

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 612 008**

51 Int. Cl.:

G01S 19/07 (2010.01)

G01S 19/08 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.12.2008** **E 08022524 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.10.2016** **EP 2078965**

54 Título: **Instalación de vigilancia para un sistema de determinación de posición por satélite aumentado y sistema de determinación de posición por satélite aumentado**

30 Prioridad:

12.01.2008 DE 102008004068

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

11.05.2017

73 Titular/es:

**THALES DEUTSCHLAND GMBH (100.0%)
Thalesplatz 1
71254 Ditzingen, DE**

72 Inventor/es:

**ILG, JOACHIM;
KÄLBERER, ULRICH;
GROSS, ERNST y
GLASER, OSWALD**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 612 008 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

Instalación de vigilancia para un sistema de determinación de posición por satélite aumentado y sistema de determinación de posición por satélite aumentado

5 La invención se refiere a una instalación de vigilancia para un sistema de determinación de posición por satélite aumentado. Una instalación de vigilancia de este tipo se conoce por ejemplo, de la publicación Soley, S. et al.: "The Data Collection Network: EGNOS revealed", ENC GNSS 2004, 17.05.2004, páginas 1-12, XP007922268. La instalación de vigilancia conocida sirve para llevar a cabo una vigilancia a largo plazo de una disponibilidad y de una exactitud de un sistema de determinación de posición por satélite aumentado basado en satélite (SBAS, del inglés *Satellite Based Augmentation System*) para el fin de su validación operativa para la aviación civil.

10 La instalación de vigilancia según la invención está definida por la reivindicación 1.

La invención se refiere además de ello, a un sistema de determinación de posición por satélite, aumentado, el cual presenta una instalación de vigilancia según la reivindicación 1. Un sistema de determinación de posición por satélite permite por ejemplo, a un avión o a un vehículo, con la ayuda de una instalación de receptor adecuada, la cual se encuentra a bordo del avión o del vehículo, determinar su posición geográfica. La posición determinada puede usarse por ejemplo, para la navegación.

15

Un sistema de determinación de posición por satélite comprende habitualmente un segmento de espacio, un segmento de usuario, así como un segmento de control. El segmento de espacio comprende varios satélites, los cuales se mueven por órbitas alrededor de la tierra. El segmento de usuario comprende las disposiciones de receptor para la determinación de la posición, las cuales pueden encontrarse por ejemplo, en un vehículo o a bordo de un avión. El segmento de control comprende esencialmente instalaciones para la vigilancia y para el control de los satélites del segmento de espacio.

20

Durante el funcionamiento del sistema de determinación de posición por satélite, los satélites del segmento de espacio emiten señales de satélite a la tierra, las cuales son recibidas por las disposiciones de receptor del segmento de usuario. A través de las señales de satélite se transmiten informaciones sobre la posición de los satélites individuales, así como informaciones temporales a las disposiciones de receptor. Cada disposición de receptor presenta además de una instalación de receptor para recibir las señales de satélite, un reloj local para la medición del tiempo. Mediante la comparación de la información de tiempo contenida en las señales de satélite con el reloj local, cada disposición de receptor calcula el tiempo de señal de cada una de las señales de satélite, y a partir de ello, la distancia denominada habitualmente como pseudoalcance o *pseudorange* de cada uno de los satélites de la disposición de receptor.

25

30

Mientras que los relojes de los satélites individuales están sincronizados entre sí y el segmento de espacio presenta de esta forma una base temporal unitaria, los relojes locales de las disposiciones de receptor individuales no están sincronizados con los relojes del segmento de espacio. Esto tiene como consecuencia, que el pseudoalcance determinado no se corresponde normalmente con la distancia real del receptor con respecto a los satélites individuales. Un cálculo a llevar a cabo por el receptor para la determinación de su posición, comprende de esta manera, cuatro coordenadas desconocidas, en concreto tres de la posición del receptor y el tiempo momentáneo de la base temporal del segmento de espacio. En correspondencia con ello, el receptor ha de recibir las señales de satélite de al menos cuatro satélites diferentes, para poder determinar su posición. Típicamente el receptor evalúa, siempre y cuando es posible, también las señales de otros satélites, para aumentar la exactitud de las posiciones determinadas.

35

40

Son sistemas de determinación de posición por satélite que se conocen y en funcionamiento, el sistema de posicionamiento global (GPS, del inglés *Global Positioning System*) de EEUU y el sistema de satélite de navegación en órbita ruso (GLONASS). El sistema europeo GALILEO se encuentra en este momento en construcción. Lo mismo es válido para el GNSS chino, que se llama COMPASS o BEIDOU y que utilizará previsiblemente las mismas bandas de frecuencia que GALILEO. Este tipo de sistemas de determinación de la posición se denominan en general como sistemas de navegación por satélite (GNSS). La invención puede usarse en relación con todas las variantes de los sistemas de navegación por satélite globales.

45

No obstante, la disponibilidad y la exactitud de los sistemas de determinación de posición por satélite no son suficientes para determinados usos críticos de la aviación, particularmente para el control de maniobras de aterrizaje. Para poder utilizar a pesar de ello estos sistemas para estos usos, se enriquecen con al menos un componente adicional, como por ejemplo, una estación de referencia, de manera que resulta un sistema de determinación de posición por satélite aumentado. La estación de referencia emite una señal de corrección, la cual es recibida por las disposiciones de receptor, las cuales se encuentran en la proximidad de la estación de referencia. Mediante esta señal de corrección, las disposiciones de receptor pueden determinar de forma claramente más exacta su posición, de lo que sería posible utilizando solo un sistema de determinación de posición por satélite. Existen sistemas de determinación de posición por satélite aumentados basados en tierra (GBAS, del inglés *Ground-Based Augmentation Systems*), en los cuales la estación de referencia está configurada como estación de tierra fija, así como sistemas de determinación de posición por satélite aumentados (SBAS), en los cuales se prevé al menos

50

55

un satélite, sobre el cual se encuentra la estación de referencia.

Los sistemas de determinación de posición por satélite aumentados, basados en tierra, funcionan habitualmente según el principio de la corrección diferencial de los pseudoalcances determinados mediante el sistema de determinación de posición por satélite. Esto quiere decir, que la estación de referencia presenta una instalación de recepción para recibir las señales de satélite y una instalación de emisión para emitir la señal de corrección. Durante el funcionamiento de la estación de referencia se determina mediante las señales de satélite una posición, esta posición se compara con la posición real conocida de la estación de referencia y en función de esta comparación, se calcula la señal de corrección y se envía a través de la instalación de emisión. La disposición de recepción a bordo del avión o del vehículo determina los pseudoalcances de las señales de satélite individuales, recibe la señal de corrección y corrige los pseudoalcances mediante la señal de corrección, para determinar finalmente a partir de los pseudoalcances corregidos, la posición geográfica de la disposición de recepción.

Durante la planificación de este tipo de sistemas de determinación de la posición por satélite aumentados, ha de determinarse un lugar adecuado de la estación de referencia, en el cual, con el sistema de determinación de posición por satélite ampliado puede determinarse con la mayor exactitud posible la posición de los receptores individuales de este sistema y en cual, el sistema de determinación de posición presenta una en la medida de lo posible alta disponibilidad. Para la evaluación de diferentes lugares, se usan habitualmente instalaciones de vigilancia.

