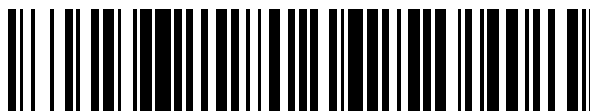


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 717 314**

51 Int. Cl.:

H01Q 3/08 (2006.01)

H01Q 1/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.01.2016** **PCT/JP2016/052041**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.08.2017** **WO17130276**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.01.2016** **E 16887863 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.01.2019** **EP 3249746**

54 Título: **Aparato para el ajuste de antenas y procedimiento de ajuste de antenas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
20.06.2019

73 Titular/es:

SKY PERFECT JSAT CORPORATION (100.0%)
8-1, Akasaka 1-chome, Minato-ku
Tokyo 107-0052, JP

72 Inventor/es:

UCHIYAMA, HIROSHI

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 717 314 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

Aparato para el ajuste de antenas y procedimiento de ajuste de antenas

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Sector técnico de la invención

10 La presente invención se refiere a una técnica para ayudar al ajuste de una antena usada para la comunicación con un satélite.

Descripción de la técnica relacionada

15 Los satélites geoestacionarios se utilizan para servicios tales como la radiodifusión y la comunicación. Un satélite geoestacionario se caracteriza por orbitar una órbita geoestacionaria con el mismo período que la rotación de la Tierra y siempre aparece en una posición con el mismo azimut y la misma elevación con respecto a la Tierra. Normalmente, se usa una antena con direccionalidad para comunicarse con un satélite geoestacionario.

20 Cuando se instala una antena para comunicarse con un satélite geoestacionario, la dirección del eje direccional de la antena debe ser ajustada para coincidir con la dirección del satélite geoestacionario visto desde la antena. Al mismo tiempo, el azimut y la elevación del satélite, visto desde una antena, cambian según el punto en el que se instala la antena sobre la tierra. Por lo tanto, normalmente, la antena se instala mediante un procedimiento que implica determinar un azimut y una elevación a ajustar según el punto de instalación de la antena y ajustar el ángulo de la antena en consecuencia.

25 La mayoría de antenas parabólicas comunes permiten ajustar los ángulos, respectivamente, en la dirección del azimut y en la dirección de elevación. Por ejemplo, la solicitud de patente japonesa en trámite nº 2012-80362 da a conocer un aparato para antena capaz de ajustar con precisión una antena haciendo girar respectivamente la antena sobre el eje de rotación correspondiente a un azimut y un eje de rotación correspondiente a la elevación. El documento US 2002/178815 A1 da a conocer un sistema y un procedimiento para ajustar la posición de una antena de posición fija, que incluye dos sensores, un giroscopio y un acelerómetro. El procedimiento comprende hacer girar la antena a múltiples posiciones sobre un eje, y registrar las lecturas de los sensores en las múltiples posiciones con el fin de determinar la posición.

35 CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCION

40 Cuando se ajusta una antena usando ángulos establecidos con antelación, se considera esencial instalar la antena horizontalmente. Sin embargo, es difícil realizar una posición de instalación real completamente horizontal. En dichos casos, puede producirse una desviación incluso si el ángulo de la antena se establece con un azimut fijado y con una elevación fijada.

45 Este problema se vuelve particularmente perceptible cuando una antena es portátil (tal como la antena de un vehículo). Con el fin de resolver este problema, se debe realizar una operación en la que, después de establecer aproximadamente el ángulo de la antena, se recibe una señal del satélite y se ajusta con precisión la orientación de la antena de tal manera que se obtenga la intensidad de señal máxima.

Sin embargo, una operación de ajustar con precisión la orientación de una antena al mismo tiempo que se comprueba el nivel de la señal recibida no es sencilla para un usuario común que sea inexperto en la instalación de antenas.

50 La presente invención se ha hecho considerando los problemas descritos anteriormente, y un objetivo de la misma es dar a conocer una técnica para permitir realizar de manera sencilla el ajuste del ángulo en un aparato para antena que recibe una señal de un satélite geoestacionario.

55 La presente invención en su único aspecto da a conocer un aparato de ajuste de antena usado para ajustar la posición de una antena que tiene direccionalidad y es capaz de cambiar la posición de la misma mediante una pluralidad de ejes, como se define en la reivindicación independiente 1.

60 El sensor es una unidad configurada para obtener la posición de la antena en el espacio tridimensional al ser montada en el cuerpo principal de la antena. El sensor puede ser cualquier tipo de sensor, incluyendo un sensor de aceleración, un sensor geomagnético, un giroscopio, un receptor GPS, o una combinación de los mismos, siempre que se pueda obtener la posición en el espacio tridimensional.

65 Además, la unidad de obtención de eje móvil es una unidad configurada para obtener la orientación de un eje de rotación para ajustar la posición de la antena en un formato vectorial. Específicamente, la antena se gira realmente sobre una pluralidad de ejes y se obtiene el vector correspondiente al eje de rotación (en adelante en la presente memoria, un vector axial) en base al resultado de salida del sensor obtenido para cada eje.

La primera unidad de obtención de la dirección es una unidad configurada para obtener una dirección (una primera dirección) correspondiente a un eje direccional de la antena en base a la información obtenida del sensor. Por ejemplo, cuando la relación de posición entre la posición en la antena en la que está montado el sensor y el eje direccional de la antena se conoce con antelación, la dirección del eje direccional se puede obtener en base a la información obtenida del sensor.

Además, la segunda unidad de obtención de la dirección es una unidad configurada para obtener una dirección (una segunda dirección) con la que se debe alinear el eje direccional de la antena. Habitualmente, la segunda dirección es la dirección de un satélite geoestacionario visto desde la posición de instalación de la antena. La segunda dirección puede ser introducida manualmente o seleccionada a partir de información almacenada con antelación. Alternativamente, cuando se incluye un receptor GPS en el sensor, la segunda dirección se puede obtener usando información almacenada con antelación y coordenadas GPS.

La primera y segunda direcciones se expresan mediante un sistema de coordenadas con base en la tierra (por ejemplo, el sistema de coordenadas cartesianas ECEF). En consecuencia, la antena se puede ajustar con el mismo procedimiento independientemente de dónde está instalada la antena en la tierra.

La unidad de cálculo es una unidad configurada para obtener un ángulo que se debe girar la antena sobre cada eje con el fin de corregir la desviación entre la primera dirección y la segunda dirección. Específicamente, en base a un vector correspondiente a cada eje obtenido mediante la unidad de obtención del eje móvil e información que se obtiene del sensor, se obtiene la magnitud de la rotación de la antena sobre cada eje requerida para hacer que las dos direcciones coincidan entre sí.

Según la configuración descrita anteriormente, sencillamente moviendo la antena montada con el sensor para cada eje, se puede obtener la magnitud de la rotación necesaria para seguir un satélite. En otras palabras, ya no es necesario observar la intensidad de una señal recibida del satélite y el ajuste de la antena se puede realizar de forma sencilla.

Además, la primera unidad de obtención de la dirección puede obtener la primera dirección usando la dirección de la fuerza de la gravedad, la dirección del norte real y las coordenadas GPS.

Dado que la primera y segunda direcciones se expresan mediante un sistema de coordenada con base en la tierra, la información obtenida mediante el sensor debe ser convertida en una posición con base en la tierra. El uso de las coordenadas GPS mediante el sensor permite especificar un punto en la tierra, y el uso de las direcciones de la fuerza de la gravedad y el norte real permite especificar la posición en el punto.

Además, la segunda unidad de obtención de la dirección puede determinar la segunda dirección usando las coordenadas GPS obtenidas mediante el sensor y la información de la posición del satélite almacenada con antelación.

Las coordenadas GPS obtenidas mediante el sensor también se pueden usar como información para obtener la segunda dirección.

Además, la primera unidad de obtención de la dirección puede obtener información de la posición del sensor, que es información relativa a la posición de montaje del sensor en la antena, y puede obtener la primera dirección usando también la información.

Cuando se conoce con antelación la relación entre la posición del sensor y el eje direccional de la antena, se puede obtener la primera dirección a partir de la información generada mediante el sensor. Por lo tanto, se puede obtener información (información del sensor de posición) para convertir un sistema de coordenadas con base en el sensor en un sistema de coordenadas con base en la antena. Cuando se determina la posición de montaje del sensor, la información de la posición del sensor se puede almacenar con antelación.

Además, la antena puede incluir una o más bases sensoras para montar el sensor, y la primera unidad de obtención de la dirección puede obtener la información de la posición del sensor correspondiente a la base sensora en la que está montado el sensor.

Los ejemplos de la base sensora pueden incluir una plataforma en la que se coloca el sensor y una depresión en la que se coloca el sensor, o, cuando se usa un terminal móvil tal como un teléfono inteligente como sensor, un soporte y similares. Además, al permitir obtener la información de posición del sensor para cada base sensora, se pueden seleccionar y usar una pluralidad de bases sensoras.

Además, la primera dirección y la segunda dirección se pueden expresar usando el sistema de coordenadas ECEF.

El sistema de coordenadas ECEF es un sistema de coordenadas cartesianas que usa el centro de la tierra como origen. Mientras que un dato del mundo usado mediante GPS expresa una posición usando un elipsoide (el elipsoide

de referencia) que se aproxima a la tierra, el uso del sistema de coordenadas ECEF permite expresar con más precisión la relación de posición con el satélite.

Además, el aparato para ajuste de antenas según la presente invención puede comprender también una unidad de accionamiento configurada para cambiar la posición de la antena haciendo girar la antena en la pluralidad de ejes, y la unidad de cálculo puede calcular el ángulo de corrección necesario para el seguimiento de un satélite en un período fijado, y la unidad de accionamiento puede corregir la posición de la antena en base al ángulo de corrección calculado.

