialmente toda la región continental de los Estados Unidos u otra región de la Tierra puede estar cubierta por al menos uno de los haces puntuales 110. Además, aunque los haces puntuales 110 mostrados en la FIG. 1 son de un tamaño uniforme, es posible usar el mismo satélite 105 para proporcionar haces puntuales 110 de diversos tamaños a la Tierra 115.

Múltiples terminales equipados con equipo receptor pueden ubicarse dentro del área de cobertura de un haz puntual 110 y recibir datos modulados de ese haz puntual 110 particular. Dado que el uso de haces puntuales 110 aumenta la capacidad de tratamiento de datos en un satélite a través de la reutilización de frecuencia y la reducción de interferencia, un satélite 105 puede emplear una gran cantidad de haces puntuales 110 para comunicarse con la Tierra. Debido a que cada haz puntual 110 puede dirigirse a una región específica, el satélite 105 puede, en algunos ejemplos, mantener una órbita geoestacionaria de manera que la posición de la antena 105 con respecto a la superficie de la Tierra permanezca sustancialmente constante. Sin embargo, incluso cuando el satélite 105 mantiene una órbita geoestacionaria, los haces puntuales 110 pueden desalinearse con sus áreas de cobertura previstas debido a errores de señalización. Estos errores de señalización pueden ser resultado de varios factores incluidos, aunque no de forma limitativa, errores de actitud del satélite, gradientes térmicos, encendidos de empuje y otras maniobras del satélite.

Las **FIGS. 2A-2D** son diagramas 200 de diversos ejemplos de alineaciones de haces puntuales que pueden ser resultado de diferentes tipos de errores de señalización. Los haces puntuales 110 de las FIGS. 2A-2D pueden ser ejemplos de los haces puntuales 110 descritos anteriormente con referencia a la FIG. 1.

La FIG. 2A muestra un ejemplo en el que los haces puntuales 110 están sustancialmente en una alineación perfecta con sus respectivas áreas de cobertura previstas. Como tal, la antena de satélite que produce los haces puntuales 110 sustancialmente no tiene errores de señalización.

La FIG. 2B muestra un ejemplo en el que los haces puntuales 110 están desplazados hacia arriba y hacia la izquierda de sus respectivas áreas 205 de cobertura previstas, lo que puede ser indicativo de un error de acimut y elevación en la antena de satélite. Este error puede dar como resultado terminales dentro de las áreas 205 de cobertura previstas de los haces puntuales 110, que no pueden recibir los datos desde los haces puntuales 110.

La FIG. 2C muestra un ejemplo en el que la posición de los haces puntuales 110 está rotada en sentido antihorario desde la colocación de sus respectivas áreas 205 de cobertura previstas. Esta rotación puede indicar un error de guiñada en la actitud del cuerpo del satélite. En ciertos ejemplos, un error de guiñada del cuerpo del satélite podría no remediarse fácilmente mediante ajustes en la elevación y el acimut de la antena de satélite. Por ejemplo, como se muestra en el ejemplo de la FIG. 2C, el error de guiñada puede dar como resultado en que un cierto haz puntual 110-a esté desplazado a la derecha de su área 205-a de cobertura prevista, mientras que el haz puntual 110-e está desplazado a la izquierda de su área 205-e de cobertura prevista. Así, un ajuste del acimut y la elevación de la antena para compensar la desalineación del haz puntual 110-a puede exacerbar la desalineación del haz puntual 110-e.

La FIG. 2D muestra un ejemplo en el que la colocación de los haces puntuales 110 se ha desalineado de la colocación de las áreas 205 de cobertura previstas con un error de acimut/elevación de la antena de satélite con respecto al cuerpo del satélite, y un error de guiñada de la actitud del cuerpo del satélite. Este tipo de error de señalización combinado no siempre se puede solucionar efectivamente mediante el ajuste de la actitud del cuerpo

del satélite o del acimut/la elevación de la antena del satélite con respecto al cuerpo del satélite. Más bien, puede tenerse una corrección más eficaz de los errores de señalización que son de naturaleza compuesta a través de la determinación del ajuste de la actitud del cuerpo del satélite y del acimut/la elevación de la antena del satélite con respecto al cuerpo del satélite. Para lograr este tipo de corrección, se pueden usar señales de error basadas en una combinación de mediciones basadas en tierra y en mediciones de a bordo.

La **FIG. 3** es un diagrama de bloques de un sistema 300 para orientar una antena de satélite. El sistema 300 puede incluir un estimador 305 de errores de señalización de enlace ascendente, varios estimadores 310 de pérdida de errores de señalización de enlace descendente, un estimador e integrador 315 de errores de señalización y un procesador 320 de errores de señalización. Cada uno de estos componentes puede implementarse mediante uno o más circuitos integrados específicos de aplicación (ASIC) y/o mediante uno o más procesadores que ejecutan código de programa legible por ordenador.

En el presente ejemplo, la funcionalidad del sistema 300 puede distribuirse entre el satélite 105-a y el equipo basado en tierra 301, como se ilustra mediante las líneas discontinuas. En otros ejemplos, uno o más de los componentes mostrados aquí como implementados en el satélite 105-a puede implementarse en su lugar en el equipo basado en tierra 301, y uno o más componentes que se muestran aquí como implementados en el equipo basado en tierra 301 pueden implementarse en su lugar en el satélite 105-a.

El estimador 305 de errores de señalización de enlace ascendente puede generar, en base a una posición, dirección o intensidad de una baliza de enlace ascendente desde la tierra, señales de errores de acimut y elevación de enlace ascendente para la antena del satélite.

Además, los estimadores 310 de pérdida de errores de señalización de enlace descendente separados pueden estimar errores de señalización para haces puntuales individuales basados en la intensidad de la señal de cada haz puntual, medida en una pluralidad de terminales de medición terrestre dentro del área de cobertura de ese haz puntual. La intensidad de la señal del haz puntual puede medirse en cada terminal de medición terrestre con referencia a una señal de enlace descendente de haz amplio transmitida sobre un haz de área amplia para tener en cuenta la atenuación de las señales de haces puntuales que no está relacionada con errores de señalización de la antena del satélite.

Por lo tanto, para cada terminal de medición terrestre que recibe un haz puntual, se puede obtener una intensidad de señal normalizada del haz puntual al comparar la intensidad de la señal medida real del haz puntual con la intensidad de señal medida real del haz de área amplia en esa ubicación. El haz de área amplia puede llevar una señal de referencia modulada PN o no modulada que se origina en el satélite, y puede transmitirse a la Tierra utilizando una antena de cuerno. Las intensidades de señal normalizadas recogidas en los terminales de medición terrestre se pueden comparar entre sí para inferir los errores de señalización de la antena del satélite para cada uno de los haces puntuales, y el estimador e integrador 315 de errores de señalización puede determinar las señales de desviación de acimut, elevación y de guiñada de enlace descendente para la antena del satélite en base a los errores determinados para los haces puntuales individuales.

En ciertos ejemplos, los terminales de medición terrestre pueden incluir el terminal del usuario (UT). Los errores de señalización (acimut, elevación) de la antena del haz puntual del satélite, así como el error espacial de guiñada se pueden calcular midiendo el nivel de las señales recibidas en cada uno de los muchos terminales de usuario (UT) en el área de cobertura. Cada UT recibirá y medirá el nivel de dos señales diferentes: la señal de baliza de enlace descendente y la señal de comunicaciones. Un ejemplo de la señal de baliza de enlace descendente es una señal modulada PN o no modulada que se origina en el satélite y se transmite a la Tierra utilizando un haz con un área de cobertura muy grande, de forma típica una antena de cuerno. El área de cobertura (y, por lo tanto, el diámetro del haz) de la antena de baliza está dimensionada para proporcionar cobertura a todos los UT que van a participar en el proceso de estimación de errores de señalización. Generalmente esto sería un área de cobertura que incluye todas las áreas de haces puntuales. La señal de comunicación puede ser una señal de comunicación de enlace directo que soporta entradas desde el GW a los TU dentro de un haz puntual. Esta señal de comunicación de enlace directo se origina en la ubicación del GW y se recibe, amplifica y traduce en frecuencia mediante el satélite y se transmite nuevamente hacia la Tierra mediante una antena de haz puntual de ancho de haz estrecho.

Los errores de acimut y de elevación de la antena de haz puntual afectarán al nivel recibido de la señal de comunicaciones. Además, el error espacial de guiñada afectará al nivel recibido de la señal de comunicaciones debido al ancho de haz estrecho del haz puntual. Los errores espaciales de cabeceo y de vaivén también afectan al nivel recibido, pero estos errores pueden corregirse mediante las correcciones de acimut y de elevación de la antena. Por lo tanto, estos errores son absorbidos en los errores de Az y El de la antena. Sin embargo, debido al ancho de haz mucho mayor de la antena de cuerno usada para proporcionar el enlace descendente de baliza, el nivel recibido de la baliza de enlace descendente, según la medición realizada por cada UT, no se ve significativamente afectada por los errores de señalización de acimut y de elevación de la antena de haz puntual o el error espacial de guiñada. Al generar la relación del nivel recibido de las dos señales (o la diferencia cuando los niveles se convierten a dB) y examinando las relaciones (o diferencias cuando están en dB) observadas por todos los UT, los errores de Az, El y guiñada pueden estimarse con precisión. Los EIRP o EIRP relativos de la señal de

baliza y la señal de comunicaciones no necesitan ser conocidos. En el contexto de estos ejemplos, el error de acimut, de elevación y de guiñada de cada haz puntual se puede generar de la siguiente manera.

5 En ciertos ejemplos, el satélite puede incluir un sistema de antena de múltiples haces con un solo reflector utilizado para generar los haces puntuales con una matriz de alimentación. Un subconjunto, que puede ser todo el conjunto, de estos haces puntuales se puede usar en el proceso de cálculo de errores. En los siguientes ejemplos, supongamos que el número de haces en este subconjunto es J. Estos haces puntuales pueden numerarse de 1 a J. Cada haz puntual participante puede ahora tener K TU dentro de su área de cobertura. Los UT en cada haz puntual participante pueden enumerarse de 1 a K. Un UT individual puede especificarse de manera única mediante un índice de haz, j, y UT dentro del índice de haz, k.

