

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 784 745**

51 Int. Cl.:

G01S 5/14 (2006.01)

G01S 11/02 (2010.01)

B64G 1/24 (2006.01)

B64G 1/36 (2006.01)

B64G 3/00 (2006.01)

G01S 5/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.03.2010 PCT/JP2010/054882**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.09.2011 WO11114531**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.03.2010 E 10847942 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2020 EP 2549287**

54 Título: **Sistema de posicionamiento para satélite artificial geostacionario**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.09.2020

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

72 Inventor/es:
SATO EIJI;
ICHIE YASUHIDE y
NAGAI HIROAKI

74 Agente/Representante:
DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 784 745 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 posicionamiento para satélite artificial geoestacionario

5 Sector técnico

La presente invención se refiere a una tecnología para medir la posición de un satélite artificial geoestacionario que orbita en el espacio exterior.

10 Estado de la técnica anterior

Los satélites artificiales geoestacionarios (en lo sucesivo, también simplemente "satélites") se utilizan en servicios tales como la radiodifusión por satélite y las comunicaciones por satélite. Los satélites artificiales geoestacionarios rodean la tierra a lo largo de una órbita geoestacionaria predeterminada que tiene el mismo período que la rotación de la tierra. Visto desde el suelo, por lo tanto, un satélite artificial geoestacionario parece estar en la misma elevación y acimut en todo momento.

15 En la realidad, la posición del satélite se desvía ligeramente de la órbita geoestacionaria como resultado de fuerzas tales como la atracción gravitacional del sol/luna/tierra, la presión de la radiación solar y similares, que actúan sobre el satélite. Durante el funcionamiento del satélite artificial geoestacionario, por lo tanto, es necesario corregir periódicamente las desviaciones de la órbita. Específicamente, se mide la distancia desde el suelo hasta el satélite, para determinar de este modo la posición del satélite (esto se conoce como "medición del alcance"), y la posición y la disposición del satélite se ajustan, a continuación, por medio de un disparo en chorro según sea necesario. Se requiere una medición de alta precisión del alcance para llevar a cabo dicho control de órbita con precisión y eficiencia.

20 Se han propuesto diversos procedimientos de medición. Uno de estos procedimientos conocidos (denominado "medición del alcance de una estación") consiste en medir la distancia desde una estación terrestre (antena) hasta el satélite, así como la elevación y el acimut. No obstante, la distancia desde la estación terrestre al satélite es muy grande y, por lo tanto, los pequeños errores de ángulo ejercen una influencia significativa en la precisión de la medición de posición dentro de un plano que es perpendicular a la línea que une la estación terrestre y el satélite. En consecuencia, surgió un problema en el sentido de que, para conseguir un grado práctico de precisión con la medición del alcance de una estación, se incurre en costes sustanciales de equipo, debido a la necesidad de una antena que tenga un diámetro grande (por ejemplo, de aproximadamente 5 m para ondas de radio en una banda de frecuencia de 12 GHz) y que esté equipada con un mecanismo de control de ángulo de alta precisión.

25 La literatura de patentes 1 da a conocer un procedimiento de determinación de distancia que utiliza una serie de estaciones terrestres. Este documento, párrafo 0028; figura 5, da a conocer un procedimiento que implica disponer una estación de transmisión y una serie de estaciones de recepción, haciendo que el satélite devuelva una señal de referencia de enlace ascendente (marca de tiempo) desde la estación de transmisión, y midiendo el tiempo que transcurre hasta que cada estación de recepción recibe la señal, para determinar con precisión, de este modo, la posición del satélite, según los principios de la topografía trigonométrica o cuadrilateral. Este documento da a conocer, asimismo, la funcionalidad de utilizar un satélite de GPS (sistema de posicionamiento global, Global Positioning System) para la sincronización de tiempos entre estaciones de recepción. Se puede esperar que el procedimiento de la literatura de patentes 1 proporcione una mejor precisión que la medición del alcance de una estación, pero tiene un inconveniente en la parte de un transpondedor, que se utilizará para un servicio, tal como la radiodifusión o las comunicaciones, se debe utilizar teniendo en cuenta una señal de referencia para la medición del alcance. Además, son necesarios algunos equipos para el enlace ascendente para transmitir, al satélite, la señal de referencia para la medición del alcance. En el caso de un satélite (por ejemplo, un satélite de reserva) para el cual el transpondedor que corresponde a la banda de frecuencia para la medición del alcance no se utiliza, además, surge un problema, porque no es posible la retransmisión de la señal de referencia, y la medición del alcance no se puede llevar a cabo.

30 La Patente US5,570,096 da a conocer un sistema de rastreo satelital que funciona en un modo activo y un modo pasivo. En el modo activo, un transmisor emite una señal de seguimiento dentro de un espectro extendido a un satélite y, como mínimo, un receptor recibe la señal retransmitida por el satélite. En el modo pasivo, como mínimo, dos receptores reciben, cada uno, una señal transmitida desde el satélite durante el funcionamiento normal y un controlador/analizador determina la posición y la velocidad del satélite a partir de las señales recibidas.

35 La Patente EP08102255.0 da a conocer un procedimiento para su utilización por parte de una estación base celular de acceso múltiple por división de código que tiene una primera y una segunda antena, comprendiendo el procedimiento transmitir la primera información de sincronización desde la primera antena durante un primer intervalo de tiempo, y transmitir la segunda información de sincronización de la segunda antena durante un segundo intervalo de tiempo.

60 La Patente EP08013326.7 da a conocer un sistema para estimar la posición de una nave espacial. Incluye recibir estaciones para recibir señales transmitidas desde la nave espacial y una estación de proceso para recibir datos de

las estaciones receptoras. Cada estación receptora graba las señales transmitidas desde la nave espacial y transmite datos que representan las señales grabadas a la estación de proceso. La estación de proceso correlaciona las señales grabadas para estimar la distancia entre la nave espacial y cada una de una serie de estaciones receptoras, y para estimar la posición de la nave espacial.

5

Lista de citas

Literatura de patentes

10

Literatura de patentes 1: traducción japonesa de la Patente 2004-534212

Características de la invención

15

Problema técnico

A la vista de lo anterior, un objetivo de la presente invención es dar a conocer una tecnología que permita la medición del alcance de alta precisión de un satélite artificial geoestacionario, utilizando un equipo comparativamente simple, y sin ocupar una banda de transpondedor para el propósito de medir.

20

Solución al problema

Para alcanzar el objetivo anterior, la presente invención adopta la configuración que se describe a continuación. Específicamente, el sistema de medición de posición para un satélite artificial geoestacionario según la presente invención incluye: dos o más antenas que incluyen, como mínimo, una primera antena y una segunda antena, que reciben, en ubicaciones diferentes una de otra, cualquier señal transmitida por un satélite artificial geoestacionario; un medio de almacenamiento, para almacenar una señal de recepción recibida por cada antena, junto con un tiempo de recepción de la señal de recepción; un medio de proceso de correlación, para calcular una diferencia en el tiempo de recepción de una misma señal entre la primera antena y la segunda antena, mediante el proceso de la correlación en la señal de recepción de la primera antena y la señal de recepción de la segunda antena que han sido almacenadas en el medio de almacenamiento; un medio de medición, para medir una distancia entre la primera antena y el satélite artificial geoestacionario opcional sobre la base del resultado de la medición del tiempo de ida y vuelta de una señal entre dicha primera antena o una antena para medición dispuesta cerca de dicha primera antena y dicho satélite artificial geoestacionario; y un medio de cálculo, para calcular una distancia entre la segunda antena y el satélite artificial geoestacionario sobre la base de la distancia entre la primera antena y el satélite artificial geoestacionario obtenida mediante el medio de medición, y la diferencia en el tiempo de recepción entre la primera antena y la segunda antena obtenida por el medio de proceso de correlación, en donde dicho medio de cálculo lleva a cabo un primer proceso de interpolación y/o un segundo proceso de interpolación para obtener un valor de la primera distancia y un valor de la segunda distancia al mismo tiempo, siendo el primer proceso de interpolación procesar para interpolar una serie de valores de la primera distancia obtenida mediante una serie de mediciones mediante dicho medio de medición, siendo el segundo proceso de interpolación procesar para interpolar una serie de valores de la segunda distancia obtenida mediante el proceso de correlación una serie de veces mediante dicho medio de proceso de correlación.