Del documento US 2006/132 358 A1 se conoce además de ello, un procedimiento para la predicción de la disponibilidad de un sistema de determinación de la posición SBAS aumentado.

De Butzmuehlen, Carsten et al.: PEGASUS - Prototype Development for EGNOS Data Evaluation - First User Experiences with the EGNOS System Test-Bed; ION NTM 2001, 22-24 de enero de 2001, Long Beach, CA, EEUU, se conoce una instalación de vigilancia en forma de un sistema de determinación de posición aumentado basado en satélite, sin función de tiempo real.

Del documento US 6.809.683 B2 se conoce una instalación de vigilancia en forma de un dispositivo de evaluación portátil para una estación de tierra de un sistema de determinación de posición basado en satélite aumentado basado en tierra. Este dispositivo de evaluación presenta una primera instalación de recepción para la recepción de al menos una señal de satélite, así como una segunda instalación de recepción para la recepción de la señal de corrección de la estación de tierra. Durante el funcionamiento del dispositivo de evaluación, se detectan datos de la señal de determinación de posición basada en satélite, de la señal de satélite, así como datos de la señal de corrección. A continuación, se evalúan y comprueban estos datos para determinar si la estación de tierra tiene capacidad de funcionamiento.

Es desventajoso en este dispositivo de evaluación, que comprueba sobre todo, la influencia de la estación de tierra sobre la exactitud y la disponibilidad de la totalidad del sistema de determinación de posición. La influencia de los satélites del segmento de espacio o de las señales de satélite emitidas por ellos sobre la exactitud y la disponibilidad de la totalidad del sistema de determinación de posición no se determina con la suficiente exactitud en el caso de este dispositivo de evaluación. Como consecuencia, al usar este dispositivo de evaluación, existe el riesgo de que la exactitud o la disponibilidad del sistema de determinación de posición basado en satélite, ampliado, se evalúe mal, en el peor de los casos incluso se sobrevalore. Además de ello, con el dispositivo de evaluación no es posible tener en cuenta en la selección del lugar de la estación de referencia, las condiciones de recepción de las señales de satélite, que cambian con el tiempo.

Es tarea de la invención, poner a disposición una instalación de vigilancia para un sistema de determinación de posición por satélite aumentado, con la cual pueda determinarse la exactitud y la disponibilidad de la totalidad del sistema de posición por satélite ampliado, con una alta precisión.

Para la solución de la tarea, se propone una instalación de vigilancia con las características de la reivindicación 1.

Para la determinación precisa de la exactitud y de la disponibilidad de la totalidad del sistema de determinación de la posición, han de tenerse en cuenta en particular las características de la señal de satélite. La instalación de vigilancia según la invención presenta para este fin los medios de determinación de calidad de señal. El conjunto de parámetros determinado por los medios de determinación de la calidad de la señal caracteriza directamente las condiciones de recepción al recibirse la señal de satélite. Debido a ello pueden reconocerse también modificaciones graduales de las condiciones de recepción, lo cual no sería posible en el caso de una vigilancia de solo parámetros relacionados indirectamente con las condiciones de recepción, como por ejemplo, una exactitud de la posición o una cantidad de las señales de satélite recibidas. La invención contribuye además de ello también, a mejorar la integridad del sistema, dado que pueden determinarse errores e influencias perturbadoras.

La instalación de vigilancia presenta medios de determinación de la disponibilidad para determinar una disponibilidad momentánea del sistema de determinación de la posición en función del conjunto de parámetros, del conjunto de parámetros adicional, del error de posición y de la zona de incertidumbre de posición espacial. Se reúnen por lo tanto de forma ventajosa, varios parámetros del sistema de determinación de la posición en una única información sobre la disponibilidad, que puede procesarse o indicarse fácilmente.

5 Con disponibilidad momentánea ha de entenderse una indicación sobre si el sistema de determinación de la posición por satélite, ampliado, puede usarse en el punto momentáneo también en el caso de usos críticos de la aviación, como por ejemplo, la maniobra de aterrizaje. Si por ejemplo, la calidad de la señal de la señal de satélite es demasiado mala o el error de posición demasiado grande, entonces el sistema de determinación de posición no puede usarse para maniobras de aterrizaje. Por lo tanto, no está disponible.

10 En este caso puede estar previsto que para la determinación de la disponibilidad momentánea para cada parámetro del conjunto de parámetros, para cada parámetro del conjunto de parámetros adicional para el error de posición y para la zona de incertidumbre de posición, se predetermine respectivamente un rango de valores fiable. Se comprueba si los valores reales de los parámetros de los dos conjuntos de parámetros, del error de posición real y de la zona de incertidumbre de posición real, se encuentran en sus correspondientes zonas permisibles. Si los valores reales se encuentran dentro de sus zonas permisibles, entonces los medios de determinación de la disponibilidad determinan que el sistema de determinación de posición está disponible momentáneamente.

15 Para la vigilancia más exacta del sistema de determinación de posición, en particular durante un periodo largo, la instalación de vigilancia presenta medios de comprobación para comprobar al menos una característica específica del sistema de determinación de posición en función de la posición de un satélite del sistema de determinación de posición, el cual emite la señal de satélite. El resultado de una comprobación mediante los medios de comprobación, particularmente cuando se lleva a cabo durante un periodo largo, puede suministrarse a los medios de determinación de disponibilidad, para que éstos puedan estimar la disponibilidad del sistema de determinación de posición para un intervalo de tiempo futuro con una buena exactitud. De esta manera se logra que la disponibilidad para el intervalo de tiempo futuro pueda estimarse mediante las posiciones de los satélites dentro del intervalo de tiempo futuro. La posición del satélite para el intervalo de tiempo futuro puede calcularse mediante informaciones sobre una órbita del satélite de manera relativamente sencilla. Para estimar la disponibilidad del sistema de posicionamiento para el intervalo de tiempo futuro, se hace uso entonces de la dependencia determinada mediante los medios de comprobación, de la característica específica de la posición del satélite.

25 Para poder evaluar de manera sencilla un determinado lugar de una estación de referencia configurada como estación de tierra, los medios de comprobación presentan una instalación de indicación para indicar la al menos una característica específica para diferentes posiciones del satélite. Debido a ello se indica a un planificador del sistema de determinación de posición por satélite aumentado, una visión de conjunto sobre la exactitud y disponibilidad a esperar del sistema de determinación de posición. En este caso es particularmente ventajoso, que la instalación de indicación está configurada para la producción de un gráfico, el cual indica la característica específica en función de un ángulo horizontal (acimut) y de un ángulo vertical (elevación) de la posición del satélite en relación con la posición de la instalación de vigilancia. Alternativa o complementariamente puede estar previsto que la instalación de indicación esté configurada para la producción de un gráfico, el cual indica el valor de la característica específica y/o la función de densidad de la distribución de la característica específica en función del ángulo vertical (elevación) de la posición del satélite con respecto a la posición de la instalación de vigilancia.