Para UT k en el haz j, indicado como UT (j, k), el nivel recibido de la señal de baliza de enlace descendente puede definirse como

$$15 \quad R_{j,k}^b = P^b + G_j^b - L_{j,k} + G_{j,k}^{UT} \quad (1)$$

En (1) todas las unidades están en dB. P^b es la potencia del transmisor de baliza en dBW. Este valor puede no ser necesario que se conozca. G_j^b es la ganancia de la antena de baliza del satélite (dBi) en la dirección del haz j. Debido al estrecho ancho de haz del haz puntual, este parámetro no debe cambiar significativamente sobre la región de la cobertura del haz puntual. Por lo tanto, este parámetro puede considerarse que no es una función de k. En su lugar, G_j^b se conoce a partir de mediciones del patrón de la antena del satélite realizadas durante el proceso de construcción del satélite. $L_{j,k}$ es la pérdida de propagación (dB) a UT (j,k), e incluye propagación de espacio libre, así como deterioro de propagación tal como lluvia y centelleo. No es necesario que $L_{j,k}$ sea conocido. $G_{j,k}^{UT}$ es la ganancia del terminal para UT (j,k), e incluye la ganancia de la antena, ganancia del amplificador de ruido bajo (LNA), y otras ganancias o pérdidas antes del dispositivo de medición de potencia. $G_{j,k}^{UT}$ tampoco es necesario que sea conocido.

De manera similar, el nivel recibido de la señal de comunicación para UT (j,k) puede definirse como

$$30 \quad R_{j,k}^s = P_j^s + G_{j,k}^s(\varepsilon_{Az}, \varepsilon_{El}, \varepsilon_{Guiñada}) - L_{j,k} + G_{j,k}^{UT} \quad (2)$$

Aquí $L_{j,k}$ y $G_{j,k}^{UT}$ pueden usar los mismos valores que en (1). Esta aproximación puede realizarse cuando la frecuencia del haz de área amplia está cerca de la frecuencia de la señal de comunicación. Por ejemplo, la frecuencia de haz de área amplia puede ser una baliza CW cerca del borde del espectro de comunicación, o mediante el uso de una señal de espectro de extensión de secuencia directa que se solapa con el espectro de señal de comunicación. P_j^s es la potencia del transmisor del transpondedor j en dBW. La potencia puede ser diferente de transpondedor a transpondedor, de ahí la dependencia de j. Debe indicarse que para una señal de comunicación que se origine desde la puerta de enlace, factores tales como el error de control de la potencia de enlace ascendente y el conocimiento impreciso del retroceso de salida del transpondedor pueden contribuir a P_j^s . No es necesario conocer el valor de P_j^s . $G_{j,k}^s$ es la ganancia de antena de haz puntual del transpondedor j a UT (j,k). Este valor es una función de los errores ε_{Az} , ε_{El} y $\varepsilon_{Guiñada}$. Estos errores pueden ser desconocidos.

Un UT puede hacer estimaciones de potencia Rx o estimaciones de SNR de la baliza de enlace descendente y la señal de comunicaciones utilizando técnicas de estimación estándar. La conversión de las mediciones a dB y diferenciación produce la medición relativa,

$$45 \quad RM = P_j^s - P^b - G_j^b + G_{j,k}^s(\varepsilon_{Az}, \varepsilon_{El}, \varepsilon_{Guiñada}) + N_{j,k} \quad (3)$$

Los primeros tres términos en (3) representan una constante desconocida. Esta constante es la misma para cada UT en el haz j, pero puede ser diferente para cada uno de los haces j. Esta constante se indica como C_j . El último término en (3), $N_{j,k}$ representa el ruido en el proceso de medición de señal, y cada UT que participa en el proceso de estimación puede tener un valor diferente de $N_{j,k}$.

La ganancia de la antena de haz puntual a UT(j,k) puede ser una función no lineal de los errores desconocidos ε_{Az} , ε_{El} y $\varepsilon_{Guiñada}$. Para valores pequeños de estos errores, que pueden ser el caso durante la operación normal, esta función no lineal puede expresarse con una aproximación lineal,

$$55 \quad G_{j,k}^s(\varepsilon_{Az}, \varepsilon_{El}, \varepsilon_{Guiñada}) = G_{j,k}^s(0,0,0) + a_{j,k} \varepsilon_{Az} + b_{j,k} \varepsilon_{El} + c_{j,k} \varepsilon_{Guiñada} \quad (4)$$

en el que los coeficientes $a_{j,k}$, $b_{j,k}$, y $c_{j,k}$ son las derivadas parciales de la ganancia de antena de haz puntual, $G_{j,k}^s$, con respecto a los errores, evaluados con error cero. Concretamente,

$$\begin{aligned} a_{j,k} &= \left. \frac{\partial G_{j,k}^s}{\partial \varepsilon_{Az}} \right|_{\varepsilon_{Az} = \varepsilon_{El} = \varepsilon_{Guiñada} = 0} \\ b_{j,k} &= \left. \frac{\partial G_{j,k}^s}{\partial \varepsilon_{El}} \right|_{\varepsilon_{Az} = \varepsilon_{El} = \varepsilon_{Guiñada} = 0} \\ c_{j,k} &= \left. \frac{\partial G_{j,k}^s}{\partial \varepsilon_{Yaw}} \right|_{\varepsilon_{Az} = \varepsilon_{El} = \varepsilon_{Guiñada} = 0} \end{aligned} \quad (5)$$

5 El parámetro $G_{j,k}^s(0,0,0)$ es la ganancia de antena del haz puntual para el haz puntual j en la dirección del TU (j,k) con error de señalización cero. Esta cantidad se puede conocer a partir de la medición de los patrones de la antena del satélite durante la fase de prueba del proceso de construcción del satélite. De manera similar, pueden evaluarse las derivadas parciales en (5) a partir de los patrones de la antena del satélite medidos. Así (4) expresa la ganancia del haz puntual en la dirección de UT (j,k) como una combinación lineal de las tres cantidades de errores desconocidas con todos los coeficientes conocidos. La medición relativa realizada por un UT puede así modelarse como

$$RM = C_j + G_{j,k}^s(0,0,0) + a_{j,k} \varepsilon_{Az} + b_{j,k} \varepsilon_{El} + c_{j,k} \varepsilon_{Guiñada} + N_{j,k} \quad (6)$$

15 Cuando se consideran las mediciones mediante todos los TU en todos los haces J, hay parámetros desconocidos J+3 en el sistema. Estas incógnitas son las constantes J, C_j , y los errores ε_{Az} , ε_{El} y $\varepsilon_{Guiñada}$. Una estimación de las cantidades desconocidas J+3 se puede determinar usando el método de mínimos cuadrados como se describe a continuación.

20 Cada UT puede proporcionar una medición relativa. En el presente ejemplo, el parámetro m, $1 \leq m \leq M = K * J$ se usa para indicar la medición relativa hecha por el UT número m. Obsérvese que el índice UT m indica un valor específico para j (número de haz) y k (UT con el haz). El vector de cantidades desconocidas puede definirse como

$$\mathbf{w} = [C_1, C_2, \dots, C_J, \varepsilon_{Az}, \varepsilon_{El}, \varepsilon_{Guiñada}]^T \quad (7)$$

25 y el vector de coeficientes conocidos para UT (j,k), en el haz j como

$$\mathbf{x}(m) = [0, \dots, 1, \dots, 0, a_{j,k}, b_{j,k}, c_{j,k}]^T \quad (8)$$

30 Para UT en el haz j, el vector en (8) tiene ceros en los componentes 1 a J excepto la posición j (correspondiente al haz j) que tiene un valor de 1. Para cada UT en el proceso de estimación, la cantidad $d(m)$ puede calcularse a partir de las mediciones relativas,

$$d(m) = RM(m) - G_{j,k}^s(0,0,0) \quad (9)$$

35 Entonces se da una estimación de mínimos cuadrados de los parámetros desconocidos mediante

$$\mathbf{w} = \Phi^{-1} \boldsymbol{\theta} \quad \text{donde } \Phi = \sum_{m=1}^M \mathbf{x}(m) \mathbf{x}^T(m) \quad \text{y } \boldsymbol{\theta} = \sum_{m=1}^M \mathbf{x}(m) d(m) \quad (10)$$

40 No es necesario conocer el EIRP de baliza ni el EIRP de la señal de comunicaciones para generar estimaciones precisas de los tres errores. Además, no es necesario que el EIRP de las señales de comunicaciones para todos los haces no sea igual o conocido. Esta característica es lo que permite el uso de la señal de comunicaciones como la segunda señal en el proceso de medición. El uso de las señales de comunicación con un EIRP desconocido en cada haz añade J parámetros más desconocidos al sistema de ecuaciones. Sin embargo estas J incógnitas adicionales son absorbidas en el vector de parámetro desconocido, w, como parte de la formulación del modelo LS. Con dos o más UT en cada haz (cada UT está en una ubicación diferente dentro del haz), hay suficientes observaciones para permitir una solución al problema de LS. Más UT por haz y el uso de más haces aumenta la precisión de la estimación. Para sistemas multimedia de banda amplia hay un gran número de UT (cientos o miles). Como tal, la obtención de estimaciones precisas puede ser cuestión de encontrar una cantidad suficiente de terminales con $a_{j,k}$, $b_{j,k}$, y $c_{j,k}$ significativos para su utilización en la estimación.

50 La **FIG. 4A** ilustra un ejemplo de un sistema 400-a para posicionar una antena 405 de un satélite 105-b en base a mediciones terrestres de la intensidad de la señal de haz puntual y mediciones satelitales de una baliza de enlace

ascendente, según los principios descritos anteriormente. El sistema 400-a de la FIG. 4A puede incluir el satélite 105-b con su antena asociada 405, un terminal de baliza de enlace ascendente 410, una pluralidad de terminales 415 de medición terrestre, una estación 420 de procesamiento en tierra y un terminal 425 de telemetría, rastreo y control (TT/C). Como se utiliza en la presente memoria, el término “antena” 405 abarca reflectores. El satélite 105-b puede ser un ejemplo de uno o más de los satélites 105 descritos anteriormente con referencia a las figuras anteriores. Los terminales 415 de medición terrestre pueden, en ciertos ejemplos, ser terminales de usuario (UT).