Mediante el cálculo del ángulo necesario para la corrección en un período fijado y cambiando la posición de la antena usando la unidad de accionamiento, incluso si la antena se mueve, el eje direccional puede seguir la antena. En otras palabras, incluso en un entorno en el que la posición o la dirección de la antena cambia, tal como un entorno montado en un vehículo, siempre se puede mantener el estado de comunicación con el satélite.

Además, la presente invención se puede especificar como un aparato para ajuste de antenas que incluye al menos una parte de las unidades descritas anteriormente. Además, la presente invención también se puede especificar como un procedimiento de ajuste de antenas ejecutado mediante el aparato para ajuste de antenas, como se define en la reivindicación independiente 9. Los procesos y unidades descritos anteriormente se pueden implementar en cualquier combinación de los mismos en la medida en que no se produzcan contradicciones técnicas.

Según la presente invención, el ajuste del ángulo se puede realizar de forma sencilla en un aparato para antenas que recibe una señal de un satélite geoestacionario.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es un diagrama que explica la relación de posición entre una antena y un satélite.
La figura 2 es una vista, en perspectiva, que muestra una antena que es un objeto en el que se debe realizar un ajuste.
La figura 3 es un diagrama de configuración del sistema de un aparato -100- de ajuste de antenas según una primera realización.
La figura 4 muestra un ejemplo de información almacenada en una unidad de almacenamiento de información del satélite.
La figura 5 es un diagrama de flujo de un proceso de ajuste de la antena.
La figura 6 es un diagrama de flujo de un proceso de ajuste de la antena.
La figura 7 es un diagrama de flujo de un proceso de ajuste de la antena.
La figura 8 muestra un ejemplo de una pantalla mostrada en un aparato de cálculo.

DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES

Antes de describir las realizaciones, se describirá una descripción general de un aparato para ajustar antenas según la presente invención haciendo referencia a la figura 1.

El número de referencia -101- indica un satélite geoestacionario (en adelante en la presente memoria, un satélite) que orbita una órbita geoestacionaria situada sobre el ecuador, y el número de referencia -102- indica una antena que se comunica con el satélite -101-. La comunicación entre la antena y el satélite se realiza usando ondas de radio de alta frecuencia tal como la banda UHF o la banda SHF. El número de referencia -103- indica una ruta de propagación de las ondas de radio. La ruta de propagación es una ruta que conecta el satélite -101- y la antena -102- mediante una línea recta.

La antena -102- es una antena que tiene una fuerte direccionalidad en una dirección específica, y es típicamente una antena parabólica (en adelante en la presente memoria, un eje que representa una dirección en la que la antena -102- tiene direccionalidad se denominará eje direccional). En el ejemplo mostrado en la figura 1, el número de referencia -104- indica el eje direccional. La intensidad de una señal recibida mediante la antena -102- desde el satélite -101- es más fuerte cuando la orientación del eje -104- direccional coincide con la orientación de la ruta -103- de propagación.

Por otra parte, muchas antenas conocidas están estructuradas de tal manera que, con el fin de cambiar la orientación del eje direccional, la posición de la antena se puede ajustar usando una pluralidad de ejes. Por ejemplo, como se muestra en la figura 2, una antena parabólica usual tiene una estructura que permite ajustar, respectivamente, el azimut y la elevación. En el ejemplo mostrado en la figura 2, el azimut se ajusta haciendo girar la antena sobre un eje paralelo a la dirección del eje Z en el diagrama y la elevación se ajusta haciendo girar la antena sobre un eje paralelo a la dirección del eje Y en el diagrama.

Como el satélite es estacionario visto desde la antena, el azimut y la elevación a las que debe ajustarse el satélite se determinan de forma única mediante la posición en la que está instalada la antena en la tierra. Sin embargo, esto se limita a casos en los que la posición en la que está instalada la antena es horizontal. Por ejemplo, cuando el poste -201- de instalación para fijar la antena está inclinado con respecto al eje Z, se produce una desviación en el eje direccional incluso cuando la antena está ajustada con un azimut fijado y una elevación fijada. Además, incluso cuando la antena se instala horizontalmente, puede haber casos en los que sea difícil ajustar los ángulos con

precisión, tales como cuando la unidad configurada para obtener un azimut y una elevación (tal como una brújula o un sensor) no está integrada en la propia antena.

En adelante, se describirán realizaciones de la presente invención, que ofrecen una solución para estos problemas.

(Primera realización)

Un aparato para el ajuste de antenas según la primera realización es un aparato que, después de obtener información sobre la posición actual de una antena, calcula el ángulo de rotación necesario para el seguimiento de un satélite (en otras palabras, alinear un eje direccional de la antena con la dirección del satélite) para cada azimut y cada elevación, y notifica los ángulos de rotación al usuario. Mediante el ajuste del ángulo de la antena en base al resultado de la notificación, el usuario puede ajustar la antena a un ángulo ideal.

La figura 3 es un diagrama de configuración del sistema del aparato para ajuste de antenas según la primera realización. Un aparato -100- para ajuste de antenas según la primera realización está formado por un módulo sensor -10- y un aparato -20- de cálculo.

Aunque la antena -102-, que es un objeto en el que se debe realizar un ajuste, no es un componente de la presente invención, a continuación, se proporcionará una descripción de la misma. La antena -102- según la presente invención es una antena parabólica como se ha descrito anteriormente e incluye una función para ajustar ángulos (el azimut y la elevación) de un eje direccional usando una estructura articulada o una unidad electrónica.

A continuación, se describirá el módulo sensor -10-. El módulo sensor -10- es una unidad que está configurada para detectar una posición en un espacio tridimensional y que está formada por un sensor -11- de aceleración, un sensor -12- geomagnético y una unidad -13- de recepción GPS.

El sensor -11- de aceleración es un sensor para detectar la dirección de la fuerza de la gravedad y habitualmente es un sensor de aceleración triaxial. Aunque en la presente realización el sensor -11- de aceleración es un sensor de aceleración triaxial, se puede usar cualquier tipo de sensor, siempre que se pueda detectar la dirección de la fuerza de la gravedad (en otras palabras, la dirección vertical) con respecto al módulo sensor -10-.

El sensor -12- geomagnético es una unidad configurada para detectar la dirección del norte magnético. Aunque en la presente realización se usa un sensor geomagnético, se puede usar cualquier tipo de sensor, siempre que se pueda detectar la dirección del norte magnético con respecto al módulo sensor -10-.

La unidad -13- de recepción GPS es una unidad configurada para detectar la posición del módulo sensor -10- en la tierra. Aunque en la presente realización la unidad -13- de recepción GPS está configurada para obtener la latitud y la longitud, la unidad -13- de recepción GPS puede ser configurada para obtener otra información, siempre que se pueda detectar la posición del módulo sensor -10- en la tierra.

El módulo sensor -10- aloja los sensores respectivos descritos anteriormente, y los datos obtenidos por cada sensor se transmiten al aparato -20- de cálculo mediante una comunicación inalámbrica o con cable.

A continuación, se describirá el aparato -20- de cálculo.

El aparato -20- de cálculo es un ordenador que incluye una CPU, un aparato de almacenamiento principal y un aparato de almacenamiento auxiliar. Las funciones descritas en la presente memoria descriptiva se ejecutan como un programa almacenado en el aparato de almacenamiento auxiliar que se carga en el aparato de almacenamiento principal y se ejecuta mediante la CPU. Alternativamente, la totalidad o una parte de las funciones ilustradas se puede ejecutar usando circuitos diseñados exclusivamente.

La unidad -21- de obtención de información del sensor es una interfaz para obtener información del módulo sensor -10-. La unidad -21- de obtención de información del sensor puede ser cualquiera de una interfaz cableada o una interfaz inalámbrica, siempre que se pueda obtener información del módulo sensor -10-. Por ejemplo, la unidad -21- de obtención de información del sensor puede ser una interfaz que use Wi-Fi (marca comercial registrada) o Bluetooth (marca comercial registrada).

La unidad -22- de almacenamiento de información del satélite es una unidad configurada para almacenar información de posición con respecto a un satélite que es objeto de seguimiento. Como se muestra en la figura 4, en la presente realización, se almacena información de posición de un satélite con la tierra como referencia. La información almacenada mediante la unidad -22- de almacenamiento de información del satélite puede tener una forma tabular tal como la mostrada en la figura 4, o puede ser una expresión matemática para calcular un ángulo. Alternativamente, la información posicional puede usar una referencia distinta de la tierra. Por ejemplo, la información posicional puede ser información relativa al punto en el que se instala la antena y el azimut y la elevación del satélite visto desde el punto.

La unidad -23- de cálculo es una unidad configurada para controlar todo el aparato -20- de cálculo. Específicamente, en base a la información obtenida del módulo sensor -10-, se calcula el ángulo para el cual es necesaria corrección para cada uno del azimut y de la elevación. Los detalles del proceso se facilitarán posteriormente.

5 Una unidad -24- de entrada/salida es una unidad configurada para aceptar una operación de entrada realizada por el usuario y para presentar información al usuario. En la presente realización, la unidad -24- de entrada/salida está formada por una única pantalla táctil. En otras palabras, la unidad -24- de entrada/salida está formada por una pantalla de cristal líquido y una unidad de control de la misma y un panel táctil y una unidad de control del mismo.

10 A continuación, se describirá el proceso específico para ajustar el ángulo de la antena.

Las figuras 5 a 7 son diagramas de flujo del proceso realizado mediante la unidad -23- de cálculo.

