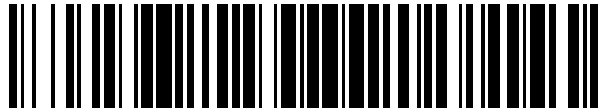


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 394 992**

51 Int. Cl.:

G01S 19/08 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.11.2009 E 09768122 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **27.07.2011 EP 2347275**

54 Título: **Sistema de vigilancia de una constelación de satélites de un sistema de posicionamiento**

30 Prioridad:

05.11.2008 FR 0806162

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

07.02.2013

73 Titular/es:

**ASTRIUM SAS (100.0%)
12, rue Pasteur
92150 Suresnes , FR**

72 Inventor/es:

LAINÉ, ROBERT

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 394 992 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 vigilancia de una constelación de satélites de un sistema de posicionamiento.

La presente invención concierne a un sistema de vigilancia de una constelación de satélites.

5 Más en particular, ésta concierne a la comprobación de las señales de posicionamiento provenientes de satélites (de posicionamiento) de un sistema usual de posicionamiento por satélites, por ejemplo de tipo GALILEO, GPS o GLONASS.

10 Es sabido que los sistemas de posicionamiento por satélites incluyen una constelación de satélites que se sitúan en órbitas de altitud media (del orden de 25 000 km) alrededor de la Tierra. Estos satélites y sus órbitas generalmente son designados en la técnica, respectivamente, por "satélites MEO" y "órbitas MEO" (por "Medium Earth Orbit"). Los satélites MEO se hallan repartidos uniformemente en varios planos orbitales, de manera que, en cualquier punto de la Tierra, un usuario pueda ver varios satélites MEO, es decir, encontrarse en líneas directas con los mismos (al menos tres, aunque cuatro si el usuario desea conocer su altitud) y deducir sus propias coordenadas terrestres. Cada satélite MEO es portador de un reloj atómico de alta estabilidad y precisión, así como de un equipo electrónico que direcciona a los usuarios unas señales de posicionamiento que incluyen la hora corregida (restituida a una referencia común) y las efemérides del satélite. A partir de estas señales de posicionamiento recibidas de varios satélites MEO, el usuario determina su distancia a los diversos satélites en visión y, por tanto, deduce su posición en coordenadas terrestres. La presente invención tiene por objeto verificar la integridad de estas señales de posicionamiento.

20 Es sabido que unas soluciones usuales utilizan al efecto estaciones terrenas. Estas estaciones fijas comparan permanentemente la información recibida del satélite (a través de las señales de posicionamiento) con su posición efectiva conocida con exactitud, para detectar eventualmente un error de coherencia de las señales recibidas. Las ocasionales desviaciones locales se transmiten a uno o varios centros de control que tratan la información e identifican el o los satélites que transmiten señales de posicionamiento erróneas. Esta información de calidad de las señales de posicionamiento recibidas es transmitida a continuación a los usuarios, con el fin de que desestimen las señales erróneas en su cálculo de posicionamiento.

25 Las causas de errores en las señales de posicionamiento recibidas se pueden clasificar en dos grandes categorías, a saber:

30 - errores comunes motivados por los satélites. Estos errores están motivados principalmente por la deriva del reloj embarcado que da la referencia de tiempo, por las derivas de los parámetros orbitales de los satélites o por anomalías de tratamiento a bordo de los satélites; y

- errores locales motivados por la propagación de las señales a través de la atmósfera y/o por fenómenos de trayectos múltiples locales. Estos errores son variables con el tiempo, no afectan simultáneamente más que a un limitado número de usuarios y no son responsabilidad directa del operador, el cual no tiene medio alguno para corregirlos, ya que dependen de fenómenos físicos naturales.

35 Puesto que los sistemas de posicionamiento vía satélite utilizan todos ellos la medida de diferencias de tiempos de llegada de las señales de posicionamiento emitidas por los satélites para calcular la posición terrestre y, puesto que las dos categorías de error anteriormente indicadas presentan un idéntico efecto, es decir, un error temporal de las señales recibidas por el usuario, es fácil confundir un error de propagación local con un error temporal de la señal enviada por los satélites. Para tratar de despejar esta ambigüedad, unos centros de tratamiento especializados recogen la información proveniente de numerosas estaciones de tierra y, mediante un cálculo esencialmente estadístico, separan la parte de error común de la parte de error local. En efecto, sólo merece ser señalizada a todos los usuarios la parte de error común, es decir, la proveniente de uno o varios satélites. Este tratamiento complejo lleva tiempo, pues hay que esperar a tener bastante información para distinguir sin ambigüedad aquello que es local para una o varias estaciones (tal como un efecto ionosférico o una geometría de la constelación que conduce a trayectos múltiples) de aquello que es común para todas las estaciones y cuya causa, por lo tanto, tan sólo puede estar situada a bordo de uno o varios satélites.

40 Hasta que se termine la identificación positiva del o de los satélites erróneos, todos los usuarios van a incurrir en un error en su cálculo de posicionamiento, potencialmente con graves consecuencias especialmente para los móviles. Se comprende con facilidad que reducir el tiempo de identificación de señales de posicionamiento (vía satélite) erróneas es una prioridad para cualquier operador de un sistema de posicionamiento de este tipo preocupado por garantizar a los usuarios la calidad de su sistema.

