

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 623 476**

51 Int. Cl.:

**G01S 19/38** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.07.2013** **E 13178296 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.02.2017** **EP 2693232**

54 Título: **Procedimiento de control de la integridad de estaciones de radionavegación en un sistema de aumento por satélite**

30 Prioridad:

**03.08.2012 FR 1202181**

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

**11.07.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BERTIN DE LA HAUTIERE, GONZAGUES y  
DAHMAN, NIDHAL**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 623 476 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

Procedimiento de control de la integridad de estaciones de radionavegación en un sistema de aumento por satélite

La invención se refiere al campo de los sistemas de aumento de las prestaciones y de la disponibilidad de sistemas de navegación por satélite, conocidos con el acrónimo anglosajón SBAS para “*Satellite Based Augmentation Systems*”.

La invención se refiere de manera más precisa a un procedimiento de control de la integridad de estaciones de radionavegación externas para su integración en un sistema SBAS.

La figura 1 esquematiza, en un diagrama de bloques, la arquitectura global de un sistema SBAS según la técnica anterior. Dicho sistema está adaptado para producir unos datos de aumento a partir de mediciones realizadas en las señales 101 de navegación emitidas por una multitud de satélites NAV de radionavegación. Las mediciones y datos que provienen de los satélites NAV de radionavegación las recoge una multitud de estaciones RIMS de observación y a continuación se transmiten 102, a un ritmo dado, hacia uno o varios centros CPF de control y tratamiento. Estos últimos realizan, a partir de las mediciones recibidas, una estimación de las correcciones diferenciales a aplicar a la señal de radionavegación y a continuación elaboran unos mensajes de aumento, que incluyen estas correcciones y a continuación se transmiten 103 a una estación NLES terrestre de navegación. La estación NLES recibe los mensajes de aumento y los transmite 104 a un satélite SAT de aumento para su difusión 105 a continuación a los usuarios U y a las estaciones RIMS de observación. Los usuarios U pueden ser unos receptores situados en tierra o instalados a bordo en un portador, por ejemplo, una aeronave. Los mensajes de aumento se integran, a este respecto, de forma similar a los mensajes de navegación, en una señal de navegación compatible de un sistema de radionavegación por satélite o GNSS (*Global Navigation Satellite System*). El satélite SAT de aumento puede ser un satélite geoestacionario o un satélite HEO de órbita alta o incluso un satélite de órbita geoestacionaria inclinada de tipo IGSO (*Inclined Geosynchronous Satellite Orbit*). Se trata, por ejemplo, de un satélite del sistema europeo EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*). La estación NLES lleva a cabo un control de integridad de los mensajes recibidos, transmitidos por los centros CPF de control y tratamiento, con los mensajes difundidos por el satélite SAT de aumento en el enlace descendente.

En un sistema de aumento por satélite, las estaciones RIMS de observación, encargadas de realizar unas mediciones en las señales de radionavegación recibidas, son la mayoría de las veces limitadas en número. Por ejemplo, el sistema SBAS europeo EGNOS solo consta de treinta y siete estaciones de observación en su versión actualmente operativa y otras dos estaciones están en proceso de despliegue. Igualmente, el sistema SBAS americano WAAS consta de treinta y ocho estaciones de observación. Un número limitado de estaciones de observación implica una disponibilidad limitada para el servicio asociado al sistema SBAS, en particular en las zonas geográficas en las que debe garantizarse el servicio, pero que solo cuentan con unas pocas estaciones. Además, el número de estaciones de observación tiene un impacto directo en el rendimiento del sistema en términos de precisión de las modelizaciones realizadas a partir de las mediciones recogidas. En particular, las modelizaciones de las órbitas de los satélites y la ionosfera suministradas por un sistema SBAS serán más precisas cuanto más elevado sea el número de estaciones.

Para aumentar el número de estaciones de observación disponibles, la idea en la que se basa la invención consiste en utilizar, en lugar de o como complemento de las estaciones RIMS de observación específicas para el sistema SBAS, unas estaciones externas cuya función principal no es la realización de mediciones destinadas a un centro CPF de tratamiento de un sistema SBAS. En particular, dichas estaciones externas pueden suministrarlas unos organismos que gestionan redes colaborativas de estaciones de radionavegación. Por ejemplo, los organismos IGS (*International GNSS Service*), EUREF (*European Reference*), IGN (Instituto Geográfico Nacional francés) proponen respectivamente las redes colaborativas IGS *global network*, EPN (*EUREF Permanent Network*) y RGP (Red Geodésica Permanente).

Dichas redes colaborativas constan de un gran número de estaciones GNSS, por ejemplo, la red RGP consta de 300 estaciones, sin embargo, las mediciones suministradas por estas estaciones no están garantizadas. Si una estación presenta un problema en su funcionamiento y transmite una medición anómala, esto puede alterar el funcionamiento global del sistema.

Para ser compatible con las exigencias de integridad requeridas por un sistema SBAS, se deben controlar los datos suministrados por las estaciones externas a dicho sistema, que actúan en lugar de las estaciones RIMS de observación, con el fin de cumplir con el nivel de integridad especificado.

Las soluciones conocidas que permiten llevar a cabo un control de integridad de las mediciones recibidas por el centro CPF de tratamiento son de dos tipos.

Una primera solución consiste en utilizar una información sobre la calidad de la señal de radio navegación recibida por las estaciones RIMS de observación para filtrar las mediciones anómalas. Dicha información de calidad la calculan las estaciones RIMS de observación internas de un sistema SBAS estándar y se transmite al centro CPF de tratamiento. Sin embargo, unas estaciones externas al sistema SBAS no integran dicho cálculo y sin una información de calidad, no es posible el procedimiento de filtrado implementado por el centro CPF de tratamiento.

Una segunda solución consiste en utilizar una función de control en paralelo de la función encargada de detectar los defectos de integridad como se hace clásicamente por ejemplo en un centro de control y de tratamiento del sistema de aumento europeo EGNOS. Dicha solución permite el uso con confianza de un mensaje SBAS de navegación, pero se traduce en una reducción de la disponibilidad ya que implica el filtrado de todas las mediciones procedentes de un mismo satélite o que proceden de una zona dada de la ionosfera.

Por otra parte, se conoce otra solución descrita en la patente americana US 7019688.

La invención aporta una solución al problema de control de integridad de las mediciones suministradas por una estación de radionavegación externa a un sistema SBAS.

Esta consiste en integrar, aguas arriba del centro CPF de control y de tratamiento, un módulo de verificación adaptado para validar la integridad de las estaciones externas y para excluir las estaciones para las cuales se detecta un defecto de integridad.

La invención permite aumentar la disponibilidad del servicio SBAS con respecto a las soluciones conocidas ya que realiza un filtrado por exclusión de las estaciones de observación caso por caso y no un filtrado del conjunto de las mediciones que provienen de un mismo satélite y de una misma zona de la ionosfera.

De este modo, la invención tiene por objeto un procedimiento de control de la integridad de estaciones de observación de señales de radionavegación en un sistema SBAS de aumento por satélite que comprende al menos las siguientes etapas:

- Definir al menos una zona geográfica que comprende una multitud de estaciones de observaciones;
- Calcular, para cada estación de observación de dicha zona y para cada eje visual entre dicha estación y un satélite, la desviación entre la pseudodistancia  $D$  teórica y la pseudodistancia  $D'$  medida;
- Calcular la media  $m$  de dichas desviaciones  $D-D'$  en dicha zona para el conjunto de los satélites visibles de dicha zona;
- Validar la integridad de al menos una estación de observación de dicha zona si la desviación entre la pseudodistancia  $D$  teórica y la pseudodistancia  $D'$ , para dicha estación y para al menos un eje visual entre dicha estación y un satélite, es inferior o igual a dicha media que multiplica un umbral de exclusión predeterminado y excluir esta estación de observación en caso contrario.

En otra variante de realización de la invención, se valida (602) la integridad de las estaciones de observación de dicha zona si todas las desviaciones entre pseudodistancia  $D$  teórica y pseudodistancia  $D'$  medida para todos los ejes visuales son inferiores o iguales a dicha media que multiplica un umbral de exclusión predeterminado.

Según un aspecto particular de la invención, la pseudodistancia  $D$  teórica se calcula a partir del conocimiento de las posiciones de los satélites y de las estaciones de observaciones y la pseudodistancia  $D'$  medida la calculan las estaciones de observaciones a partir de las señales de radionavegación recibidas.