15 Cuando se inicia el ajuste de la antena, en primer lugar, la antena -102- que es el objeto se monta y se coloca en un estado en el que el azimut y la elevación de la misma son ajustables. Por ejemplo, la antena puede fijarse a un poste, como se muestra en la figura 2, o puede fijarse a una superficie plana tal como la barandilla de un balcón. Cuando esté preparado para iniciar el ajuste, el usuario introduce información que indica un intento de iniciar el ajuste a través de la unidad -24- de entrada/salida.

20 A continuación, la unidad -23- de cálculo indica al usuario que instale el módulo sensor -10- en la antena a través de la unidad -24- de entrada/salida, y espera a que la información del sensor de salida se estabilice. En la presente realización, la antena -102- tiene un soporte (una base sensora) para instalar un módulo sensor y está configurada de tal manera que el sensor puede ser montado en una orientación fijada. Una vez que la información del sensor se estabiliza, se inicia el proceso mostrado en la figura 5.

25 En la etapa -S11-, se obtienen las coordenadas del módulo sensor -10-.

Específicamente, las coordenadas GPS del módulo sensor se obtienen usando la unidad -13- de recepción GPS. La información obtenida en este punto es una combinación de latitud (ϕ), longitud (λ) y altura relativa al elipsoide (h), lo que se ajusta al dato WGS 84 (en adelante en la presente memoria, coordenadas geodésicas GPS). La unidad -23- de cálculo convierte las coordenadas geodésicas GPS obtenidas al sistema de coordenadas cartesianas ECEF para los cálculos subsiguientes. El sistema de coordenadas ECEF se refiere a un sistema de coordenadas cartesianas con el centro de la tierra como origen en el que cada eje se define como sigue.

35 Eje X: dirección del poste norte del eje de rotación de movimiento polar
Eje Y: línea de intersección entre el meridiano cero y el plano ecuatorial medio
Eje Z: línea recta que forma un sistema ortogonal a derechas con el eje Z y el eje X

40 Las coordenadas (ϕ, λ, h) medidas mediante GPS se pueden convertir en coordenadas P (x_0, y_0, z_0) en el sistema de coordenadas cartesianas ECEF usando las siguientes ecuaciones.

$$x_0 = (N + h) \cos \phi \cdot \cos \lambda,$$

$$y_0 = (N + h) \cos \phi \cdot \sin \lambda,$$

45 y

$$z_0 = \{N(1 - e^2) + h\} \cdot \sin \phi,$$

50 donde $N = a / \sqrt{(1 - e^2 \sin^2 \phi)}$ y $e^2 = 2f - f^2$ (a indica el radio medio del plano ecuatorial y f indica el achatamiento de la Tierra).

55 En la etapa -S12-, usando el sensor -12- geomagnético, se obtiene la dirección del norte magnético relativa al módulo sensor -10- y se calcula la dirección del norte real. Específicamente, se obtiene la dirección del norte magnético en un sistema de coordenadas cartesianas con el módulo sensor como referencia (en adelante en la presente memoria, el sistema de coordenadas del sensor) y se determina la dirección del norte real en base al ángulo de deflexión entre el norte magnético y el norte real en las coordenadas P. La dirección determinada se almacena temporalmente como un vector en el sistema de coordenadas del sensor. Aunque la dirección del norte real se calcula usando un sensor geomagnético en el presente ejemplo, también se puede calcular la dirección del norte real usando otros sensores. Por ejemplo, se puede detectar un cambio de aceleración minúsculo (la fuerza de Coriolis) causado por la rotación de la Tierra usando un sensor de aceleración o un sensor giroscópico y combinado con coordenadas GPS para calcular la dirección del norte real.

65 En la etapa -S13-, se obtiene un vector de la dirección de la fuerza de la gravedad en el sistema de coordenadas del

sensor usando el sensor -11- de aceleración. Cuando un valor de medición del eje X, un valor de medición del eje Y y un valor de medición del eje Z del sensor de aceleración se indican, respectivamente, mediante g_x , g_y y g_z , el vector g' de la dirección de la fuerza de la gravedad se puede expresar como (g_x, g_y, g_z) . Además, un vector unitario con la misma orientación se puede expresar como $g'/|g'|$.

Se debe tener en cuenta que, aunque la aceleración en la dirección de la fuerza de la gravedad también se ve afectada por la fuerza centrífuga debida a la rotación de la tierra, la aceleración debida a la rotación, la atracción de la gravedad de la luna y el sol, y similares, dado que estos factores son significativamente más pequeños que la fuerza de la gravedad de la tierra, estos factores se ignorarán en la presente memoria.

En la siguiente descripción (con la excepción de expresiones matemáticas), un vector se indicará mediante una variable v (un vector en la dirección de la fuerza de la gravedad mediante g) y el símbolo de flecha que indica un vector se omitirá. Además, una comilla sencilla (') representa un sistema de coordenadas cartesianas con el módulo sensor como una referencia (el sistema de coordenadas del sensor) y una comilla doble (") representa un sistema de coordenadas cartesianas con la antena como referencia (en adelante en la presente memoria, un sistema de coordenadas de la antena). El sistema de coordenadas ECEF se representa cuando no se usan comillas.

Los procesos de las etapas -S12- y -S13- se repiten con un período fijado para actualizar y mantener constantemente la dirección del norte real y la dirección de la fuerza de la gravedad como el vector del norte real (v_{tn}') y un vector de fuerza de la gravedad (g') en el sistema de coordenadas del sensor. Más adelante se describirá un procedimiento de utilización de estos fragmentos de información.

A continuación, se ejecuta el proceso mostrado en la figura 6.

La etapa -S21- es una etapa de obtención de un vector gravitacional en el punto P donde se instala el módulo sensor -10- en el sistema de coordenadas ECEF. Dado que la latitud obtenida mediante GPS se basa en un elipsoide de referencia de WGS 84, se requiere un vector que conecte el origen del sistema de coordenadas ECEF (en otras palabras, el centro de la tierra) y el punto P en el que se instala el módulo sensor -10-.

Dado que las coordenadas (x_0, y_0, z_0) del punto P ya se obtuvieron en la etapa -S11-, el vector gravitacional g_p en el punto P en el sistema de coordenadas ECEF se puede expresar como $(-x_0, -y_0, -z_0)$. Además, un vector unitario con la misma orientación se puede expresar como $g_p/|g_p|$.

En la etapa -S22-, se obtiene la posición del satélite a seguir mediante la antena usando el sistema de coordenadas ECEF. En este caso, se supone que las coordenadas del satélite son $(x_{tgt}, y_{tgt}, z_{tgt})$.

Dado que un satélite de órbita geoestacionaria se halla a una altitud constante sobre el ecuador y a una longitud arbitraria, una vez que se conoce la longitud del satélite, se puede realizar la conversión a coordenadas en el sistema de coordenadas cartesianas ECEF. Por ejemplo, cuando el satélite está situado en la longitud β E, las coordenadas $(x_{tgt}, y_{tgt}, z_{tgt})$ en el sistema de coordenadas cartesianas ECEF se pueden expresar como $(r_{iss}\cos\beta, r_{iss}\sin\beta, 0)$, en que r_{iss} indica el radio de revolución del satélite de órbita geoestacionaria. Se debe observar que, aunque el radio de revolución en realidad varía ligeramente, dado que la variación es del orden de 20 a 50 km y, por lo tanto, significativamente más pequeña que el radio de revolución, la variación se ignorará en la presente memoria.

Como se muestra en la figura 4, β y r_{iss} se almacenan con antelación en la unidad -22- de almacenamiento de información del satélite. Aunque en el presente ejemplo se usan β y r_{iss} , se puede usar otra información, siempre que se pueda especificar la posición del satélite.

En la etapa -S23-, se obtiene el vector correspondiente a la ruta de propagación que conecta el satélite y la antena.

Dado que las coordenadas del módulo sensor -10- son (x_0, y_0, z_0) y las coordenadas del satélite son $(x_{tgt}, y_{tgt}, z_{tgt})$, una línea recta que conecta estos dos puntos se puede expresar mediante la Expresión (1).
[Mat. 1]

$$\frac{x-x_0}{x_{tgt}-x_0} = \frac{y-y_0}{y_{tgt}-y_0} = \frac{z-z_0}{z_{tgt}-z_0} \quad \text{Expresión (1)}$$

Además, un vector (v_{tgt}) que conecta estos dos puntos se puede expresar mediante $(x_{tgt}-x_0, y_{tgt}-y_0, z_{tgt}-z_0)$. Además, un vector unitario con la misma orientación se puede expresar como $v_{tgt}/|v_{tgt}|$.

A continuación, se ejecuta el proceso mostrado en la figura 7.

La antena -102-, que es un objeto en el que se realiza un ajuste en la presente realización, puede girar en las direcciones de azimut y elevación. Sin embargo, como se ha descrito anteriormente, una plataforma de instalación de la antena (el poste -201- de instalación en el ejemplo mostrado en la figura 2) no es necesariamente vertical. Teniendo esto en cuenta, el aparato de ajuste de la antena según la presente invención detecta la orientación de un

eje sobre el que puede girar la antena y calcula el ángulo que debe girar la antena sobre el eje.

La etapa -S31- es una etapa de obtención de un eje para ajustar el azimut, y la etapa -S32- es una etapa de obtención de un eje para ajustar la elevación. Además, las etapas -S33- a -S35- son etapas para calcular las magnitudes de rotación necesarias en base a los ejes obtenidos.