35 Se prefiere que la instalación de vigilancia presente medios de vigilancia de espectro para determinar un tercer conjunto de parámetros, que caracteriza una potencia de ruido de la señal de satélite y/o al menos una característica específica estadística de ésta. En este caso puede estar previsto que los medios de vigilancia de espectro presenten una disposición de comparación para comparar la potencia de ruido y/o las características específicas estadísticas de ésta con una pantalla de perturbación predeterminada, que caracteriza un valor máximo crítico de una potencia de valor de interferencia.

40 La instalación de vigilancia comprende ventajosamente medios de determinación de la disponibilidad para determinar una disponibilidad para un intervalo de tiempo futuro estimado del sistema de determinación de posición en función del conjunto de parámetros, del conjunto de parámetros adicional, del error de posición y de la zona de incertidumbre de posición espacial. Por disponibilidad del sistema de determinación de posición, estimada para el intervalo de tiempo futuro, ha de entenderse una declaración sobre si el sistema de determinación de posición puede usarse dentro del intervalo de tiempo futuro para los usos críticos. Para la determinación de la disponibilidad del sistema de determinación de posición, estimada para el intervalo de tiempo futuro, puede estar previsto que los medios de determinación de la disponibilidad para el intervalo de tiempo futuro, determinen valores para los dos conjuntos de parámetros, el error de posición así como para la zona de incertidumbre de posición mediante un modelo de pronóstico adecuado y comprueben si los valores determinados se encuentran dentro de la zona correspondientemente permisible para ellos. Si cada valor determinado se encuentra dentro del intervalo de tiempo futuro en su totalidad dentro de su zona permisible, entonces los medios de determinación de la disponibilidad determinan que el sistema de determinación de posición estará previsiblemente disponible para el intervalo de tiempo futuro.

55 A fin de informar por ejemplo a un controlador aéreo sobre la disponibilidad momentánea del sistema de determinación de la posición, puede estar previsto que la instalación de vigilancia presente una segunda instalación de indicación para indicar la disponibilidad momentánea del sistema de determinación de la posición. El controlador aéreo puede indicar entonces eventualmente al piloto de un avión, que no puede usar por ejemplo, para el control de una maniobra de aterrizaje, el sistema de determinación de la posición.

Para facilitar al controlador aéreo también la coordinación de futuros aterrizajes, puede preverse según una forma de realización preferida de la presente invención, que la instalación de vigilancia presente una tercera instalación de indicación para la indicación de la disponibilidad del sistema de determinación de posición, estimada para el intervalo de tiempo futuro.

5 Es particularmente ventajoso que la segunda instalación de indicación se encuentre, en función de la disponibilidad momentánea, y/o que la tercera instalación de indicación se encuentre, en función de la disponibilidad estimada para el intervalo de tiempo futuro, o bien en un primer estado de indicación o bien en un segundo estado de indicación. La segunda instalación de indicación y/o la tercera instalación de indicación comprenden preferentemente una primera luz de señalización, preferentemente roja y una segunda luz de señalización, preferentemente verde, pudiendo presentar cada luz de señalización por ejemplo, un diodo de luz para producir luz de señalización. Cuando los medios de transmisión de disponibilidad determinan que el sistema de determinación de posición no está disponible momentáneamente, entonces se activa la primera luz de señalización, y cuando los medios de determinación de la disponibilidad determinan que el sistema de determinación de la posición está momentáneamente disponible, entonces se activa la segunda luz de señalización. De forma correspondiente, pueden activarse también en función de la disponibilidad estimada para el intervalo de tiempo futuro por los medios de determinación de disponibilidad, la primera y la segunda luz de señalización de la tercera instalación de indicación. En lugar de las luces de señalización, puede estar prevista también una pantalla, por ejemplo, de un terminal o de un ordenador personal, el cual está configurado para indicar correspondientes zonas para la indicación de la disponibilidad, que en función de la disponibilidad momentánea o estimada para el intervalo de tiempo futuro, o bien está iluminado en rojo o bien en verde o bien en cualquier otro color.

Se prefiere que la al menos una característica específica, la cual es comprobada por los medios de comprobación, sea el error de posición, al menos un parámetro del conjunto de parámetros y/o una característica específica estadística de éste, particularmente un valor medio o una desviación estándar. Dado que éstos son parámetros relevantes para la evaluación de la exactitud y de la disponibilidad del sistema de determinación de posición por satélite.

Una parte de la invención se refiere a la comprobación de la señal de corrección VHF de la estación de referencia, que se denomina habitualmente como "VHF Data Broadcast" (VDB). Para determinar la calidad de la señal de la señal de corrección, puede preverse que el conjunto de parámetros adicional determinado por los medios de determinación de la calidad de señal adicionales, comprenda entre otros, los resultados de la evaluación global del formato y de la tasa de mensaje y/o una relación portadora a densidad de ruido de la señal de corrección. Puede preverse en este caso particularmente, que el conjunto de parámetros adicional determinado por los medios de determinación de calidad de señal adicional comprenda como parámetro una desviación de una tasa de mensaje de mensajes comprendidos en la señal de corrección, de una tasa de mensajes teórica predeterminada, una cantidad de mensajes recibidos, una proporción de mensajes erróneos en los mensajes recibidos y/o una relación portadora a densidad de ruido de la señal de corrección.

Otra parte de la invención se refiere a la comprobación de las señales de satélite GNSS. En este caso se prefiere usar o una señal GPS, una señal GLONASS, una señal COMPASS o una señal GALILEO. En este caso la señal GPS se usa en la llamada banda L1 y/o en la llamada banda L2 y/o L5, encontrándose tanto la banda L1, como también la banda L5, en un rango de bandas protegido para aplicaciones aeronáuticas, mientras que la banda L2 se proporciona para otras aplicaciones, por ejemplo, comerciales. En el caso de GALILEO pueden usarse las señales de satélite en la banda L1, en la banda E6, así como en las bandas E5a y E5b. Las bandas L1, así como E5a y E5b también se encuentran en este caso en el rango de banda protegido, mientras que E6 se proporciona más bien para aplicaciones comerciales. Como particularidad será posible previsiblemente, usar las señales coherentes en E5a y E5b como señal E5ab conjunta con supresión multitrayecto significativamente mejor. El GNSS chino COMPASS ofrecerá previsiblemente señales de satélite en la banda L1, en la banda E6, así como en la banda E5b. La vigilancia de la señal de satélite GNSS comprende cuatro funciones parciales:

- función de determinación de error de posición
- función de vigilancia de incertidumbre de posición
- función de vigilancia de calidad de señal GPS
- 50 - función de vigilancia de espectro.

Para la realización de estas funciones, la instalación de vigilancia según la invención presenta los medios de determinación de errores de posición, los medios de vigilancia de la incertidumbre de posición, los medios de determinación de la calidad de señal y preferentemente los medios de supervisión de espectro.