En el presente ejemplo, el módulo 440 de haz puntual del satélite 105-b puede generar un número de señales de haz puntual de enlace descendente y transmitir las señales de haz puntual de enlace descendente a la Tierra sobre un número de haces puntuales. Los haces puntuales se pueden transmitir por medio de un módulo 430 de agrupación de alimentación de transmisión/recepción de haces puntuales y la antena 405 a los terminales 415 de usuario sobre sus respectivos haces puntuales. Un módulo 435 de haz de área amplia del satélite 105-b puede generar una señal de referencia de enlace descendente de haz amplio y transmitir la señal de referencia de enlace descendente de haz amplio sobre un haz de área amplia utilizando una antena de cuerno. Los terminales 415 de medición terrestre pueden medir la intensidad de la señal de sus respectivas señales de haces puntuales en comparación con la intensidad de señal de la señal del haz de área amplia recibida sobre el haz de área amplia.

Los terminales 415 de medición terrestre pueden transmitir las mediciones de intensidad de señal tomadas de las señales de haz puntual, con referencia al haz de área amplia, a la estación 420 de procesamiento terrestre. En ciertos ejemplos, la estación 420 de procesamiento terrestre puede calcular errores de acimut, de elevación y de guiñada para la antena 405 del satélite en base a las mediciones recibidas de la intensidad de la señal del haz puntual. La estación 420 de procesamiento terrestre puede entonces generar señales de desviación de acimut, de elevación y de guiñada para su transmisión al satélite 105-b según los principios descritos anteriormente. En ciertos ejemplos, la estación 420 de procesamiento terrestre puede implementar ejemplos de los estimadores 310 de pérdida de errores de señalización de enlace descendente y del estimador e integrador 315 de errores de señalización de la FIG. 3. De forma adicional o alternativa, la estación 420 de procesamiento terrestre puede condicionar las mediciones de la intensidad de las señales de haces puntuales que se transmiten al satélite 105-b. La estación de TT/C 425 puede transmitir una señal de medición terrestre a un receptor de TT/C 445 del satélite 105-b. La señal de medición terrestre puede incluir las intensidades de las señales de los haces puntuales y/o las desviaciones de acimut, elevación y guiñada calculadas en tierra para el satélite 105-b.

El receptor TT/C 445 puede hacer avanzar los componentes de acimut y elevación de la señal de medición terrestre hasta un módulo 450 controlador del seguimiento automático del satélite 105-b. El módulo 450 controlador del seguimiento automático puede implementar un ejemplo del procesador 320 de errores de señalización de la FIG. 3. El módulo 450 controlador del seguimiento automático puede combinar selectivamente los componentes de acimut y de elevación de la señal de medición terrestre con los errores de acimut y de elevación calculados en un receptor 455 de baliza de enlace ascendente en base a una señal de baliza de enlace ascendente transmitida mediante la estación 410 de baliza de enlace ascendente. El receptor 455 de baliza de enlace ascendente puede implementar un ejemplo del estimador 305 de errores de señalización de enlace ascendente de la FIG. 3. En base a un error de acimut y de elevación total calculado a partir de la combinación selectiva de las señales de acimut y de elevación de enlace ascendente y de enlace descendente, el módulo 450 controlador del seguimiento automático puede comunicarse con un posicionador 330-a de antena para ajustar el acimut y/o la elevación de la antena 405 del satélite para compensar los errores. De forma adicional o alternativa, en algunos ejemplos, el módulo 450 controlador del seguimiento automático puede controlar la posición de la antena 405 en base a solo uno de los errores de enlace ascendente o los errores de enlace descendente. El receptor de TT/C 445 puede dirigir, de forma adicional, el componente de guiñada de la señal de medición terrestre a un controlador 335-a de actitud del satélite 105, que puede comunicarse con los mecanismos 470 de control del cuerpo del satélite (p. ej., ruedas de reacción, varillas magnéticas de torsión, empujadores, etc.) para ajustar la guiñada del cuerpo del satélite 105-b para compensar un error de guiñada determinado a partir de las mediciones terrestres.

Aunque la señal de medición terrestre del presente ejemplo puede realizar desviaciones de acimut, de elevación y de guiñada calculadas en base a las mediciones terrestres, debe entenderse que, en ejemplos alternativos, estas desviaciones pueden calcularse en el satélite 105-b. Así, en un ejemplo, la señal de medición terrestre puede incluir mediciones en bruto o condensadas desde los terminales 415 de medición terrestre, y el módulo 450 del controlador de seguimiento automático y el controlador 335-a de actitud pueden determinar los errores de posicionamiento del satélite de enlace descendente en base a estas mediciones.

La **FIG. 4B** ilustra un ejemplo de un sistema 400-b para posicionar una antena 405 de un satélite 105-c en base a mediciones terrestres de señales de comunicación de enlace directo transpuestas sobre haces puntuales mediante el satélite 105-c, según los principios descritos anteriormente. El sistema 400-b de la FIG. 4B puede ser un ejemplo del sistema 400-a de la FIG. 4A.

El sistema 400-b de la FIG. 4B puede incluir el satélite 105-c con su antena asociada 405, un terminal 410 de baliza de enlace ascendente, una pluralidad de terminales 415 de medición terrestre, una estación 420 de procesamiento terrestre, un terminal 425 de telemetría, rastreo y control (TT/C), y una pluralidad de puertas 475 de enlace. El satélite 105-c puede ser un ejemplo de uno o más de los satélites 105 descritos anteriormente con referencia a las figuras anteriores. Los terminales 415 de medición terrestre pueden, en ciertos ejemplos, ser terminales de usuario (UT).

En el presente ejemplo, las puertas 475 de enlace pueden transmitir una pluralidad de señales de comunicación de enlace ascendente sobre haces puntuales de enlace ascendente al satélite 105-c. Las señales de comunicación de enlace ascendente pueden estar asociadas con un enlace directo entre las puertas 475 de enlace y un número de UT. El satélite 105-c puede recibir las señales de comunicación de enlace ascendente en el módulo 430 de agrupación de alimentación de transmisión/recepción, y un número de transpondedores 440-a pueden transponer las señales de comunicación de enlace ascendente para su transmisión sobre una serie de haces puntuales de enlace descendente a los terminales 415 de medición terrestre. Los transpondedores 440-a pueden ser un ejemplo del módulo 440 de haz puntual de la FIG. 4A.

El módulo 435 de haz de área amplia del satélite 105-c puede generar una señal de referencia de enlace descendente de haz amplio y transmitir la señal de referencia de enlace descendente de haz amplio sobre un haz de área amplia utilizando una antena de cuerno. Los terminales 415 de medición terrestre pueden medir la intensidad de señal de las señales de comunicación de enlace descendente en sus respectivas señales de haces puntuales en comparación con la intensidad de señal de la señal del haz de área amplia recibida sobre el haz de área amplia.

Los terminales 415 de medición terrestre pueden transmitir las mediciones de intensidad de señal tomadas de las señales de haz puntual, con referencia al haz de área amplia, a la estación 420 de procesamiento terrestre. La estación 425 de TT/C puede comunicarse con la estación 420 de procesamiento terrestre para transmitir una señal de medición terrestre a un receptor 445 de TT/C del satélite 105-c. La señal de medición terrestre puede incluir las intensidades de señal de comunicación de enlace descendente medidas de los diferentes haces puntuales y/o desviaciones de acimut, de elevación y de guiñada calculadas en tierra para el satélite 105-c.

En ciertos ejemplos, el satélite 105-c puede basarse únicamente en la señal de medición terrestre para posicionar la antena del satélite. En tales ejemplos, la señal de medición terrestre puede incluir señales de errores de acimut, de elevación y/o de guiñada si las señales de control se generan en el satélite 105-c. Alternativamente, la estación 420 de procesamiento terrestre puede calcular las señales de control para el acimut, la elevación y/o la guiñada en base a los errores de acimut, de elevación y/o de guiñada calculados en tierra, y la señal de medición terrestre puede incluir las señales de control generadas en tierra. En base a los componentes de acimut, de elevación y de guiñada de la señal de medición terrestre, el módulo 450 del controlador de seguimiento automático puede hacer que la antena posicionada 330-b ajuste el acimut y la elevación de la antena 405 del satélite, y el controlador 335 de actitud puede ajustar la guiñada del satélite 105-c.

En ejemplos alternativos, el satélite 105-c puede basarse en las mediciones terrestres de las señales de comunicación de enlace descendente y las mediciones satelitales de la baliza de enlace ascendente recibidas para posicionar la antena 405 del satélite. En tales ejemplos, el receptor 455 de la baliza de enlace ascendente puede proporcionar señales de errores de acimut y de elevación al módulo 450 controlador del seguimiento automático, y la señal de medición terrestre puede incluir señales de desviación de acimut y de elevación en base a las mediciones terrestres. El componente de guiñada de la señal de medición terrestre puede ser una señal de error, una señal de desviación o una señal de control. En base a la señal de medición terrestre y a los errores de acimut y de elevación determinados en el receptor 455 de baliza de enlace ascendente, el módulo 450 controlador del seguimiento automático puede ajustar el acimut y la elevación de la antena 405 del satélite. Basado en el componente de guiñada de la señal de medición terrestre, el controlador 465 de actitud puede ajustar la guiñada del satélite 105-c.

La **FIG. 5** es un diagrama de otro sistema 500 ilustrativo para colocar una antena de un satélite 105-d, según los principios de la presente descripción. El sistema 500 puede ser un ejemplo de uno o más de los sistemas descritos anteriormente con referencia a las figuras anteriores. La FIG. 5 ilustra la colocación de estaciones 415 de terminales de medición terrestre con respecto a las áreas de cobertura previstas de un haz amplio 505 y un número de haces puntuales 110 proporcionados por el satélite 105-d a la Tierra 115.