45 Por otro lado, se conoce, por el documento EP-1878465, un sistema de determinación de información de navegación para un sistema de navegación por satélite. De acuerdo con este documento, unas estaciones de vigilancia de satélites, situadas en ingenios espaciales, recogen los mensajes de navegación difundidos por los satélites y efectúan medidas de pseudodistancias que los separan de los satélites que tienen a la vista. Cada medida de pseudodistancia y el correspondiente mensaje de navegación son comunicados por cada estación de vigilancia a

unos centros de cálculo, que se encargan de controlar la coherencia entre las medidas de pseudodistancia y la información de posición contenida en los mensajes de navegación, con el fin de determinar para cada satélite una información de integridad.

5 La presente invención tiene por objeto subsanar los citados inconvenientes. Ésta concierne a un sistema de vigilancia que está destinado a vigilar señales de posicionamiento emitidas por una constelación de satélites que forma parte de un sistema de posicionamiento, por ejemplo de tipo GPS, GALILEO o GLONASS, y que permite subsanar los citados inconvenientes.

A tal efecto, de acuerdo con la invención, dicho sistema de vigilancia es notable porque incluye:

10 - al menos un satélite de vigilancia que se sitúa en órbita a una altitud inferior a aquella de los satélites de dicha constelación de satélites en orden a poder recibir las señales de posicionamiento emitidas por esos satélites con destino a la Tierra, y que incluye al menos los siguientes medios embarcados:

· al menos un receptor que es susceptible de recibir directamente señales de posicionamiento emitidas por unos satélites de dicha constelación de satélites;

15 · al menos una unidad de tratamiento que está conformada en orden a verificar la integridad de dichas señales de posicionamiento recibidas, utilizando una información de posición que es independiente de esas señales de posicionamiento, y a determinar, si es el caso, el o los satélites que han emitido señales de posicionamiento erróneas; y

20 · al menos un emisor que es susceptible de emitir hacia la Tierra datos de integridad indicativos, si es el caso, del o de los satélites de dicha constelación de satélites cuyas señales de posicionamiento son erróneas;

- al menos un centro de control que está establecido en la Tierra, que controla dicho satélite de vigilancia, que determina su órbita y que incluye unos medios susceptibles de recibir datos de integridad emitidos por ese satélite de vigilancia; y

25 - al menos un centro de distribución de mensajes de integridad que está establecido en la Tierra y que comprende:

· medios para recibir datos de integridad del satélite de vigilancia, que son transmitidos por dicho centro de control;

· medios para determinar, a partir de esos datos de integridad, unos mensajes de integridad relativos a satélites de dicha constelación de satélites del sistema de posicionamiento; y

30 · medios para emitir esos mensajes de integridad con destino a unos usuarios.

35 Así, en virtud de la invención, en lugar de utilizar estaciones fijas previstas en tierra para vigilar la constelación de satélites de un sistema de posicionamiento, el sistema de vigilancia utiliza al menos un satélite de vigilancia que se halla situado a una altitud inferior a aquellas de los satélites de dicha constelación de satélites en orden a poder recibir las señales de posicionamiento emitidas por estos últimos (y destinadas a unos usuarios del sistema de posicionamiento), pero que se halla situado en órbita en orden a evitar la aparición de errores locales tales como los anteriormente descritos, motivados en particular por fenómenos de trayectos múltiples locales o por retardos de propagación.

40 Se obtiene consecuentemente un sistema de vigilancia especialmente fiable, que permite en particular detectar, de manera autónoma y rápida, y sin ambigüedad, señales de posicionamiento erróneas emitidas por uno o varios satélites del sistema de posicionamiento vigilado, utilizando al efecto una información de posición que es independiente de dichas señales de posicionamiento.

En una forma preferida de realización, dicho sistema de vigilancia incluye una pluralidad de satélites de vigilancia tales como el antedicho, que se hallan situados todos ellos en órbitas más bajas que los satélites de la constelación y que ponen en práctica las citadas funciones.

45 De manera ventajosa, cada satélite de vigilancia incluye, además, unos medios auxiliares embarcados, que permiten determinar (con ayuda de información recibida de dicho centro de control) una primera posición en el espacio de dicho satélite de vigilancia, sin utilizar dichas señales de posicionamiento emitidas por satélites de la constelación de satélites, y dicha unidad de tratamiento incluye:

50 - unos primeros medios para calcular al menos una segunda posición, con ayuda de dichas señales de posicionamiento recibidas de satélites de la constelación de satélites;

- unos segundos medios para comparar entre sí dichas posiciones primera y segunda; y

- unos terceros medios para deducir, si es el caso, la existencia de señales de posicionamiento erróneas.

Más aún, en una forma preferida de realización:

- 5 - dichos primeros medios están conformados en orden a calcular una pluralidad de segundas posiciones, siendo calculada cada una de dichas segundas posiciones con ayuda de las señales de posicionamiento recibidas de un subgrupo de satélites de dicha constelación de satélites, comprendiendo cada uno de dichos subgrupos un mismo primer número predeterminado de satélites (por ejemplo, cuatro satélites) y teniendo en común dos subgrupos cualesquiera, como máximo cada vez, un segundo número predeterminado de satélites (por ejemplo, dos satélites);
- 10 - dichos segundos medios están conformados en orden a comparar cada una de esas segundas posiciones con dicha primera posición; y
- dichos terceros medios están conformados en orden a determinar, si es el caso, el o los satélites cuyas señales de posicionamiento son erróneas, con ayuda de los resultados de las comparaciones puestas en práctica por dichos segundos medios y de la composición de dichos subgrupos.