Se prefiere que la zona de incertidumbre de posición determinada por los medios de vigilancia de la incertidumbre de posición, se corresponda con al menos un intervalo de confianza para un nivel de confianza predeterminado. En este caso se proporciona preferentemente para cada coordenada de la posición determinada por el sistema de determinación de posición, respectivamente un intervalo de confianza. Los intervalos de confianza se corresponden con aquella zona espacial, dentro de la cual se encuentra la posición real con una probabilidad, que se corresponde con el nivel de confianza. Estos intervalos de confianza se denominan también como "*Protection Level*" (nivel de protección).

5 Para poder determinar bien la calidad de señal de la señal de satélite, se prefiere que el conjunto de parámetros comprenda como parámetros, una relación portadora a densidad de ruido de la señal de satélite, una relación señal a ruido de la señal de satélite y/o una diferencia de pseudoalcance entre un pseudoalcance de un código de la señal de satélite y un pseudoalcance de una portadora de la señal de satélite. Mediante la relación portadora a densidad de ruido o la relación señal a ruido, puede vigilarse la calidad de señal de la señal de satélite independientemente de la calidad de la determinación de la posición. La diferencia de pseudoalcance, que se denomina también como "Code Minus Carrier" (CMC), se adecua particularmente para el reconocimiento y para la cuantificación de una expansión multitrayecto de la señal de satélite.

10 Si bien la invención puede usarse en unión con un sistema de determinación de posición por satélite (GNSS) cualquiera y pueden elegirse para la señal de corrección cualesquiera rangos de frecuencia, se prefiere que la señal de satélite sea una señal de satélite GPS y/o la señal de corrección una señal VHF.

Como solución adicional de la tarea, se propone un sistema de determinación de posición por satélite aumentado, con las características de la reivindicación 14. El sistema de determinación de posición presenta de esta manera, las ventajas de la instalación de vigilancia según la invención.

15 La instalación de vigilancia según la invención puede usarse particularmente para uno de los siguientes usos:

- para la evaluación de lugares de una estación de referencia de un sistema de determinación de posición por satélite, aumentado, al planificarse y/o al instalarse un sistema de determinación de posición por satélite ampliado,
- para la vigilancia a largo plazo del sistema de determinación de posición por satélite aumentado o
- 20 - para la vigilancia y/o la indicación de una disponibilidad del sistema de determinación de posición por satélite aumentado.

Se logra, que por ejemplo, controladores aéreos puedan reconocer rápidamente una interrupción momentánea o que se producirá previsiblemente en el futuro, de la disponibilidad del sistema de determinación de posición y reaccionar correspondientemente.

25 Otras características y ventajas de la invención resultan de la siguiente descripción, en la cual se explican con mayor detalle formas de realización ejemplares mediante los dibujos. En este caso muestran:

- La figura 1 un sistema de determinación de posición por satélite aumentado con una instalación de vigilancia en representación esquemática;
- La figura 2 una representación detallada de la instalación de vigilancia de la figura 1;
- 30 La figura 3 una relación señal a ruido media de una señal de satélite en función de una posición de un satélite;
- La figura 4 una desviación estándar de la relación señal a ruido de la figura 3;
- La figura 5 un error de pseudoalcance medio de la señal de satélite en función de la posición del satélite;
- La figura 6 una desviación estándar del error de pseudoalcance de la figura 5;
- La figura 7 una función de densidad de probabilidad de una diferencia de pseudoalcance medio; y
- 35 La figura 8 una función de densidad de probabilidad de una desviación estándar de la diferencia de pseudoalcance de la figura 7.

La figura 1 muestra un sistema de determinación de posición por satélite aumentado, el cual está provisto en general, de la referencia 11. El sistema de determinación de posición 11 presenta un segmento de espacio 13, el cual comprende varios satélites 15. En la figura 1 se representa solo uno de estos satélites 15. El sistema de determinación de posición 11 presenta además de ello, una estación de referencia 17, la cual en la forma de realización mostrada, está configurada como una estación de tierra fija. En el sistema de determinación de posición mostrado, se trata por lo tanto, de un sistema de determinación de posición por satélite aumentado basado en tierra (GBAS). En una forma de realización no mostrada, la señal de corrección es emitida por un satélite geoestacionario. Se trata por tanto en el caso de esta forma de realización no mostrada, de un sistema de determinación de posición por satélite aumentado basado en espacio (SBAS), en cuyo caso, el satélite geoestacionario conforma la estación de referencia 17.

El sistema de determinación de posición 11 presenta además de ello, un segmento de usuario 21, con muchas disposiciones de receptor, que pueden proporcionarse por ejemplo, a bordo de un avión o de un vehículo. En la figura 1 se representa a modo de ejemplo solo una de estas disposiciones de receptor 23. Esta disposición de receptor 23 se encuentra a bordo de un avión y se denomina en lo sucesivo también como disposición de receptor de usuario final 23.

En la forma de realización mostrada, el satélite 15 es por ejemplo, un satélite del sistema de posicionamiento global “*Global Positioning System*” (GPS) de los EEUU y la disposición de receptor correspondientemente un receptor GPS. La presente invención puede realizarse no obstante también, en relación con otros sistemas de determinación de posición, como por ejemplo, GLONASS o GALILEO.

5 El sistema de determinación de posición presenta además de ello, una instalación de vigilancia 25. La instalación de vigilancia comprende una primera instalación de recepción 27 para recibir al menos una señal de satélite 29, preferentemente todas las señales de satélite 29 que puedan ser recibidas. La instalación de vigilancia 25 presenta además de ello, una segunda instalación de recepción 31 para recibir una señal de corrección 33 de la estación de referencia 17. Para enviar la señal de corrección 33, la estación de referencia presenta una instalación de emisión
10 35. El satélite 15 presenta medios (no mostrados) para la emisión de la señal de satélite 29.

La estación de referencia 17 presenta además de ello, una tercera instalación de recepción 37 para recibir la señal de satélite 29. Para que la disposición de receptor de usuario final 23 del segmento de usuario 21 pueda recibir las dos señales 29, 33 para la determinación de su propia posición geográfica, presenta un cuarto dispositivo de recepción 39 para recibir la señal de satélite 29, así como un quinto dispositivo de recepción 41 para recibir la señal
15 de corrección 33.

En el caso de la señal de corrección 33, se trata en la forma de realización mostrada, de una señal VHF. Esta señal se denomina en los sistemas de determinación de posición aumentados 11 usados en la aeronáutica, como “*VHF Data Broadcast*” (VDB).

