

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 776 102**

51 Int. Cl.:

G01S 5/10 (2006.01)

G01S 13/87 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.05.2011 E 11167878 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2020 EP 2392940**

54 Título: **Sistema de posicionamiento de un satélite geoestacionario**

30 Prioridad:

01.06.2010 FR 1002309

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

29.07.2020

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
Tour Carpe Diem, Place des Corolles, Esplanade
Nord
92400 Courbevoie , FR**

72 Inventor/es:

CELERIER, BRUNO

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 776 102 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 de un satélite geoestacionario

El campo de la invención es el de la determinación de la posición de un satélite geoestacionario.

5 Es conocido determinar la posición de un satélite geoestacionario utilizando un sistema que comprende una estación dedicada de medida de distancia entre esta estación y el satélite, tal como una gran estación TCR (acrónimo de la expresión anglosajona *Telemetry Command and Ranging*) emisora y receptora, de posición conocida y un transpondedor específico a bordo del satélite, incluido en el subsistema TCR. La órbita del satélite es determinada a partir de varias dataciones del trayecto de ida y vuelta entre la estación y el satélite. Estas medidas del tiempo de propagación son a veces verificadas o completadas por medidas del azimut y de la elevación de la señal recibida por la estación.

15 Uno de los inconvenientes de este sistema es que la estación emisora y receptora necesita grandes antenas móviles, caras de adquisición y de mantenimiento, difíciles de hacerlas robustas debido a la utilización de piezas móviles y motorizadas. Esto tiene por consecuencia molesta que la cadena de control de órbita pueda dejar de estar disponible y por lo tanto las funciones que se realizan normalmente tales como la medida de distancia, el cálculo de maniobras y otras operaciones.

Otro sistema de posicionamiento de un satélite descrito en la patente US 6 229 477 utiliza una estación emisora y receptora denominada estación primaria y al menos otra estación receptora y emisora denominada estación secundaria. La estación primaria envía una señal de medida al satélite que la reenvía a la estación primaria y a las estaciones secundarias. Las estaciones secundarias reenvían por tanto a la estación primaria, a través del satélite, señales de códigos de respuesta. La estación primaria determina la posición del satélite en función:

- por un lado, del tiempo de propagación estación primaria-satélite a partir del tiempo de llegada de la señal de medida y
- por otro lado, del desfase de frecuencia Doppler establecido a partir de la diferencia de frecuencia portadora entre el código de medida enviado y el código de respuesta recibido de las estaciones secundarias.

25 Este sistema basado en particular en las medidas de trayectos, necesita que la estación primaria esté equipada de un reloj local y que el instante de partida de la señal de medida sea grabado. La posición obtenida se ve por tanto afectada por los errores debidos a los retrasos de transmisión de satélite y a los retrasos de repetición de las estaciones secundarias.

30 La patente US 5 717 404 describe un sistema para determinar la órbita de un satélite a partir de medidas de duraciones de propagación que después se explotan en términos de distancias equivalentes satélite-emisor. Este sistema necesita que la estación primaria esté equipada de un reloj local y que el instante de partida de la señal de medida sea grabado.

Otro sistema de posicionamiento de un satélite descrito en la patente US 7 512 505 utiliza:

- 35 - una estación emisora de una señal con destino al satélite y receptora de la señal correspondiente reenviada por el satélite, y
- varias otras estaciones receptoras de la señal de enlace descendente reenviada por el satélite.

Este sistema basado en medidas de tiempo de llegada necesita por un lado que cada estación receptora esté equipada de un reloj local y que las mismas se sincronicen entre sí y necesita por otro lado una red de recogida de medidas efectuadas por las estaciones receptoras y destinadas a un centro de cálculo.