Dicha zona puede ser de tamaño fijo o puede ser un círculo con un radio variable centrado en una estación de observación dada, denominada estación de referencia. El radio de dicha zona se puede configurar para que cada zona comprenda el mismo número  $N$  de estaciones.

En una variante de realización de la invención, en el interior de una zona, se valida únicamente la integridad de la estación de referencia.

El umbral de exclusión puede ser fijo o depender del número máximo de estaciones de observación por zona a excluir. También se puede configurar de modo que se minimice la probabilidad de falsa alarma y la probabilidad de no detección en el número de estaciones de observación excluidas.

Según un aspecto particular de la invención, dichas estaciones de observación forman parte de una red de estaciones colaborativa.

La invención también tiene por objeto un centro de control y de tratamiento para sistema SBAS de aumento por satélite que consta de unos medios de control de la integridad de estaciones de observación de señales de radionavegación, estando dichos medios adaptados para implementar el procedimiento según la invención.

La invención también tiene por objeto un sistema SBAS de aumento por satélite que consta de una multitud de estaciones de observación cuya integridad no está garantizada y al menos un centro de control y de tratamiento según la invención.

Se mostrarán mejor otras características y ventajas de la presente invención con la lectura de la descripción que viene a continuación en relación con los dibujos adjuntos, que representan:

- la figura 1, un diagrama de bloques de un sistema SBAS de aumento según la técnica anterior;
- la figura 2, un diagrama de bloques de un sistema SBAS de aumento adaptado según la invención;

- la figura 3, un diagrama de bloques de una variante de realización del sistema SBAS de aumento según la invención descrito en la figura 2;
- la figura 4, un esquema funcional de la arquitectura de un centro de control y de tratamiento de un sistema SBAS según la técnica anterior;
- 5 – la figura 5, un esquema funcional de la arquitectura de un centro de control y de tratamiento de un sistema SBAS adaptado según la invención;
- la figura 6, un esquema que ilustra la implementación del procedimiento de control de la integridad de estaciones de mediciones de un sistema SBAS según la invención;
- la figura 7, un ejemplo de reagrupamiento por zonas de las estaciones de mediciones utilizadas por un sistema SBAS según una primera variante de la invención;
- 10 – la figura 8, un ejemplo que ilustra el mecanismo de exclusiones de estaciones de mediciones no fiables según la primera variante de la invención;
- la figura 9, un primer ejemplo de reagrupamiento por zonas de las estaciones de mediciones utilizadas por un sistema SBAS según una segunda variante de la invención;
- 15 – la figura 10, un segundo ejemplo de reagrupamiento por zonas de las estaciones de mediciones utilizadas por un sistema SBAS según la segunda variante de la invención;
- la figura 11, un ejemplo que ilustra el mecanismo de exclusiones de estaciones de mediciones no fiables según la segunda variante de la invención.

20 La figura 2 representa un esquema de un sistema SBAS de aumento adaptado según la invención. Los elementos comunes con el sistema SBAS según la técnica anterior representado en la figura 1 se identifican con las mismas referencias. En sustitución o como complemento de las estaciones RIMS de observación adaptadas al sistema SBAS, una multitud de estaciones EST\_EXT externas al sistema SBAS, cuyas posiciones se conocen, se integra en el sistema SBAS según la invención. Por estaciones externas, se entienden unos receptores de señales de radionavegación que no son específicas para un uso en el marco de un sistema SBAS de aumento. El funcionamiento de dichos receptores no está, por lo tanto, garantizado y su nivel de fiabilidad es menor que el de las estaciones RIMS de observación específicas para un uso en un sistema SBAS de aumento. Las estaciones EST\_EXT externas reciben las señales de radionavegación emitidas por uno o varios satélites NAV de radionavegación y transmiten las mediciones asociadas a estas señales a un centro CPF de tratamiento. La transmisión de las mediciones se puede hacer a través de la red de Internet ya que las redes colaborativas (IGS, EUREF, RGP) ofrecen este tipo de servicio. Se inserta aguas arriba de los tratamientos realizados en el centro CPF de tratamiento un módulo 200 de verificación de las señales transmitidas por las estaciones EST\_EXT externas. Este módulo se integra de manera ventajosa en el centro CPF de tratamiento. Realiza un control de integridad que permite construir una confianza colectiva con respecto a las estaciones EST\_EXT externas y excluir aquellas que se consideran no fiables según un criterio que se define a continuación.

35 La figura 3 representa una variante de realización del sistema SBAS según la invención en el cual solo se utilizan en la exclusión de las estaciones RIMS de observación unas estaciones EST\_EXT externas. A la inversa que las estaciones RIMS de observación, las estaciones EST\_EXT externas al sistema SBAS no están adaptadas a dicho sistema y, por lo tanto, no pueden recibir los mensajes de aumento difundidos por el satélite SAT de aumento. En este caso, los mensajes de aumento los puede transmitir directamente la estación NLES terrestre de navegación hacia el centro CPF de tratamiento a través de un canal 300 de retorno.

La figura 4 representa un esquema funcional de la arquitectura de un centro CPF de control y de tratamiento de un sistema SBAS según la técnica anterior.

Esta arquitectura está principalmente compuesta por un primer módulo 401 de tratamiento o “Processing Set” en inglés y de un segundo módulo 402 de control o “Check Set” en inglés.

45 El primer módulo 401 de tratamiento recibe unas mediciones que provienen de unas estaciones RIMS de observación denominadas de tipo A. El segundo módulo 402 de tratamiento recibe unas mediciones que provienen de unas estaciones RIMS de observación denominadas de tipo B. Las estaciones RIMS de observación de tipo A y B transmiten la misma información hacia el centro CPF de control y de tratamiento, esto es una medición de la pseudodistancia entre la estación y cada satélite visto desde la estación, el mensaje de navegación y de las mediciones de Doppler, relación señal-ruido y coherencia de código de portadora. Además, cada estación transmite también una información sobre la calidad de las señales que recibe.

55 El módulo 401 de tratamiento consta de una primera función 410 de filtrado de las mediciones transmitidas por las estaciones RIMS A basándose en la información de calidad de la señal. Las mediciones consideradas no fiables se eliminan de la sucesión de los cálculos. El módulo 401 de tratamiento consta, además, de una función 411 de cálculo de correcciones y de información sobre la integridad de las mediciones y una función 412 de elaboración del mensaje de aumento.

60 El módulo 402 de control consta de una primera función 420 de filtrado de las mediciones transmitidas por las estaciones RIMS B, que funciona de forma similar a la función 410 de filtrado del módulo 401 de tratamiento. El módulo 402 de control consta, además, de una primera función 421 de control de la fiabilidad del mensaje generado por el módulo 401 de tratamiento y de una segunda función 422 de control que verifica la correcta incorporación, en

el mensaje de aumento, de la información producida por la primera función 421 de control. La primera función 421 de control lleva a cabo una comparación entre la información de posicionamiento establecida en el mensaje de aumento generado por el módulo 401 de tratamiento y la información de posicionamiento transmitida por la estación RIMS B. Si la desviación entre estas dos informaciones de posicionamiento es demasiado importante, la función 421 de control comunica con la función 412 de elaboración del mensaje de aumento para informar de la no validez de los datos concernidos. En la práctica, cuando se detecta una anomalía por la función 421 de control, esto conduce a la invalidación de todas las mediciones suministradas por un mismo satélite o procedentes de señales que provienen de una zona dada de la ionosfera. El control realizado por el módulo 402 provoca, por lo tanto, una reducción de la disponibilidad para el sistema SBAS global puesto que algunos satélites o algunas zonas de la ionosfera no se podrán utilizar.

La figura 5 representa el centro CPF de control y de tratamiento de la figura 4 en el cual se inserta, aguas arriba de los tratamientos habituales, un módulo 200 de verificación que permite controlar la integridad de las mediciones transmitidas por las estaciones EST\_EXT externas al sistema.

La figura 6 ilustra el procedimiento implementado por el módulo 200 de verificación.

Para cada línea de visión entre una estación EST\_EXT y un satélite NAV, se calculan una pseudodistancia  $D$  y una pseudodistancia  $D'$  medida. La pseudodistancia  $D$  teórica es igual a la distancia geométrica entre la posición del satélite NAV y la posición real de la estación EST\_EXT. La posición del satélite se suministra en el mensaje de navegación transmitido, según la forma de realización de la invención por las estaciones RIMS de observación o por el canal de retorno de la estación NLES terrestre de navegación. Las posiciones reales de las estaciones EST\_EXT las conoce y las difunde el organismo cooperativo, por ejemplo, el organismo RGP, que gestiona la red de estaciones. La pseudodistancia  $D'$  medida es la que transmite la estación EST\_EXT externa hacia el centro CPF de tratamiento.