- 15 Más aún, cada satélite de vigilancia incluye, además, una antena receptora única que está asociada a dicho receptor, que está posicionada en orden a evitar trayectos múltiples y que está rodeada de una pantalla de protección electromagnética para eliminar modos de propagación indeseables (por reflexión o difracción de las señales de posicionamiento sobre la estructura de dicho satélite de vigilancia), lo cual permite eliminar los fenómenos más frecuentes susceptibles de perturbar la recepción de las señales por parte de la antena.

En una forma preferida de realización, dicho o dichos satélites de vigilancia se sitúan en unas órbitas:

- 20 - que presentan altitudes más elevadas que aquellas de las capas densas de la ionosfera, lo cual permite evitar la aparición de retardos ionosféricos motivados por el paso de las señales de posicionamiento a través de las capas densas de la ionosfera; y/o
- que presentan un plano diferente de los planos de las órbitas de dichos satélites de la constelación de satélites, con el fin de aumentar al máximo la precisión de detección de los errores.
- 25 Por otro lado, en una forma preferida de realización, dichos centros de control y de distribución se hallan situados en el mismo lugar y forman parte de un mismo y único centro de gestión.

Más aún, de manera ventajosa, dicho centro de control comprende además:

- unos medios de control remoto de cada uno de dichos satélites de vigilancia; y
- 30 - unos medios de cálculo de parámetros orbitales del o de dichos satélites de vigilancia y de actualización de unidades de tratamiento embarcadas en ese o esos satélites de vigilancia.

Más aún, ventajosamente, dicho centro de distribución comprende, además, unos medios de codificación para codificar los mensajes de integridad antes de su emisión, en orden a reservar la utilización de esa información para unos clientes particulares (por ejemplo que han contratado una suscripción) dotados de apropiados medios de decodificación.

- 35 Mediante las figuras del adjunto dibujo se entenderá perfectamente el modo en que se puede representar la invención. En estas figuras, referencias idénticas designan elementos semejantes.

La figura 1 representa esquemáticamente la arquitectura de un sistema de vigilancia de acuerdo con la invención.

La figura 2 muestra esquemáticamente los principales medios que lleva embarcados un satélite de vigilancia que forma parte de un sistema de vigilancia de acuerdo con la invención.

- 40 La figura 3 es el diagrama de bloques de una unidad de tratamiento de un satélite de vigilancia de acuerdo con la invención.

Las figuras 4 y 5 muestran esquemáticamente los medios principales de respectivamente un centro de control y un centro de distribución.

- 45 El sistema de vigilancia 1 de acuerdo con la invención y representado según una arquitectura esquemática en la figura 1 está destinado a vigilar un sistema usual de posicionamiento por satélites, por ejemplo de tipo GALILEO, GPS o GLONASS, así como los satélites de aumentación tales como EGNOS.

En la figura 1, se ha representado simplemente una constelación de satélites 2 de un sistema de posicionamiento de este tipo. Esta constelación de satélites 2 incluye una pluralidad de satélites S1 que se sitúan en órbita alrededor de la Tierra T en una órbita O1 que es, generalmente, de media altitud (del orden de 20 000 a 25 000 km).

El sistema de vigilancia 1 de acuerdo con la invención tiene más concretamente por objeto vigilar las señales de posicionamiento emitidas por los satélites S1 de esta constelación de satélites 2 del sistema de posicionamiento. Es sabido que, de manera usual, estas señales de posicionamiento son utilizadas por usuarios del sistema de posicionamiento para determinar en particular su posición y, eventualmente, su velocidad.

5 De acuerdo con la invención, dicho sistema de vigilancia 1 incluye para tal fin:

- al menos un, aunque preferentemente una pluralidad de satélites de vigilancia S2. Estos satélites de vigilancia S2 se sitúan en órbita alrededor de la Tierra T, en una órbita O2 que presenta una altitud que, por ejemplo de 2000 a 3000 metros, es inferior a aquella (del orden de 20 000 a 25 000 metros) de los satélites S1 de dicha constelación de satélites 2 en orden a poder recibir, tal como se ilustra mediante flechas E, las señales de posicionamiento emitidas por un gran número de satélites S1 con destino a la Tierra T;

10 - al menos un centro de control 3 que está establecido en la Tierra T, que controla dichos satélites de vigilancia S2 y que incluye unos medios 4 susceptibles de recibir datos de integridad emitidos por estos satélites de vigilancia S2. Los enlaces de transmisión de datos L1 entre el centro de control 3 y los satélites de vigilancia S2 son de tipo usual, basados en ondas electromagnéticas; y

15 - al menos un centro de distribución 5 de mensajes de integridad que está establecido en la Tierra T y que comprende, tal y como se representa en la figura 5:

· unos medios 6 para recibir los datos de integridad emitidos por dichos satélites de vigilancia S2 y transmitidos por dicho centro de control 3;

20 · unos medios 7 para determinar, a partir de esos datos de integridad, unos mensajes de integridad relativos a satélites S1 de dicha constelación de satélites 2 del sistema de posicionamiento. Esos mensajes de integridad identifican claramente, si es el caso, el o los satélites S2 que emiten señales de posicionamiento erróneas; y

· unos medios 8 para emitir esos mensajes de integridad con destino a unos usuarios.