40 Del mismo modo se puede citar la patente EP 2 148 214 que presenta un sistema que comprende varias estaciones receptoras de una señal enviada por el satélite y una estación de recogida y de procesamiento de datos enviados por las estaciones receptoras. Cada estación receptora graba durante una ventana temporal determinada las señales transmitidas por satélite y envía a la estación de procesamiento los datos que representan las señales recibidas durante dicha ventana temporal. La ventana temporal asociada a cada estación es desfasada y/o de tamaño diferente de una estación a la otra.

45 Como en el caso anterior, este sistema basado en medidas de tiempo de llegada necesita por un lado, que las estaciones receptoras se sincronicen entre sí para determinar las ventanas temporales y necesita por otro lado una red de recogida de medidas efectuadas por las estaciones receptoras y destinadas a la estación de procesamiento.

50 El objetivo de la invención es disponer de un sistema fiable, también eficaz, y menos costoso que las soluciones actuales para determinar la posición de los satélites.

La solución consiste en utilizar la técnica bien conocida de multilateración, también conocida bajo el nombre de TDOA acrónimo de la expresión anglosajona "*Time Differences Of Arrival*", en asociación con un sistema tal que todas las medidas sean efectuadas en un solo y mismo lugar, a bordo del satélite, por lo tanto se prescinde de cualquier sistema de recogida de datos en un mismo lugar.

- 5 Por lo tanto es compatible con estaciones terrestres de bajo coste, incluso con la reutilización de medios terrestres dedicados a cada satélite, tal como antenas de emisión desde el suelo existentes, y "subiendo" hacia el satélite contenidos a difundir por el mismo.

De forma más precisa, la invención tiene por objeto un sistema de posicionamiento de un satélite geoestacionario según la reivindicación 1.

- 10 En este caso, no es necesaria ninguna sincronización de las señales de enlace ascendente. No es por tanto necesario en este modo de realización que las estaciones terrestres estén equipadas con medios de sincronización entre las mismas.

El satélite comprende por ejemplo medios para generar la señal de enlace descendente.

- 15 Según una variante, la señal de enlace descendente enviada por el satélite es emitida por una estación terrestre de emisión y repetida por el satélite, comprendiendo satélite medios de repetición de la señal recibida de la estación terrestre de emisión. Esta estación terrestre de emisión puede ser una de las estaciones de repetición.

Según una característica de la invención, las señales de enlace ascendente son de la misma frecuencia, y desfasadas en el tiempo un retraso conocido, siendo realizado el desfase o bien por las estaciones terrestres de emisión, o bien por las estaciones terrestres de repetición.

- 20 Otras características y ventajas de la invención aparecerán de la lectura de la descripción detallada que sigue, hecha a título de ejemplo no limitativo y con referencia los dibujos anexos en los cuales:

la figura 2a representa esquemáticamente un ejemplo de sistema de localización del satélite según la invención, con estaciones terrestres que son estaciones de repetición de una señal de enlace descendente generada por el satélite a localizar,

- 25 la figura 2b representa esquemáticamente un ejemplo de sistema de localización de un satélite según la invención, con estaciones terrestres que son estaciones de repetición de una señal de enlace descendente repetida por el satélite a localizar, y que provienen de una estación terrestre emisora.

De una figura otra, los mismos elementos son marcados por las mismas referencias.

La invención consiste en determinar la posición de un satélite geoestacionario:

- 30 - explotando el principio de multilateración, también denominado TDOA para "*Time Differences Of Arrival*"
- utilizando las capacidades de emisión o de repetición de las señales, propias de esta categoría de satélites, es decir una antena de recepción, un repetidor (miembro electrónico que pone a disposición la información de la señal de recepción a disposición sobre otras señal portadora, adecuada para ser reenviada), y una antena de reemisión que físicamente puede ser la antena de recepción,
- 35 - y midiendo las diferencias de tiempos de llegada de las señales debidas a las diferencias de trayecto de las señales:
- estación terrestre hacia satélite, o
 - satélite → estación terrestre → satélite, en cuyo caso las diferencias de tiempo de llegada son dobladas,

siendo efectuada la medida:

- 40 - o bien a bordo del satélite
- o bien en el terreno, después del reenvío de las señales por el satélite hacia el suelo.