Se calcula la desviación  $D'-D$  entre la pseudodistancia teórica y la pseudodistancia medida, corresponde al error de medición en una línea de visión entre una estación y un satélite. Este error de medición consta de diferentes contribuciones tal como se ilustra mediante la siguiente ecuación:

$$D_m = D + \delta d + c(h_e - h_r) + e_r + e_i + e_m + e_b$$

- $D_m$  es la distancia medida;
- $D$  es la distancia real;
- $\delta d$  es el error en la efeméride;
- $c(h_e - h_r)$  es el error de reloj de satélite y receptor;
- $e_r$  es el error de propagación troposférico;
- $e_i$  es el error de propagación ionosférico;
- $e_m$  es el error relacionado con los trayectos múltiples;
- $e_b$  es el error relacionado con el ruido de medición.

El control de integridad según la invención permite aislar los errores específicos de la estación y de su entorno próximo, es decir los errores en el reloj del receptor, relacionados con la propagación troposférica y con los trayectos múltiples. En efecto, los errores relacionados con los satélites o con la propagación ionosférica son comunes para todos los receptores de una misma zona geográfica. A la inversa, los errores relacionados con los receptores o con su entorno próximo solo tienen un impacto en algunos receptores en una zona dada.

En una primera etapa 601, el módulo 200 de verificación según la invención calcula la media  $m$  de las desviaciones  $D'-D$  entre pseudodistancia teórica y pseudodistancia medida para un número  $N$  de estaciones externas situadas en una zona  $Z$  geográfica y para un número  $S_i$  de satélites visibles.

Esta media se calcula por medio de la siguiente relación:

$$m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{1}{S_i} \sum_{j=1}^{S_i} (D_{i,j} - D'_{i,j}), \quad (1)$$

en la que  $D_{i,j}$  es la pseudodistancia teórica entre una estación  $i$  y un satélite  $j$ , y  $D'_{i,j}$  es la pseudodistancia medida.

En una segunda etapa 602 se excluyen las estaciones identificadas como no fiables. Dicho de otro modo, se excluyen las estaciones para las cuales la desviación  $D_{i,j}-D'_{i,j}$  es muy superior a la media  $m$ . De manera más precisa, se lleva a cabo una prueba de comparación entre la relación de la desviación  $D_{i,j}-D'_{i,j}$  y de la media  $m$  con un umbral de exclusión predeterminado.

El cálculo de media anterior se puede realizar para el conjunto de los ejes visuales de las estaciones de una misma zona  $Z$ , dicho de otro modo, para el conjunto de los satélites visibles de esta zona. En este caso, las pseudodistancias  $D'_{i,j}$  medidas se pueden corregir previamente de los errores relacionados con el satélite o con la propagación de las señales en la ionosfera mediante la aplicación de métodos conocidos y con el objetivo de

eliminar del criterio de exclusión los defectos relacionados con el entorno lejano de las estaciones.

En particular, es posible corregir de forma previa los errores de efemérides utilizando las correcciones suministradas en el mensaje SBAS de aumento, pero también los errores ionosféricos utilizando una modelización de la ionosfera o incluso los errores de relojes de satélite.

- 5 En el caso en el que las pseudodistancias medidas no se corrijan de forma previa para eliminar la influencia de los satélites y de manera más general del entorno lejano de una estación, el cálculo de media  $m$  también se puede realizar para cada eje visual por separado. La relación (1) se reduce, por tanto, a la siguiente relación:

$$m_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (D_i - D'_i)$$

- 10 La prueba de comparación de la etapa 602 se realiza, por tanto, para cada eje visual por separado. Se excluye una estación para la cual la desviación  $D_i - D'_i$  es muy superior a la media  $m_j$  para al menos un satélite  $j$ .

- 15 La elección del número  $N$  de estaciones a tener en cuenta para el cálculo de media y/o la elección de la cobertura geográfica que permite definir las zonas en las cuales se sitúan estas estaciones se puede definir según varias variantes. Esta elección es el resultado de varios compromisos. En primer lugar, cuanto mayor es el número  $N$  de estaciones tenidas en cuenta para el cálculo de la media  $m$ , más estadísticamente fiable es el cálculo. Por otra parte, se considera que las estaciones situadas en una misma zona geográfica son visibles desde los mismos satélites y reciben el impacto de unas fuentes de error exteriores comunes. Esta es la razón por la cual la desviación entre pseudodistancia teórica y medida presenta un valor idéntico o próximo para las estaciones situadas en un entorno geográfico próximo. La elección de la cobertura geográfica debe tener en cuenta dichas dos limitaciones citadas con anterioridad, un número de estaciones por zona suficiente para obtener un resultado estadístico coherente pero un tamaño de zona lo suficientemente reducido para que al conjunto de las estaciones de esta zona reciban el impacto de unas fuentes de error exteriores comunes. Por fuente de error exterior, se entiende una fuente de error relacionada con un satélite o con un entorno alejado de una estación. Se trata principalmente de unos errores de mal funcionamiento de la propia estación, por ejemplo, los errores de reloj, pero también de los relacionados con el entorno próximo, es decir los errores de propagación relacionados con los trayectos múltiples o con la troposfera.

- 25 Según una primera variante de la invención ilustrada en la figura 7, la zona geográfica que contiene el conjunto de las estaciones EST\_EXT externas a utilizar se puede dividir en subzonas 701, 702, 703, 704, 705, 706 de formas y tamaños idénticos, por ejemplo, rectangular. El número de estaciones por subzonas es por tanto variable.

La figura 8 esquematiza el principio de exclusión de las estaciones externas cuya fiabilidad no se garantiza para la definición de subzonas según la primera variante de la invención.

- 30 Se representan en un gráfico de dos dimensiones (altura  $\varphi$ , longitud  $\lambda$ ) las mediciones de desviaciones  $D - D'$  obtenidas para cada estación. La media  $m$  calculada también se posiciona, así como el radio  $R$  alrededor de esta media que corresponde al umbral de exclusión predefinido. Se excluyen las estaciones 801, 802, 803, 804, 805, cuyas mediciones de desviaciones  $D - D'$  son superiores al radio  $R$ .

- 35 El principio descrito se puede aplicar para el conjunto de las líneas de visión entre una estación y varios satélites o para un subconjunto de estas líneas de visión.

- 40 El umbral de exclusión puede ser fijo o depender del número de valores que se desea excluir. Se puede ajustar de forma empírica utilizando unos escenarios de simulación. Por ejemplo, el método de simulación que permite configurar este umbral puede consistir en un ajuste inicial del umbral en un valor elevado para limitar el número de estaciones excluidas. El umbral se puede ajustar inicialmente de modo que solo excluya un 10 % de las estaciones de una zona como máximo. A continuación, se implementan unos escenarios de simulación simulando el impacto de diferentes tipos de errores en las estaciones externas. El umbral de exclusión se ajusta a continuación de modo que se minimice a la vez el número de exclusiones abusivas, dicho de otro modo, la probabilidad de falsa alarma, y el número de exclusiones perdidas, dicho de otro modo, la probabilidad de no detección.

- 45 Las figuras 9 y 10 ilustran dos ejemplos de definición de subzonas adecuadas para la implementación de una segunda variante de la invención.

Según el ejemplo ilustrado en la figura 9, se puede definir una subzona desde una estación 900, 901, 902 central de referencia y de un círculo 910, 911, 912 de radio predeterminado fijo para todas las zonas. Las subzonas construidas están más adaptadas a la cobertura geográfica de las estaciones, pero el número  $N$  de estaciones por subzona es siempre variable.

- 50 Según el ejemplo ilustrado en la figura 10, el radio de los círculos 1010, 1011, 1012 que definen una subzona alrededor de una estación 1000, 1001, 1002 central de referencia puede ser variable para tener en cuenta las diferencias de densidad de distribución geográfica de las estaciones. El radio de los círculos se determina de modo que cada subzona incluye el mismo número  $N$  de estaciones. En el ejemplo de la figura 10, cada zona contiene un número  $N$  igual a 10 estaciones.

La figura 11 esquematiza el principio de exclusión de las estaciones externas cuya fiabilidad no se garantiza para la definición de unas subzonas según la segunda variante de la invención.

5 Para cada subzona asociada a cada estación 1100 de referencia tal como se define según uno de los ejemplos elegidos de las figuras 9 o 10, se calcula la media  $m$  de las desviaciones  $D-D'$  así como el radio  $R$  alrededor de esta media que corresponde al umbral de exclusión predefinido. Si la estación 1100 de referencia se sitúa fuera del círculo de radio  $R$ , entonces se excluye esta estación y solo esta.