En la etapa -S31-, se notifica al usuario, mediante la unidad -24- de entrada/salida, que corrija la elevación de la antena y mueva la antena en la dirección de ajuste del azimut.

Específicamente, mientras gira la antena en la dirección de ajuste del azimut, la antena se detiene temporalmente en tres o más posiciones arbitrarias diferentes y, en esta situación, la unidad -23- de cálculo obtiene el vector gravitacional en el sistema de coordenadas del sensor.

En consecuencia, se define un plano que pasa a través de puntos de coordenadas de vectores obtenidos en tres puntos y se adopta una perpendicular al plano como el eje de rotación del ajuste del azimut. En otras palabras, un vector unitario de la perpendicular y un vector unitario del eje de rotación son iguales o bien son vectores inversos.

Cuando los vectores gravitacionales (vectores en el sistema de coordenadas del sensor) medidos en tres puntos diferentes se expresan como

$$(1) \mathbf{v}_a' = (x_a, y_a, z_a),$$

$$(2) \mathbf{v}_b' = (x_b, y_b, z_b),$$

y

$$(3) \mathbf{v}_c' = (x_c, y_c, z_c),$$

refiriéndose respectivamente a los tres vectores gravitacionales como vectores de posición en los puntos A, B y C, se puede obtener un vector perpendicular a un plano que pasa por los tres puntos a partir de los productos cruzados de cualesquiera dos de (AB), (BC) y (CA) (se omiten los signos de los vectores). (AB) y (BC) se pueden expresar mediante la Expresión (2).

[Mat. 2]

$$\overrightarrow{AB} = (x_b - x_a, y_b - y_a, z_b - z_a), \overrightarrow{BC} = (x_c - x_b, y_c - y_b, z_c - z_b) \quad \text{Expresión (2)}$$

Además, los dos productos cruzados se pueden expresar mediante la Expresión (3). Se debe tener en cuenta que, aunque se omita una fórmula de cálculo, un vector unitario se almacena temporalmente como $\mathbf{v}_{AZ}'$ para los cálculos posteriores.

El vector gravitacional $\mathbf{g}'$ y $\mathbf{v}_{AZ}'$ coinciden entre sí cuando la antena se instala horizontalmente con respecto a la dirección de la fuerza de la gravedad. Sin embargo, si la antena no se instala horizontalmente con respecto a la dirección de la fuerza de la gravedad, se puede obtener un eje para ajustar el azimut (un vector en el sistema de coordenadas ECEF) obteniendo un cuaternión de rotación a partir de dos vectores.

[Mat. 3]

$$\overrightarrow{AB} \times \overrightarrow{BC} = \begin{bmatrix} (y_c - y_b)(z_b - z_a) - (z_c - z_b)(y_b - y_a), \\ (z_c - z_b)(x_b - x_a) - (x_c - x_b)(z_b - z_a), \\ (x_c - x_b)(y_b - y_a) - (y_c - y_b)(x_b - x_a) \end{bmatrix} \quad \text{Expresión (3)}$$

En la etapa -S32-, se notifica al usuario, a través de la unidad -24- de entrada/salida, que corrija el azimut de la antena y mueva la antena en la dirección de ajuste de la elevación.

Específicamente, mientras la antena gira en la dirección de ajuste de la elevación, la antena se detiene temporalmente en tres o más posiciones arbitrarias diferentes y, en esta situación, la unidad -23- de cálculo obtiene un vector gravitacional en el sistema de coordenadas del sensor.

En consecuencia, se define un plano que pasa por los puntos de las coordenadas de los vectores obtenidos en tres puntos y se adopta una perpendicular al plano como el eje de rotación del ajuste de la elevación. En otras palabras, el vector unitario de la perpendicular y el vector unitario del eje de rotación son iguales o bien son vectores inversos.

Dado que la fórmula de cálculo es similar a la de la etapa -S31-, en la presente memoria se omitirá la descripción.

Además, de una forma similar a la etapa -S31-, el vector unitario del vector obtenido se almacena temporalmente como $\mathbf{v}_{EL}'$.

La etapa -S33- es una etapa para calcular la magnitud de rotación necesaria para hacer que el vector que conecta el satélite y la antena (el vector v_{lt} obtenido en la etapa -S23-) y el vector correspondiente al eje direccional de la antena coincidan entre sí. Se debe tener en cuenta que, dado que v_{EL} gira en sincronización con la rotación en la dirección del azimut, cuando la antena gira en la dirección del azimut, v_{EL} debe corregirse en consecuencia con la magnitud de la rotación.

Antes de ofrecer una descripción específica del cálculo de la magnitud de rotación, se presentará una formula aplicable cuando se expresa una operación de mover un vector dado a otro vector como una rotación de cuaternión.

A continuación, se considerará un caso hipotético en el que existe un vector $v_1 = (x_1, y_1, z_1)$ y un vector $v_2 = (x_2, y_2, z_2)$, y v_1 debe girar a v_2 . Expresar la rotación requiere un vector de un eje de rotación y un ángulo de rotación. El vector de un eje de rotación es un vector perpendicular a un plano que incluye dos vectores, y, por lo tanto, corresponde a un producto cruzado de los dos vectores (Expresión (4)).

[Mat. 4]

$$\vec{v}_2 \times \vec{v}_1 = (y_2 z_1 - z_2 y_1, z_2 x_1 - x_2 z_1, x_2 y_1 - y_2 x_1) \quad \text{Expresión (4)}$$

A continuación, se describirá el ángulo de rotación. Usando la fórmula del producto interno (Expresión (5)), el ángulo de rotación θ se puede expresar como la Expresión (6).

[Mat. 5]

$$\vec{v}_2 \cdot \vec{v}_1 = |\vec{v}_2| |\vec{v}_1| \cos \theta \quad \text{Expresión (5)}$$

[Mat. 6]

$$\cos \theta = \frac{\vec{v}_2 \cdot \vec{v}_1}{|\vec{v}_2| |\vec{v}_1|} = \frac{x_2 x_1 + y_2 y_1 + z_2 z_1}{\sqrt{x_2^2 + y_2^2 + z_2^2} \sqrt{x_1^2 + y_1^2 + z_1^2}}$$

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{x_2 x_1 + y_2 y_1 + z_2 z_1}{\sqrt{x_2^2 + y_2^2 + z_2^2} \sqrt{x_1^2 + y_1^2 + z_1^2}} \right) \quad \text{Expresión (6)}$$

Un cuaternión que representa la rotación se define mediante el vector que debe ser el eje de rotación y el ángulo de rotación obtenido anteriormente. Específicamente, cuando el vector correspondiente al eje de rotación se indica mediante v_{eje} y el ángulo de rotación se indica mediante θ , el cuaternión correspondiente a la rotación se puede expresar mediante las Expresiones (7) a (9).

[Mat. 7]

$$\tilde{q} = (q_0, \vec{q}) = (q_0, q_1, q_2, q_3) \quad \text{Expresión (7)}$$

[Mat. 8]

$$\vec{v}_{eje} = (x_{eje}, y_{eje}, z_{eje}) \quad \text{Expresión (8)}$$

[Mat. 9]

$$\tilde{q} = \left(\cos \frac{\theta}{2}, \sin \frac{\theta}{2} \vec{v}_{eje} \right) = \left(\cos \frac{\theta}{2}, x_{eje} \sin \frac{\theta}{2}, y_{eje} \sin \frac{\theta}{2}, z_{eje} \sin \frac{\theta}{2} \right) \quad \text{Expresión (9)}$$

Además, la representación de número complejo del cuaternión es tal como se expresa mediante la Expresión (10), en la que i , j y k indican vectores de base de un sistema de coordenadas cartesianas. Esto se traduce en que tengan las siguientes características.

$$i^2 = j^2 = k^2 = ijk = -1$$

$$ij = -ji = k, jk = -kj = i, ki = -ik = j$$

[Mat. 10]

$$\tilde{q} = q_0 + q_1 i + q_2 j + q_3 k$$

$$= \cos \frac{\theta}{2} + \left(x_{eje} \sin \frac{\theta}{2} \right) i + \left(y_{eje} \sin \frac{\theta}{2} \right) j + \left(z_{eje} \sin \frac{\theta}{2} \right) k \quad \text{Expresión (10)}$$

En el cálculo de la rotación, se usan definiciones de un cuaternión conjugado (Expresión (11)), una perpendicular (Expresión (12)) y un cuaternión inverso (Expresión (13)) además de las Expresiones (7) y (10).

[Mat. 11]

$$\begin{aligned}\tilde{q}^* &= (q_0, -\vec{q}) = (q_0, -q_1, -q_2, -q_3) \\ &= a - q_0 - q_1 i - q_2 j - q_3 k \quad \text{Expresión (11)}\end{aligned}$$

5 [Mat. 12]

$$|\tilde{q}| = \sqrt{(q_0^2 + q_1^2 + q_2^2 + q_3^2)} = \sqrt{\tilde{q}\tilde{q}^*} = \sqrt{\tilde{q}^*\tilde{q}} \quad \text{Expresión (12)}$$

[Mat. 13]

10

$$\tilde{q}^{-1} = \frac{\tilde{q}^*}{|\tilde{q}|} \quad \text{Expresión (13)}$$

A continuación, con respecto a los dos vectores $v_1 = (x_1, y_1, z_1)$ y $v_2 = (x_2, y_2, z_2)$ descritos anteriormente, cuando un cuaternión que representa la rotación de v_1 a v_2 se indica mediante q , la rotación se puede expresar mediante la Expresión (14) (en adelante en la presente memoria, un cuaternión se representará usando una variable q , y las tildes se omitirán en la descripción). Además, cuando el sistema de coordenadas gira de tal manera que el vector v_1 coincide con el vector v_2 , la rotación se puede expresar mediante la Expresión (15).