Las señales de enlace descendente implicadas en estas medidas, no comprenden ninguna otra información que su propia existencia, o si la comprenden porque se basan en las señales existentes, esta información no es ni útil ni explotada para determinar la posición del satélite.

- 45 Ahora se van a detallar los diferentes modos de realización.

El sistema de base comprende:

- al menos cuatro estaciones terrestres, siendo cada una de posición conocida y adecuada para enviar hacia el satélite una señal denominada señal de enlace ascendente,
- y medios de medida de las diferencias de los tiempos de llegada al satélite de las señales de enlace descendente.

5 La solución responde a la necesidad de proporcionar una solución económica y fácil de garantizar:

- las estaciones terrestres de bajo coste pueden estar dispuestas en un número suficiente (al menos cuatro, que es el mínimo en el sentido matemático para el uso de la multilateración) para que el sistema permanezca operativo y comprendido en caso de no disponibilidad de una estación, para un peligro menor así como mayor (sísmico o climático por ejemplo),

10 - las estaciones de emisión y de recepción pueden reutilizar diversas estructuras existentes, típicamente para la "subida" de las señales de telecomunicaciones a difundir, que existen generalmente ya en varios lugares de cobertura.

La diferencia de los tiempos de llegada es medida a bordo por medio de un material específico instalado a bordo del satélite.

15 Esto puede hacerse, por ejemplo, mediante amplificadores logarítmicos bien conocidos en esta utilización y descritos por ejemplo en la publicación "*Detecting Fast RF Bursts using Log Amps* » by Yuping Toh (*Analog Dialogue 36-05 (2002)*), seguidos de un comparador de tensiones eléctricas cuyo cambio de estado desencadena el inicio o la memorización del avance de un oscilador, capaz de proporcionar el tiempo recorrido entre dos "bursts" sucesivas a través del conocimiento del periodo del oscilador.

20 Otra solución, más elegante, más precisa, más compleja, pero muy bien conocida por el experto en la técnica, es utilizar las ventajas de la dispersión de espectro, como el CDMA acrónimo de la expresión anglosajona *Code Division Multiple Access*, como por ejemplo la técnica "early-late" para la determinación de su instante de llegada. Esta diferencia de TOA tiene la forma de un número de periodos de duración conocida, disponible en un registro de memoria.

25 Esta solución ofrece la posibilidad de realizar la determinación de la órbita bordo, así como la programación de la ejecución de las maniobras de mantenimiento en puesto de manera autónoma. Además, no es necesario ningún sistema de recogida de datos: las diferencias de tiempo de llegada son medidas en un mismo punto.

30 Según un modo de realización cuyos ejemplos son mostrados en las figuras 2a y 2b, las estaciones terrestres son estaciones 5 de repetición, siendo cada señal 7 de enlace ascendente la repetición por esta estación de la señal 6 de enlace descendente enviada por el satélite. Esta señal 6 de enlace descendente es por ejemplo de la forma "burst" y a frecuencias diferentes hoy idénticas. Esta señal 3 es por ejemplo de la forma "burst" siendo una señal sinusoidal de duración limitada en una ventana temporal. Del mismo modo se puede tratar por ejemplo de una señal de telemetría de variables de Estado del satélite (temperaturas, tensiones eléctricas, medidas de actitud,...) o una señal de carga útil (datos, y/o audio, y/o video).

35 Estas estaciones terrestres pueden también emitir una señal de enlace ascendente posiblemente diferente de la señal de enlace descendente pero sincronizada sobre la recepción de esta señal descendente (principio, fin, detección de una palabra clave,...). Se entiende en este caso por "sincronizada" el hecho de que el retardo entre la recepción de la señal 6 y la emisión de la señal 7 es constante a lo largo de las emisiones sucesivas, y de duración idéntica entre las estaciones, o de duraciones conocidas para cada estación (aunque sea sólo por medida) para tener en cuenta en el cálculo de las diferencias de tiempos de llegada.