Esta segunda variante de la invención permite afinar la precisión de los cálculos realizados ya que consta potencialmente de tantas subzonas como de estaciones externas. La primera variante de la invención presenta por su parte la ventaja de delimitar el número de subzonas y, por lo tanto, el número de cálculos a llevar a cabo.

10

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de control de la integridad de estaciones (EST\_EXT) de observación de señales de radionavegación en un sistema de aumento por satélite SBAS que comprende al menos las siguientes etapas:
  - 5 - Definir al menos una zona (701, 910, 1010) geográfica que comprende una multitud de estaciones (EST\_EXT) de observaciones,
  - Calcular, para cada estación (EST\_EXT) de observación de dicha zona y para cada eje visual entre dicha estación y un satélite, la desviación entre la pseudodistancia D teórica y la pseudodistancia D' medida,

**caracterizándose** dicho procedimiento **porque** comprende, además, las etapas de:

  - 10 - Calcular (601) la media m de dichas desviaciones D-D' en dicha zona para el conjunto de los satélites visibles de dicha zona,
  - Validar la integridad (602) de al menos una estación de observación de dicha zona si la desviación entre la pseudodistancia D teórica y la pseudodistancia D' medida, para dicha estación y para al menos un eje visual entre dicha estación y un satélite, es inferior o igual a dicha media que multiplica un umbral de exclusión predeterminado y excluir esta estación de observación en caso contrario.
- 15 2. Procedimiento de control de la integridad de estaciones (EST\_EXT) de observación de señales de radionavegación según la reivindicación 1 en el cual se valida (602) la integridad de las estaciones de observación de dicha zona si todas las desviaciones entre pseudodistancia D teórica y pseudodistancia D' medida para todos los ejes visuales son inferiores o iguales a dicha media que multiplica un umbral de exclusión predeterminado.
- 20 3. Procedimiento de control de la integridad de estaciones (EST\_EXT) de observación de señales de radionavegación según una de las reivindicaciones anteriores en el cual la pseudodistancia D teórica se calcula a partir del conocimiento de las posiciones de los satélites y de las estaciones (EST\_EXT) de observaciones y la pseudodistancia D' medida se calcula mediante las estaciones (EST\_EXT) de observaciones a partir de las señales de radionavegación recibidas.
- 25 4. Procedimiento de control de la integridad de estaciones (EST\_EXT) de observación de señales de radionavegación según una de las reivindicaciones 1 a 3 en el cual dicha zona (701) es de tamaño fijo.
5. Procedimiento de control de la integridad de estaciones (EST\_EXT) de observación de señales de radionavegación según una de las reivindicaciones 1 a 3 en el cual dicha zona (910) es un círculo con un radio variable centrado en una estación de observación dada, denominada estación de referencia.
- 30 6. Procedimiento de control de la integridad de estaciones (EST\_EXT) de observación de señales de radionavegación según la reivindicación 5 en el cual el radio de dicha zona (1010) se configura para que cada zona comprenda el mismo número N de estaciones.
7. Procedimiento de control de la integridad de estaciones (EST\_EXT) de observación de señales de radionavegación según una de las reivindicaciones 5 o 6 en el cual, en el interior de una zona (910, 1010), se valida (602) únicamente la integridad de la estación de referencia.
- 35 8. Procedimiento de control de la integridad de estaciones (EST\_EXT) de observación de señales de radionavegación según una de las reivindicaciones anteriores en el cual el umbral de exclusión es fijo o depende del número máximo de estaciones de observación por zona a excluir.
9. Procedimiento de control de la integridad de estaciones (EST\_EXT) de observación de señales de radionavegación según una de las reivindicaciones 1 a 7 en el cual el umbral de exclusión se configura de modo que se minimice la probabilidad de falsa alarma y la probabilidad de no detección en el número de estaciones de observación excluidas.
- 40 10. Procedimiento de control de la integridad de estaciones (EST\_EXT) de observación de señales de radionavegación según una de las reivindicaciones anteriores en el cual dichas estaciones (EST\_EXT) de observación forman parte de una red de estaciones colaborativa.
- 45 11. Centro de control y de tratamiento (CPF) para sistema de aumento por satélite SBAS que consta de unos medios (200) de control de la integridad de estaciones (EST\_EXT) de observación de señales de radionavegación, estando dichos medios (200) adaptados para implementar el procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10.
- 50 12. Sistema de aumento por satélite SBAS que consta de una multitud de estaciones (EST\_EXT) de observación cuya integridad no está garantizada y de al menos un centro de control y de tratamiento (CPF) según la reivindicación 11.