Cada uno de los terminales 415 de medición terrestre puede colocarse en un borde del área de cobertura prevista para su respectivo haz puntual 110 (p. ej., cerca del área de borde prevista del haz puntual 110). De esta manera, los terminales 415 de medición terrestre pueden ser más susceptibles a cambios mensurables en la intensidad de la señal de los haces puntuales 110 causados por sutiles errores de señalización asociados con la antena del satélite 105-d. Como se ha descrito anteriormente, los terminales de medición terrestre pueden estar situados en áreas con sensibilidad elevada a errores de señalización de acimut, errores de señalización de elevación o errores de guiñada. De forma adicional, los haces puntuales 110 que participan en las mediciones terrestres pueden seleccionarse de modo que las mediciones terrestres se dispersen sobre una gran parte del área de cobertura total del satélite.

Las **FIGS. 6A** y **6B** ilustran diagramas de bloques de circuitos ilustrativos que se pueden usar para generar señales de control para acimut, elevación y guiñada ($Az(n)$, $El(n)$ y $Guiñada(n)$, respectivamente) para corregir errores de señalización asociados con una antena de satélite según los principios de la presente descripción. Los circuitos incluyen un bloque 605 de acimut, un bloque 610 de elevación y un bloque 615 de guiñada. En ciertos ejemplos, la funcionalidad de cada uno de estos bloques 605, 610, 615 se puede dividir entre los circuitos a bordo en el satélite y el equipo de tierra. En particular, estos bloques 605, 610, 615 pueden implementarse mediante al menos un ejemplo del estimador e integrador 315 de errores de señalización de la FIG. 3, el procesador 320 de errores de señalización de la FIG. 3, la estación 320 de procesamiento de tierra de las FIGS. 4A-4B, y/o el módulo

450 controlador del seguimiento automático de las FIGS. 4A-4B. La integración de las señales de error puede realizarse para generar un bucle de control para cada uno de los parámetros.

5 En el ejemplo de la FIG. 6A, las señales de control de acimut, elevación y guiñada pueden generarse en tierra en base a las mediciones terrestres solamente y transmitirse al satélite. Por lo tanto, un bloque 605-a de control de acimut puede generar la señal de control de acimut $Az(n)$, donde n representa un tiempo o ventana de tiempo, integrando el producto de una constante k_1 y una señal de error de acimut obtenida a partir de las mediciones terrestres. $Az(n)$ puede transmitirse entonces al satélite.

10 De manera similar, un bloque 610-a de control de elevación puede generar la señal de control de elevación $El(n)$ mediante la integración del producto de una constante k_2 y una señal de error de elevación obtenida a partir de las mediciones terrestres. A continuación se puede transmitir $Guiñada(n)$ al satélite.

15 Además, un bloque 615-a de control de guiñada puede generar la señal de control de guiñada $Guiñada(n)$ mediante la integración del producto de una constante k_3 y una señal de error de guiñada obtenida a partir de las mediciones terrestres. $Guiñada(n)$ puede transmitirse entonces al satélite.

20 En el ejemplo de la FIG. 6B, una combinación de mediciones terrestres y mediciones de baliza de enlace ascendente puede utilizarse para generar las señales de control de acimut, elevación y guiñada para posicionar la antena del satélite. Las mediciones de una señal de baliza de enlace ascendente en el satélite se pueden usar para generar errores de acimut ($Az_{err,sat}$) y de elevación ($El_{err,sat}$) en bruto. Las mediciones de la intensidad de las señales de los haces puntuales en los terminales de medición terrestre pueden generar errores de acimut ($Az_{err,gnd}$) y elevación ($El_{err,gnd}$) en bruto, que pueden usarse para crear señales de desviación de acimut y de elevación para su transmisión al satélite. Las mediciones de intensidad de la señal de los haces puntuales en los terminales de
25 medición terrestre pueden generar adicionalmente una señal de error de guiñada ($Guiñada_{err,gnd}$), que puede calcularse mediante la constante k_5 , integrarse y transmitirse al satélite como una señal de desviación o de control.

30 En el bloque 605-b de control de acimut, el producto de una constante k_1 y $Az_{err,gnd}$ puede integrarse y transmitirse al satélite como una señal de desviación de acimut. La suma de la señal de desviación de acimut y $Az_{err,sat}$ se puede multiplicar por la constante k_4 y se integra en el satélite para generar la señal de control $Az(n)$.

35 De manera similar, en el bloque 610-b de control de elevación, el producto de una constante k_2 y $El_{err,gnd}$ puede integrarse y transmitirse al satélite como una señal de desviación de elevación. La suma de la señal de desviación de elevación y $El_{err,sat}$ se puede multiplicar por la constante k_5 y se integra en el satélite para generar la señal de control $El(n)$.

Además, el bloque de control de guiñada 615-b puede generar la señal de desviación de guiñada mediante la integración del producto de una constante k_3 y una señal de error de guiñada obtenida a partir de las mediciones terrestres. La señal de desviación de guiñada puede transmitirse a continuación al satélite.

40 Las constantes k_1 , k_2 , k_3 , k_4 y k_5 de ganancia de bucle de las FIGS. 6A y 6B pueden elegirse para determinar la capacidad de respuesta de los bucles de control. En general, estas constantes pueden ser relativamente pequeñas para mantener los bucles estables en presencia de retrasos de bucle y dependiendo de la capacidad de respuesta de los mecanismos para ajustar la elevación, el acimut y la guiñada.

45 Como resultará fácilmente comprensible, los componentes y los módulos descritos con referencia a diversas realizaciones anteriores pueden, individual o colectivamente, implementarse con uno o más circuitos integrados de aplicación específica (ASIC) adaptados para realizar algunas o todas las funciones aplicables en hardware. De forma alternativa, las funciones pueden realizarse mediante una o más unidades de procesamiento (o núcleos), 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. Las funciones de cada unidad pueden también implementarse, total o parcialmente, con instrucciones realizadas en una memoria, formateada para ejecutarlas mediante uno o más procesadores generales o de aplicación específica.

55 Debe observarse que los métodos, sistemas y dispositivos descritos anteriormente se proporcionan solo como ejemplos. Debe indicarse que 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 añadir, omitir o combinar varias etapas. Además, las características descritas con respecto a ciertas realizaciones pueden combinarse en varias otras realizaciones. Los diferentes aspectos y elementos de
60 las realizaciones pueden combinarse de una manera similar. Además, debe destacarse que la tecnología evoluciona y, por lo tanto, muchos de los elementos son de naturaleza ilustrativa y no deben interpretarse como restricciones del alcance de las realizaciones de los principios descritos en la presente memoria.

65 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 practicarse sin

estos detalles específicos. Por ejemplo, se han mostrado circuitos, procesos, algoritmos, estructuras y técnicas bien conocidos sin detalles innecesarios para evitar unas realizaciones confusas.

5 Además, se observa que las realizaciones pueden describirse como un proceso que se representa como un diagrama de flujo 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 puede tener etapas adicionales no incluidas en la figura.

10 Además, las realizaciones pueden implementarse mediante hardware, software, firmware, middleware, microcódigo, idiomas de descripción de hardware, o cualquier combinación de los mismos. Cuando se implementa en software, firmware, middleware o microcódigo, el código de programa o los segmentos de código para realizar 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.

15 Habiendo descrito varias realizaciones, los expertos en la técnica reconocerán que se pueden usar varias modificaciones, construcciones alternativas y equivalentes sin apartarse de la presente descripción. Por ejemplo, los elementos anteriores pueden simplemente ser un componente de un sistema más grande, en el que otras reglas pueden ser preferibles o modificar de cualquier otra forma la aplicación de los principios descritos en la presente memoria. Asimismo, se pueden realizar una serie de etapas antes, durante o después de considerar los elementos
20 anteriores. Por consiguiente, la descripción anterior no debe tomarse como una limitación del alcance de la descripción.

REIVINDICACIONES

1. Un método para orientar una antena (405) de satélite, comprendiendo el método:
 - 5 transmitir una pluralidad de señales de haces puntuales de enlace descendente sobre una pluralidad de haces puntuales desde un satélite (105-b), estando cada uno de los haces puntuales asociado con un área de cobertura específica;
 - 10 transmitir una señal de enlace descendente de haz amplio sobre un haz de área amplia desde el satélite, estando el haz de área amplia asociado con un área de cobertura que incluye cada uno de los haces puntuales;
 - recibir una señal de baliza de enlace ascendente en el satélite;
 - generar señales de error de señalización de antena de acimut y elevación utilizando una medición de la señal de baliza de enlace ascendente;
 - 15 generar señales de desviación de señalización de antena de acimut y elevación utilizando una pluralidad de mediciones de intensidad de la señal de haz puntual realizadas en una pluralidad de terminales (415) de medición terrestre, realizándose las mediciones de intensidad de la señal de haz puntual con respecto a la señal de enlace descendente de haz amplio; y
 - 20 posicionar la antena del satélite basándose al menos en parte en las señales de error de señalización de antena de acimut y de elevación y las señales de desviación de señalización de la antena de acimut y de elevación.

2. El método de la reivindicación 1, en donde la pluralidad de señales de haces puntuales de enlace descendente comprende señales de comunicación de enlace directo.

- 25 3. El método de la reivindicación 1, en donde la pluralidad de señales de haces puntuales de enlace descendente comprende señales de baliza generadas en el satélite.

4. El método de la reivindicación 1, que además comprende:
 - 30 generar una señal de desviación de guiñada utilizando una pluralidad de mediciones de intensidad de señales de haces puntuales realizadas en una pluralidad de terminales de medición terrestre, realizándose las mediciones de intensidad de señales de haces puntuales con respecto a la señal de enlace descendente de haz amplio; y
 - 35 controlar una guiñada del satélite basándose al menos en parte en la señal de desviación de guiñada.