40 No es necesaria ninguna sincronización de las señales 7 de enlace ascendente; no es por tanto necesario que las estaciones 5 terrestres estén equipadas con medios de sincronización entre ellas. Se puede utilizar la misma frecuencia por cada estación ya que los tiempos de llegada son diferentes. Se podrá sin embargo, si es necesario para la implementación electrónica, aumentar las separaciones de recepción de las diferentes señales 7 por el satélite aportando un retardo conocido (predeterminado y/o medido más precisamente a lo largo del uso) y diferente de una estación a otra en el momento de la repetición por las estaciones del mismo nombre. Como para el modo de realización anterior, la diferencia de tiempos de llegada es medida a bordo por medio de un material específico instalado a bordo del satélite. Debido al trayecto de ida-retorno, estas diferencias son el doble de las del primer modo de realización. Esta diferencia de TOA es de la forma numérica, idéntica a la descrita en la primera

45 realización, o diferente, analógica por ejemplo.

50 Esta solución ofrece las mismas ventajas:

- posibilidad de realizar la determinación de órbita a bordo, así como la programación y la ejecución de maniobras de mantenimiento en puesto de manera autónoma,

- ningún sistema de recogida de datos es necesario ya que las diferencias de tiempo de llegada son medidas en un mismo punto.

Además esta solución presenta una ventaja complementaria: la estación 5 terrestre es menos costosa y más fiable, siendo menos costoso un equipo de repetición que un equipo de emisión provisto de medios de sincronización, y no está sujeta a una posible avería del sistema de sincronización.

5

La señal de enlace descendente enviada por el satélite puede generarse a bordo del satélite como en el ejemplo ilustrado en la figura 2a. El satélite está por tanto equipado de medios de emisión de una señal, por ejemplo similar a la que existe para el envío al suelo de telemidas de los estados del satélite.

- 10 Según una variante ilustrada en la figura 2b, la señal 9 de enlace descendente proviene en sí misma de una señal 8 emitida por una estación 10 terrestre emisora, que es repetida por el satélite 1. El satélite está por tanto equipado de un repetidor compatible con la frecuencia o banda de frecuencia y el nivel de la señal a repetir. Las señales 8 y 9 son por ejemplo de la forma "burst" igualmente.

Según un modo de realización particular, una de las estaciones 5 terrestres de repetición es completada para asegurar esta función de estación emisora.

- 15 En los ejemplos presentados hasta ahora, la diferencia de los tiempos de llegada es medida por medio de un material específico instalado a bordo del satélite 1.

El satélite 1 geoestacionario a localizar es por ejemplo un satélite de telecomunicaciones o un satélite de observación o meteorológico.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de posicionamiento de un satélite (1) geoestacionario, **caracterizado porque** comprende:
- dicho satélite geoestacionario,
 - al menos cuatro estaciones terrestres, siendo cada una de posición conocida y adecuada para enviar hacia el satélite (1) geoestacionario una señal denominada señal de enlace ascendente, siendo las estaciones terrestres estaciones (5) de repetición, siendo cada señal (7) de enlace ascendente la repetición de una señal de enlace descendente enviada por el satélite (1),
 - y **porque** el satélite (1) comprende medios configurados para realizar la determinación de la órbita a bordo del satélite geoestacionario a partir de medidas de las diferencias de los tiempos de llegada al satélite de las señales de enlace ascendente.
2. Sistema de posicionamiento de un satélite geoestacionario según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** el satélite (1) comprende medios para generar la señal (6) de enlace descendente.
3. Sistema de posicionamiento de un satélite geoestacionario según la reivindicación 2, **caracterizado porque** la señal de enlace descendente enviada por el satélite (1) es emitida por una estación (10) terrestre de emisión y repetida por el satélite (1), comprendiendo el satélite medios (8) de repetición de la señal recibida de la estación terrestre de emisión.
4. Sistema de posicionamiento de un satélite geoestacionario según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** la estación (10) terrestre de emisión es una de las estaciones (5) de repetición.
5. Sistema de posicionamiento de un satélite geoestacionario según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** las señales son de la misma frecuencia, y desfasadas en el tiempo un retraso conocido.