25 Los usuarios del sistema de posicionamiento pueden desestimar entonces las señales de posicionamiento recibidas por los satélites S1 identificados en un mensaje de integridad y utilizar únicamente las señales de satélites S1 íntegras.

Además, de acuerdo con la invención, cada uno de los satélites de vigilancia S2 del sistema 1 incluye al menos los siguientes medios embarcados, tal y como se representa en la figura 2:

30 - al menos un receptor 9 que es susceptible de recibir, con ayuda de una antena asociada 10, señales de posicionamiento emitidas por unos satélites S1 de dicha constelación de satélites 2;

- al menos una unidad de tratamiento 11 que está conformada en orden a verificar la integridad de dichas señales de posicionamiento recibidas a través de un enlace 12, utilizando una información de posición (especificada a continuación) que es independiente de esas señales de posicionamiento. Además, esta unidad de tratamiento 11 está conformada en orden a determinar, si es el caso, el o los satélites S1 que han emitido señales de posicionamiento erróneas; y

35 - al menos un emisor 13 que es susceptible de emitir en dirección a la Tierra T, tal como se ilustra mediante el enlace L1, con ayuda de una antena asociada 14, datos de integridad recibidos (mediante un enlace 15) de la unidad de tratamiento 11 e indicativos, si es el caso, del o de los satélites S1 de dicha constelación de satélites 2 cuyas señales de posicionamiento son erróneas.

40 Por lo tanto, el sistema de vigilancia 1 está en disposición de verificar de manera independiente la integridad del sistema de posicionamiento vigilado, estando en disposición de difundir información acerca de la calidad de las señales de posicionamiento emitidas por los satélites S1 con destino en particular a los usuarios de dicho sistema de posicionamiento.

45 El interés de utilizar satélites de vigilancia S2, en vez de estaciones terrestres fijas en particular, está en que las señales de posicionamiento que tales satélites de vigilancia S2 reciben están exentas de errores locales, tales como por ejemplo trayectos múltiples. Con ayuda de satélites de vigilancia S2 de este tipo, por tanto, el sistema de vigilancia 1 está en disposición de realizar una detección autónoma, rápida y sin ambigüedad de las señales de posicionamiento erróneas emitidas por uno o varios satélites S1 de la constelación de satélites 2 del sistema de posicionamiento.

50 En una forma particular de realización, dichos satélites de vigilancia S2 se sitúan en unas órbitas O2:

- que presentan altitudes más elevadas que aquellas de las capas densas de la ionosfera, lo cual permite evitar la aparición de retardos ionosféricos motivados por el paso de las señales de posicionamiento a través de las

capas densas de la ionosfera; y

- que presentan un plano diferente de aquellos de las órbitas O2 de dichos satélites S1, con el fin de aumentar al máximo la precisión de detección de los errores.

5 Más aún, en una forma preferida de realización, cada satélite de vigilancia S2 lleva embarcados los siguientes equipos representados en la figura 2, algunos de los cuales han sido citados anteriormente:

10 - la antena receptora 10 de las señales de posicionamiento. Esta antena 10 queda posicionada de modo que no quepa la posibilidad de trayectos múltiples por reflexión o difracción de las señales de posicionamiento sobre la estructura del satélite de vigilancia S2. A tal efecto, esta antena 10 puede estar dotada asimismo, de ser necesario, de una pantalla usual de protección electromagnética (no representada) que está destinada a eliminar los modos de propagación indeseables y que rodea a esta antena 10;

- uno o varios receptores 9 que dan la posición de la antena 10 del satélite de vigilancia S2 con relación a la constelación de satélites 2 del sistema de posicionamiento, así como una información temporal;

- un reloj 16 de buena estabilidad, que proporciona una referencia temporal independiente de la constelación de satélites 2;

15 - una o varias unidades de tratamiento 11 que tratan la información transmitida por los receptores 9 y el reloj 16 embarcados (con ayuda de unos enlaces 12 y 17) y que están conformadas en orden a detectar si uno o varios satélites de posicionamiento S1 envían señales de posicionamiento erróneas, según se especifica a continuación;

20 - el emisor 13 y su antena 14, que funcionan a una frecuencia diferente de la propia de las señales de posicionamiento y que transmiten los resultados de los tratamientos puestos en práctica por la o las unidades de tratamiento 11; y

- un conjunto 18 de elementos y de funcionalidades usuales de todo satélite, que en particular están destinados a:

- pilotar la altitud y corregir la órbita O2 del satélite de vigilancia S2;
- proporcionar la potencia eléctrica necesaria; y

25 · procurar un entorno térmico razonable para los equipos embarcados.