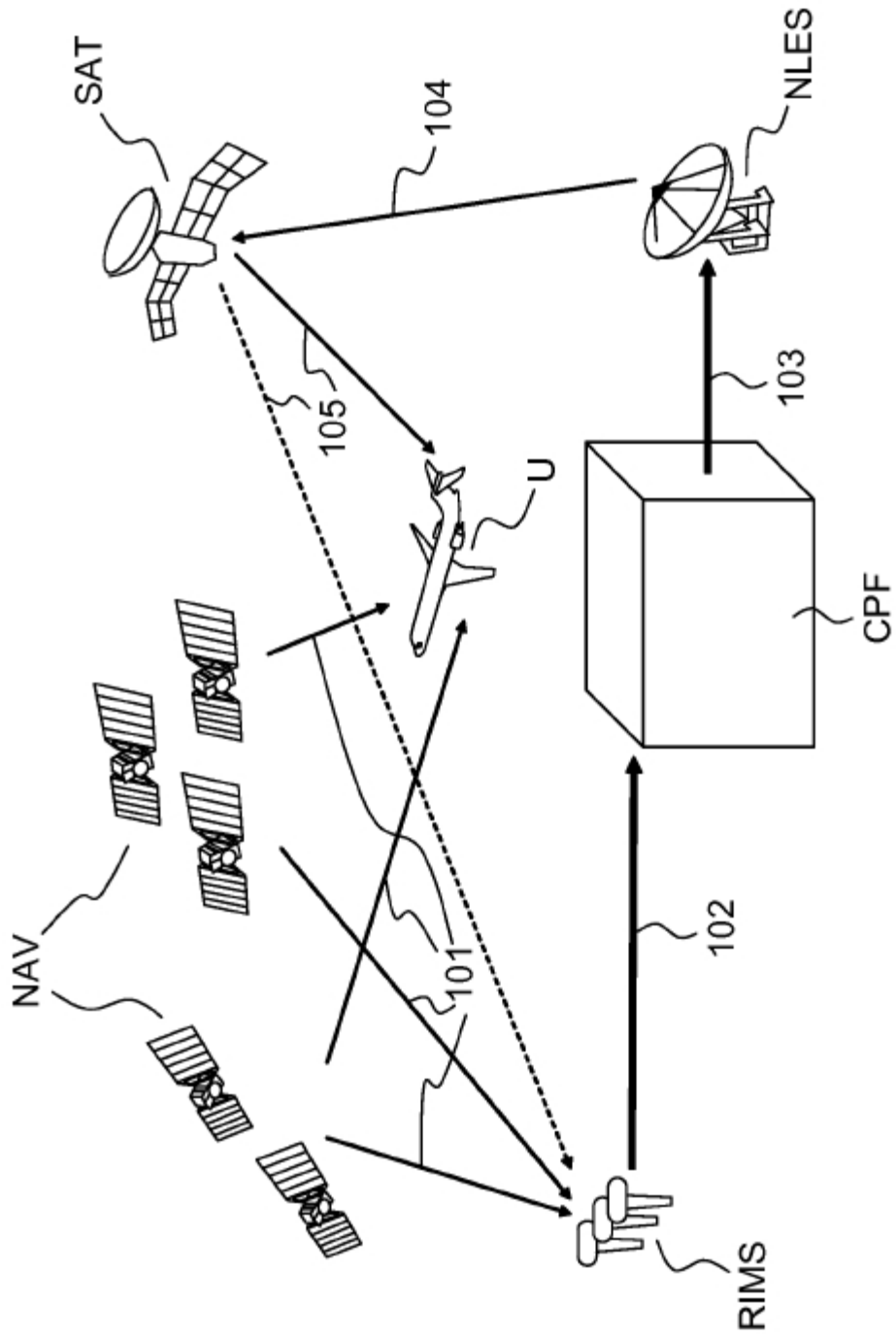


FIG.1

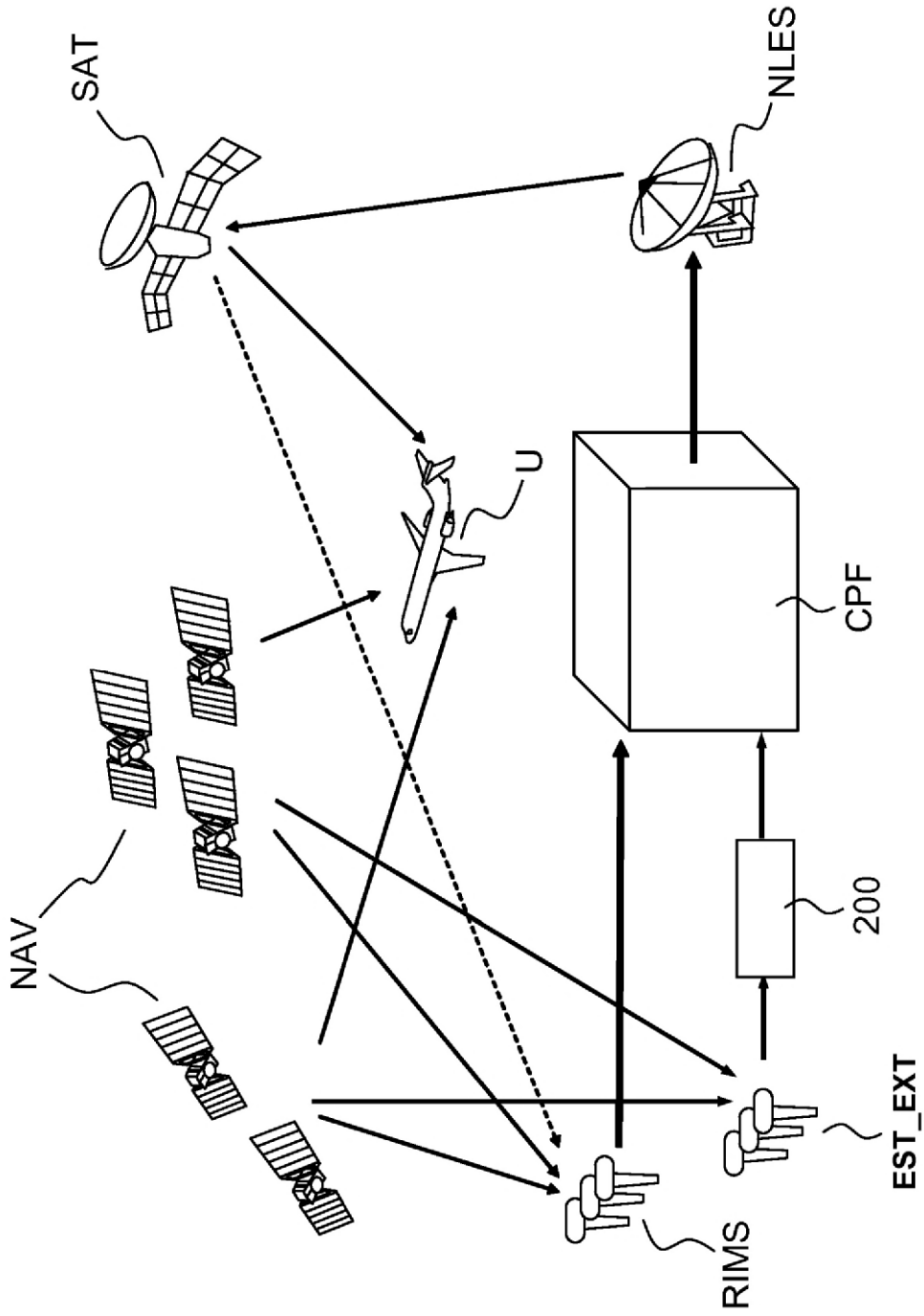


FIG.2

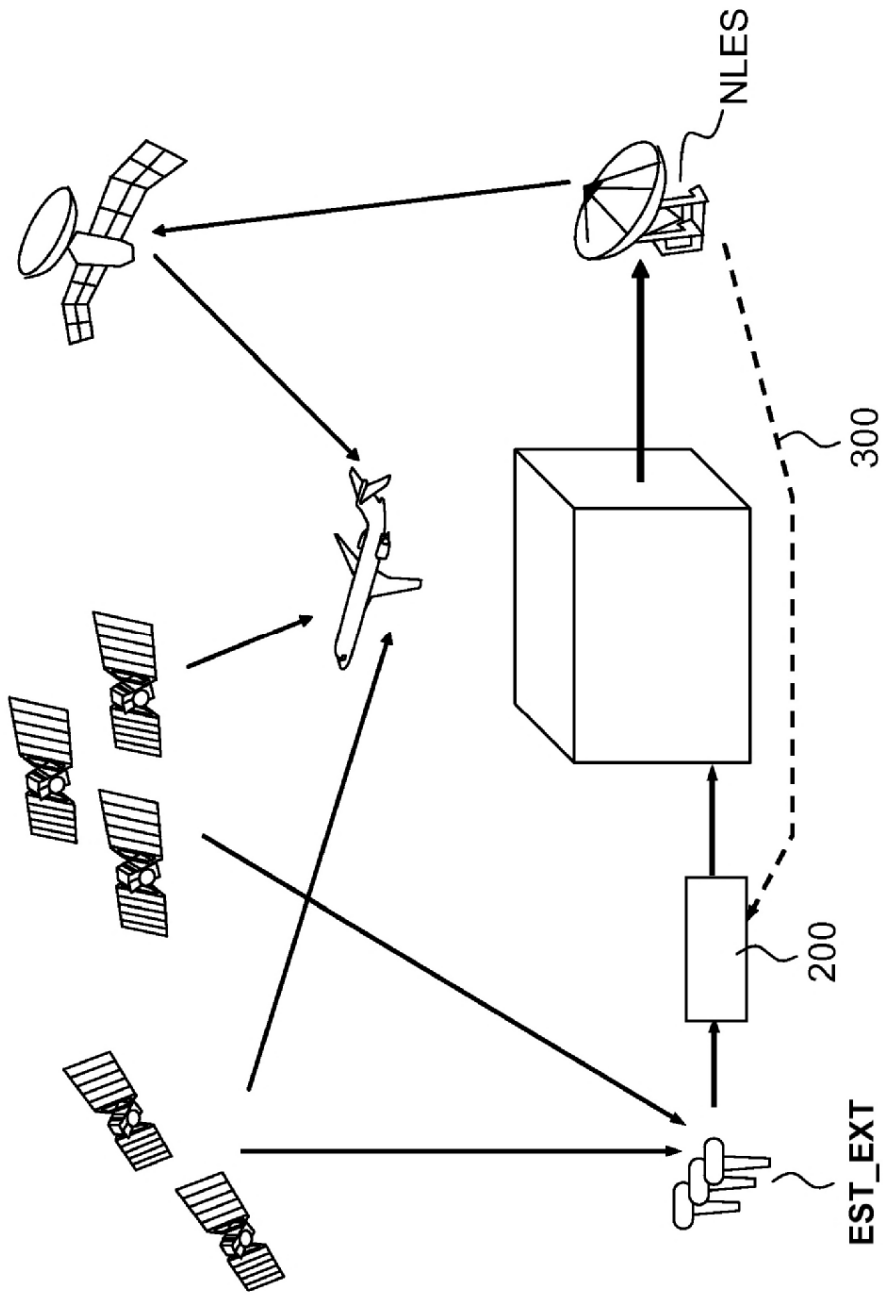