5. El método de la reivindicación 4, que además comprende:
 - 40 determinar una primera derivada parcial de una ganancia de antena para cada terminal de medición terrestre en el área de cobertura de al menos uno de los haces puntuales con respecto a un error de acimut de ese haz puntual;
 - determinar una segunda derivada parcial de la ganancia de antena para cada terminal de medición terrestre en el área de cobertura de al menos uno de los haces puntuales con respecto a un error de elevación de ese haz puntual; y
 - 45 determinar una tercera derivada parcial de la ganancia de antena para cada terminal de medición terrestre en el área de cobertura del al menos uno de los haces puntuales con respecto a un error de guiñada de ese haz puntual.

- 50 6. El método de la reivindicación 5, que además comprende:
 - estimar el error de acimut, el error de elevación, y el error de guiñada para el al menos uno de los haces puntuales basándose en las mediciones terrestres realizadas en el área de cobertura del haz puntual, la primera derivada parcial, la segunda derivada parcial, y la tercera derivada parcial;
 - 55 en donde las señales de desviación de señalización de antena de acimut y de elevación se basan al menos en parte en el error de acimut y de elevación estimado para el al menos uno de los haces puntuales, y la señal de desviación de guiñada se basa al menos en parte en el error de guiñada estimado para el al menos uno de los haces puntuales.

- 60 7. El método de la reivindicación 1, en donde al menos uno de los terminales de medición terrestre comprende un terminal de usuario.

8. El método de la reivindicación 1, en donde cada uno de los terminales de medición terrestre está situado sustancialmente en un borde de una de las áreas de cobertura asociadas con uno de los haces puntuales.

- 65 9. Un sistema de señalización de antenas de satélite, que comprende:

una pluralidad de terminales (415) de medición terrestre configurados para generar una pluralidad de mediciones de intensidad de señales de haces puntuales para una pluralidad de haces puntuales, haciéndose las mediciones de intensidad de señales de haces puntuales con respecto a una señal de enlace descendente de haz amplio de un haz de área amplia;

5 una estación (420) de procesamiento en comunicación con los terminales de medición terrestre, estando la estación de procesamiento configurada para generar señales de desviación de señalización de antena de acimut y de elevación basadas en las mediciones de intensidad de señales de haces puntuales realizadas en los terminales de medición terrestre; y

10 un satélite (105-b) configurado para:

transmitir las señales de haces puntuales de enlace descendente sobre la pluralidad de haces puntuales, estando cada uno de los haces puntuales asociado con un área de cobertura específica;

15 transmitir la señal de enlace descendente de haz de área amplia sobre el haz de área amplia, comprendiendo el haz de área amplia un área de cobertura que incluye cada uno de los haces puntuales;

generar señales de error de señalización de antena de acimut y elevación utilizando una medición de una señal de baliza de enlace ascendente;

20 recibir las señales de desviación de señalización de antena de acimut y de elevación desde la estación de procesamiento; y

posicionar una antena (405) del satélite basada al menos en parte en las señales de error de señalización de antena de acimut y de elevación y las señales de desviación de señalización de antena de acimut y de elevación.

25 10. El sistema de señalización de antenas de satélite de la reivindicación 9, en donde la pluralidad de señales de haces puntuales de enlace descendente comprende señales de comunicación de enlace directo.

30 11. El sistema de señalización de antenas de satélite de la reivindicación 9, en donde la pluralidad de señales de haces puntuales de enlace descendente comprende señales de baliza generadas en el satélite.

12. El sistema de señalización de antenas de satélite de la reivindicación 9, en donde:

35 la estación de procesamiento está además configurada para generar una señal de desviación de guiñada utilizando una pluralidad de mediciones de intensidad de señales de haces puntuales realizadas en una pluralidad de terminales de medición terrestre, realizándose las mediciones de intensidad de señales de haces puntuales con respecto a la señal de enlace descendente de haz amplio; y

40 el satélite está además configurado para controlar una guiñada del satélite basándose al menos en parte en la señal de desviación de guiñada.

13. El sistema de señalización de antenas de satélite de la reivindicación 12, en donde la estación de procesamiento está configurada además para:

45 determinar una primera derivada parcial de una ganancia de antena para cada terminal de medición terrestre en el área de cobertura de al menos uno de los haces puntuales con respecto a un error de acimut de ese haz puntual;

determinar una segunda derivada parcial de la ganancia de antena para cada terminal de medición terrestre en el área de cobertura del al menos uno de los haces puntuales con respecto a un error de elevación de ese haz puntual; y

50 determinar una tercera derivada parcial de la ganancia de antena para cada terminal de medición terrestre en el área de cobertura del al menos uno de los haces puntuales con respecto a un error de guiñada de ese haz puntual.

55 14. El sistema de señalización de antenas de satélite de la reivindicación 13, en donde la estación de procesamiento está configurada además para:

60 estimar el error de acimut, el error de elevación, y el error de guiñada para el al menos uno de los haces puntuales basándose en las mediciones terrestres realizadas en el área de cobertura del haz puntual, la primera derivada parcial, la segunda derivada parcial, y la tercera derivada parcial;

en donde las señales de desviación de señalización de acimut y de elevación se basan al menos en parte en el error de acimut y de elevación estimado para el al menos uno de los haces puntuales, y la señal de desviación de guiñada se basa al menos en parte en el error de guiñada estimado para el al menos uno de los haces puntuales.

65

15. El sistema de señalización de antenas de satélite de la reivindicación 9, en donde al menos uno de los terminales de medición terrestre comprende un terminal de usuario.
- 5 16. El sistema de señalización de antenas de satélite de la reivindicación 9, en donde cada uno de los terminales de medición terrestre está situado sustancialmente en un borde de una de las áreas de cobertura asociadas con uno de los haces puntuales.

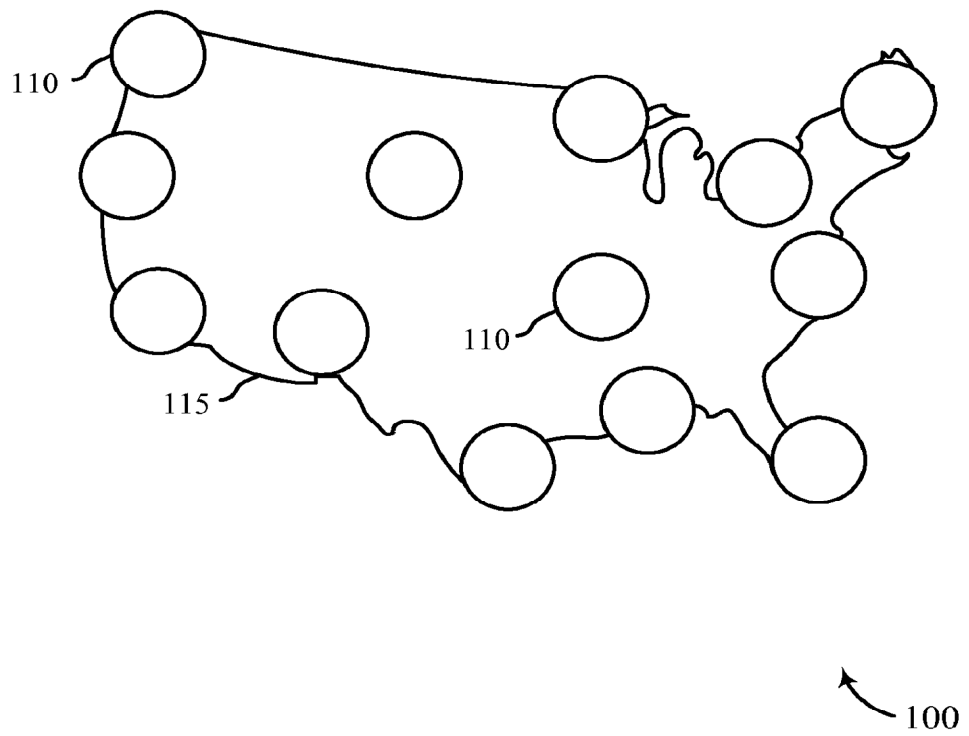
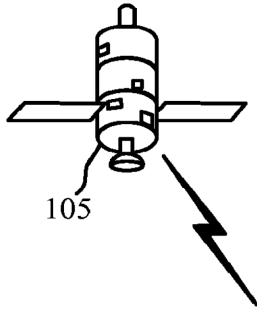