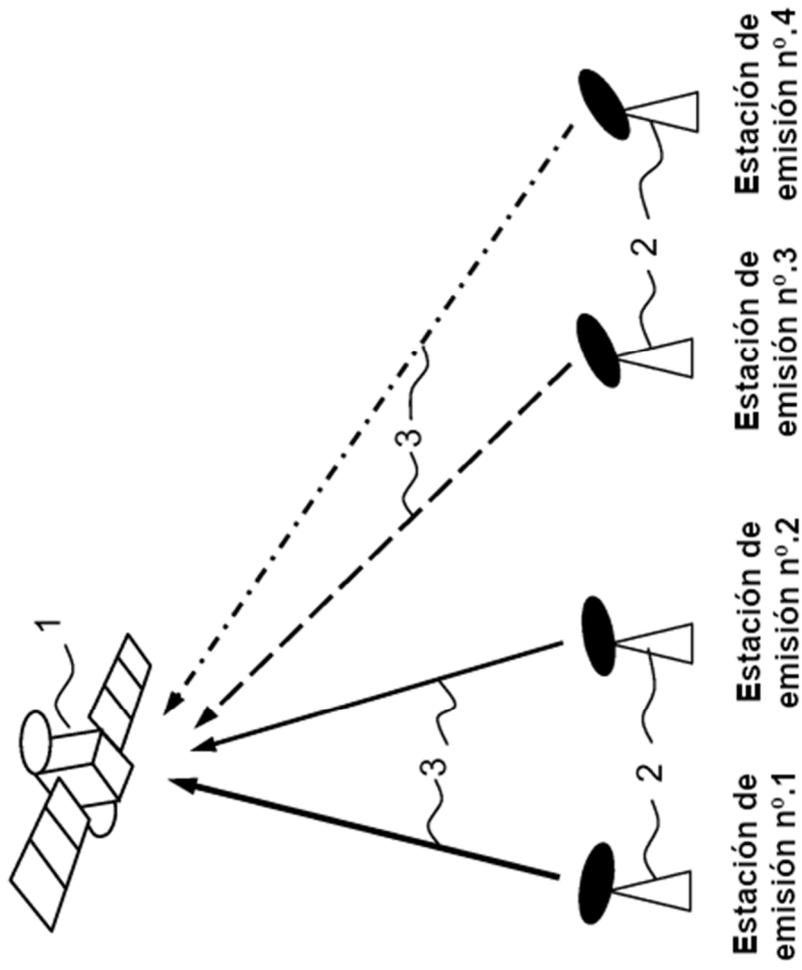


FIG.1a