[Mat. 14]

20

$$\vec{v}_2 = \tilde{q}^* \vec{v}_1 \tilde{q} \quad \text{Expresión (14)}$$

[Mat. 15]

25

$$\vec{v}_2 = \tilde{q} \vec{v}_1 \tilde{q}^* \quad \text{Expresión (15)}$$

Dado que el cuaternión que representa la rotación se puede considerar como una función que tiene los vectores v_1 y v_2 como parámetros, la rotación también se puede expresar mediante la Expresión (16).

[Mat. 16]

30

$$\tilde{q} = Q(\vec{v}_1, \vec{v}_2) \quad \text{Expresión (16)}$$

Volvemos a la descripción de la etapa -S33-. Un cuaternión que representa una rotación se puede usar en cualquiera del sistema de coordenadas ECEF, el sistema de coordenadas de la antena y el sistema de coordenadas del sensor. Aunque se supone que, en la presente realización, se usa el sistema de coordenadas ECEF, el sistema de coordenadas de la antena y el sistema de coordenadas del sensor se pueden usar siempre que esté disponible la información que permita la conversión entre los sistemas de coordenadas.

35

El uso de un cuaternión permite obtener una rotación alrededor de un eje que pasa a través del origen de un sistema de coordenadas con un cálculo sencillo. Sin embargo, cuando se usa un eje que no pasa a través del origen, el cálculo resulta más complejo, ya que el centro de rotación debe ser movido primero al origen y, después de la rotación, se deben recuperar las coordenadas anteriores a la rotación. Teniendo esto en cuenta, los cálculos posteriores se realizarán con el origen del sistema de coordenadas de la antena como el centro de rotación.

40

Se debe observar que, aunque el eje de rotación del ajuste de la elevación de la antena puede no pasar siempre por el origen del sistema de coordenadas de la antena, el eje de rotación de ajuste de la elevación se aproxima lo suficiente al origen en el sistema de coordenadas ECEF y es despreciable. En otras palabras, la siguiente descripción se ofrecerá en base a la premisa de que el origen del sistema de coordenadas cartesianas de un espacio del cuaternión y el origen del sistema de coordenadas de la antena coinciden entre sí.

45

Si un vector correspondiente al eje direccional de la antena en el sistema de coordenadas de la antena se indica mediante v_{ant} y un vector correspondiente al eje direccional de la antena en el sistema de coordenadas del sensor se indica mediante v_{sen} , la relación entre ambos vectores es como se expresa mediante la Expresión (17), donde $a \rightarrow s$ indica una rotación desde el sistema de coordenadas de la antena al sistema de coordenadas del sensor. Un cuaternión $q_{a \rightarrow s}$ que representa la rotación se almacena con antelación según la relación de posición entre el sistema de coordenadas de la antena y el sistema de coordenadas del sensor. Por ejemplo, el cuaternión $q_{a \rightarrow s}$ se puede almacenar en el aparato -20- de cálculo o se puede obtener del exterior.

50

55

Por ejemplo, el cuaternión que representa $q_{a \rightarrow s}$ puede ser codificado y convertido en un código de barras bidimensional, una impresión del código de barras puede ser colocada cerca de la base del sensor, y el aparato -20- de cálculo puede obtener el código de barras (por ejemplo, capturando una imagen del código de barras con una cámara y descodificando el código de barras). En consecuencia, incluso si la base sensora se proporciona en pluralidad, se puede obtener de forma sencilla un cuaternión correspondiente.

60

[Mat. 17]

$$\overrightarrow{v_{pnt}}' = \tilde{q}_{a \rightarrow s}(\overrightarrow{v_{pnt}}'')\tilde{q}_{a \rightarrow s}^* \quad \text{Expresión (17)}$$

5 A continuación, usando (1) $g_p'/|g_p'|$ que indica un vector unitario de la fuerza de la gravedad en el sistema de coordenadas del sensor en la posición en la que está instalada la antena, (2) un plano meridiano que incluye la posición en la que está instalada la antena obtenida a partir de v_{in}' que indica un vector unitario que representa la dirección del norte real y el vector unitario de la fuerza de la gravedad, y (3) $g/|g_p|$ que indica un vector unitario de la fuerza de la gravedad en el sistema de coordenadas ECEF, la relación entre el sistema de coordenadas ECEF y el sistema de coordenadas del sensor en términos de rotación del cuaternio se expresa como la Expresión (18). Se observa que $s \rightarrow e$ indica una rotación del sistema de coordenadas del sensor al sistema de coordenadas ECEF.

10 [Mat. 18]

$$\tilde{q}_{s \rightarrow e} = Q\left(\frac{\vec{g}}{|\vec{g}|}, \frac{\overrightarrow{g_p'}}{|g_p'|}\right)$$

$$\frac{\overrightarrow{g_p'}}{|g_p'|} = \tilde{q}_{s \rightarrow e}\left(\frac{\vec{g}}{|\vec{g}|}\right)\tilde{q}_{s \rightarrow e}^*$$

Expresión (18)

$$\frac{\vec{g}}{|\vec{g}|} = \tilde{q}_{s \rightarrow e}^*\left(\frac{\overrightarrow{g_p'}}{|g_p'|}\right)\tilde{q}_{s \rightarrow e}$$

Usar este cuaternión permite obtener un vector (v_{pnt}) correspondiente al eje direccional de la antena representado mediante el sistema de coordenadas ECEF como se expresa mediante la Expresión (19).

[Mat. 19]

$$\overrightarrow{v_{pnt}} = \tilde{q}_{s \rightarrow e}(\overrightarrow{v_{pnt}}')\tilde{q}_{s \rightarrow e}^* = \tilde{q}_{s \rightarrow e}\tilde{q}_{a \rightarrow s}(\overrightarrow{v_{pnt}}'')\tilde{q}_{a \rightarrow s}^*\tilde{q}_{s \rightarrow e}^* \quad \text{Expresión (19)}$$

En este momento de la descripción, se obtiene un vector (v_{pnt}) correspondiente al eje direccional de la antena representado mediante el sistema de coordenadas ECEF y un vector (v_{tgt}) correspondiente a la dirección del satélite representada mediante el sistema de coordenadas ECEF. A continuación, se obtiene una rotación para hacer que los dos vectores coincidan entre sí. Cuando una rotación necesaria se expresa mediante un cuaternio q_{adj} , q_{adj} , puede ser expresada mediante la Expresión (20).

[Mat. 20]

$$\tilde{q}_{adj} = Q\left(\frac{\overrightarrow{v_{tgt}}}{|\overrightarrow{v_{tgt}}|}, v_{pnt}\right) \quad \text{Expresión (20)}$$

En la etapa -S33-, se obtiene la rotación necesaria como el cuaternión q_{adj} . A continuación, antes de realizar la transición a la etapa -S34-, el vector axial v_{AZ}' correspondiente al plano de ajuste del azimut y el vector axial v_{EL}' correspondiente al plano de ajuste de la elevación obtenidos en la etapa -S31- son convertidos al sistema de coordenadas ECEF para obtener los vectores v_{AZ} y v_{EL} . La fórmula de conversión es tal como la que se expresa mediante la Expresión (21).

[Mat. 21]

$$\overrightarrow{v_{AZ}} = \tilde{q}_{s \rightarrow e}(\overrightarrow{v_{AZ}}')\tilde{q}_{s \rightarrow e}^*$$

Expresión (21)

$$\overrightarrow{v_{EL}} = \tilde{q}_{s \rightarrow e}(\overrightarrow{v_{EL}}')\tilde{q}_{s \rightarrow e}^*$$

A continuación, en las etapas -S34- y -S35-, en base a la rotación obtenida q_{adj} , se calcula el ángulo en que debe girar la antena para cada eje. En otras palabras, se calculan, respectivamente, los ángulos de rotación en los ejes indicados mediante v_{AZ} y v_{EL} . El ángulo en el que se debe ajustar la antena en la dirección del azimut se indica mediante α , y el ángulo por el que se debe ajustar la antena en la dirección de la elevación se indica mediante β .

Cuando se cambia el azimut, también se mueve el eje de rotación v_{EL} en la dirección de elevación. Por lo tanto, en la presente realización, en primer lugar, se calcula la magnitud del ajuste del azimut y seguidamente se calcula la magnitud del ajuste de la elevación. En la siguiente descripción, v_{EL} será considerado un eje de rotación en la dirección de elevación corregida después de una rotación sobre el eje v_{AZ} .

En la etapa -S34-, se ajusta el azimut.

Cuando un cuaternión de rotación que indica una rotación sobre el eje v_{AZ} se indica mediante q_{AZ} y un cuaternión de rotación que indica una rotación sobre el eje v_{EL} se indica mediante q_{EL} , los cuaterniones de rotación se pueden expresar mediante la Expresión (22).
[Mat. 22]

$$q_{AZ} = \cos \frac{\alpha}{2} + u_{AZ} \sin \frac{\alpha}{2}, q_{EL} = \cos \frac{\beta}{2} + u_{EL} \sin \frac{\beta}{2} \quad (\text{donde } u = ix_v + jy_v + kz_v) \quad \text{Expresión (22)}$$

Además, si el ajuste de la dirección del azimut se realiza en primer lugar, la rotación obtenida q_{adj} se puede expresar como

$$q_{adj} = q_{EL} q_{AZ}.$$

Por lo tanto, los ángulos de rotación (α y β) sobre los ejes respectivos se pueden determinar obteniendo α y β que satisfagan la Expresión (23).
[Mat. 23]

$$v_{tgt} = q_{EL} q_{AZ} v_{pnt} q_{AZ}^* q_{EL}^* \quad \text{Expresión (23)}$$

Una vez finalizado el cálculo de α , se presenta al usuario el resultado del mismo mediante la unidad -24- de entrada/salida para hacer que el usuario realice el ajuste del azimut. Cuando se ha completado el ajuste, se pide al usuario que introduzca información de ello y el proceso avanza a la etapa -S35-. El proceso de la etapa -S35- es similar al proceso de la etapa -S34-. Por ejemplo, se presenta al usuario el resultado del cálculo mediante la unidad -24- de entrada/salida para hacer que el usuario realice el ajuste de la elevación.