FIG. 1

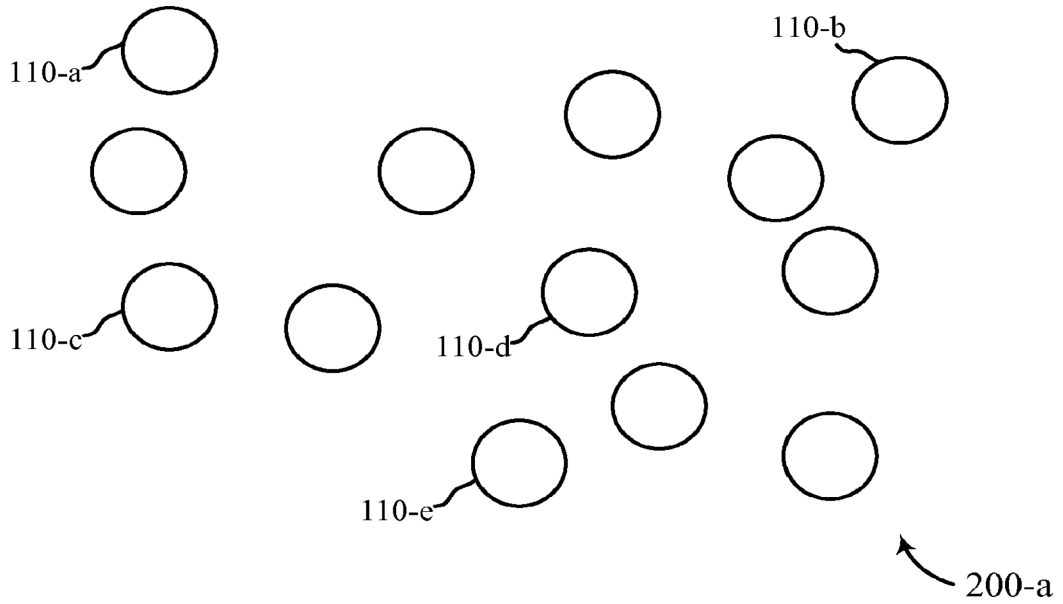


FIG. 2A

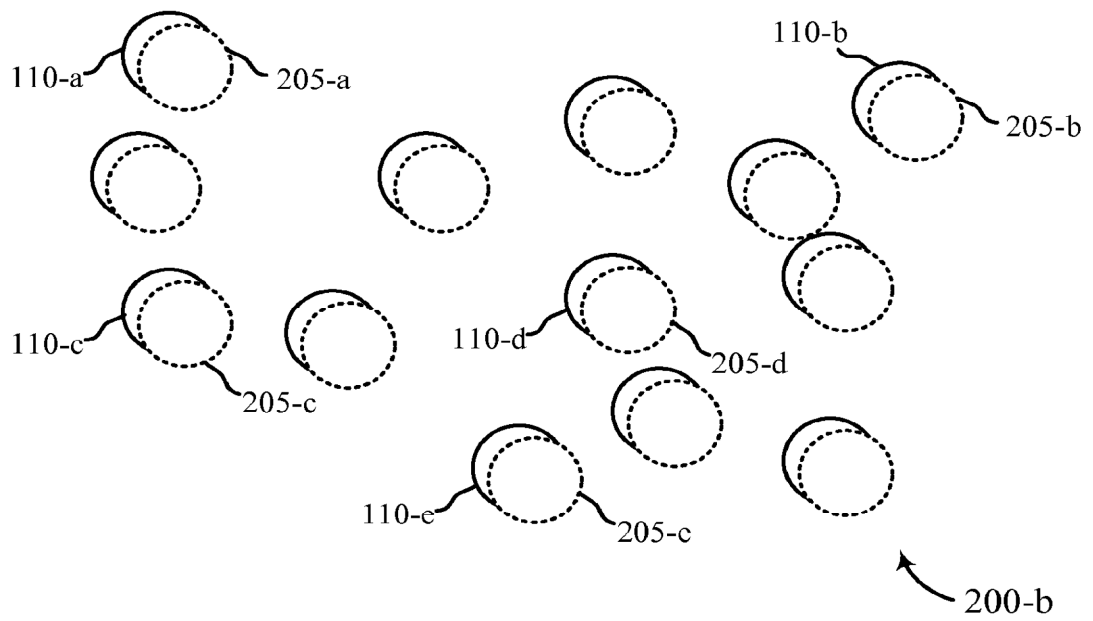


FIG. 2B

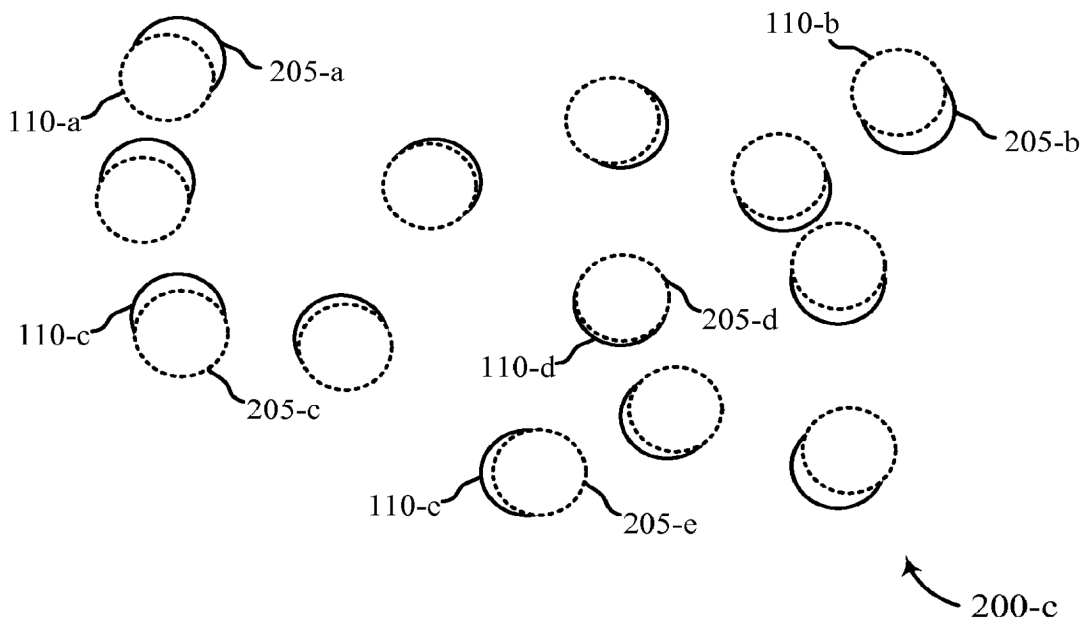


FIG. 2C