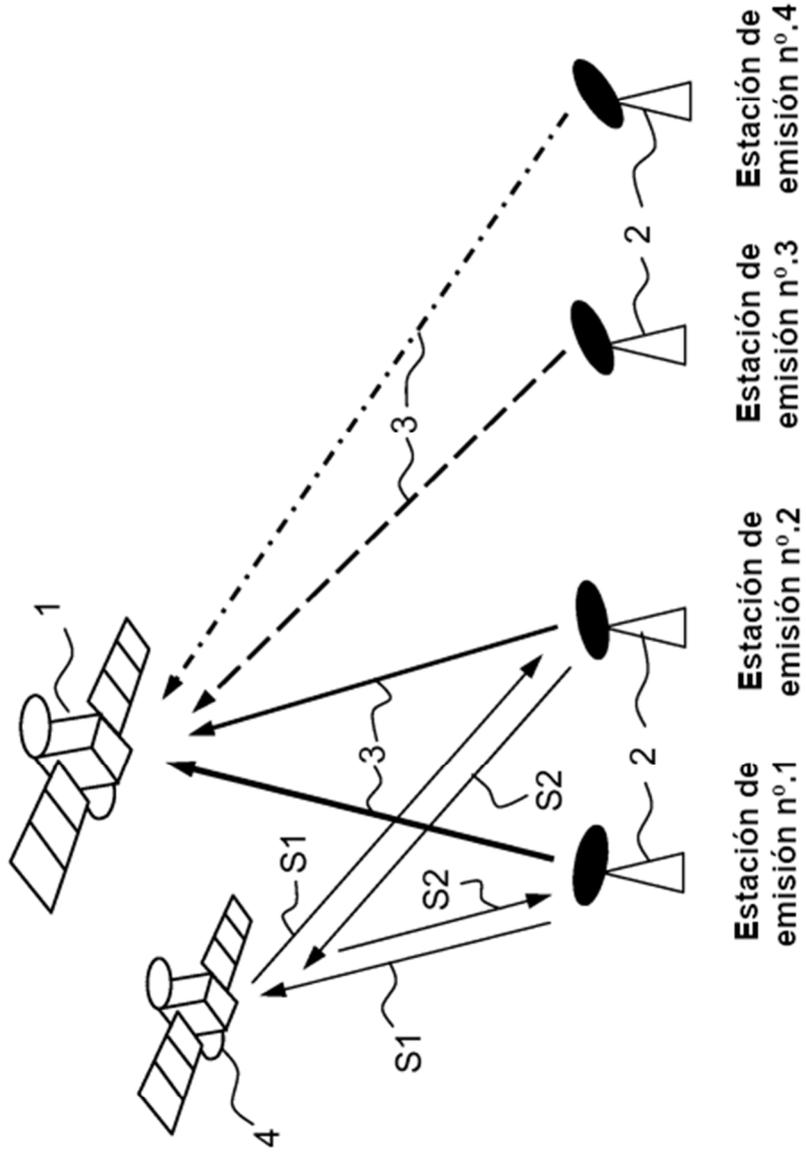


FIG.1b

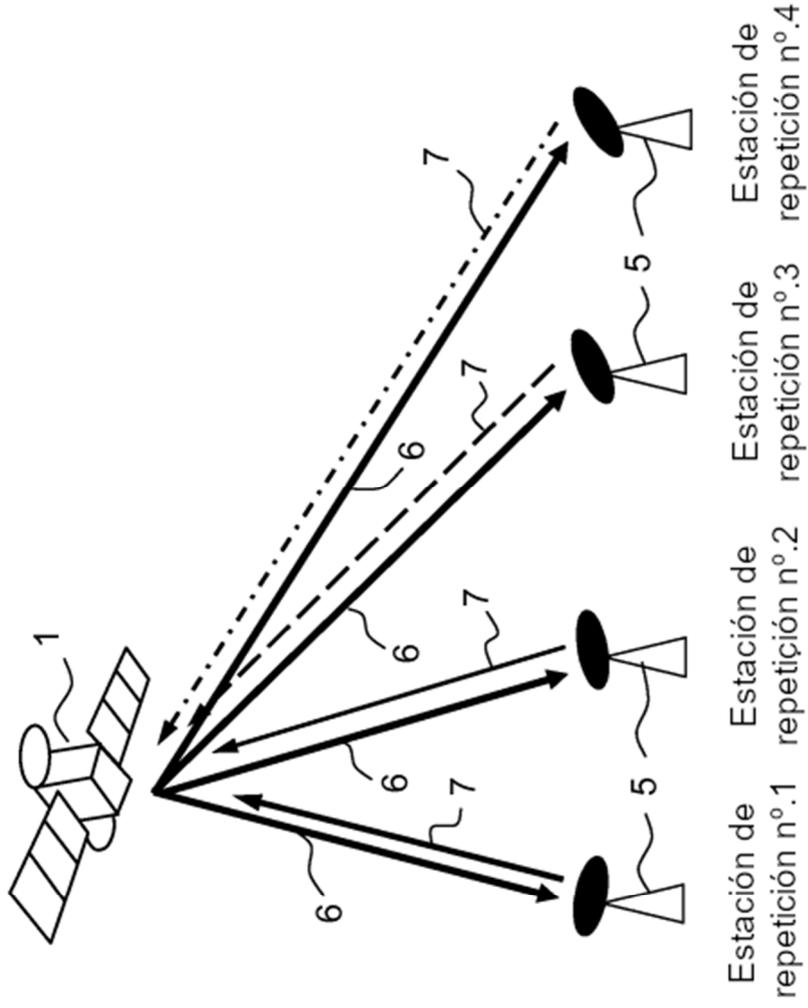