La figura 2 muestra la instalación de vigilancia 25 con mayor detalle. Puede verse que la primera instalación de recepción 27 presenta una antena de satélite 43 y una primera conmutación de recepción 45 (conmutación de recepción GPS 45) unida con la antena de satélite. De forma parecida, la segunda instalación de recepción 31 de la instalación de vigilancia 25, presenta una antena VHF 47, la cual está conectada a una segunda conmutación de recepción 49 (conmutación de recepción VDB 49).
20

Una salida de la segunda conmutación de recepción 49 está unida con una entrada de primeros medios de determinación de calidad de señal 51 (función de monitorización VDB 51) de la instalación de vigilancia 25. Una salida de la segunda conmutación de recepción 45, así como la salida de la segunda conmutación de recepción 49, están unidas con entradas de medios de cálculo de posición 53 para el cálculo de una posición de la instalación de vigilancia 25 de la señal de satélite 29 y de la señal de corrección 39. Una salida de los medios de cálculo de posición 53 está unida con una entrada de medios de determinación de error de posición 55 de la instalación de
25 vigilancia 25 para determinar un error de posición del sistema de determinación de posición 11. La salida de los medios de cálculo de posición 53 está unida además de ello, con una entrada de medios de vigilancia de incertidumbre de posición 57 de la instalación de vigilancia 25 para determinar una zona de incertidumbre de posición espacial del sistema de determinación de posición 11.
30

Además de ello, la salida de la primera conmutación de recepción 45, está unida con una entrada de segundos medios de determinación de calidad de señal 59 (medios de determinación de calidad de señal GPS 59) de la instalación de vigilancia 25 para determinar al menos un segundo conjunto de parámetros q_2 que caracteriza una calidad de la señal de satélite 29. Una salida de cada una de las dos antenas 43 y 47 está unida con respectivamente una entrada de medios de vigilancia de espectro 74 de la instalación de vigilancia 25.
35

La instalación de vigilancia 25 presenta además de ello, medios de comprobación 61 para comprobar características específicas del sistema de determinación de posición 11 en función de una posición de los satélites 15. Las salidas de la primera conmutación de recepción 45 y de la segunda conmutación de recepción 49 están unidas con correspondientes entradas de los medios de comprobación 61.
40

La instalación de vigilancia 25 presenta medios de determinación de disponibilidad 63 para determinar una disponibilidad momentánea del sistema de determinación de posición 11, así como una disponibilidad estimada del sistema de determinación de posición 11. Los primeros medios de determinación de calidad de señal 51, los medios de determinación de error de posición 55, los medios de vigilancia de incertidumbre de posición 57, los segundos medios de determinación de calidad de señal 59 y los medios de vigilancia de espectro 74, presentan respectivamente una salida, la cual está unida con una correspondiente entrada de los medios de determinación de la disponibilidad 63. Una salida de los medios de determinación de la disponibilidad 63 está unida con una entrada
45 de una segunda instalación de indicación 65 de la instalación de vigilancia 25, para indicar la disponibilidad momentánea del sistema de determinación de la posición 11.
50

La instalación de vigilancia 25 presenta además de ello, una tercera instalación de indicación 67, y una entrada de esta tercera instalación de indicación 67 está conectada con una salida adicional de los medios de determinación de la disponibilidad 63. Tanto la segunda instalación de indicación 65, como también la tercera instalación de indicación
55 67, presentan respectivamente una primera luz de señalización 69 con un diodo de luz, así como una segunda luz de señalización 71 con otro diodo de luz. La primera luz de señalización 69 puede estar configurada por ejemplo, para la emisión de luz de señalización verde y la segunda luz de señalización 71 para la emisión de por ejemplo, luz de señalización roja. En una forma de realización no mostrada, se proporciona en lugar de luces de señalización,

una pantalla, por ejemplo, de un terminal de ordenador, la cual indica zonas para la indicación de la disponibilidad momentánea del sistema de determinación de posición 11, así como de la disponibilidad del sistema de determinación de posición 11, estimada para el intervalo de tiempo futuro.

5 Una salida de los medios de comprobación 61 está unida con una entada de una primera instalación de indicación 73 de la instalación de vigilancia 25 para indicar las características específicas comprobadas por los medios de comprobación 61, para diferentes posiciones de los satélites 15. La primera instalación de indicación 73 puede estar configurada como un sistema de cálculo, como por ejemplo, un ordenador personal o una estación de trabajo gráfica.

10 La salida de los medios de comprobación 61 está conectada además de ello, con una entrada adicional de los medios de determinación de disponibilidad 63 de la instalación de vigilancia 25.

15 A continuación, se explica con mayor detalle el modo de funcionamiento del sistema de determinación de posición 11 haciendo referencia a la figura 1. Durante el funcionamiento del sistema de determinación de posición 11, cada satélite 15 del segmento de espacio 13 emite la señal de satélite 29. La estación de referencia 17 recibe la señal de satélite 29 mediante la tercera instalación de recepción 37. A partir de la señal de satélite 29, la estación de referencia 17 calcula de la forma conocida por GPS, los pseudoalcances con respecto a los satélites 15 individuales, los cuales puede recibir la estación de referencia 17. Con pseudoalcance entre los satélites 15 y la estación de referencia 17, se entiende esencialmente una distancia entre los satélites 15 y la estación de referencia 17, calculada mediante el uso de un reloj local de la estación de referencia 17 mediante una duración de señal de la señal de satélite 29. El reloj de la estación de referencia 17 no está sincronizado con los relojes del segmento de espacio 13. El pseudoalcance no se corresponde por lo tanto normalmente con la distancia real entre la estación de referencia 17 y los satélites 15.

20 Dado que en el caso de la estación de referencia 17 se trata de una estación de tierra fija, la estación de referencia 17 conoce su propia posición. Mediante la posición conocida, la estación de referencia 17 determina errores de estos pseudoalcances y calcula a partir de estos errores de pseudoalcance, la señal de corrección 33, la cual emite mediante la instalación de emisión 35. Esto quiere decir, que la estación de referencia 17 funciona según el principio del GPS diferencial (DGPS).

25 La disposición de receptor de usuario final 23 recibe mediante la cuarta disposición de recepción 39, la señal de satélite 29 y mediante la quinta disposición de recepción 41, la señal de corrección 33. Mediante la señal de satélite 29, la disposición de receptor de usuario final 23 determina los pseudoalcances entre la disposición de receptor de usuario final 23 y aquellos satélites 15 del segmento de espacio 13, cuya señal de satélite 29 puede recibir la disposición de receptor de usuario final 23. A continuación, la disposición de receptor de usuario final 23 corrige los pseudoalcances mediante la señal de corrección 33. Mediante esta corrección, la disposición de receptor de usuario final 23 puede determinar su propia posición de forma esencialmente más exacta de lo que sería posible sin el uso de la señal de corrección 33. Debido a ello puede usarse la posición determinada por la disposición de receptor de usuario final 23, también para usos críticos de la aeronáutica. En la forma de realización mostrada, la posición determinada por la disposición de receptor de usuario final 23, se usa para el control de una maniobra de aterrizaje del avión, a bordo del cual se encuentra la disposición de receptor de usuario final 23.

30 Para hacer frente a las altas exigencias de las aplicaciones de la aeronáutica con respecto a la disponibilidad y la exactitud del sistema de determinación de posición 11, se vigila el sistema de determinación de posición mediante el uso de la instalación de vigilancia 25. En este caso se usa la instalación de vigilancia 25 ya durante la instalación y la planificación del sistema de determinación de posición 11, particularmente al elegirse un lugar para una estación de referencia 17 fija. En este caso se vigila para diferentes lugares de la estación de referencia 17, la disponibilidad y la exactitud del sistema de determinación de posición 11 y se elige en función de los resultados de estas vigilancias, el lugar más adecuado.