25

30

35

40

45

En el presente documento, "misma señal" indica una "señal transmitida en el mismo momento por el satélite artificial geoestacionario". Por lo tanto, la funcionalidad "diferencia en el tiempo de recepción de una misma señal entre la primera antena y la segunda antena" se puede expresar como "la diferencia en el tiempo que transcurre hasta que una señal que es transmitida, en un mismo momento, por el satélite artificial geoestacionario, llega a la primera antena, y el tiempo que tarda la señal en llegar a la segunda antena". Alternativamente, la funcionalidad también se puede expresar como el "tiempo de retardo entre la llegada de una señal que es transmitida, en un mismo momento, por el satélite artificial geoestacionario, a una primera (o segunda antena), y la llegada a una segunda (o primera antena)". En el caso de tres o más antenas, la diferencia entre los tiempos de recepción de la primera antena y la antena de orden N ($N > 3$), y la distancia entre la antena de orden N y el satélite artificial geoestacionario se puede calcular mediante el mismo proceso que en el caso de la segunda antena.

50

55

En la configuración de la presente invención, cualquier señal transmitida por el satélite artificial geoestacionario se puede utilizar para calcular las diferencias en los tiempos de recepción entre antenas, mediante el proceso de correlación. Por consiguiente, no es necesario utilizar parte de un transpondedor a causa de una señal de referencia para la medición del alcance, tal como en los casos convencionales, y no se requiere un enlace ascendente de la señal de referencia al satélite artificial geoestacionario. Como las antenas que se utilizan en la presente invención, es suficiente utilizar antenas que puedan recibir ondas de radio de un satélite artificial geoestacionario y, por lo tanto, por ejemplo, se pueden utilizar antenas comerciales que tengan un diámetro comprendido entre aproximadamente 50 cm y 120 cm si se utilizan ondas de radio en una banda de frecuencia de 12 GHz. Por lo tanto, se ofrece una reducción de costes significativa en comparación con los sistemas convencionales que requieren antenas de gran diámetro y equipos de enlace ascendente. Además, la instalación de equipos de antena es extremadamente fácil.

60

65

Como una funcionalidad caracterizadora de la presente invención, la distancia entre una primera antena que sirve como referencia y un satélite artificial geoestacionario (en lo sucesivo, "distancia de referencia") se calcula por medio de la medición, y la distancia entre la otra antena y el satélite artificial geoestacionario se calcula como un valor relativo con respecto a la distancia de referencia descrita anteriormente, sobre la base de la diferencia en el tiempo de recepción con respecto a la primera antena. De este modo, obteniendo la distancia de referencia mediante medición, es posible calcular con buena precisión la distancia entre la antena y el satélite artificial geoestacionario. Como resultado, la posición de la órbita tridimensional del satélite artificial geoestacionario se puede calcular con suficiente precisión, incluso si la distancia de disposición entre la primera antena y la otra antena no es tan grande. Reducir la distancia de disposición entre antenas es particularmente ventajoso en países de pequeña superficie terrestre, tales como Japón y otros países asiáticos.

La configuración anterior, preferentemente, además, tiene medios de calibración de reloj para calibrar automáticamente relojes que cuentan los tiempos de recepción de las antenas respectivas, sobre la base de un mismo sistema de tiempo de referencia.

En el presente documento, el "mismo sistema de tiempo de referencia" indica que se puede utilizar, por ejemplo, la información de tiempo transmitida por un satélite de GPS o la información de tiempo de ondas de radio estándar (en el caso de Japón, hora estándar de Japón transmitida mediante JJY). Como resultado, los tiempos de una serie de estaciones terrestres en ubicaciones remotas pueden coincidir sustancialmente unos con otros y, por lo tanto, las diferencias de tiempo de recepción se pueden calcular con buena precisión.

Tal como se describió anteriormente, cualquier señal transmitida por el satélite artificial geoestacionario se puede utilizar en la presente invención. En este caso, las señales portadoras que se utilizan en servicios de radiodifusión por satélite o servicios de comunicaciones por satélite son adecuadas para su utilización en el proceso de correlación, puesto que hacer esto se puede esperar que dé como resultado una mayor precisión del proceso de correlación. Se puede obtener una precisión práctica, incluso con el proceso de correlación con señales de corto plazo. Por lo tanto, se puede utilizar un generador estándar de frecuencia pequeño y económico, por ejemplo, de rubidio o cuarzo, lo cual es ventajoso. Alternativamente, una señal de telemetría del satélite artificial geoestacionario se puede utilizar de manera apropiada para el proceso de la correlación. Esto se debe a que, por lo general, todos los tipos de satélites geoestacionarios emiten una señal de telemetría y, por lo tanto, el esquema de medición del alcance de la presente invención se puede utilizar independientemente del estado del satélite artificial geoestacionario.

Efectos ventajosos de la invención

La presente invención permite la medición del alcance de alta precisión de un satélite artificial geoestacionario, utilizando un equipo comparativamente simple, y sin ocupar una banda de transpondedor para el propósito de medir.

Breve descripción de los dibujos

[Figura 1] Un diagrama para explicar una descripción general de un procedimiento de medición en un sistema de medición de posición, según una realización de la presente invención

[Figura 2] Un diagrama que muestra la configuración de un dispositivo de un sistema de medición de posición, según una realización de la presente invención

[Figura 3] Un diagrama de flujo que muestra el flujo del proceso de medición del alcance

[Figura 4] Un diagrama para explicar las señales de recepción que se utilizan para la medición del alcance y un resultado a modo de ejemplo del proceso de correlación

Descripción de realizaciones

El sistema de medición de posición según una realización de la presente invención se explicará a continuación con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos. El sistema de medición de posición es un sistema para la medición del alcance de satélites artificiales geoestacionarios que se utilizan, por ejemplo, en la transmisión por satélite, las comunicaciones por satélite, la observación meteorológica o similares, y se utiliza, por ejemplo, para la monitorización y la predicción de órbitas satelitales, y para el control de órbita, en centros de control de satélites artificiales geoestacionarios.

(Resumen del procedimiento de medición de alcance)

Una descripción general del procedimiento de medición del alcance del presente sistema se explicará en primer lugar con referencia a la figura 1. El presente sistema está dispuesto con una serie de estaciones terrestres que están dispuestas en ubicaciones diferentes de la superficie terrestre. La figura 1 muestra un ejemplo de dos estaciones terrestres 20, 21, pero también se pueden utilizar tres o más estaciones terrestres.

En una estación terrestre 20 que sirve como referencia, de entre las estaciones terrestres, está dispuesto un dispositivo de medición de distancia que mide una distancia R20 entre la estación terrestre 20 y un satélite artificial geostacionario 10. Como dispositivo de medición de distancia se puede utilizar, por ejemplo, un dispositivo que mide un tiempo de ida y vuelta de las ondas de radio entre la estación terrestre y el satélite artificial geostacionario, utilizando una antena transmisora y receptora, y que calcula la distancia sobre la base del tiempo de ida y vuelta y la velocidad de propagación de las ondas de radio. Los dispositivos de este tipo son costosos e involucran instalaciones relativamente a gran escala. Por lo tanto, no es práctico disponer un dispositivo de medición de distancia en todas las estaciones terrestres que están dispuestas con el fin de determinar la medición del alcance. En el presente sistema, en consecuencia, el dispositivo de medición de distancia está dispuesto solo en la estación terrestre de referencia 20; en las otras estaciones terrestres 21, la distancia hasta el satélite artificial geostacionario 10 se calcula sobre la base de una relación relativa con la estación terrestre de referencia 20 de la manera que se describe a continuación.