FIG.2a

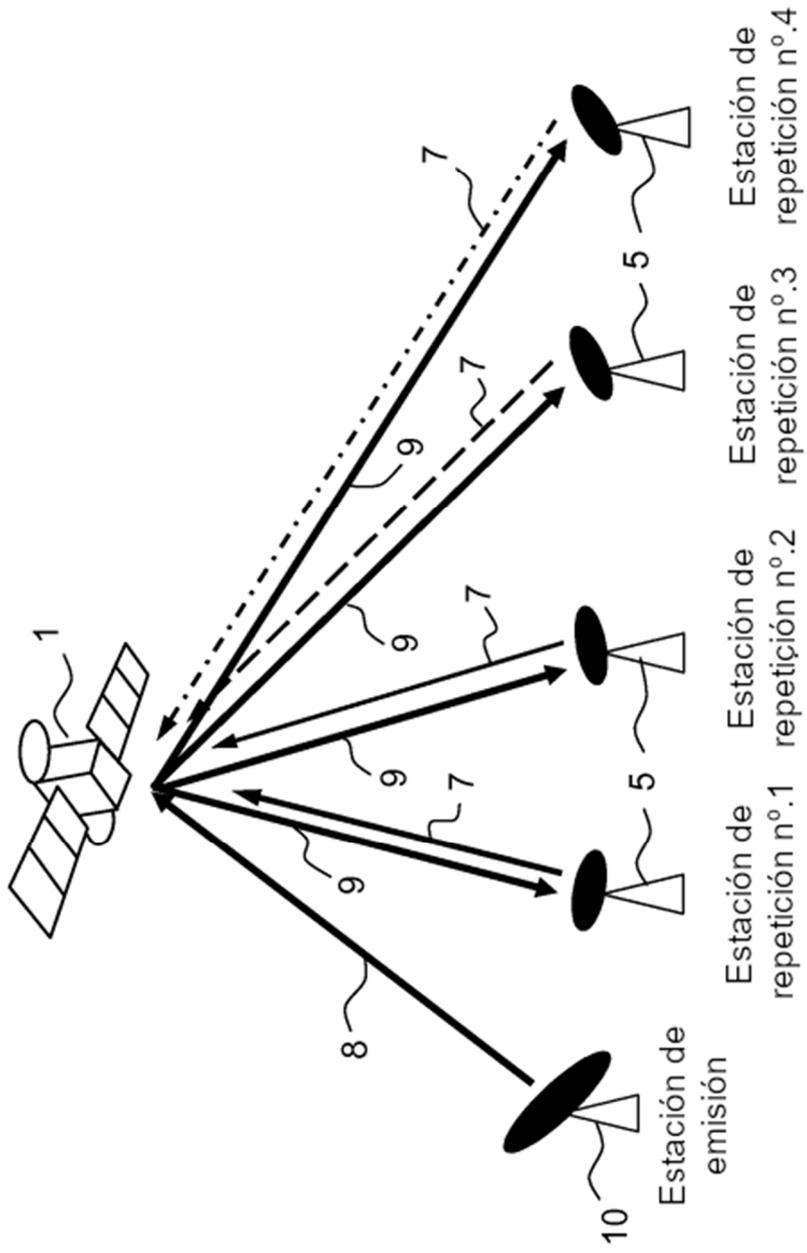