Al final de la presente etapa, la dirección de orientación de la antena debe coincidir con el valor teórico.

Aunque el ajuste del azimut y el ajuste de la elevación se realizan en etapas independientes en el presente ejemplo, en cambio los ajustes se pueden ejecutar en paralelo. Por ejemplo, se puede pedir al usuario que realice los ajustes visualizando una pantalla tal como la mostrada en la figura 8.

Como se ha descrito anteriormente, el aparato para el ajuste de antenas según la primera realización obtiene una magnitud de rotación a la que es necesario ajustar una antena montando un sensor en la antena para obtener la información relativa a la posición de la antena, y, a continuación, convertir la posición al sistema de coordenadas ECEF. En consecuencia, se puede obtener la magnitud de rotación a la que es necesario hacer un ajuste.

Además, moviendo realmente la antena, se obtiene un vector correspondiente a un eje para ajustar el azimut y un vector correspondiente a un eje para ajustar la elevación. En consecuencia, incluso si la antena se instala en una situación en la que un eje está inclinado, se puede calcular con precisión el ángulo al que es necesario ajustar la antena.

Alternativamente, durante el ajuste, se puede obtener periódicamente información del sensor y los procesos de las etapas -S33- a -S35- se pueden realizar de forma repetitiva. En otras palabras, el ángulo al que es necesario girar la antena se puede notificar en tiempo real mientras se ajusta el ángulo de la antena.

(Segunda realización)

Cuando las ondas electromagnéticas transmitidas y recibidas mediante una antena usan polarización circular o no muestran separación de polarización, la antena se puede ajustar con el aparato para ajuste de antenas según la primera realización. Sin embargo, cuando se realiza separación de polarización mediante polarización horizontal y polarización vertical, puede ser preciso un ajuste del ángulo de polarización. En la segunda realización, se describirá un aparato para el ajuste de antenas capaz de ajustar el ángulo de polarización.

Un plano que incluye la orientación de oscilación de un campo eléctrico y la dirección de propagación de ondas electromagnéticas se denomina plano de polarización. En aplicaciones tales como la comunicación terrestre por microondas, con la dirección de la fuerza de la gravedad en la posición de instalación como referencia, la polarización que es literalmente horizontal se denomina polarización horizontal y la polarización que es literalmente vertical se denomina polarización vertical. En este caso, los ángulos de polarización se pueden hacer coincidir entre sí usando la dirección de la fuerza de la gravedad como referencia. Por otra parte, en la polarización lineal usada en la comunicación vía satélite, dado que una estación terrestre está situada en una superficie esférica tridimensional (o una superficie elipsoidal), es difícil hacer que los ángulos de polarización coincidan entre sí usando la dirección de la fuerza de la gravedad como una referencia. Sin embargo, con el aparato para el ajuste de antenas según la presente invención, dado que el eje de polarización de un satélite y el eje de polarización de una estación terrestre se pueden expresar usando el sistema de coordenadas ECEF, se puede calcular fácilmente un ángulo de ajuste para hacer que los ángulos de polarización coincidan entre sí.

En la segunda realización, el módulo sensor -10- se monta en una posición en la que, cuando se cambia el ángulo de polarización de la antena, también cambia la posición del módulo sensor. Además, se define un plano que incluye un eje de polarización opuesto a una línea recta que conecta la antena y el satélite entre sí, y se calcula la desviación con respecto al eje de polarización de la antena que se está ajustando. En otras palabras, se define un eje de polarización mediante un vector en el sistema de coordenadas ECEF, y se calcula y se presenta al usuario un ángulo de ajuste que hace que el eje de polarización de la antena que se está ajustando sea paralelo. En consecuencia, el ángulo de polarización puede ser ajustado a un ángulo ideal.

Con un satélite usual de órbita geoestacionaria, la polarización vertical se define de tal manera que incluye un eje paralelo al eje Z en el sistema de coordenadas ECEF, y la polarización horizontal se define como ortogonal al mismo. Sin embargo, dependiendo del satélite, se puede impartir una cierta inclinación (ángulo de inclinación) de tal manera que el plano de polarización sea aproximadamente vertical y horizontal con respecto a la superficie de la tierra en regiones geográficas determinadas. Este problema también se puede resolver calculando vectores en el sistema de coordenadas ECEF.

(Tercera realización)

Cuando una antena que es objeto de ajuste está fija en el suelo, una vez que se completa el ajuste de la dirección de orientación (el ángulo de polarización), la antena no requiere ningún ajuste más.

Por el contrario, cuando una antena con fuerte direccionalidad es montada en un objeto móvil (tal como un avión, un barco o un vehículo), la dirección del eje direccional cambia debido al movimiento o a una variación de la posición causada por el desplazamiento del objeto móvil. Teniendo esto en cuenta, se usan antenas de seguimiento automático que ajustan automáticamente la dirección de orientación y el plano de polarización de la antena y realizan correcciones sucesivas.

En una tercera realización, después de medir un cambio en la posición en un marco de tiempo corto y valorar el cambio como un cuaternión con el aparato para el ajuste de antenas según la primera o la segunda realización, el control correspondiente al cuaternión conjugado del mismo es enviado a un aparato de control de la posición de la antena. En consecuencia, la antena y el satélite pueden estar dispuestos para estar siempre enfrentados.

Aunque, en la primera y segunda realizaciones, se usa un aparato independiente para el ajuste de antenas, cuando se usa un aparato de control de posición de la antena, el aparato de control de posición se puede configurar para incluir funciones del aparato de ajuste de la antena descrito anteriormente.

Las realizaciones descritas anteriormente únicamente representan ejemplos, y la presente invención se puede implementar con diversas modificaciones sin salirse del alcance de la invención.

Por ejemplo, aunque se supone un hardware específico como el módulo sensor -10- en la descripción de las realizaciones, el módulo sensor -10- puede ser un pequeño ordenador tal como un teléfono inteligente o un ordenador portátil.

Además, aunque se suponen aparatos independientes como el módulo sensor -10- y el aparato -20- de cálculo en la descripción de las realizaciones, el módulo sensor -10- y el aparato -20- de cálculo pueden estar incluidos en un único elemento de hardware (por ejemplo, un teléfono inteligente o un ordenador de tableta). Por ejemplo, un sensor integrado en un teléfono inteligente se puede usar como el módulo sensor -10- y el aparato -20- de cálculo se puede implementar mediante un programa ejecutado mediante el teléfono inteligente.

Asimismo, aunque en la descripción de las realizaciones se ha presentado un ejemplo de comunicación entre el suelo (una estación terrestre) y un satélite, la presente invención puede ser aplicada a la comunicación inalámbrica entre estaciones terrestres y a la comunicación inalámbrica entre objetos móviles, además de la comunicación vía satélite.

- 10- módulo sensor
- 11- sensor de aceleración
- 12- sensor geomagnético
- 13- unidad de recepción GPS
- 20- aparato de cálculo
- 21- unidad de obtención de información del sensor
- 22- unidad de almacenamiento de información del satélite
- 23- unidad de cálculo
- 24- unidad de entrada/salida
- 101- satélite geoestacionario
- 102- antena
- 104- eje direccional
- 201- poste de instalación

REIVINDICACIONES

1. Aparato para el ajuste de antenas usado para ajustar la posición de una antena (102) que tiene direccionalidad y es capaz de cambiar la posición de la misma mediante una pluralidad de ejes, comprendiendo el aparato para el
5 ajuste de antenas:

una pluralidad de sensores (10, 11, 12, 13) configurados para ser capaces de obtener la dirección de la fuerza de la gravedad, la dirección del norte real y coordenadas GPS con el fin de obtener información relativa a una posición en un espacio tridimensional;
10 una unidad de obtención de eje móvil configurada para obtener una pluralidad de vectores de ajuste correspondientes a la pluralidad de ejes, respectivamente, y detectar la orientación de cada eje sobre el que la antena (102) puede girar mediante la obtención de un cambio en la salida del sensor para cada uno de los ejes cuando la antena (102) montada con el sensor gira sobre cada uno de los ejes mientras cada uno del resto de ejes de la pluralidad de ejes está fijo;
15 una primera unidad (21) de obtención de la dirección configurada para obtener una primera dirección correspondiente a un eje (104) direccional de la antena (102), en base a la información emitida por el sensor, en la que la salida del sensor es un vector gravitacional;
una segunda unidad (21) de obtención de la dirección configurada para obtener una segunda dirección, que es la dirección con la que debe ser alineado el eje (104) direccional de la antena (102); y
20 una unidad (23) de cálculo configurada para calcular, para cada uno de los ejes, un ángulo de corrección, que es el ángulo que la antena (102) debe girar con el fin de hacer que la primera dirección y la segunda dirección coincidan entre sí, usando la pluralidad de vectores, en la que la primera dirección y la segunda dirección están expresadas en un sistema de coordenadas con base en la tierra.
- 25 2. Aparato para el ajuste de antenas, según la reivindicación 1, en el que la primera unidad (21) de obtención de la dirección está configurada para obtener la primera dirección usando la dirección de la fuerza de la gravedad, la dirección del norte real y las coordenadas GPS.
3. Aparato para el ajuste de antenas, según la reivindicación 2, en el que
30 la segunda unidad (21) de obtención de la dirección está configurada para determinar la segunda dirección usando las coordenadas GPS obtenidas mediante el sensor y la información de posición de un satélite almacenada con antelación.
4. Aparato para el ajuste de antenas, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que
35 la primera unidad (21) de obtención de la dirección está configurada para obtener la información de posición del sensor, que es la información relativa a la posición de montaje del sensor en la antena (102), y para obtener la primera dirección usando además la información.
5. Aparato para el ajuste de antenas, según la reivindicación 4, en el que
40 la antena (102) incluye una o más bases sensoras para montar el sensor, y la primera unidad (21) de obtención de la dirección está configurada para obtener información de la posición del sensor correspondiente a la base sensora en la que está montado el sensor.
6. Aparato para el ajuste de antenas, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que
45 la primera dirección y la segunda dirección están expresadas usando el sistema de coordenadas ECEF.
7. Aparato para el ajuste de antenas, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende, además, una unidad de accionamiento configurada para cambiar la posición de la antena (102) haciendo girar la antena (102) en la pluralidad de ejes, en que
50 la unidad (23) de cálculo está configurada para calcular el ángulo de corrección necesario para seguir un satélite en un período fijado, y la unidad de accionamiento está configurada para corregir la posición de la antena (102) en base al ángulo de corrección calculado.
8. Aparato para el ajuste de antenas, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que
55 la pluralidad de ejes está formada por un eje correspondiente al azimut y un eje correspondiente a la elevación.
9. Procedimiento de ajuste de antenas para ajustar la posición de una antena (102) que tiene direccionalidad y es capaz de cambiar la posición de la misma mediante una pluralidad de ejes,
60 comprendiendo el procedimiento de ajuste de la antena:
una pluralidad de sensores (10, 11, 12, 13) que obtienen la dirección de la fuerza de la gravedad, obtienen la dirección del norte real y obtienen coordenadas GPS con el fin de obtener información relativa a la posición en un espacio tridimensional;
una etapa de obtención de un eje móvil para obtener una pluralidad de vectores de ajuste correspondiente a cada uno de la pluralidad de ejes, respectivamente, y detectar la orientación de cada eje sobre el que puede girar la
65 antena (102) obteniendo un cambio en la salida de un sensor para cada uno de los ejes cuando la antena (102) que

- tiene montado el sensor gira en cada uno de los ejes mientras el resto de ejes de la pluralidad de ejes están fijos, estando configurado el sensor para obtener información relativa a la posición en un espacio tridimensional;
- 5 una primera etapa de obtención de la dirección para obtener una primera dirección correspondiente a un eje (104) direccional de la antena (102), en base a la información generada mediante el sensor, en la que la salida del sensor es un vector gravitacional;
- una segunda etapa de obtención de la dirección para obtener una segunda dirección, que es la dirección con la que se debe alinear el eje (104) direccional de la antena (102); y
- 10 una etapa de cálculo de calcular, para cada uno de los ejes, el ángulo de corrección, que es un ángulo al que debe girar la antena (102) con el fin de hacer que la primera dirección y la segunda dirección coincidan entre sí, usando la pluralidad de vectores, en la que
- la primera dirección y la segunda dirección están expresadas mediante un sistema de coordenadas con base en la tierra.

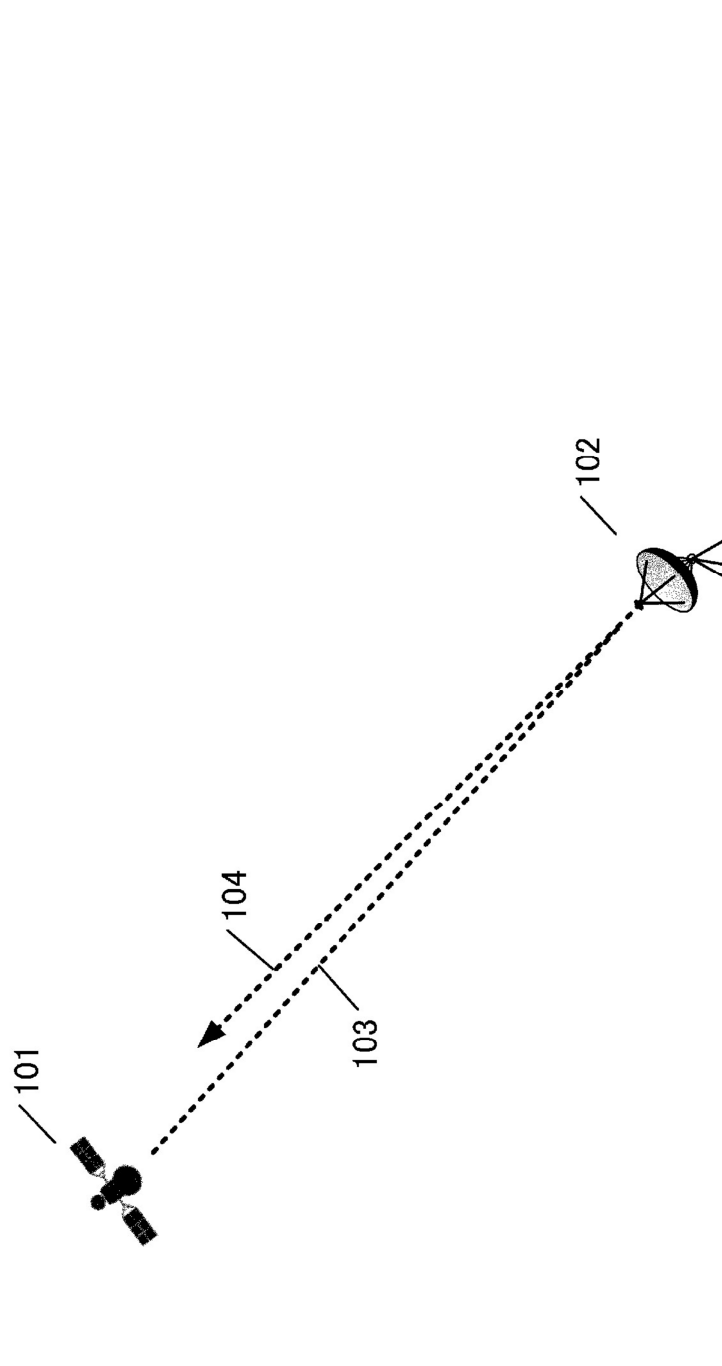


FIG. 1

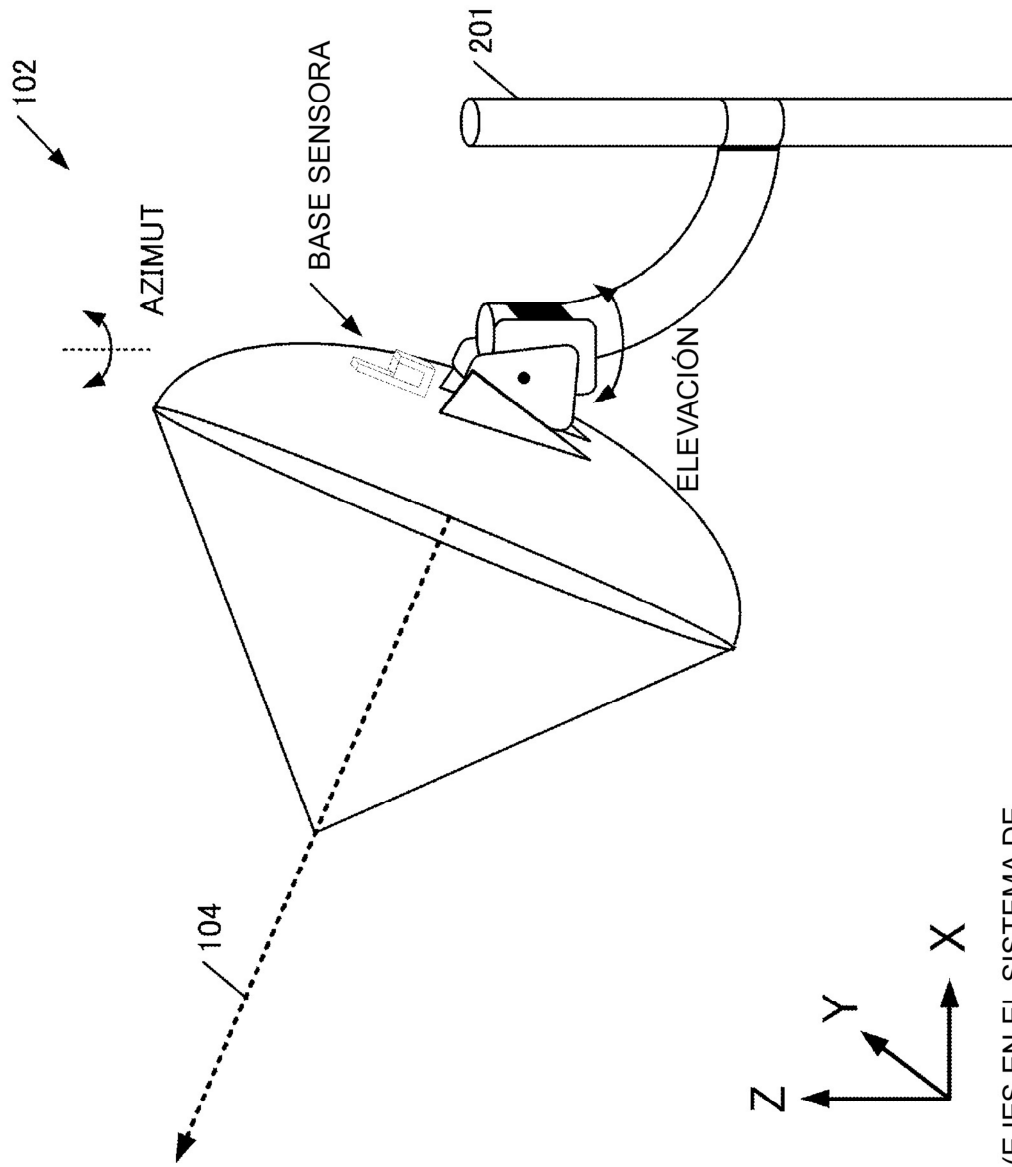


FIG. 2

(EJES EN EL SISTEMA DE
COORDENADAS DE LA ANTENA)