Cualquier señal (ondas de radio) transmitida por el satélite artificial geostacionario 10 es recibida por las estaciones terrestres 20, 21. Normalmente, una distancia R21 desde el satélite artificial geostacionario 10 a la estación terrestre 21 es diferente de la distancia R20 desde el satélite artificial geostacionario 10 a la estación terrestre 20. Por lo tanto, se produce una diferencia horaria Δt entre el tiempo t_2 , en el que una señal transmitida por el satélite artificial geostacionario 10 en el momento t_1 alcanza la estación terrestre 20, y el tiempo t_3 , en el que la misma señal llega a la estación terrestre 21. En el presente sistema, la diferencia Δt del tiempo de recepción de una misma señal entre la estación terrestre 20 y la estación terrestre 21 se calcula mediante el proceso de correlación de la señal de recepción recibida por la estación terrestre 20 y la señal de recepción 10 recibida por la estación terrestre 21.

La distancia R21 entre la estación terrestre 21 y el satélite artificial geostacionario 10 se puede considerar como la suma total de una distancia R21a sobre la cual se propagan las ondas de radio entre los tiempos t_1 a t_2 , y una distancia R21b sobre la cual se propagan las ondas de radio durante Δt . La distancia R21a no se puede calcular directamente, ya que el tiempo t_1 es desconocido. No obstante, la distancia R21a puede ser aproximada por la distancia R20 desde el satélite artificial geostacionario 10 a la estación terrestre 20. Por lo tanto, la distancia R21 entre la estación terrestre 21 y el satélite artificial geostacionario 10 se puede calcular si la distancia R20 medida realmente desde la estación terrestre 20 al satélite artificial geostacionario 10 y la diferencia Δt de los tiempos de recepción entre la estación terrestre 20 y la estación terrestre 21 son conocidas.

En un cálculo real, preferentemente, una porción R21a' en el lado próximo a la estación terrestre 21, desde cuya distancia R21 entre la estación terrestre 21 y el satélite artificial geostacionario 10, se aproxima por la distancia R20 realmente medida desde la estación terrestre 20 hasta el satélite artificial geostacionario 10, tal como se indica por la línea de puntos de la figura 1, y la porción R21b' próxima al satélite artificial geostacionario 10 en el lado próximo al satélite artificial geostacionario 10 se calcula sobre la base de Δt . Es decir, la distancia R21 se puede calcular en base a la expresión que se muestra a continuación, utilizando la velocidad de la luz c en el vacío.

$$R21 = R20 + c\Delta t$$

La velocidad de propagación de las ondas de radio varía entre las proximidades del satélite artificial geostacionario (en el vacío) y la proximidad de la superficie del suelo. No obstante, dicha variación de la velocidad de propagación ya está incorporada en el valor de la distancia R20 medida realmente. En consecuencia, el cálculo de la distancia R21 permite calcular la distancia R21 según un cálculo simple que tiene en cuenta las variaciones de la velocidad de propagación en la proximidad de la superficie terrestre, al aproximar la porción R21a', en el lado próximo a la estación terrestre 21, por la distancia R20 medida realmente.

Se calculan las distancias R20, R21 desde las estaciones terrestres 20, 21 hasta el satélite artificial geostacionario 10 según el procedimiento mencionado anteriormente. La órbita del satélite artificial geostacionario se puede calcular con buena precisión tras la medición repetida de las distancias R20, R21 para una serie de momentos del tiempo, combinando un procedimiento estadístico, tal como mínimos cuadrados, para los puntos de datos medidos, con la generación de la órbita del satélite artificial geostacionario en un período de obtención de datos según un modelo, por ejemplo, de cómo la gravedad del sol y la luna actúan sobre el satélite artificial geostacionario.

Cualquier señal que es transmitida por el satélite artificial geostacionario 10 se puede utilizar para determinar la medición del alcance en el presente sistema. Específicamente, se puede utilizar la señal de una portadora que se utiliza para servicios de radiodifusión por satélite o servicios de comunicaciones por satélite (en lo sucesivo, también denominada "portadora de usuario"), o una señal de telemetría (señal emitida periódicamente por el satélite artificial geostacionario para notificar condiciones tales como temperatura, corriente, disposición, etc.). Una señal portadora de usuario se utiliza preferentemente desde el punto de vista de la precisión en el proceso de correlación. Una portadora de usuario, que es una banda ancha, transporta una variedad de elementos de información y, por lo tanto, forma de manera ordinaria formas de onda de señal complejas que es muy poco probable que se repitan en una forma de onda similar en otro momento. Como resultado, la salida de resultados erróneos en el proceso de correlación se puede reducir al máximo, y se puede conseguir una precisión práctica, incluso con el proceso de

correlación utilizando señales de corto plazo. Por otro lado, la utilización de una señal de telemetría también tiene algunas ventajas, ya que existen satélites artificiales geoestacionarios (por ejemplo, satélites de reserva) que no transmiten ninguna señal portadora de usuario. Las señales de telemetría pueden ser recibidas normalmente desde cualquier satélite artificial geoestacionario y, por lo tanto, el esquema de medición del alcance del presente sistema se puede utilizar independientemente del estado del satélite artificial geoestacionario.

(Configuración del dispositivo)

A continuación, se explicará un ejemplo de configuración específica del sistema de medición de posición con referencia a la figura 2.

El sistema de medición de posición comprende las dos estaciones terrestres 20, 21. La primera estación terrestre 20, como estación de referencia, está provista de una primera antena 30 para la recepción, un amplificador y un convertidor de frecuencia 1000, un muestreador 2000, un generador estándar de tiempo y frecuencia 3000, y un ordenador electrónico 4000. De manera similar, la segunda estación terrestre 21 está provista de una segunda antena 31 para la recepción, un amplificador y convertidor de frecuencia 1001, un muestreador 2001, un generador estándar de tiempo y frecuencia 3001 y un ordenador electrónico 4001. La primera estación terrestre 20 está provista de una antena 40 y una unidad de medición de distancia 50, como dispositivo de medición de distancia (medio de medición) para medir la distancia (distancia de referencia) desde la primera antena 30 hasta el satélite artificial geoestacionario 10.

La primera antena 30 es un dispositivo para recibir ondas de radio que son transmitidas por el satélite artificial geoestacionario 10. Una antena de recepción de radiodifusión satelital para utilización comercial puede ser utilizada como primera antena 30. En un caso en el que se utiliza una señal de banda ancha, como portadora de usuario, en un ejemplo de ondas de radio de una banda de frecuencia de 12 GHz, se puede conseguir una precisión suficiente con antenas que tengan un diámetro comprendido entre aproximadamente 50 cm y 100 cm. Si se utilizan señales de banda estrecha, por ejemplo, señales de telemetría, es preferente utilizar una antena ligeramente mayor, que tenga un diámetro de aproximadamente 120 cm, desde el punto de vista de mejorar la proporción SN. La señal recibida por la primera antena 30 es introducida en el amplificador y el convertidor de frecuencia 1000 a través de un cable coaxial.

El amplificador y el convertidor de frecuencia 1000 es un dispositivo que amplifica la señal de recepción introducida desde la primera antena 30 y convierte la frecuencia de la señal en una banda de video. La salida del amplificador y convertidor de frecuencia 1000 es introducida en el muestreador 2000.

El generador estándar de tiempo y frecuencia 3000 es un dispositivo que recibe información de tiempo transmitida por un satélite de GPS, y que, de manera síncrona, emite una señal estándar de frecuencia y una señal de 1-PPS (pulso por segundo). La señal de 1-PPS es una señal similar a un pulso que se emite cada segundo de manera síncrona con la hora del GPS. La señal estándar de frecuencia es una señal de frecuencia predeterminada (por ejemplo, de 10 MHz) que se genera utilizando la señal de 1-PPS como referencia. En la presente realización, la señal estándar de frecuencia se obtiene calibrando la frecuencia emitida por un oscilador, por ejemplo, de cuarzo o rubidio, utilizando la señal de 1-PPS como referencia. La señal estándar de frecuencia y la señal de 1-PPS se introducen en el muestreador 2000, a través de un cable, y se conocen como señal de referencia para determinar un tiempo de recepción que se proporciona a los datos de la señal de recepción. La otra estación terrestre 21 también está provista del generador estándar de tiempo y frecuencia 3001 de configuración idéntica. Los generadores estándar de tiempo y frecuencia funcionan como un medio de calibración de reloj para la calibración automática de los relojes de las estaciones terrestres 20, 21 sobre la base del sistema de hora GPS. En un caso en el que se utiliza la salida del oscilador, por ejemplo, de cuarzo o rubidio, tal cual, como el estándar de frecuencia, sin medios de calibración de reloj tales como los proporcionados anteriormente, los tiempos en las estaciones terrestres cambian gradualmente y, por lo tanto, se produce un problema, porque el error de cálculo de la diferencia de tiempo de recepción Δt crece gradualmente. Por el contrario, en un caso de calibración de reloj en curso sobre la base de un sistema de tiempo de referencia común, tal como en la presente realización, los relojes de la serie de estaciones terrestres en ubicaciones remotas se pueden sincronizar sustancialmente (en sentido estricto, el desplazamiento relativo del tiempo se mantiene dentro de un alcance dado). Como resultado, la diferencia de tiempo de recepción Δt se puede calcular con buena precisión durante largos períodos de tiempo.