En el contexto de la presente invención, la o las unidades de tratamiento 11 embarcadas en los satélites de vigilancia S2 efectúan las operaciones de gestión de los satélites S2, así como operaciones específicas de la misión de vigilancia. En concreto, para realizar estas últimas operaciones, una unidad de tratamiento 11 embarcada incluye los siguientes medios, representados en la figura 3:

30 - medios 19 para calcular la posición en tres dimensiones y la velocidad de los satélites S1 vigilados, a partir de las señales de posicionamiento recibidas de la constelación de satélites 2. Estas señales son utilizadas en subgrupos uniformemente repartidos. Cada subgrupo comprende un número dado de satélites, por ejemplo cuatro satélites, de los cuales no más de un número dado (por ejemplo dos) son comunes para dos subgrupos;

35 - medios 20 para gestionar la propagación de los parámetros orbitales del satélite y del tiempo a bordo. Estos parámetros se cargan inicialmente a partir del centro de control 3;

- medios 21 para originar datos de integridad que identifican, si es el caso, el o los satélites S1 cuyas señales de posicionamiento son erróneas. Estos datos de integridad están destinados a ser transmitidos al centro de control 3 y a usuarios del sistema de posicionamiento; y

40 - medios 22 para vigilar el estado de funcionamiento del satélite de vigilancia S2 y especialmente la coherencia entre la posición en tres dimensiones calculada y la propagada a bordo, con el fin de poder detectar una anomalía de la carga de pago embarcada.

45 Para tal fin, se puede utilizar una propiedad característica del satélite de vigilancia S2, según la cual no pueden existir varias posiciones verdaderas en tres dimensiones para un mismo satélite S2, ya que este último tan sólo incluye una antena receptora 10. Esta condición se cumple con tanta más precisión cuanto más próximo se halla el centro de gravedad del satélite de vigilancia S2 de la posición de la antena receptora 10, lo cual se verifica en un pequeño satélite de tamaño típicamente inferior a un metro y cuya altitud es conocida con una precisión de unos grados.

50 En el caso en que el satélite S2 presenta una distancia mayor entre su centro de gravedad y su antena receptora 10, los medios 22 pueden incluir unos medios de cálculo para realizar una corrección en función de la altitud del satélite S2, con el fin de mantener la coherencia entre la posición del centro de gravedad que se halla en la órbita O2

estimada y la posición de la antena receptora 10 que proporciona la posición en tres dimensiones calculada.

Más aún, de acuerdo con la invención, dichos medios 19 comparan la posición en 3D calculada para cada subgrupo con una posición independiente estimada a partir de los parámetros orbitales del satélite de vigilancia S2, recibidos de dicho centro de control 3, con el fin de determinar si existe una desviación (superior a un valor predeterminado).

- 5 En caso de ausencia de desviación significativa, la unidad de tratamiento 11 concluye que:
- por una parte, la posición independiente, calculada con ayuda de los parámetros orbitales, es exacta; y
 - por otra parte, las señales de posicionamiento emitidas por los satélites del subgrupo en cuestión son todas ellas fiables, ya que estadísticamente es imposible en semejante situación estar en presencia de dos errores que se compensan.

- 10 En cambio, en caso de detección de una desviación significativa, dichos medios 19 realizan un cálculo regresivo para determinar cuáles son el o los satélites S1 que transmiten señales erróneas. El principio de cálculo es que, si uno de los subgrupos presenta una desviación significativa respecto a la posición independiente estimada, ese subgrupo contiene al menos un satélite S1 cuyas señales de posicionamiento son erróneas. Así pues, realizando una serie de permutaciones de los satélites S1 de ese subgrupo con los de otros subgrupos, dichos medios 19
- 15 quedan en disposición de aislar rápidamente el o los satélites S1 que son causantes del o de los errores detectados.

En una forma de realización simplificada (no representada), el centro de control 3 y el centro de distribución 5 se hallan situados en el mismo lugar sobre la Tierra T y forman parte de un mismo y único centro de gestión.

Dicho centro de control 3 comprende en concreto, tal y como se representa en la figura 4:

- dichos medios de recepción 4 de datos de integridad emitidos por los satélites de vigilancia S2;
- 20 - unos medios de control remoto 24 de dichos satélites de vigilancia S2 a través del enlace S1;
- unos medios de cálculo 25 de parámetros orbitales de dichos satélites de vigilancia S2 y de actualización de las unidades de tratamiento 11 embarcadas en esos satélites de vigilancia S2; y
- unos medios de emisión 26 de datos de integridad hacia el centro de distribución 5, tal como se ilustra mediante un enlace L2 en la figura 1.

- 25 Dicho centro de distribución 5 comprende asimismo, además de los citados medios 6, 7 y 8, unos medios de codificación 28 para codificar los mensajes de integridad (originados por los medios 7) antes de su emisión (con ayuda de los medios 8) con destino a unos usuarios, de modo que sólo unos usuarios acreditados o que hayan abonado una cuota puedan decodificar la información de integridad. La distribución de las claves de descifrado se puede brindar con ayuda de medios seguros usuales. La difusión de información de integridad (con destino a unos
- 30 usuarios) se puede realizar en particular:

- por Internet; o
- por ondas radioeléctricas; o
- por medios existentes o medios específicos (radio o televisión, satélites de comunicación, EGNOS, ...).