35 40 45 50 Tras la puesta en marcha del sistema de determinación de posición 11, particularmente de la estación de referencia 17, se lleva a cabo con la ayuda de la instalación de vigilancia 25, una vigilancia a largo plazo de la disponibilidad y de la exactitud del sistema de determinación de posición 11. Debido a ello se llevan a cabo por un lado ajustes finos del sistema de determinación de posición 11 para el aumento de su disponibilidad y de su exactitud. Por otro lado, se reconocen los empeoramientos de la disponibilidad o de la exactitud del sistema de determinación de posición 11, los cuales aparecen durante su tiempo de funcionamiento y se toman medidas contrarias adecuadas. De esta manera, se adapta por ejemplo, una configuración de la estación de referencia a una modificación de condiciones del entorno.

55 Además de ello, la instalación de vigilancia 25 se usa para la vigilancia constante de la disponibilidad y de la exactitud del sistema de determinación de posición 11 para el fin del control del tráfico aéreo. Se indica por ejemplo en una torre, si el sistema de determinación de posición 11 está disponible momentáneamente y si estará disponible previsiblemente en un intervalo de tiempo futuro. Si se indica que el sistema de determinación de posición 11 no está disponible o previsiblemente no estará disponible en el intervalo de tiempo futuro, entonces los controladores aéreos pueden avisar al piloto por ejemplo, de que el sistema de determinación de posición 11 no puede usarse para el control de la maniobra de aterrizaje. Además de ello, los aviones pueden ser desviados a otras pistas de aterrizaje

o en caso de emergencia, también a otros aeropuertos.

En lo sucesivo se explica con mayor detalle mediante las figuras 2 a 7 el modo de funcionamiento de la instalación de vigilancia 25. Durante el funcionamiento de la instalación de vigilancia 25, se recibe la señal de satélite 29 por parte de la antena de satélite 23, y la primera conmutación de recepción 45 produce a partir de la señal de satélite 29 recibida, una primera señal intermedia s . La antena VHF 47 recibe además de ello, la señal de corrección 33, y la segunda conmutación de recepción 49 produce a partir de la señal de corrección 33 recibida, una segunda señal intermedia v . A partir de las señales intermedias s , v , los medios de cálculo de posición 53 determinan una señal de posición p . A través de la señal de posición p , se transmiten particularmente los pseudoalcances entre la instalación de vigilancia 25 y aquellos satélites 13, cuya señal de satélite 29 puede ser recibida por la primera instalación de recepción 27. Además de ello, a través de la señal de posición p se transmite una posición geográfica de la instalación de vigilancia 25, determinada en función de la primera señal intermedia s y de la segunda señal intermedia v , así como una posición geográfica no corregida de la instalación de vigilancia 25, determinada solo mediante el uso de la señales de satélite 29.

Los primeros medios de determinación de calidad de señal 51 determinan en función de la segunda señal intermedia v , un primer conjunto de parámetros q_1 , que caracteriza una calidad de la señal de corrección 33 con respecto a los parámetros MT1, MT2 y MT4 de acuerdo con OACI, anexo 10. La señal de corrección 33 presenta marcos de datos que se suceden temporalmente, que están divididos en varios segmentos de tiempo. En cada segmento de tiempo se transmite un marco parcial, el cual comprende un mensaje de la señal de corrección 33, así como campos de datos para una corrección de errores hacia adelante (FEC) y una comprobación de redundancia cíclica (CRC). Los primeros medios de determinación de calidad de señal 51 descodifican los mensajes y comprueban los campos para la corrección de errores hacia adelante y la comprobación de redundancia cíclica. Los primeros medios de determinación de calidad de señal 51 determinan además de ello, parámetros individuales del primer conjunto de parámetros q_1 . El primer conjunto de parámetros q_1 comprende particularmente los siguientes parámetros:

- un parámetro binario, el cual indica, si la continuidad temporal de la señal de corrección 33 recibida es mejor que un valor umbral predeterminado que indica el periodo de tiempo máximo de un hueco de recepción,
- un parámetro binario, el cual indica, si un mensaje se recibió en un segmento de tiempo diferente a un segmento de tiempo predeterminado,
- un parámetro binario, el cual indica, si una intensidad de señal promedia temporalmente de la señal recibida, se encuentra por encima de un valor umbral para la intensidad de señal de la señal de corrección 33,
- una relación de la cantidad de mensajes recibidos dentro de la última hora con respecto a un valor teórico de mensajes que han de recibirse dentro de una hora,
- una intensidad de señal momentánea de la señal de corrección 33 recibida,
- la cantidad de mensajes perdidos de la señal de corrección 33 recibida desde el último inicio nuevo de la instalación de vigilancia 25,
- la cantidad de correcciones de los mensajes llevadas a cabo mediante el uso del campo para la corrección hacia adelante,
- una cantidad de los mensajes faltantes, que se debe a errores CRC,
- identificaciones de los segmentos de tiempo, en los que se reciben momentáneamente marcos,
- un parámetro binario, el cual indica, si se ha superado momentáneamente un valor umbral predeterminado para una alarma,
- una cantidad de las condiciones de alarma, las cuales han sido indicadas por el último parámetro mencionado,
- la duración total de todas las alarmas indicadas por el penúltimo parámetro,
- un parámetro de estatus binario, el cual indica si se ha superado al menos un límite crítico de parámetros.

Los primeros medios de determinación de calidad de señal 51 presentan instalaciones de indicación (no mostradas) para la indicación de estos parámetros. Para la indicación de los parámetros binarios, pueden proporcionarse instalaciones de indicación parecidas a la segunda instalación de indicación 65 o tercera instalación de indicación 67. Pueden proporcionarse también instalaciones de indicación parecidas a la primera instalación de indicación 73.

Los medios de determinación de error de posición 55 determinan en función de la señal de posición p , un error de posición del sistema de determinación de posición 11, en cuanto que evalúan la señal de posición p y comparan la señal de posición evaluada con la posición conocida de la instalación de vigilancia 25. Los medios de determinación de error de posición 55, indican un conjunto de parámetros de error de posición p_E . Según la forma de realización mostrada, el error de posición se caracteriza por los siguientes parámetros del conjunto de parámetros de error de posición p_E :

- un error de posición de la posición determinada no corregida de la instalación de vigilancia 25,
- un error de posición de la posición corregida mediante la señal de corrección 33, de la instalación de vigilancia 25,
- un parámetro de estado ternario, el cual indica, que se ha determinado una posición lo suficientemente exacta y que los dos errores de posición mencionados arriba se encuentran por debajo de valores límite predeterminados, que al menos uno de los errores de posición mencionados arriba se encuentra por encima de un valor umbral asignado a este error de posición, o que momentáneamente no puede determinarse ninguna posición,
- un error de posición de la anchura geográfica, que caracteriza una diferencia entre la anchura geográfica real de

la instalación de vigilancia y una anchura geográfica determinada.