FIG.2b

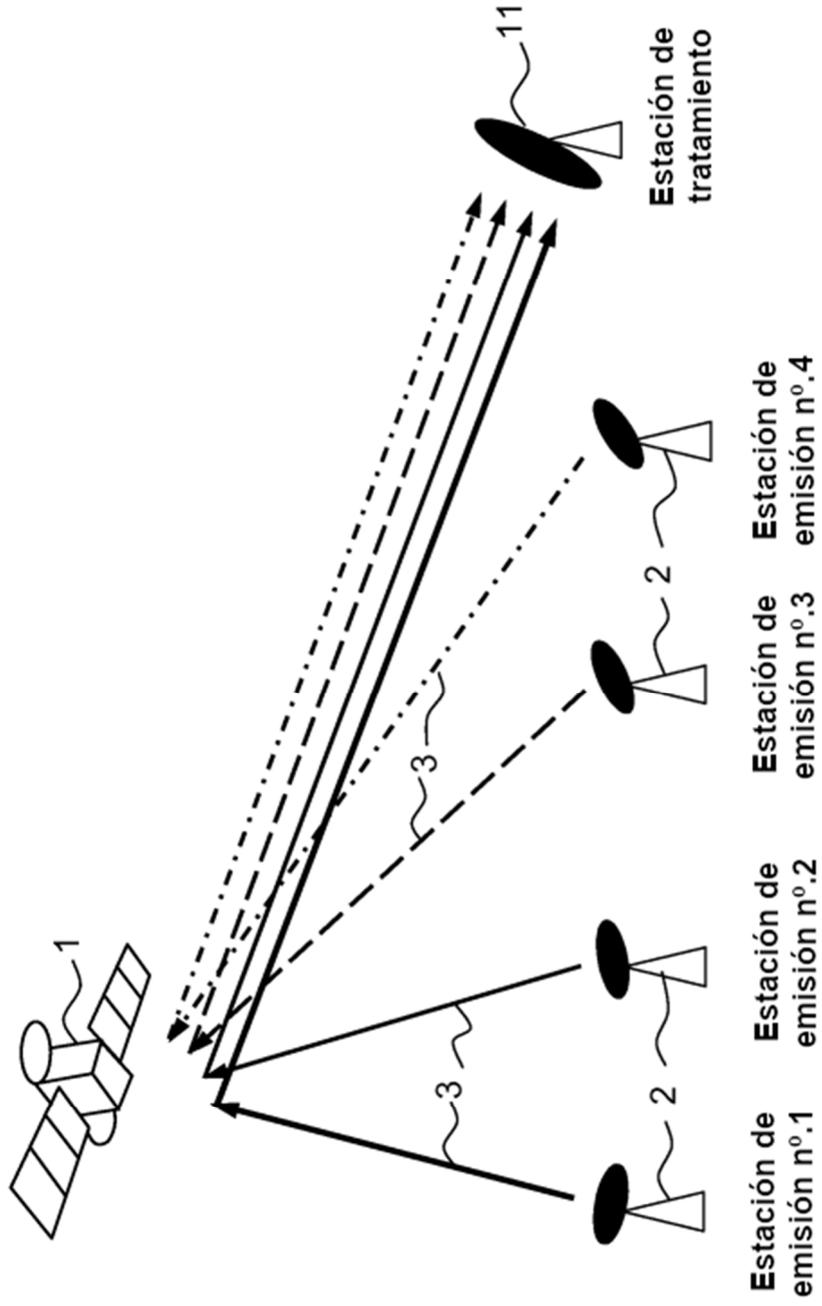


FIG.3