REIVINDICACIONES

1. Sistema de vigilancia para vigilar señales de posicionamiento emitidas por una constelación de satélites (2) que forma parte de un sistema de posicionamiento, incluyendo dicho sistema de vigilancia (1):
 - al menos un satélite de vigilancia (S2) que incluye al menos los siguientes medios embarcados:
 - 5 · al menos un receptor (9) que es susceptible de recibir directamente señales de posicionamiento emitidas por unos satélites (S1) de dicha constelación de satélites (2); y
 - al menos un emisor (13) que es susceptible de emitir hacia la Tierra (T) datos de integridad indicativos, si es el caso, del o de los satélites (S1) de dicha constelación de satélites (2) cuyas señales de posicionamiento son erróneas;
 - 10 - al menos un centro de control (3) que está establecido en la Tierra, que controla dicho satélite de vigilancia (S2) y que incluye unos medios (4) susceptibles de recibir datos de integridad emitidos por este satélite de vigilancia (S2); y
 - al menos un centro de distribución (5) de mensajes de integridad, que está establecido en la Tierra (T) y que comprende:
 - 15 · medios (6) para recibir datos de integridad del satélite de vigilancia (S2), que son transmitidos por dicho centro de control (3);
 - medios (7) para determinar, a partir de esos datos de integridad, unos mensajes de integridad relativos a satélites (S1) de dicha constelación de satélites (2) del sistema de posicionamiento; y
 - medios (8) para emitir esos mensajes de integridad con destino a unos usuarios,
- 20 caracterizado porque dicho satélite de vigilancia (S2) se sitúa en órbita (O2) a una altitud inferior a aquella de los satélites (S1) de dicha constelación de satélites (2) en orden a poder recibir las señales de posicionamiento emitidas por esos satélites (S1) con destino a la Tierra (T), y porque dicho satélite de vigilancia (S2) incluye, además, al menos una unidad de tratamiento (11) que está conformada en orden a verificar la integridad de las señales de posicionamiento recibidas, utilizando una información de posición que es independiente de esas señales de posicionamiento, a determinar, si es el caso, el o los satélites (S1) que han emitido señales de posicionamiento erróneas y a conformar correspondientes datos de integridad.
- 25 2. Sistema de vigilancia según la reivindicación 1, caracterizado porque incluye una pluralidad de satélites de vigilancia (S2).
- 30 3. Sistema de vigilancia según una de las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado porque cada satélite de vigilancia (S2) incluye, además, unos medios auxiliares embarcados (19) que permiten determinar una primera posición en el espacio de dicho satélite de vigilancia (S2), sin utilizar dichas señales de posicionamiento emitidas por satélites (S1) de la constelación de satélites (2), y porque dicha unidad de tratamiento (11) incluye:
 - unos primeros medios (19) para calcular al menos una segunda posición, con ayuda de dichas señales de posicionamiento recibidas de satélites (S1) de la constelación de satélites (2);
 - 35 - unos segundos medios (21) para comparar entre sí dichas posiciones primera y segunda; y
 - unos terceros medios (21) para deducir, si es el caso, la existencia de señales de posicionamiento erróneas.
- 40 4. Satélite de vigilancia según la reivindicación 3, caracterizado porque:
 - dichos primeros medios (19) están conformados en orden a calcular una pluralidad de segundas posiciones, siendo calculada cada una de dichas segundas posiciones con ayuda de las señales de posicionamiento recibidas de un subgrupo de satélites de dicha constelación de satélites (2), comprendiendo cada uno de dichos subgrupos un mismo primer número predeterminado de satélites y teniendo en común dos subgrupos cualesquiera, como máximo cada vez, un segundo número predeterminado de satélites;
 - 45 - dichos segundos medios (21) están conformados en orden a comparar cada una de esas segundas posiciones con dicha primera posición; y
 - dichos terceros medios (21) están conformados en orden a determinar, si es el caso, el o los satélites cuyas señales de posicionamiento son erróneas, con ayuda de los resultados de las comparaciones puestas en práctica por dichos segundos medios (21) y de la composición de dichos subgrupos.
5. Sistema de vigilancia según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque cada

satélite de vigilancia (S2) incluye, además, una antena receptora única (10) que está asociada a dicho receptor (9), que está posicionada en orden a evitar trayectos múltiples y que está rodeada de una pantalla de protección electromagnética para eliminar modos de propagación indeseables.

- 5 6. Sistema de vigilancia según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque cada satélite de vigilancia (S2) se sitúa en una órbita (O2) que presentan una altitud más elevada que aquella de las capas densas de la ionosfera.
7. Sistema de vigilancia según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque cada satélite de vigilancia (S2) se sitúa en una órbita (O2) que presenta un plano diferente de aquellos de las órbitas (O1) de los satélites (S1) de dicha constelación de satélites (2).
- 10 8. Sistema de vigilancia según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque dichos centros de control y de distribución se hallan situados en el mismo lugar y forman parte de un mismo y único centro de gestión.
9. Sistema de vigilancia según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque dicho centro de control (3) comprende además:
- 15 - unos medios de control remoto (24) de cada satélite de vigilancia (S2); y
- unos medios de cálculo (25) de parámetros orbitales de cada satélite de vigilancia (S2) y de actualización de unidades de tratamiento (11) embarcadas en cada satélite de vigilancia (S2).
10. Sistema de vigilancia según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque dicho centro de distribución (5) comprende, además, unos medios de codificación (28) para codificar los mensajes de
- 20 integridad antes de su emisión con destino a unos usuarios.