El muestreador 2000 es un circuito que tiene la función de muestrear la señal analógica que se introduce desde el amplificador y el convertidor de frecuencia 1000, convirtiendo la señal analógica en datos digitales, y aplicando la información del tiempo de recepción a los datos. Los tiempos proporcionados por el muestreador 2000 se establecen utilizando, como referencia, la señal de 1-PPS y la señal estándar de frecuencia que proporciona el generador estándar de tiempo y frecuencia 3000.

El ordenador electrónico 4000 tiene la función de guardar, en un dispositivo de almacenamiento, los datos que emite el muestreador 2000 (señal de recepción a la que se le ha proporcionado el tiempo de recepción), una función de intercambio de datos con el ordenador electrónico 4001 de la otra estación terrestre 21, a través de la red de comunicación 5000, una función de cálculo de la diferencia de tiempo de recepción Δt mediante el proceso de

correlación entre señales de recepción, y una función de calcular la distancia R21 entre la estación terrestre 21 y el satélite artificial geoestacionario 10, sobre la base de Δt . El ordenador electrónico 4000 se puede configurar en forma de un ordenador personal de propósito general que está provisto, por ejemplo, de una CPU (unidad central de proceso, Central Processing Unit), un dispositivo de almacenamiento principal (por ejemplo, una RAM), un dispositivo de almacenamiento auxiliar (por ejemplo, un disco duro) y un I/F de comunicaciones. También se puede proporcionar un dispositivo de entrada (por ejemplo, un teclado o un ratón), un dispositivo de visualización y similares, según sea el caso. Las funciones descritas anteriormente se realizan mediante la ejecución, por parte de la CPU, de un programa que está almacenado en el dispositivo de almacenamiento auxiliar y que, a continuación, se carga en el dispositivo de almacenamiento principal.

El dispositivo de medición de distancia, que es un medio de medición para medir la distancia entre la primera antena 30 y el satélite artificial geoestacionario 10 está formado por la antena 40 y la unidad de medición de distancia 50. Para la medición, la unidad de medición de distancia 50 genera una señal de transmisión predeterminada, la señal es transmitida por la antena 40 al satélite artificial geoestacionario 10, es devuelta por el satélite artificial geoestacionario 10, y es recibida por la antena 40. En lugar de una banda de transpondedor, por ejemplo, una banda de telemetría o similar que está garantizada para controlar el satélite, es utilizada para el retorno de la señal en el satélite artificial geoestacionario. La unidad de medición de distancia 50 mide el tiempo de ida y vuelta de las ondas de radio entre la antena 40 y el satélite artificial geoestacionario 10, y calcula la distancia entre la antena 40 y el satélite artificial geoestacionario 10 sobre la base del tiempo de ida y vuelta y la velocidad de propagación de las ondas de radio. En un caso en el que la primera antena 30 y la antena 40 están muy cerca una de otra, la distancia entre la antena 40 y el satélite artificial geoestacionario 10 se puede considerar como la distancia entre la primera antena 30 y el satélite artificial geoestacionario 10. Alternativamente, en el caso de una diferencia ΔR no despreciable de la distancia entre la antena 40 y el satélite artificial geoestacionario 10 y la distancia entre la primera antena 30 y el satélite artificial geoestacionario 10, ΔR puede ser calculada de antemano sobre la base de la relación posicional entre la antena 40 y la primera antena 30, después de lo cual ΔR es sumada o restada de la distancia entre la antena 40 y el satélite artificial geoestacionario 10, para calcular la distancia entre la primera antena 30 y el satélite artificial geoestacionario 10. El resultado del cálculo de la unidad de medición de distancia 50 se introduce en el ordenador electrónico 4000.

Si ya existe un equipo para la medición del alcance de una estación, ese equipo se puede utilizar como el dispositivo de medición de distancia descrito anteriormente. Como resultado, los costes de introducción del presente sistema se pueden reducir significativamente. La antena 40 también puede funcionar como la primera antena 30. En tal caso, la distancia entre la primera antena 30 y el satélite artificial geoestacionario 10 se puede medir directamente.

La configuración y la función de la segunda estación terrestre 21 son idénticas a las de la primera estación terrestre 20 y, por lo tanto, se omitirá una explicación de la misma.

(Procesamiento de la medición del alcance)

A continuación, se proporciona una explicación, con referencia a la figura 3 y la figura 4, sobre el flujo del proceso de medición del alcance y en un ejemplo de cálculo de medición del alcance en el sistema de medición de posición. La figura 3 es un diagrama de flujo que muestra el flujo de proceso de la medición del alcance, y la figura 4 es un diagrama para explicar las señales de recepción que se utilizan para la medición del alcance, y el resultado, a modo de ejemplo, del proceso de correlación.

Tal como se muestra en la figura 3, los datos de la señal de recepción y los tiempos de recepción se almacenan en los ordenadores electrónicos 4000, 4001 de las estaciones terrestres 20, 21 (S200, S210) respectivas. Preferentemente, la forma de onda de la señal transmitida por el satélite artificial geoestacionario 10 en un mismo momento incluye, como mínimo, ambos elementos de datos, y existen datos obtenidos de longitud suficiente para permitir la discriminación de una forma de onda de señal que es transmitida en otro momento. La obtención de la señal de recepción durante aproximadamente 2 segundos es suficiente, suponiendo que se utiliza una señal portadora de usuario que se utiliza para la transmisión por satélite.

A continuación, el ordenador electrónico 4001 de la estación terrestre 21 envía los datos de la señal de recepción de la antena 31 al ordenador electrónico 4000 de la estación terrestre 20, a través de la red de comunicación 5000 (S211, S201). El ordenador electrónico 4000 ejecuta el proceso de correlación de la señal de recepción de la antena 30 y la señal de recepción de la antena 31 (S202). Se puede utilizar cualquier procedimiento conocido para el proceso de la correlación y, por lo tanto, se omitirá una explicación detallada del mismo. Un ejemplo de espectros de frecuencia de las señales de recepción de la antena 30 y la antena 31 está representado en la parte superior de la figura 4. El resultado del proceso de correlación realizado en las dos señales está representado en la parte inferior de la figura 4. En este ejemplo, el resultado produce una diferencia de tiempo de recepción de aproximadamente -8,5 μs .

A continuación, el ordenador electrónico 4000 obtiene un valor medido de la distancia entre la antena 30 y el satélite artificial geoestacionario 10, desde la unidad de medición de distancia 50 (S203). En este caso, es preferente utilizar un valor medido que se mida en el mismo momento que el de la señal de recepción que se utiliza en el proceso de

correlación de S202. No obstante, si la distancia se va a medir realmente en el mismo momento, el funcionamiento de la unidad de medición de distancia 50 debe ser sincronizarse con el proceso de correlación, lo que, en consecuencia, implica una configuración más compleja del sistema. En la presente realización, por lo tanto, la distancia se mide, mediante la unidad de medición de distancia 50, una serie de veces a intervalos de tiempo predeterminados, y los valores medidos son interpolados, para calcular de ese modo la distancia en los mismos tiempos que en el proceso de correlación. Como resultado, se puede obtener una información de distancia de alta precisión basándose en una configuración simple. El proceso de interpolación puede ser realizado para la distancia R20 entre la antena 30 y el satélite artificial geoestacionario 10 (figura 1), para la distancia R21b, o tanto para la distancia R20 como R21b.