FIG.3

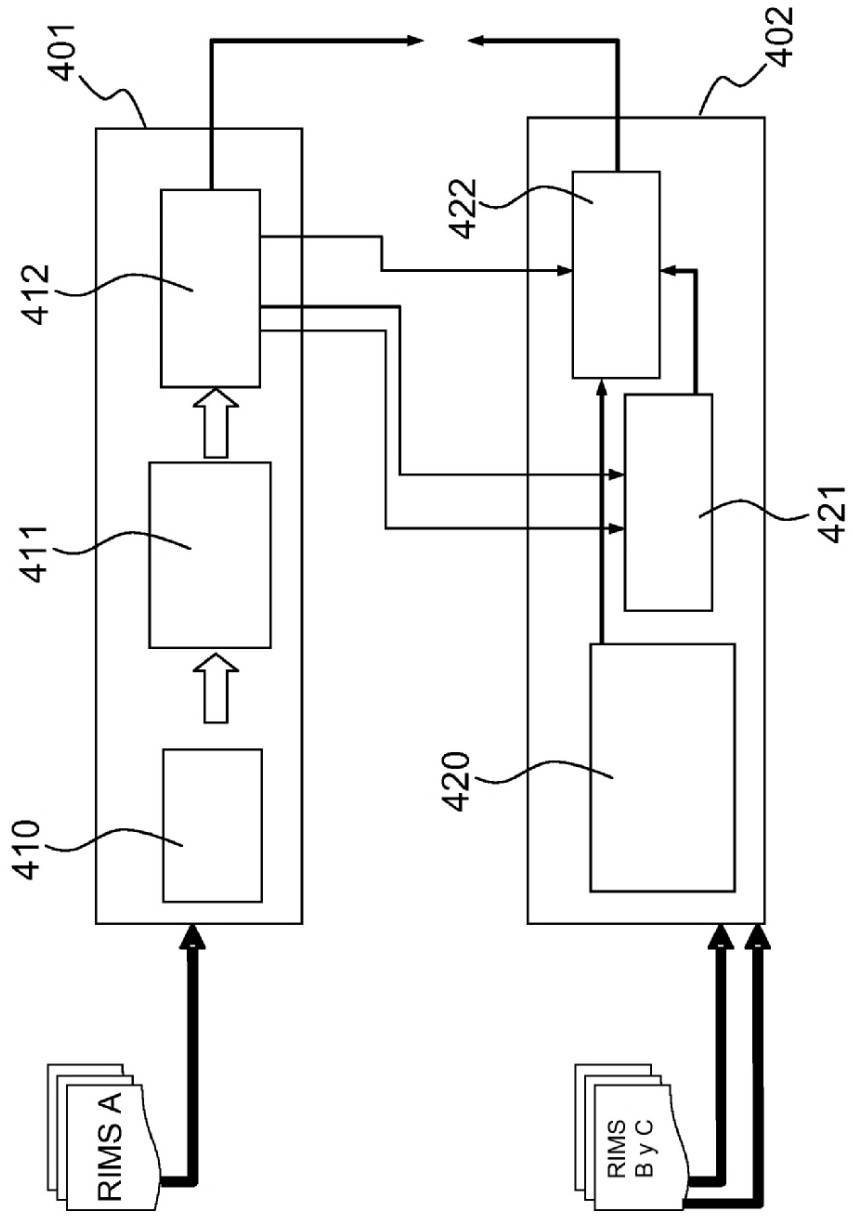


FIG.4

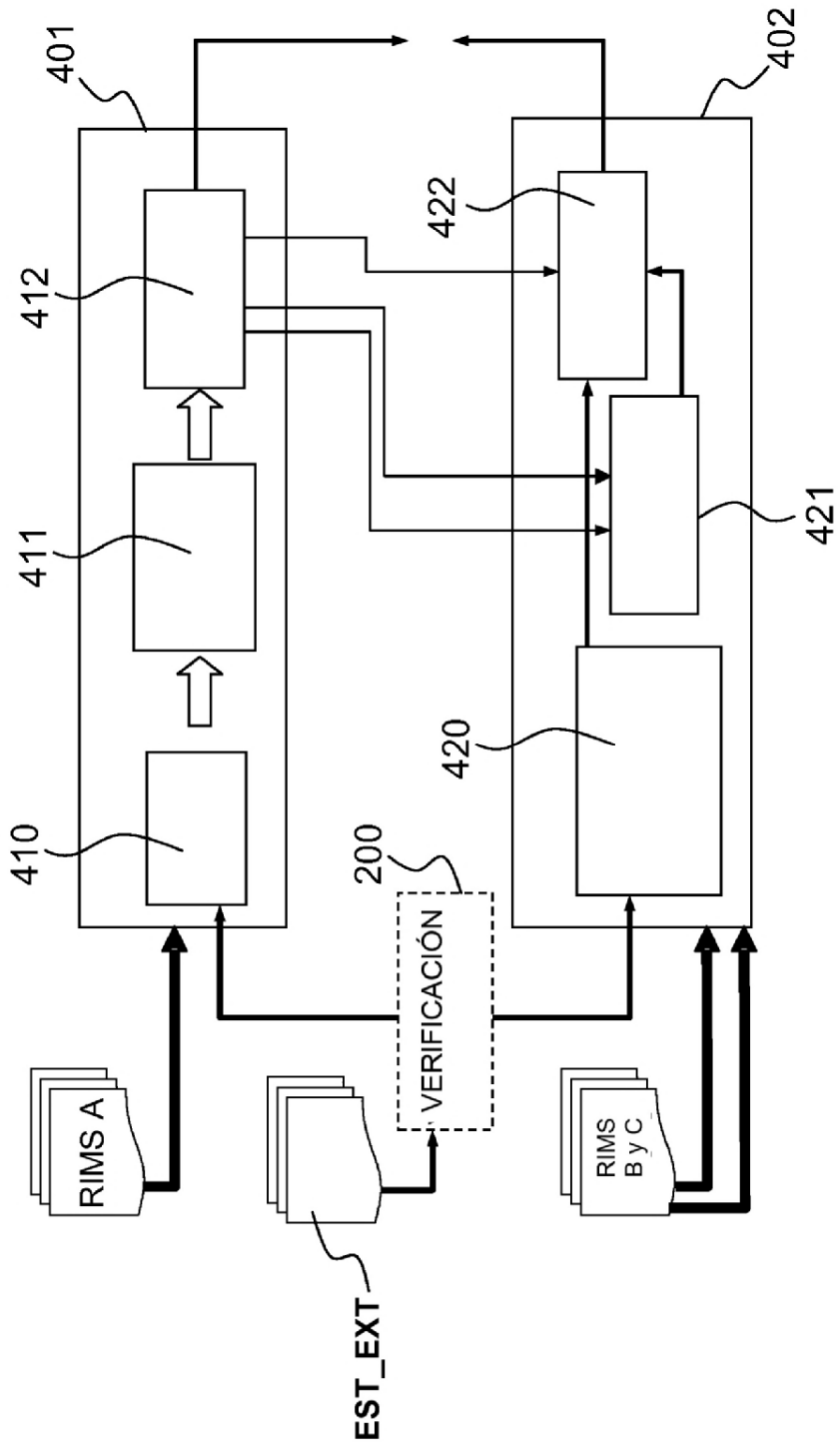


FIG.5

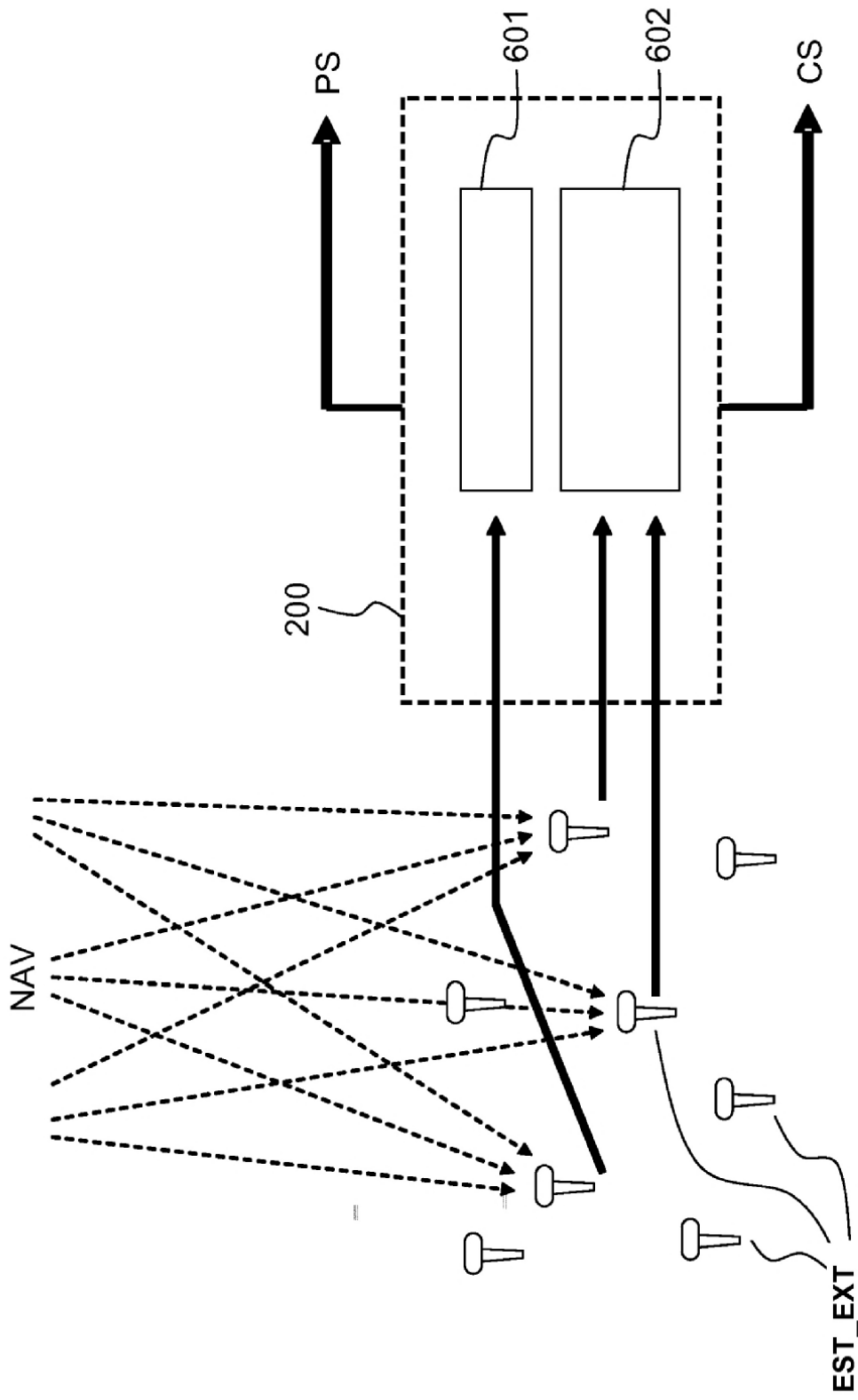