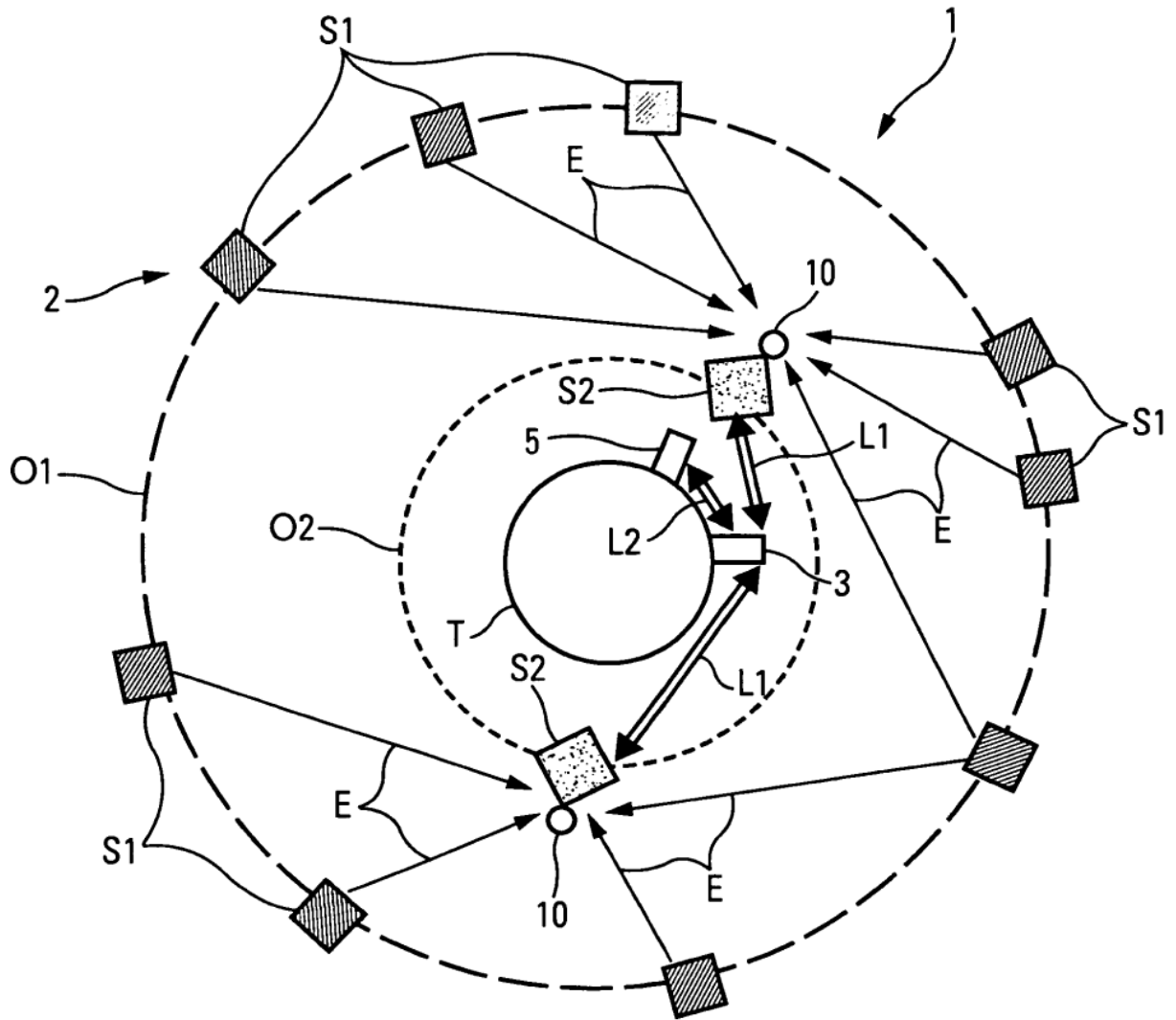


Fig. 1

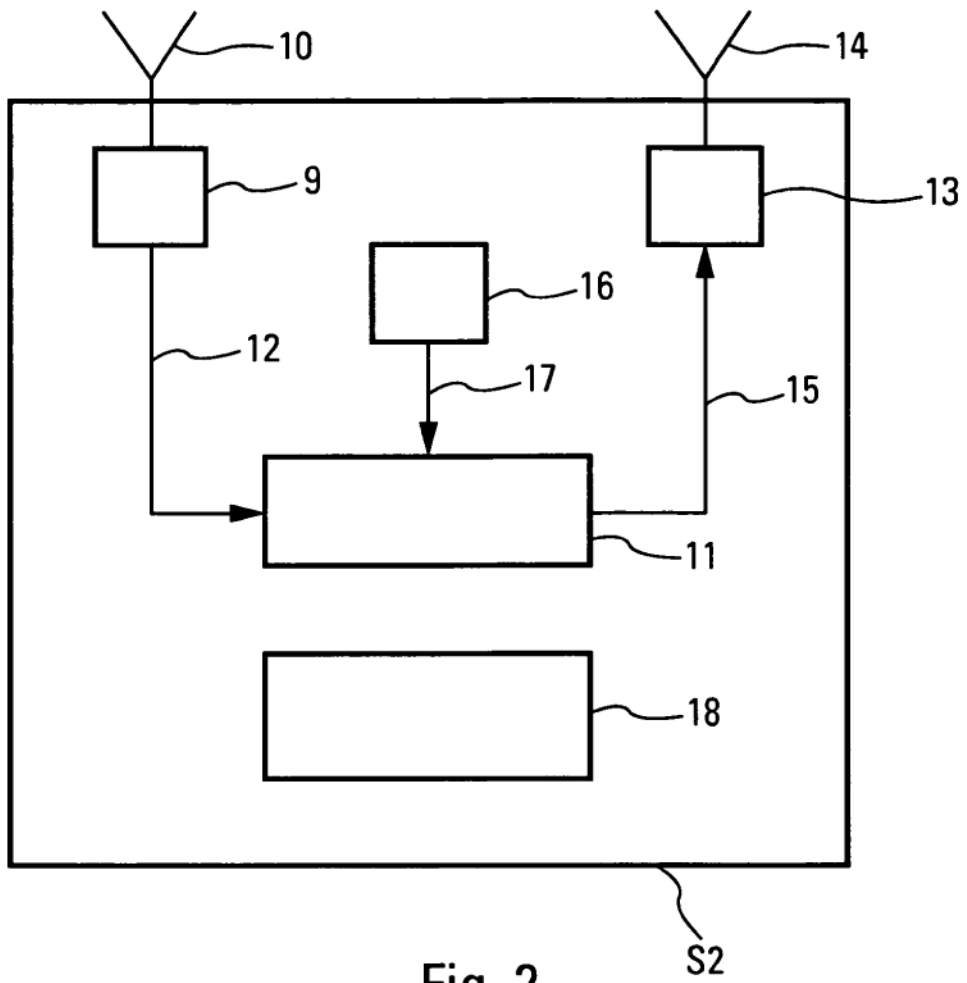


Fig. 2

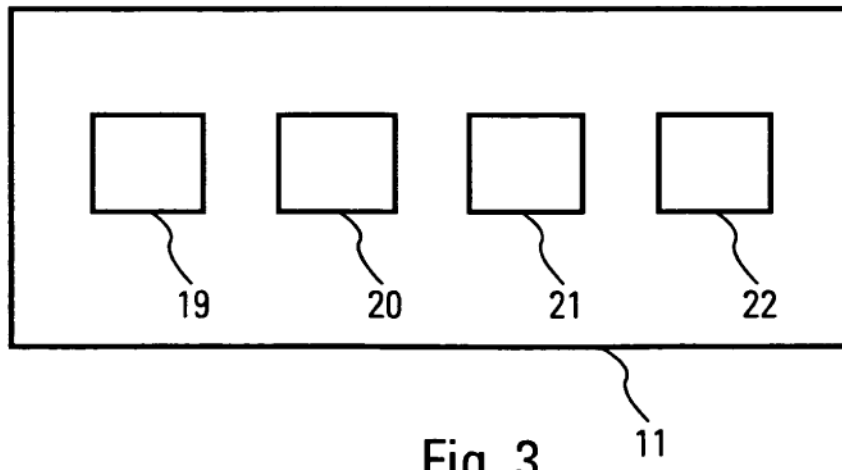