El ordenador electrónico 4000 calcula la distancia entre la antena 31 y el satélite artificial geoestacionario 10 utilizando la diferencia de tiempo de recepción calculada en el proceso de correlación de S202 y los valores medidos obtenidos en S203 (S204). A continuación, se explicará en detalle un ejemplo de cálculo específico de S204.

(Ejemplo de cálculo)

La salida de 1-PPS del generador estándar de tiempo y frecuencia se retarda en $\Delta T_{\text{gps_rcvr}}$ con respecto al tiempo universal coordinado (UTC, Coordinated Universal Time), y a la señal de 1-PPS emitida por el generador estándar de tiempo y frecuencia le lleva un tiempo $\Delta T_{\text{1pps_cable_delay}}$ propagarse a través del cable y ser introducida en la muestra. Por lo tanto, en un caso en el que los tiempos en el muestreador se configuran tomando la señal de 1-PPS como referencia, los tiempos mantenidos en el muestreador se retardan con respecto a UTC en:

$$\Delta T_{\text{clock_delay}} = \Delta T_{\text{gps_rcvr}} + \Delta T_{\text{1pps_cable_delay}}.$$

Tomando $\Delta T_{\text{clock_delay_x}}$ como el retardo de los tiempos guardados en el muestreador 2000 de la estación terrestre 20 (estación X) con respecto a UTC, y $\Delta T_{\text{clock_delay_y}}$ como el retardo de los tiempos guardados en el muestreador 2001 de la estación terrestre 21 (estación Y) con respecto a UTC, el reloj de la estación Y es retardado en ΔT_{clock} con respecto a la estación X, como sigue:

$$\Delta T_{\text{clock}} = \Delta T_{\text{clock_delay_y}} - \Delta T_{\text{clock_delay_x}} \quad (\text{Expresión 1}).$$

En el presente documento, Trng_x es el tiempo requerido para la propagación desde el satélite artificial geoestacionario 10 hasta la antena de la estación X 30, Rrng_x es la distancia correspondiente y, $\Delta \text{TRF_delay_x}$ es el retardo de propagación desde la antena 30 de la estación X hasta el muestreador 2000. De manera similar, Trng_y es el tiempo requerido para la propagación desde el satélite artificial geoestacionario 10 hasta la antena 31 de la estación Y, Rrng_y es la distancia correspondiente, y $\Delta \text{TRF_delay_y}$ es el retardo de propagación desde la antena 31 de la estación Y hasta el muestreador 2001. Además, Rtcr_x es la distancia desde el satélite artificial geoestacionario 10 hasta la antena 40 según lo medido realmente por el dispositivo de medición de distancia, estando más alejada la antena 30 de la estación X del satélite artificial geoestacionario 10, en $\Delta \text{Rant_pos_x}$, que la antena 40.

Siendo ese el caso, una diferencia de tiempo de recepción Tobs calculada por medio del proceso de correlación la diferencia de los momentos en los que las ondas de radio del satélite artificial geoestacionario 10 son grabadas en los muestreadores 2000, 2001, y viene dada por la siguiente expresión.

$$\text{Tobs} = (\text{Trng_y} + \Delta \text{TRF_delay_y} + \Delta T_{\text{clock}}) - (\text{Trng_x} + \Delta \text{TRF_delay_x}) \quad (\text{Expression 2})$$

La siguiente relación se mantiene entre la distancia desde el satélite artificial geoestacionario 10 hasta la antena 30 de la estación X y la distancia desde el satélite artificial geoestacionario 10 a la antena 40.

$$\text{Rrng_x} = \text{Rtcr_x} + \Delta \text{Rant_pos_x} \quad (\text{Expression 3})$$

En base a la expresión 2, Trng_y viene dado por la siguiente expresión:

$$\text{Trng_y} = \text{Trng_x} + \text{Tobs} - \Delta T_{\text{clock}} - (\Delta \text{TRF_delay_y} - \Delta \text{TRF_delay_x}) \quad (\text{Expression 4}).$$

Si ambos lados de la Expresión 4 se multiplican por la velocidad de la luz c , se puede obtener lo siguiente:

$$c.Trng_y=c.Trng_x+c.\{Tobs-\Delta Tclock-(\Delta TRF_delay_y-\Delta TRF_delay_x)\} \text{ (Expression 5) .}$$

Puesto que $Rrng_x = c.Trng_x$ y $Rrng_y = c.Trng_y$, la Expresión 5 se puede reescribir como sigue:

$$Rrng_y=Rrng_x+c.\{Tobs-\Delta Tclock-(\Delta TRF_delay_y-\Delta TRF_delay_x)\} \text{ (Expression 6) .}$$

Sustituyendo la Expresión 3, se puede obtener lo siguiente:

$$Rrng_y=Rtcr_x+\Delta Rant_pos_x+c.\{Tobs-\Delta Tclock-(\Delta TRF_delay_y-\Delta TRF_delay_x)\} \text{ (Expression 7) .}$$

El ordenador electrónico 4000 calcula la distancia $Rrng_y$ desde la antena 31 de la estación Y al satélite artificial geoestacionario 10 sustituyendo, en la Expresión 7, la diferencia de tiempo de recepción $Tobs$ calculada en el proceso de correlación de S202 y el valor medido de la distancia $Rtcr_x + \Delta Rant_pos_x$ obtenido en S203. En la Expresión 7, $\Delta Rant_pos_x$ se puede calcular examinando las posiciones en las que están dispuestas la antena 30 y la antena 40, $\Delta Tclock$ se puede calcular sobre la base del tiempo de retardo mediante la medición real por cable y sobre la base de las especificaciones del generador estándar de tiempo y frecuencia, y ΔTRF_delay_y y ΔTRF_delay_x se pueden obtener mediante una medición real o sobre la base de la longitud de la ruta de propagación y el tiempo de retardo de propagación por unidad de longitud. Por lo tanto, los valores de estos parámetros se pueden calcular o medir de antemano, y se pueden guardar en un dispositivo de almacenamiento del ordenador electrónico 4000 o del dispositivo de medición de distancia.

La información requerida para estimar la órbita del satélite artificial geoestacionario 10 se puede recopilar repitiendo, en los intervalos de tiempo necesarios, el proceso del cálculo de las distancias $Rrng_x$ y $Rrng_y$ desde las estaciones terrestres 20, 21 al satélite artificial geoestacionario 10.

A continuación, se presenta un resumen de las ventajas del presente sistema.

En la configuración del presente sistema, cualquier señal transmitida por el satélite artificial geoestacionario 10 se puede utilizar para calcular, mediante un proceso de correlación, las diferencias en los tiempos de recepción entre antenas. En consecuencia, no existe necesidad de utilizar parte de un transpondedor a causa de una señal de referencia para la medición del alcance, como en los casos convencionales. Como las antenas 30, 31 que se utilizan en el presente sistema, es suficiente utilizar antenas que puedan recibir ondas de radio desde el satélite artificial geoestacionario 10. Por ejemplo, las antenas comerciales que tienen un diámetro comprendido entre aproximadamente 50 cm a 120 cm se pueden utilizar en este caso. En consecuencia, se ofrece una reducción significativa de costes en comparación con los sistemas convencionales que requieren antenas de gran diámetro y equipos de enlace ascendente. Además, la instalación de los equipos de antena es extremadamente fácil.

Como una funcionalidad caracterizadora del presente sistema, la distancia entre la antena 30 que sirve como referencia y el satélite artificial geoestacionario 10 (distancia de referencia) se calcula por medio de la medición, y la distancia entre la otra antena 31 y el satélite artificial geoestacionario 10 se calcula como un valor relativo con respecto a la distancia de referencia descrita anteriormente, sobre la base de la diferencia en el tiempo de recepción con la antena 30. La distancia entre la antena 31 y el satélite artificial geoestacionario 10 se puede calcular con buena precisión, obteniendo de este modo la distancia de referencia por medición. Como resultado, la posición de la órbita tridimensional del satélite artificial geoestacionario 10 se puede calcular con suficiente precisión, incluso si la distancia de disposición entre la antena 30 y la antena 31 no es tan grande. La reducción de la distancia de disposición entre antenas es especialmente ventajosa en países de pequeña superficie terrestre, tal como Japón y otros países asiáticos.