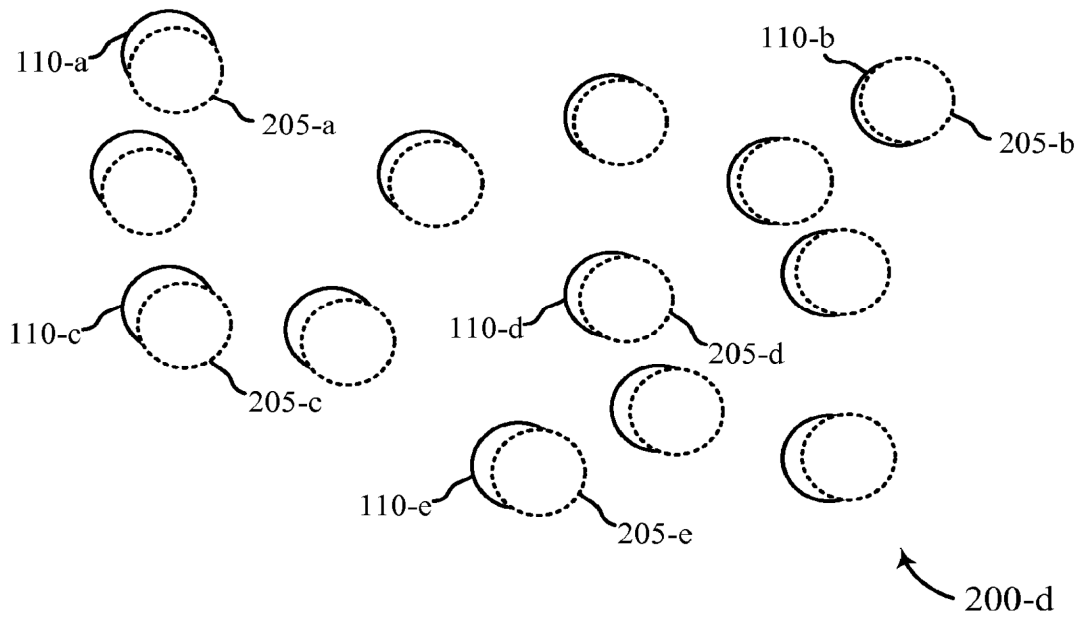


FIG. 2D

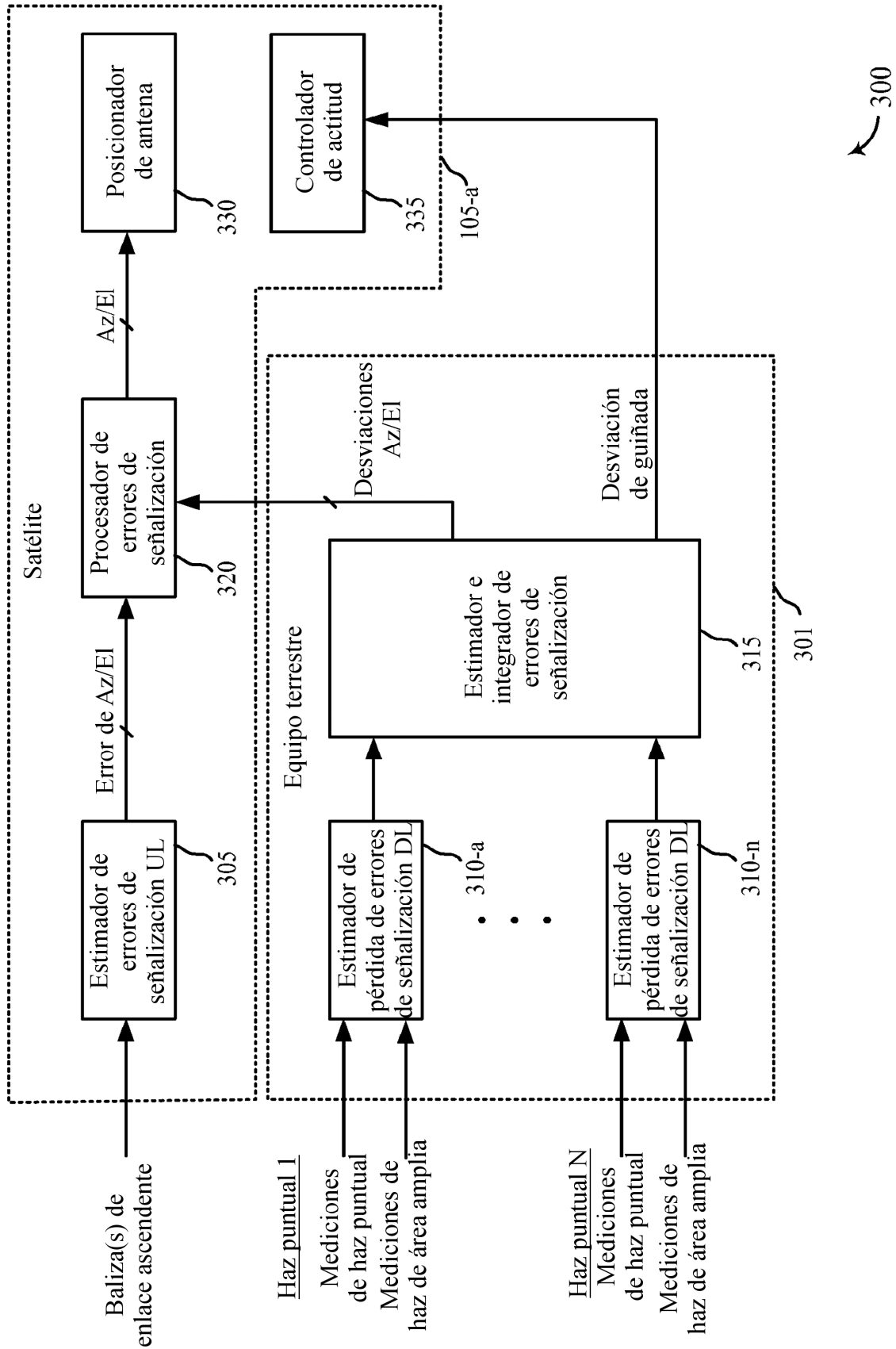


FIG. 3

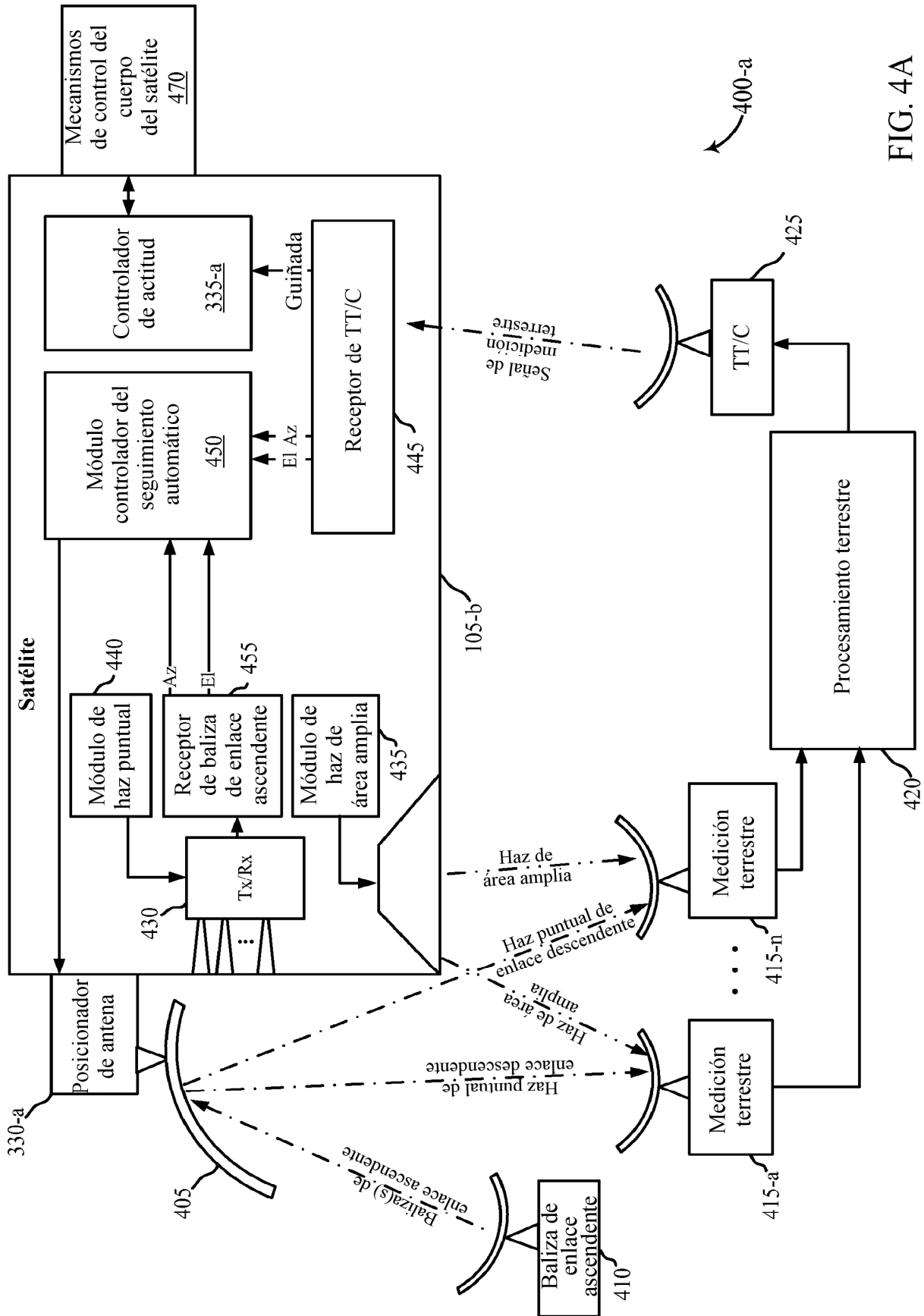


FIG. 4A

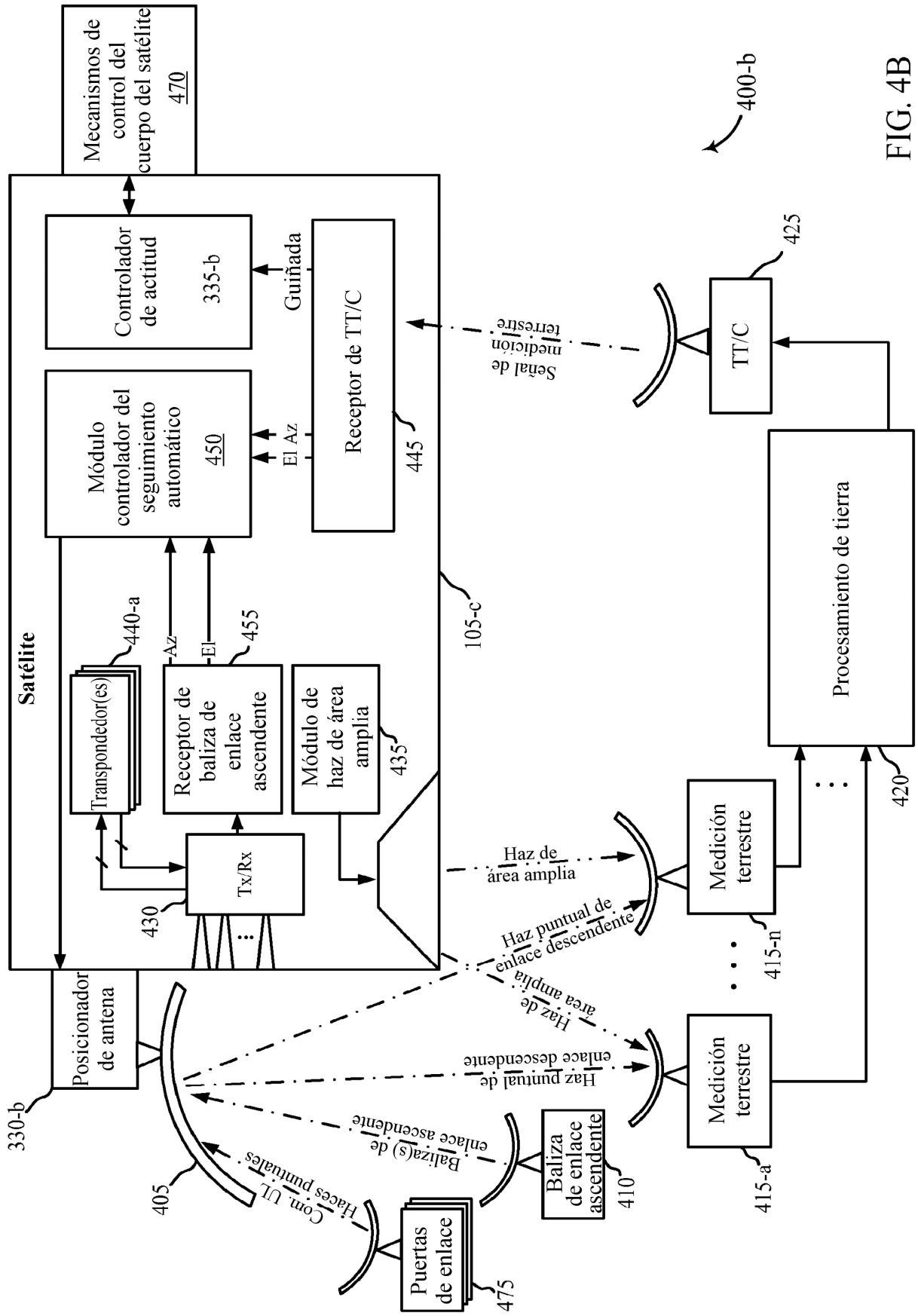