Fig. 3

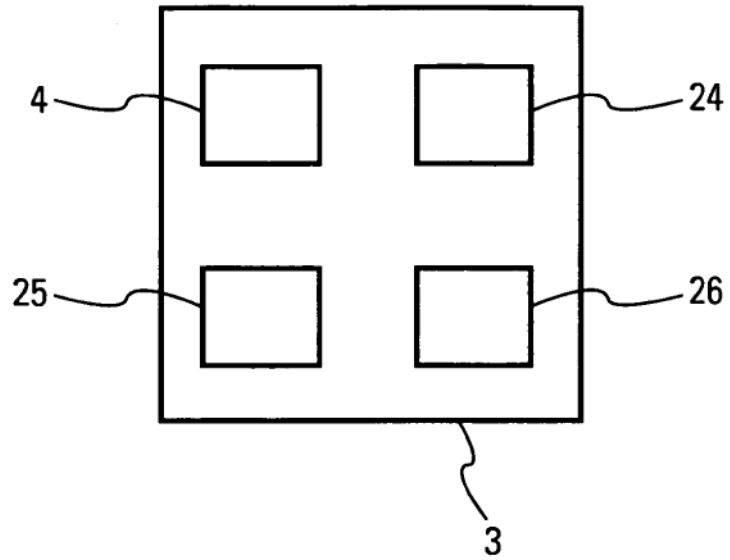


Fig. 4

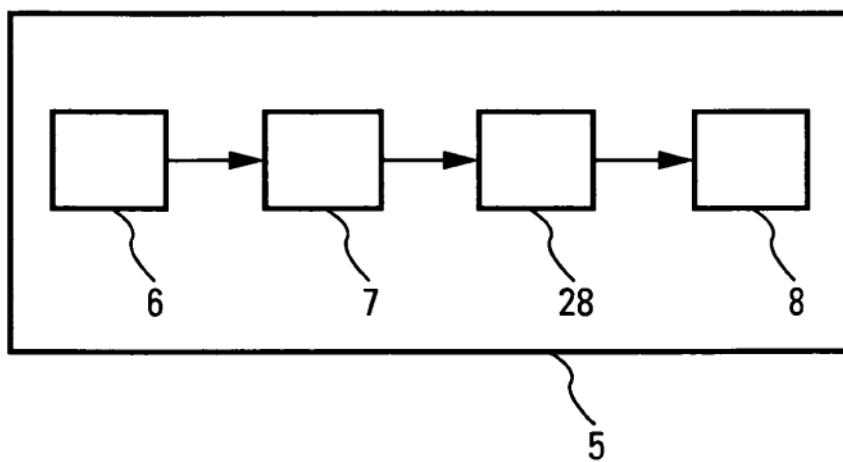


Fig. 5