- un error de la longitud geográfica, que caracteriza una diferencia entre la coordenada de longitud geográfica real de la instalación de vigilancia 25 y la coordenada de longitud determinada,
- un error de la altura, que caracteriza una diferencia entre la altura real de la instalación de vigilancia 25 y la altura determinada,
- un parámetro, que caracteriza el error espacial entre la posición real de la instalación de vigilancia 25 y la posición determinada,
- un parámetro, que caracteriza el error horizontal entre la posición real de la instalación de vigilancia 25 y la posición determinada,
- un valor del error de la altura (llamado error vertical),
- una cantidad de los satélites 25, cuyas señales de satélite se utilizan para la determinación de la posición o del error de posición,
- una cantidad de aquellos satélites, para los cuales se calcula momentáneamente un pseudoalcance y los cuales presentan un ángulo vertical (elevación) con respecto a la instalación de vigilancia 25, que es mayor que un ángulo mínimo predeterminado,
- un parámetro de estatus binario, el cual indica, si existe una alarma porque se ha superado un valor umbral,
- una cantidad de las alarmas que han hecho su aparición desde el último inicio nuevo de la instalación de vigilancia 25,
- una duración total de las alarmas que han hecho su aparición desde el último inicio nuevo de la instalación de vigilancia 25.

Los medios de determinación de error de posición 55 presentan instalaciones de indicación (no mostradas) para la indicación de estos parámetros. Estos dispositivos de indicación pueden estar configurados para la producción de una representación gráfica de los parámetros a través de la anchura geográfica y de la longitud geográfica. En este caso puede estar previsto que la representación gráfica se actualice regularmente, no necesariamente de forma periódica, e indique de esta manera el desarrollo de los parámetros dentro de un intervalo de tiempo determinado, el cual termina en el momento momentáneo. Estas instalaciones de indicación pueden estar configuradas de manera parecida a las instalaciones de indicación 65, 67, 73 mostradas.

Los medios de vigilancia de incertidumbre de posición 57 determinan una zona de incertidumbre de posición espacial del sistema de determinación de posición 11. La zona de incertidumbre de posición se corresponde al menos esencialmente con un intervalo de confianza para un nivel de confianza predeterminado. Esto quiere decir, que con una probabilidad, que se corresponde con el nivel de confianza, una posición determinada por la disposición de receptor de usuario final 23, se encuentra dentro de una zona geográfica, la cual se corresponde con el intervalo de confianza. En este caso se determina para la dirección vertical una zona de incertidumbre de posición vertical (*Vertical Protection Level, VPL*) y para la dirección lateral una zona de incertidumbre de posición lateral (*Lateral Protection Level, LPL*). Para hacer frente a estándares internacionales para la cuantificación de la zona de incertidumbre de posición del sistema de determinación de posición 11, se corresponden al menos la mayoría de los parámetros p_{PL} , los cuales son determinados por los medios de vigilancia de incertidumbre de posición, con las indicaciones del anexo 10 del convenio de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI, anexo 10).

Los medios de vigilancia de incertidumbre de posición 57 determinan en particular los siguientes parámetros P_{PL} :

- una zona de incertidumbre de posición vertical máxima,
- una zona de incertidumbre de posición lateral máxima,
- un parámetro binario, el cual indica, si la zona de incertidumbre de posición vertical se encuentra por debajo de un valor umbral predeterminado,
- un parámetro binario, el cual indica, si la zona de incertidumbre de posición lateral se encuentra por debajo de un valor umbral predeterminado,
- un parámetro, que caracteriza un valor máximo del valor VEB de acuerdo con OACI, anexo 10,
- un parámetro, que caracteriza un valor máximo del valor LEB de acuerdo con OACI, anexo 10,
- un parámetro binario, el cual indica, si todas las zonas de incertidumbre de posición se encuentran por debajo de sus valores umbral asignados,
- un parámetro binario, el cual indica, si momentáneamente se supera un valor umbral para iniciar una alarma,
- una cantidad de las alarmas que han hecho su aparición desde el último inicio nuevo de la instalación de vigilancia 25,
- una duración total de todas las alarmas que han hecho su aparición desde el último inicio nuevo de la instalación de vigilancia 25.

Los medios de vigilancia de incertidumbre de posición 57 presentan instalaciones de indicación (no mostradas) para indicar estos parámetros p_{PL} . Las instalaciones de indicación para indicar los parámetros binarios pueden estar configuradas de manera parecida a la segunda instalación de indicación 65 o a la tercera instalación de indicación 67.

Los segundos medios de determinación de calidad de señal 59 determinan un segundo conjunto de parámetros q_2 , que caracteriza una calidad de la señal de satélite 29. El segundo conjunto de parámetros q_2 comprende los siguientes parámetros:

- una relación portadora a densidad de ruido de la señal de satélite GPS,
 - una diferencia de pseudoalcance derivada ("*Code Minus Carrier*") entre un pseudoalcance del código de la señal de satélite y un pseudoalcance de la fase de portadora integrada de la misma señal de satélite. En este caso, se diferencia temporalmente la diferencia de pseudoalcance, para disponer de indicadores libres de valor medio,
- 5 - un indicador de calidad de señal de correlación (métrica SQM según el estándar OACI, anexo 10), que explora con una pluralidad de puntos de la correlación de fase de código, la bondad de la señal de correlación y detecta modificaciones de la señal en lo que se refiere a simetría o deformación de pico. La modificación temporal se detecta, en cuanto que se determina la altura de correlación en relación con la correlación en el punto de seguimiento mediante diferencia de pre y postcorrelación de igual distancia, así como la altura de correlación en
- 10 relación con la correlación en el punto de seguimiento mediante suma de pre y postcorrelación de igual distancia. En la forma de realización mostrada, esta métrica conocida está no obstante, más refinada, para eliminar valores medios perturbadores y para aumentar la sensibilidad, en cuanto que se aprovecha ahora la diferencia de dos filtros con diferentes constantes de tiempo de comunicación y las métricas descritas como magnitudes de entrada, para aumentar el parámetro de evaluación de calidad,
- 15 - una diferencia de interreceptor del pseudoalcance de la misma señal de satélite que caracteriza un error singular de un receptor GPS de la estación de referencia 17 (valor B de acuerdo con OACI, anexo 10).
- el error de la posición retransformado al plano de los pseudoalcances y referido al correspondiente satélite.

El cálculo del pseudoalcance del código y del pseudoalcance de la portadora de la señal de satélite 29 puede llevarse a cabo de manera conocida en la técnica de los receptores GPS. Al igual que por ejemplo, los primeros

20 medios de determinación de calidad de señal 51, los segundos medios de determinación de calidad de la señal 59, presentan también instalaciones de indicación para indicar al menos una parte de éstos parámetros. Éstos pueden configurarse de manera parecida a las instalaciones de indicación 65, 67, 73 mostradas.