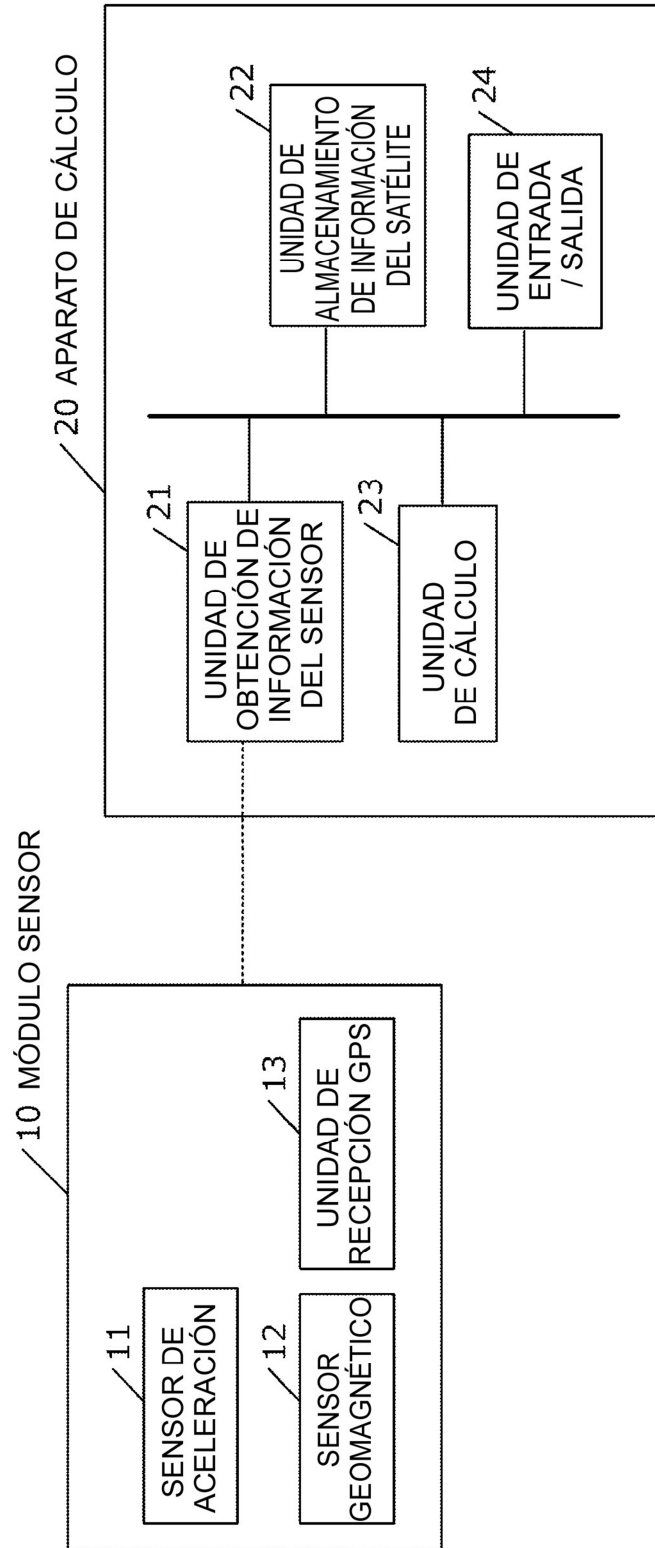


FIG. 3

SATÉLITE	LONGITUD ESTE (GRADOS)	RADIO DE REVOLUCIÓN (km)
N-SAT-110	110,0	42164,0
JCSAT-3A	128,0	42164,0
JCSAT-4A	124,0	42164,0
...	...	...

FIG. 4

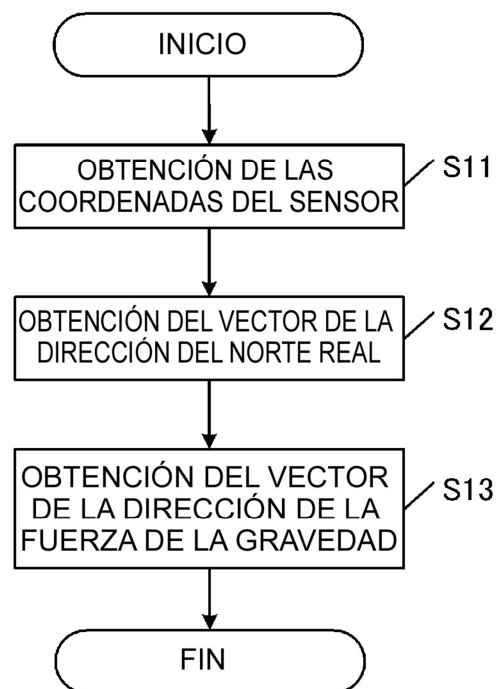


FIG. 5

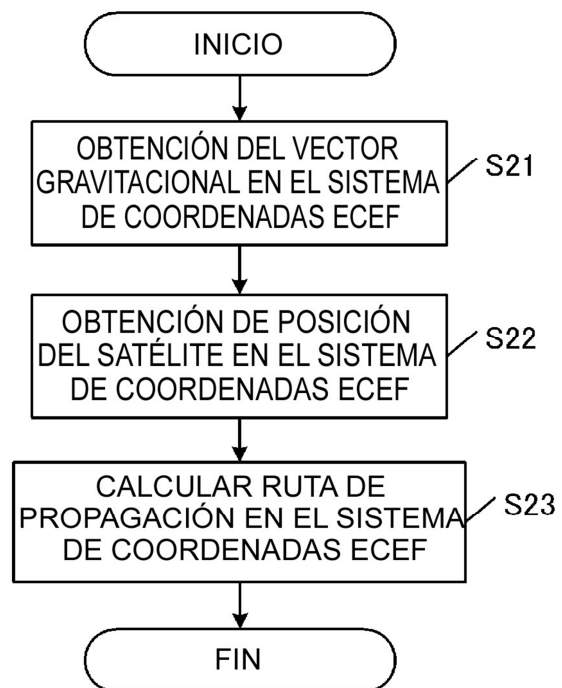


FIG. 6

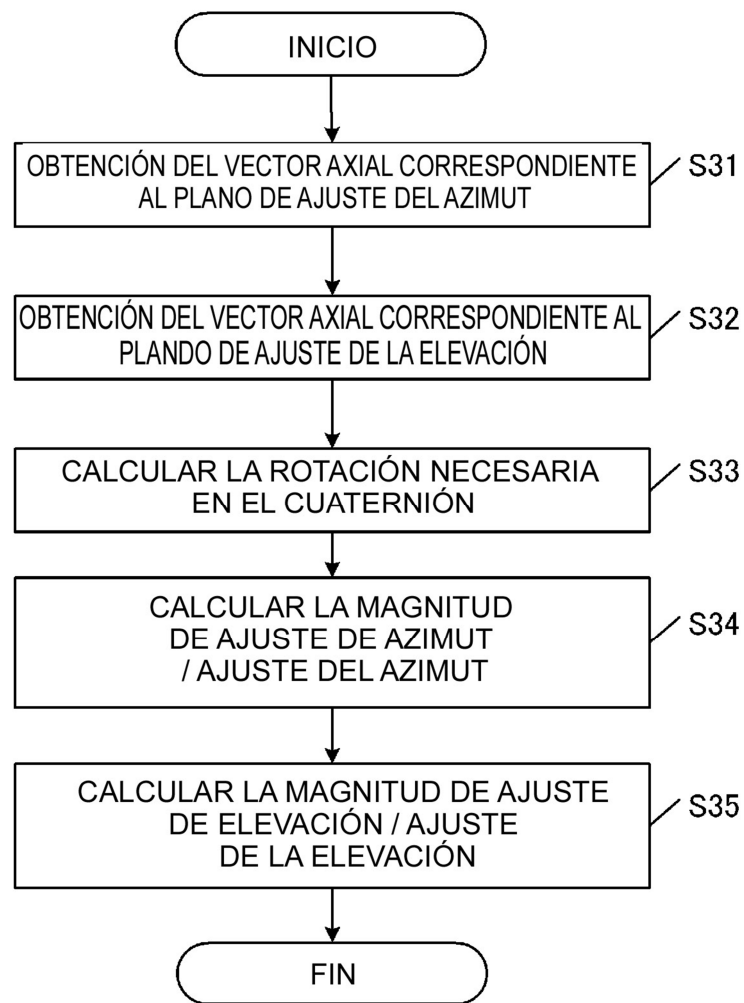


FIG. 7



FIG. 8