FIG. 4B

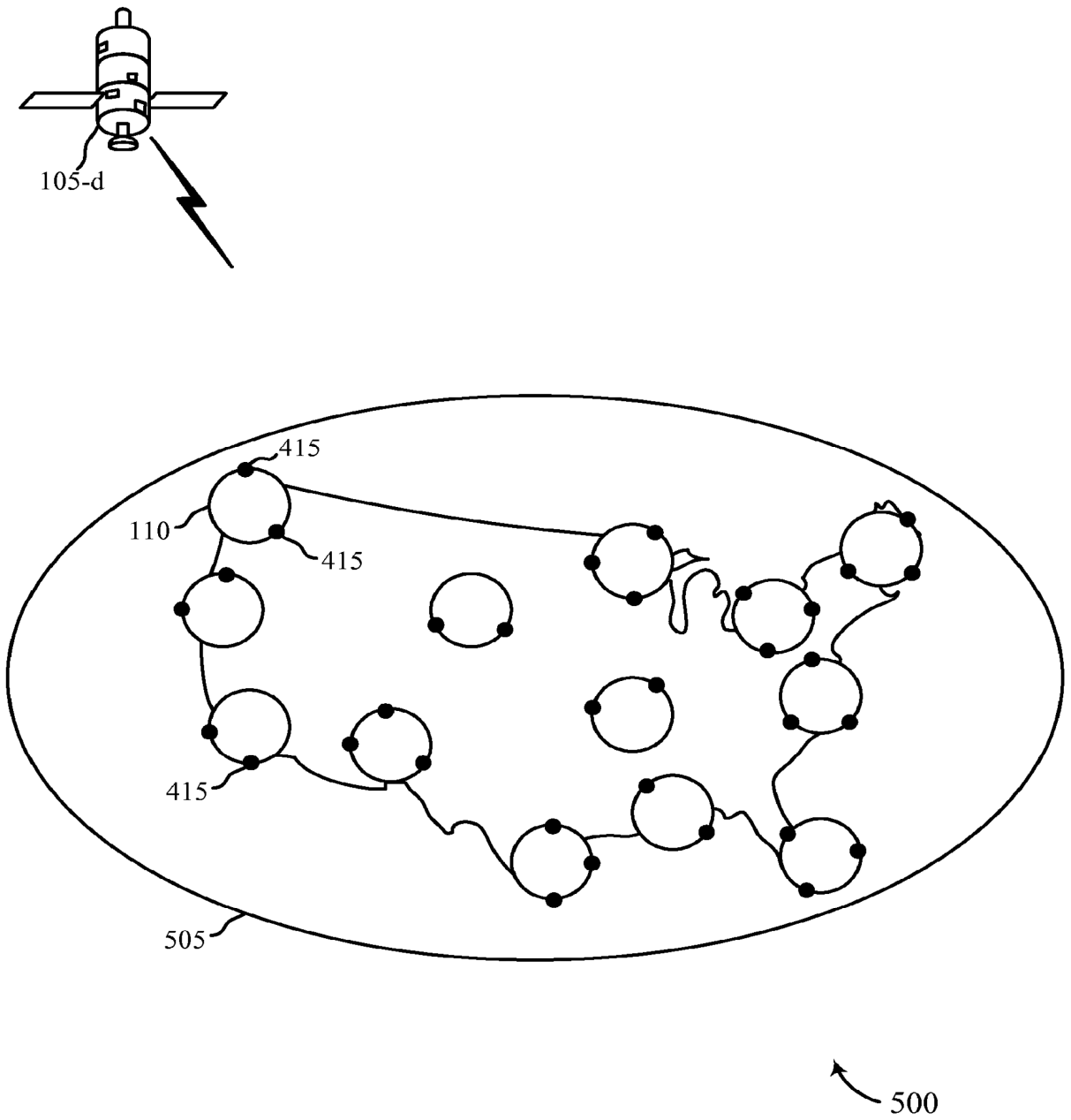


FIG. 5

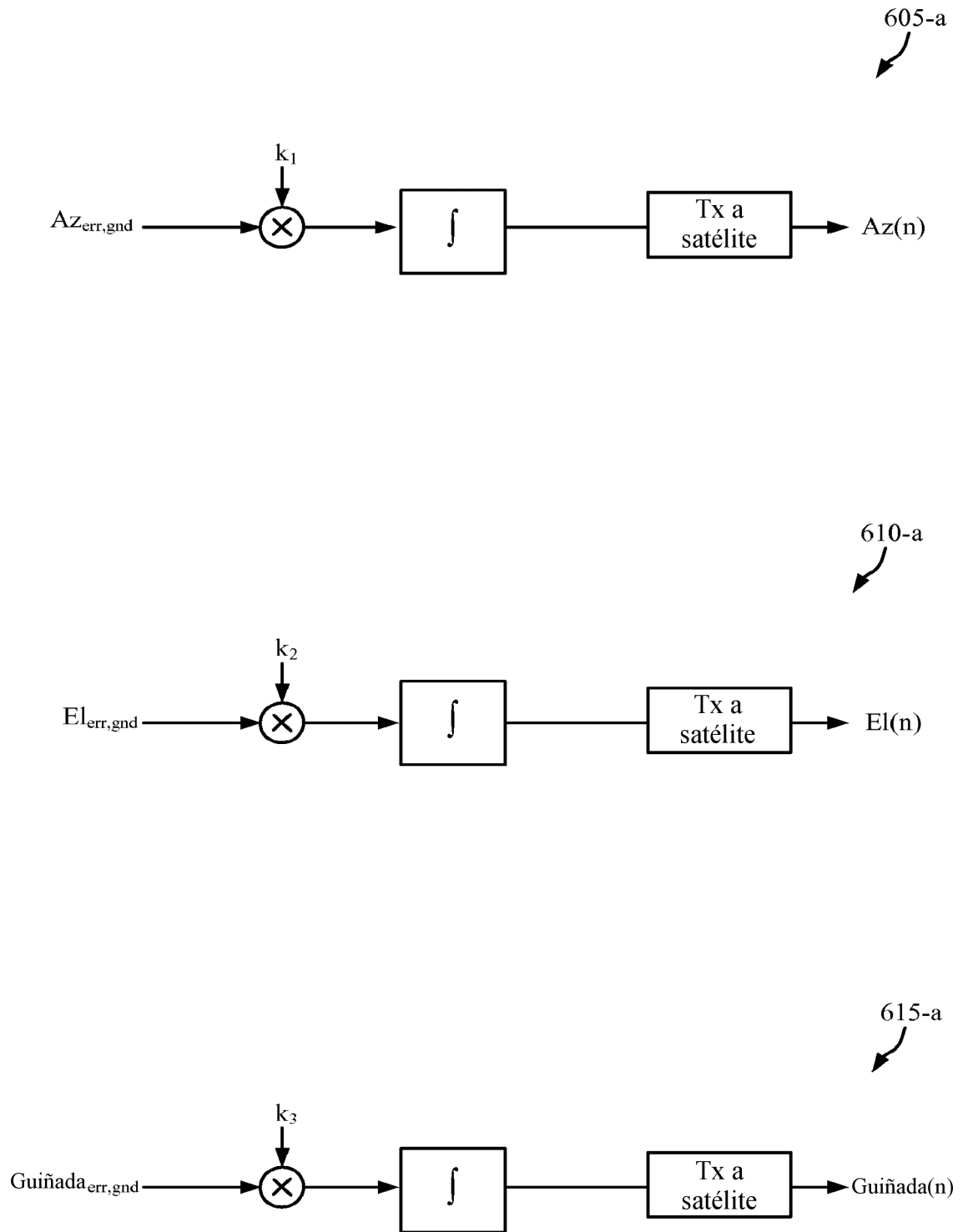


FIG. 6A

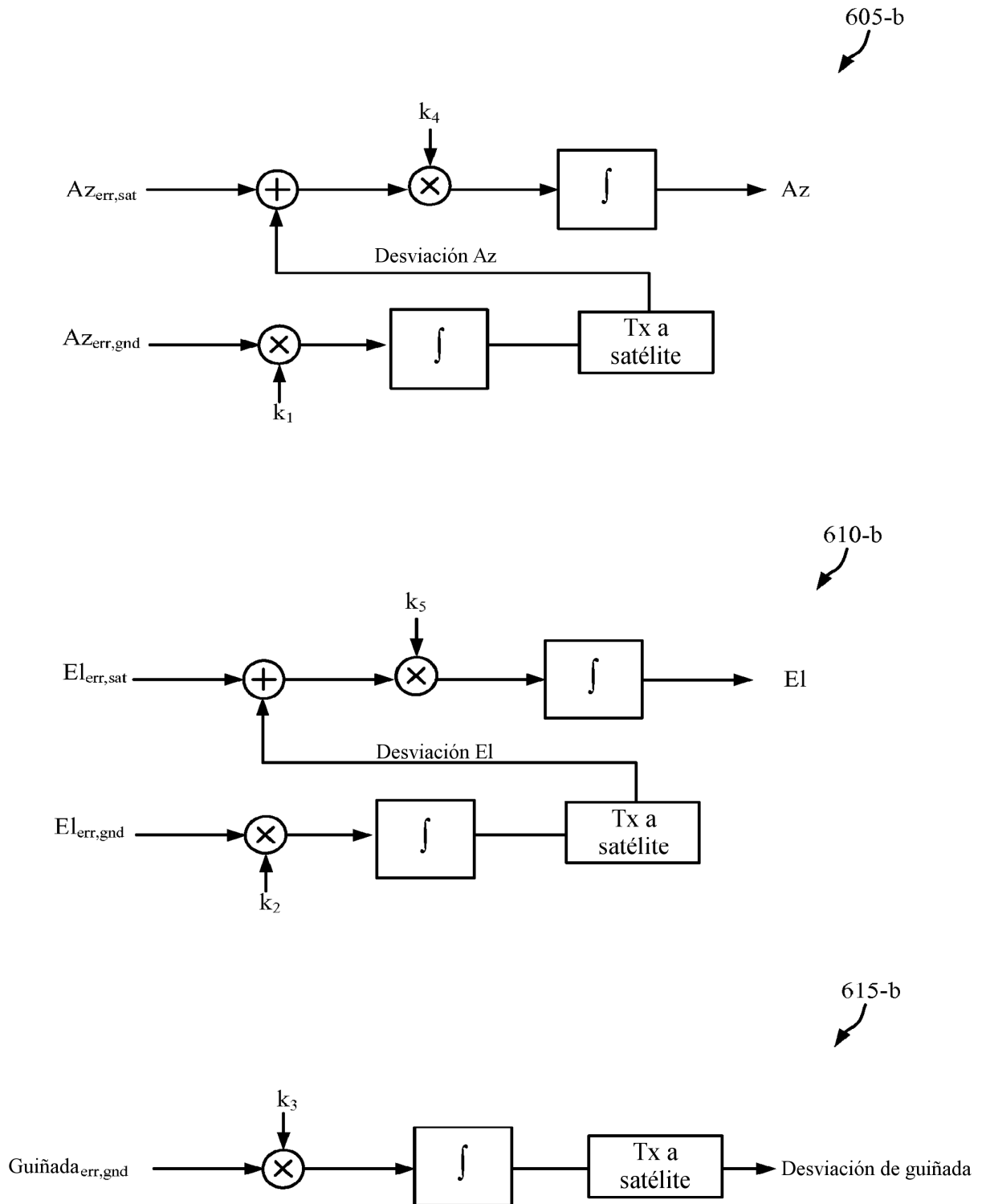


FIG. 6B