Asimismo, se utilizan sistemas VLBI en los que las señales emitidas por una nave espacial son recibidas por dos o más estaciones, y el tiempo de recepción se mide mediante un proceso de correlación. No obstante, las señales manejadas por este tipo de sistema son señales débiles de banda estrecha y, por lo tanto, es necesario utilizar señales que duren unos minutos para calcular una correlación. En un caso en el que el proceso de correlación lleva, de este modo, mucho tiempo, se debe utilizar un estándar de frecuencia de alta precisión, tal como un máser de hidrógeno, para garantizar la precisión de la medición del tiempo de retardo. De este modo, se requiere un equipo a gran escala y costoso. En la realización descrita anteriormente, por el contrario, el tiempo de proceso de correlación se puede hacer extremadamente corto (aproximadamente 2 segundos) basándose en una señal portadora de usuario. Por lo tanto, se puede conseguir una precisión práctica suficiente incluso cuando se utiliza como estándar

de frecuencia una señal tal que la salida de un oscilador pequeño y económico, por ejemplo, de rubidio, cuarzo o similar, se calibre según un sistema de tiempo común, tal como GPS o similares.

5 La presente invención se ha explicado en detalle anteriormente basándose en un ejemplo de una realización específica, pero la medición del alcance de la presente invención no está limitada a la realización descrita anteriormente, y puede admitir diversas modificaciones que se encuentran dentro del alcance de la idea técnica de la invención. En la realización descrita anteriormente, por ejemplo, el ordenador electrónico 4000 de la estación terrestre 20 realiza un proceso de correlación, un proceso de cálculo de distancia y otros, pero dicho proceso puede ser realizado por el ordenador electrónico 4001 de la estación terrestre 21, o por cualquier ordenador electrónico que
10 esté instalado por separado de las estaciones terrestres 20, 21. En la realización descrita anteriormente, la red de comunicación 5000 se utiliza para la transferencia de datos entre estaciones terrestres, pero los datos se pueden intercambiar utilizando un medio de almacenamiento portátil, tal como un medio de almacenamiento magnético o similar. En la realización descrita anteriormente, se ha mostrado un ejemplo de dos estaciones terrestres, pero se pueden utilizar tres o más estaciones terrestres en su lugar. También en este caso, la medición de distancia la realiza la estación terrestre 20 que sirve de referencia; para las otras estaciones terrestres, la distancia al satélite artificial geoestacionario se puede calcular utilizando la diferencia de tiempo de recepción con respecto a la estación terrestre de referencia 20.

20 Signos de referencia

- 10: satélite artificial geoestacionario
- 20: primera estación terrestre (estación terrestre de referencia)
- 21: segunda estación terrestre
- 30: primera antena
- 25 31: segunda antena
- 40: antena del dispositivo de medición de distancia
- 50: unidad de medición de distancia
- 1000, 1001: amplificador y convertidor de frecuencia
- 2000, 2001: muestreador
- 30 3000, 3001: generador estándar de tiempo y frecuencia
- 4000, 4001: ordenador electrónico
- 5000: red de comunicación

REIVINDICACIONES

1. Sistema de medición de posición para un satélite artificial geoestacionario (10), comprendiendo el sistema:
- 5 dos o más antenas, que incluyen, como mínimo, una primera antena (30) y una segunda antena (31) que reciben, en ubicaciones diferentes una de otra, cualquier señal transmitida por un satélite artificial geoestacionario (10); un medio de almacenamiento, para almacenar una señal de recepción recibida por cada una de las antenas, junto con un tiempo de recepción de la señal de recepción;
- 10 un medio de proceso de correlación, para calcular una diferencia en el tiempo de recepción de una misma señal entre dicha primera antena (30) y dicha segunda antena (31), realizando un proceso de correlación en la señal de recepción de dicha primera antena (30) y la señal de recepción de dicha segunda antena (31) que ha sido almacenada en dicho medio de almacenamiento;
- 15 un medio de medición, para medir una primera distancia (R20) entre dicha primera antena (30) y dicho satélite artificial geoestacionario (10) sobre la base del resultado de la medición del tiempo de ida y vuelta de una señal entre dicha primera antena (30) o una antena (40) para medición dispuesta cerca de dicha primera antena (30) y dicho satélite artificial geoestacionario; y
- 20 un medio de cálculo, para calcular una distancia (R21) entre dicha segunda antena (31) y dicho satélite artificial geoestacionario (10), agregando una segunda distancia (R21b) a la primera distancia (R20) entre dicha primera antena (30) y dicho satélite artificial geoestacionario (10) obtenida mediante dicho medio de medición, siendo calculada la segunda distancia (R21b) a partir de la diferencia en el tiempo de recepción entre dicha primera antena (30) y dicha segunda antena (31) obtenida mediante dicho medio de proceso de correlación,
- 25 en el que dicho medio de cálculo realiza un primer proceso de interpolación y/o un segundo proceso de interpolación para obtener un valor de la primera distancia (R20) y un valor de la segunda distancia (R21b) al mismo tiempo, siendo el primer proceso de interpolación interpolar una serie de valores de la primera distancia (R20) obtenida mediante una serie de mediciones mediante dicho medio de medición, siendo el segundo proceso de interpolación interpolar una serie de valores de la segunda distancia (R21b) obtenidos mediante el proceso de correlación una serie de veces mediante dicho medio de proceso de correlación.
- 30 2. Sistema de medición de posición para un satélite artificial geoestacionario (10), según la reivindicación 1, en el que dicho medio de cálculo toma, como la distancia entre dicha segunda antena (31) y dicho satélite artificial geoestacionario (10), un valor resultante de multiplicar la diferencia en los tiempos de recepción entre dicha primera antena (30) y dicha segunda antena (31) por la velocidad de la luz, y agregando la primera distancia entre dicha primera antena (31) y dicho satélite artificial geoestacionario (10).
- 35 3. Sistema de medición de posición para un satélite artificial geoestacionario (10), según la reivindicación 1 o 2, que comprende, además: un medio de calibración de reloj, para calibrar automáticamente relojes que cuentan los tiempos de recepción de las antenas respectivas, en base a un mismo sistema de tiempo de referencia.
- 40 4. Sistema de medición de posición para un satélite artificial geoestacionario (10), según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el satélite artificial geoestacionario (10) es un satélite artificial geoestacionario que se utiliza en un servicio de radiodifusión por satélite o un servicio de comunicaciones por satélite.
- 45 5. Procedimiento de medición de posición para un satélite artificial geoestacionario (10), que comprende:
- una etapa de recibir, en ubicaciones diferentes unas de otras, cualquier señal transmitida por un satélite artificial geoestacionario (10), mediante dos o más antenas que incluyen, como mínimo, una primera antena (30) y una segunda antena (31);
- 50 una etapa de almacenar, en un dispositivo de almacenamiento, una señal de recepción recibida por cada antena, junto con un tiempo de recepción de la señal de recepción;
- una etapa de proceso de correlación, de calcular una diferencia en el tiempo de recepción de una misma señal entre dicha primera antena (30) y dicha segunda antena (31), realizando el proceso de correlación en la señal de recepción de dicha primera antena (30) y la señal de recepción de dicha segunda antena (31) que han sido almacenadas en dicho dispositivo de almacenamiento;
- 55 una etapa de medición, de medir una primera distancia (R20) entre dicha primera antena (30) y dicho satélite artificial geoestacionario (10) sobre la base del resultado de la medición del tiempo de ida y vuelta de una señal entre dicha primera antena (30) o una antena (40) para medición dispuesta cerca de dicha primera antena (30) y dicho satélite artificial geoestacionario; y
- una etapa de calcular una distancia (R21) entre dicha segunda antena (31) y dicho satélite artificial geoestacionario (10) agregando una segunda distancia (R21b) a la primera distancia (R20) entre dicha primera antena (30) y dicho satélite artificial geoestacionario (10), tal como se obtuvo en dicha etapa de medición, calculando la segunda distancia (R21b) a partir de la diferencia en el tiempo de recepción entre dicha primera antena (30) y dicha segunda antena (31) tal como se obtuvo en dicha etapa de proceso de correlación,
- 60 en el que dicha etapa de cálculo incluye una etapa de realizar un primer proceso de interpolación y/o un segundo proceso de interpolación para obtener un valor de la primera distancia (R20) y un valor de la segunda distancia (R21b) al mismo tiempo, siendo el primer proceso de interpolación un proceso para interpolar una serie de valores
- 65

de la primera distancia (R20) obtenida mediante una serie de mediciones mediante dicha etapa de medición, siendo el segundo proceso de interpolación un proceso para interpolar una serie de valores de la segunda distancia (R21b) obtenida mediante el proceso de correlación una serie de veces mediante dicha etapa de proceso de correlación.