FIG.6

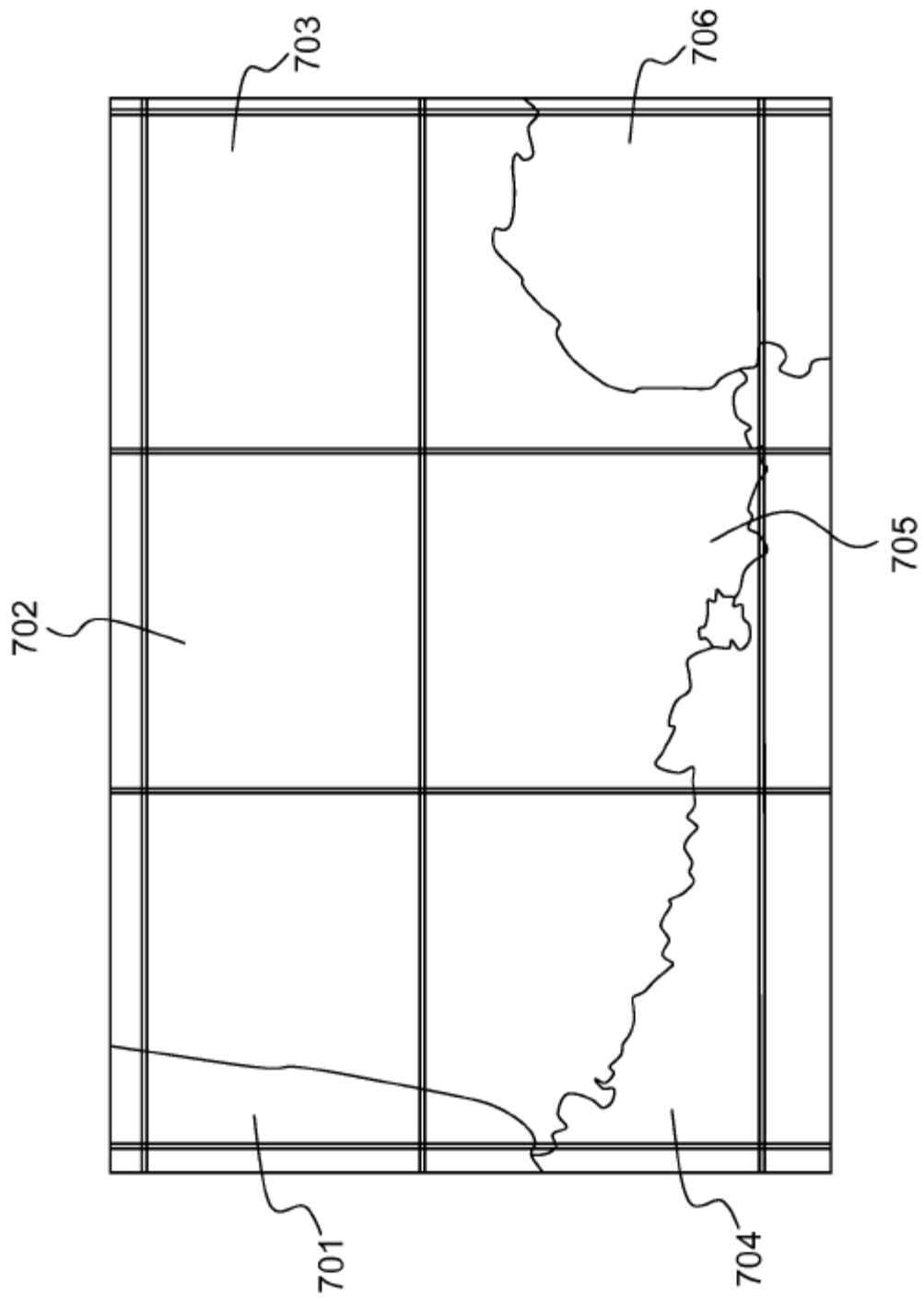


FIG. 7

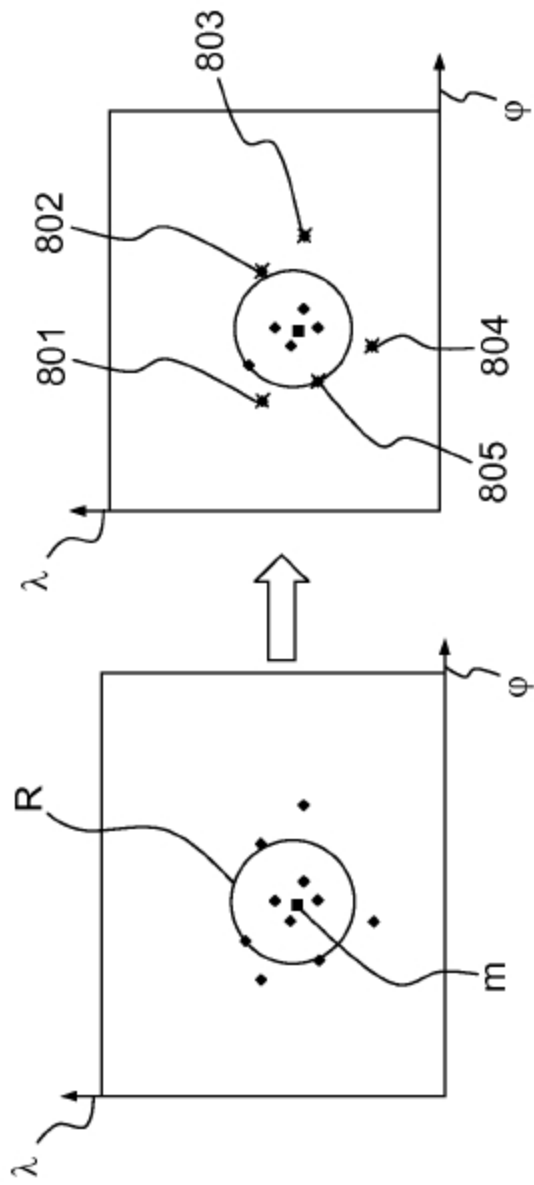


FIG.8