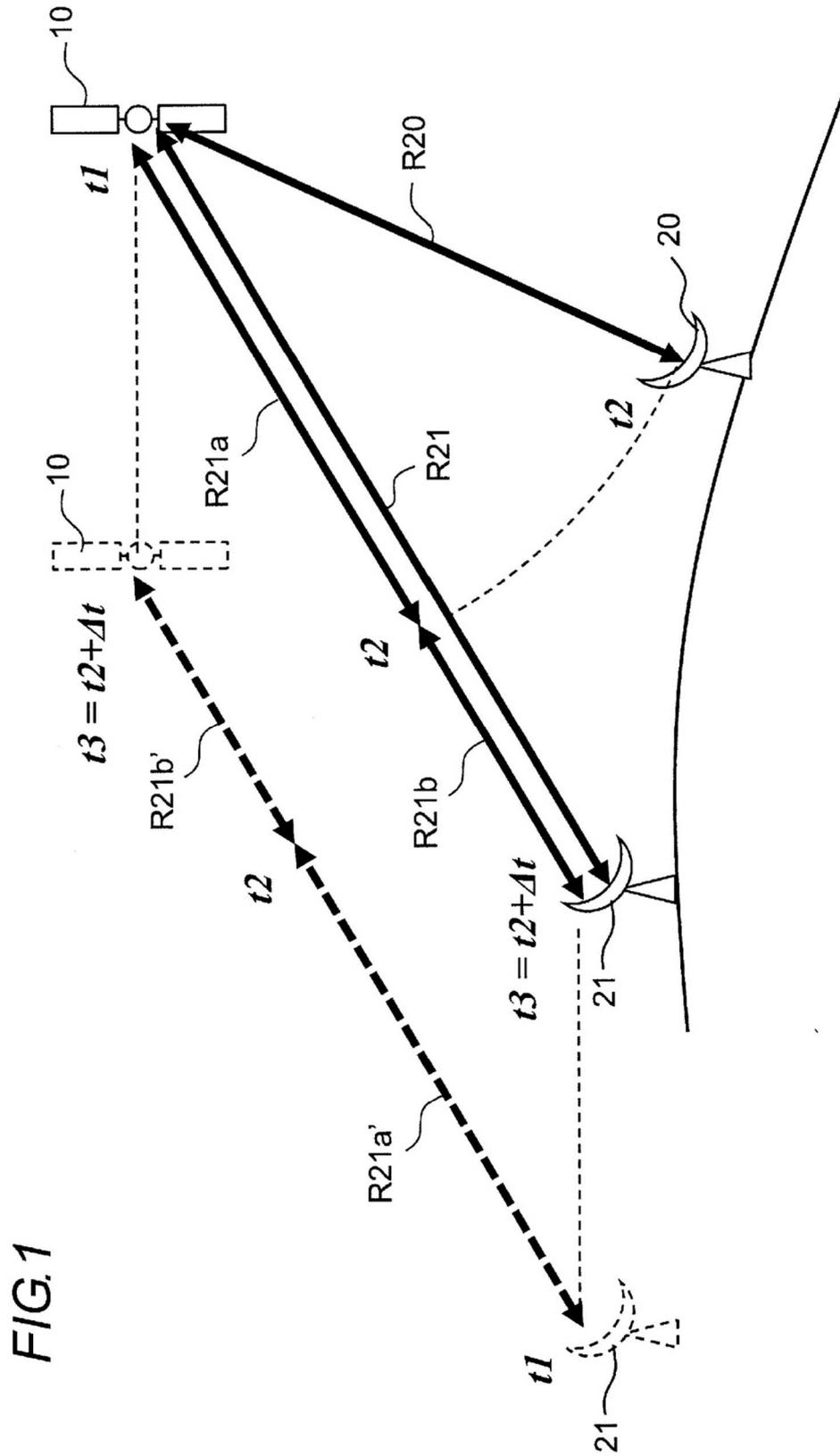


FIG.1

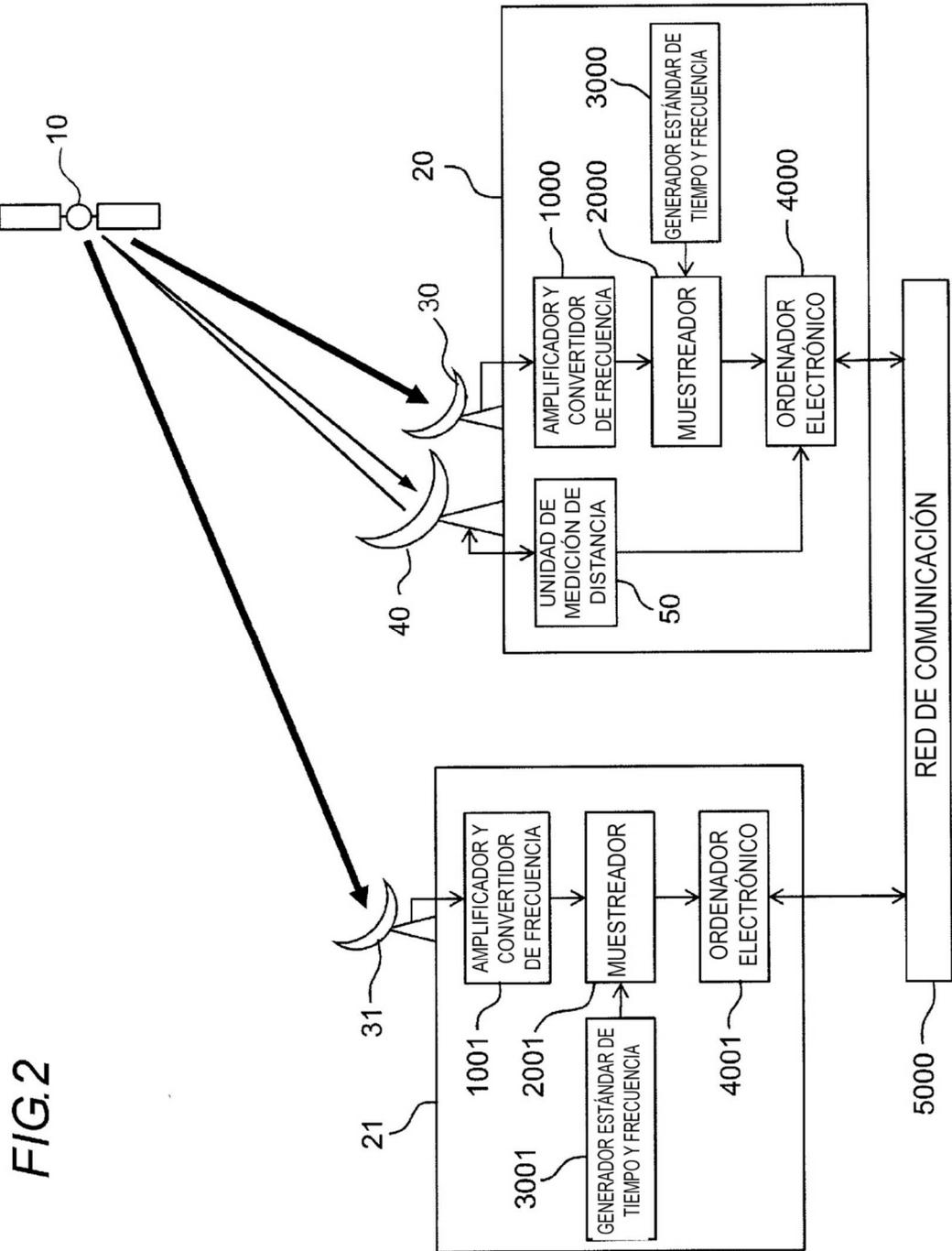
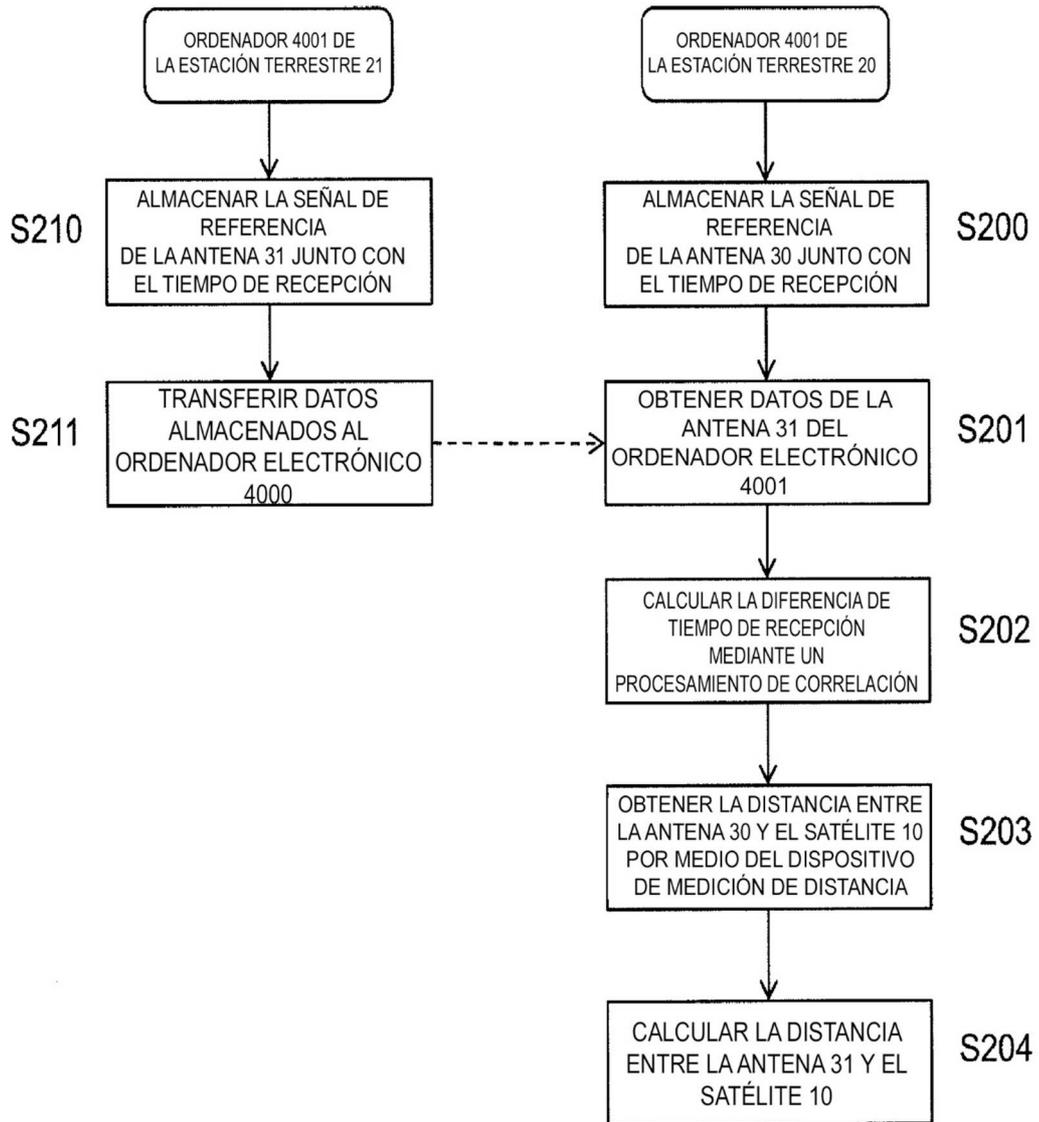
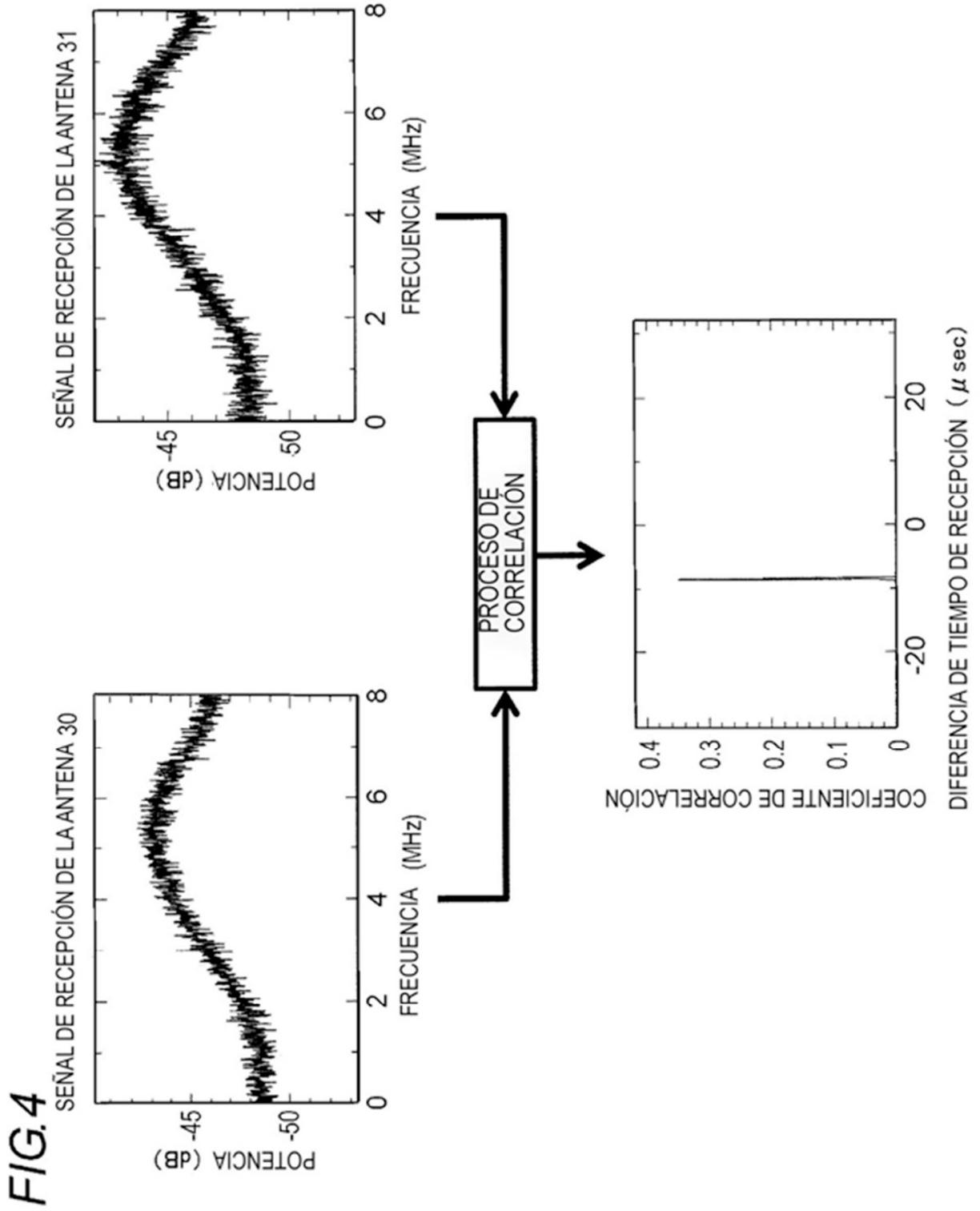


FIG.3





REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 *Esta lista de referencias citada por el solicitante es únicamente para mayor comodidad del lector. No forman parte del documento de la Patente Europea. Incluso teniendo en cuenta que la compilación de las referencias se ha efectuado con gran cuidado, los errores u omisiones no pueden descartarse; la EPO se exime de toda responsabilidad al respecto.*

Documentos de patentes citados en la descripción

10

- US 5570096 A
- EP 08102255
- EP 08013326
- JP 2004534212 W