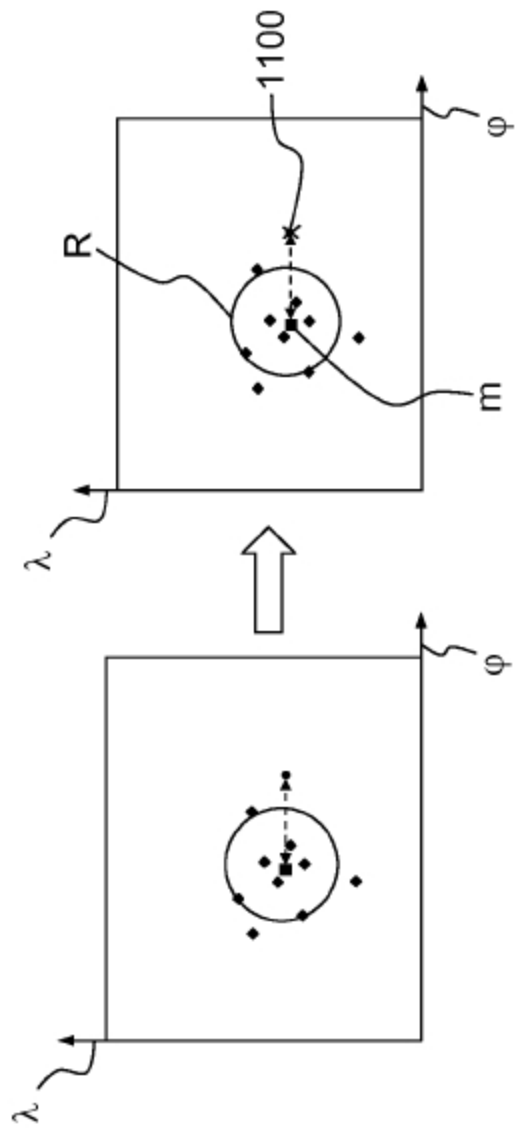


FIG.11



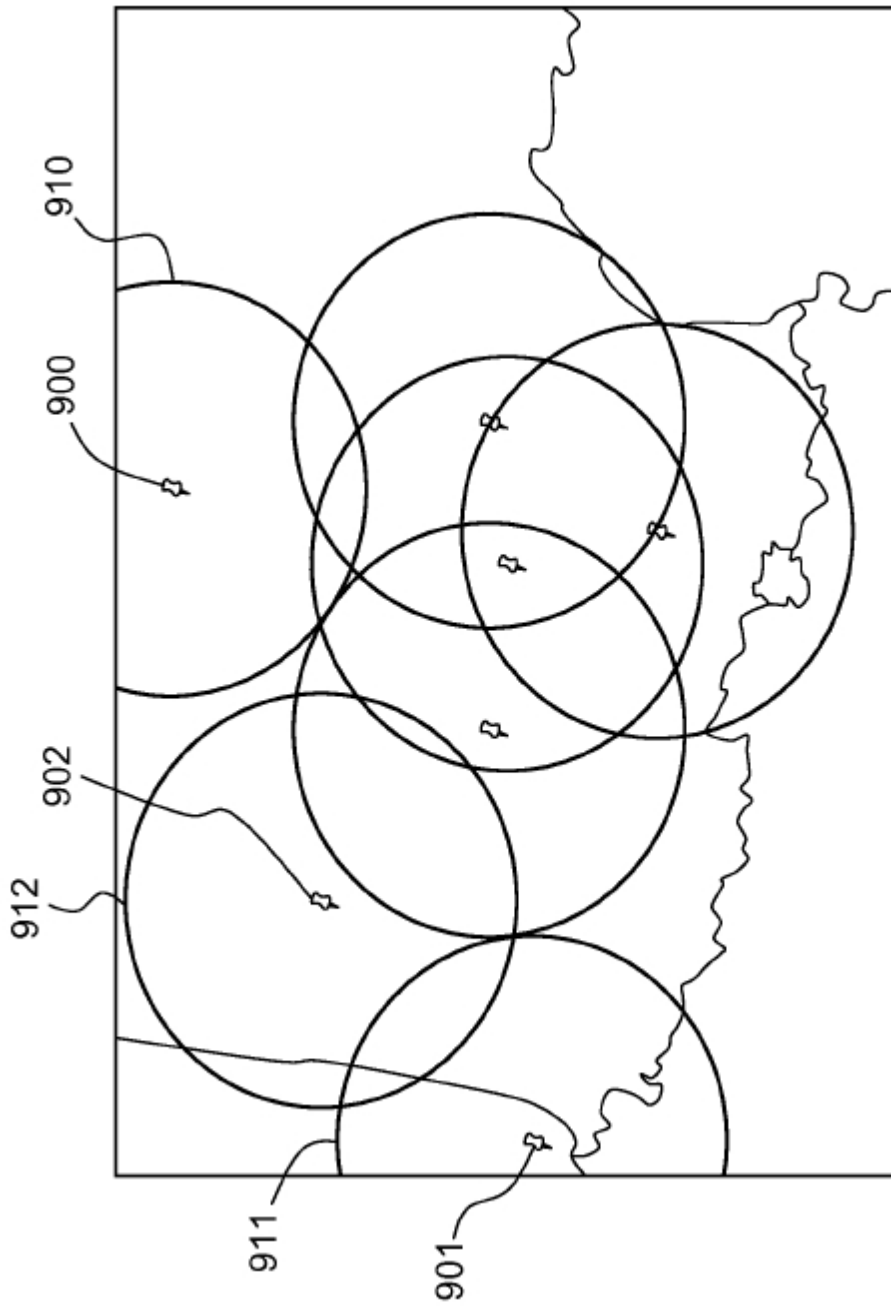


FIG.9

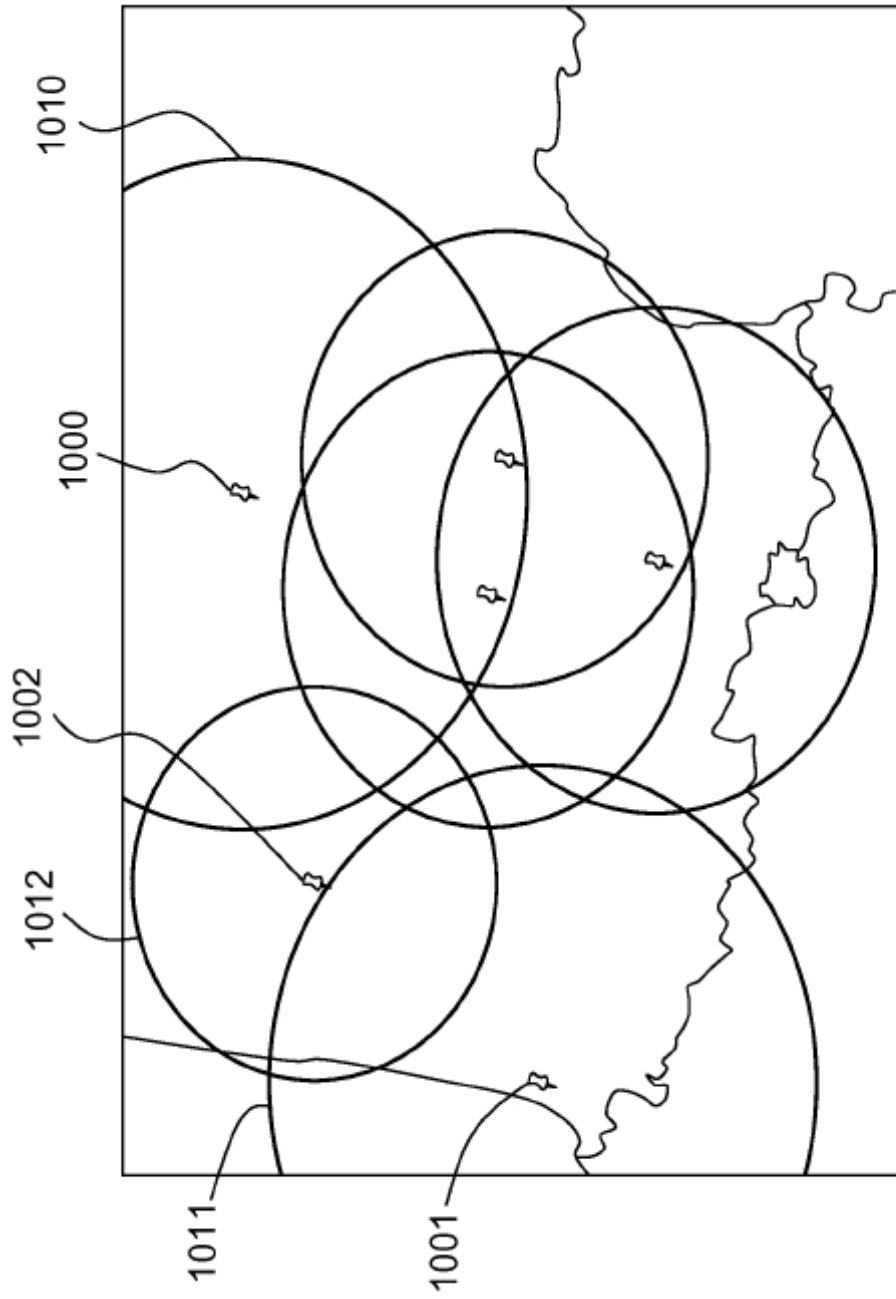


FIG.10