Los medios de vigilancia de espectro 74 determinan un conjunto de parámetros q_3 adicional, que caracteriza también una calidad de la señal de satélite 29. En este caso se comprueba si el rendimiento del posible perturbador HF se encuentra sobre un valor umbral de una pantalla de libre elección. En caso de detectarse una superación del valor

25 umbral del rendimiento permisible, se fijan el correspondiente rendimiento y la frecuencia. En este caso se determina un rendimiento perturbador total referido a la frecuencia. El tercer conjunto de parámetros q_3 comprende los siguientes parámetros:

- una potencia de ruido media y desviación estándar de la potencia de ruido de la señal de satélite 29,
 - un parámetro binario, el cual indica, si la totalidad del rendimiento perturbador ha superado un valor crítico (alarma de interferencia).
- 30

Los medios de determinación de disponibilidad 63 unen el primer conjunto de parámetros q_1 , el conjunto de parámetros de error de posición p_E , que caracteriza el error de posición, el conjunto de parámetros p_{PL} , que caracteriza la zona de incertidumbre de posición, el segundo conjunto de parámetros q_2 , que caracteriza la calidad

35 de la señal de satélite y el tercer conjunto de parámetros q_3 , y determinan en este caso la disponibilidad momentánea del sistema de determinación 11 y una disponibilidad del sistema de determinación de posición, estimada para un intervalo de tiempo futuro. Los medios de determinación de disponibilidad 63 controlan la segunda instalación de indicación 65 en función de la disponibilidad momentánea del sistema de determinación de posición 11. Si los medios de determinación de disponibilidad 63 reconocen que el sistema de determinación de posición 11

40 estará libre, entonces activan la primera luz de señalización 69 de la segunda instalación de indicación 65 y desactivan la segunda luz de señalización 71 de la segunda instalación de indicación 65. Si los medios de determinación de disponibilidad 63 reconocen que el sistema de determinación de posición 11 ya no está disponible, entonces desactivan la primera luz de señalización 61 de la segunda instalación de indicación 65 y activan la segunda luz de señalización 71 de la segunda instalación de indicación 65. En la forma de realización mostrada,

45 resulta de esta manera, una luz de señalización verde de la segunda instalación de indicación 65, cuando el sistema de detección de la posición está disponible momentáneamente. Cuando el sistema de detección de posición 11 no está disponible momentáneamente, entonces resulta una luz de señalización roja. Desviándose de ello, pueden elegirse en otra forma de realización, también otros colores para la luz de señalización.

Los medios de determinación de disponibilidad 63 controlan en función de la disponibilidad estimada para el intervalo de tiempo futuro, las luces de señalización 69, 71 de la tercera instalación de indicación 67. En este caso, se controlan las dos luces de señalización 69, 71 de la tercera instalación de indicación 67, de igual forma que la luz

50 de señalización 69, 71 de la segunda instalación de indicación 65, recíprocamente en función de la disponibilidad estimada para el intervalo de tiempo futuro, de manera que resulta una luz de señalización verde de la tercera instalación de indicación 67, cuando los medios de determinación de disponibilidad 63 han reconocido que el sistema de determinación de posición 11 estará disponible previsiblemente para el intervalo temporal futuro. De lo contrario, resulta una luz de señalización roja de la tercera instalación de señalización 67. Desviándose de ello, pueden preverse también en el caso de la tercera instalación de señalización 67, otros colores de la luz de

55 señalización.

Los medios de determinación de disponibilidad 63 determinan particularmente los siguientes parámetros:

- una continuidad general de la unión de datos entre la estación de referencia 17 y la instalación de vigilancia 25,
- una cantidad de los satélites, cuya señal de satélite 29 es recibida por la instalación de vigilancia 25,
- una cantidad de los satélites, cuya señal de satélite 29 se utiliza para la determinación de la posición de la instalación de vigilancia 25.

5 Los medios de determinación de disponibilidad 63 presentan instalaciones de indicación (no mostradas) para la indicación de al menos una parte de estos parámetros y – dependiendo de la configuración de la instalación de vigilancia 25 - al menos una selección de los conjuntos de parámetros q_1 , p_e , p_{PL} , q_2 y q_3 . Los dispositivos de indicación pueden estar configurados de manera parecida a los dispositivos de indicación 65, 67, 73 mostrados.

10 Los medios de comprobación 61 de la instalación de vigilancia 25 comprueban características específicas Q del sistema de determinación de posición 11 en función de la posición del satélite 15. La posición del satélite 15 se representa numéricamente en este caso con la ayuda de un ángulo horizontal (acimut) y de un ángulo vertical (elevación). Cada satélite 15 transmite su posición a través de la posición de satélite 29. Los medios de comprobación 61 evalúan esta información de posición en la señal de satélite 29, para determinar la posición del satélite 15. Al mismo tiempo, los medios de comprobación 61 determinan las características específicas Q del sistema de determinación de posición 11. Las características específicas Q determinadas, se asignan a aquella posición del satélite 15, en la cual se encuentra el satélite 15 en el momento de la captación de las características específicas Q. La posición se memoriza junto con las características específicas Q asignadas en llamados intervalos acimut-elevación. De esta manera, los medios de comprobación 61 acumulan durante el funcionamiento de la estación de vigilancia 25, informaciones sobre la dependencia de la característica específica de la posición del satélite 15. Dado que habitualmente las señales de satélite 29 de diferentes satélites 15 son recibidas al mismo tiempo por la primera instalación de recepción 27 de la instalación de vigilancia 25, los medios de comprobación 61 evalúan las señales de satélite 29 de los diferentes satélites 15, de forma simultánea.

Como características específicas Q están previstas:

- 25 - un valor medio y una desviación estándar de la diferencia de interreceptor del pseudoalcance de la misma señal de satélite (Valor B de acuerdo con OACI, anexo 10),
- valor medio y desviación estándar de una diferencia de pseudoalcance diferencial entre el pseudoalcance del código de la señal de satélite y el pseudoalcance de la fase de portadora integrada de la señal de satélite,
- valor medio y desviación estándar de la relación intensidad de señal a potencia de ruido de la señal de satélite 29,
- 30 - valor medio y desviación estándar de los indicadores de calidad de señal de correlación diferenciales,
- valor medio y desviación estándar de los errores de la posición retransformados en el plano de pseudoalcances y referidos al correspondiente satélite.

35 Dado que las características específicas Q permiten conclusiones sobre la exactitud y la disponibilidad del sistema de determinación de posición 11 y los satélites 15 volverán a buscar en el futuro posiciones las cuales ya han buscado una vez, mediante las informaciones sobre la dependencia de las características específicas Q de la posición de los satélites 15, puede aumentarse la exactitud de la estimación de la disponibilidad del sistema de determinación de posición 11 para el intervalo de tiempo futuro. Para este fin, las informaciones sobre la dependencia de las características específicas Q de la posición de los satélites 15 se suministran a los medios de determinación de disponibilidad 63. Los medios de determinación de disponibilidad 63 calculan para el intervalo de tiempo futuro, los recorridos de los satélites de los satélites 15. Mediante el uso de las posiciones de los satélites 15 que resultan de estos recorridos y las informaciones determinadas por los medios de comprobación 61 sobre la dependencia de las características específicas Q de la posición de los satélites 15, los medios de determinación de disponibilidad 63 calculan un desarrollo estimado de las características específicas Q para el intervalo de tiempo futuro. Se recurre al desarrollo estimado de las características específicas Q para el intervalo de tiempo futuro adicionalmente a los conjuntos de parámetros q_1 , q_2 , q_3 , p_e , p_{PL} , para la determinación de la disponibilidad del sistema de determinación de posición 11 para el intervalo de tiempo futuro. Para ello, los medios de determinación de disponibilidad 63 usan un modelo de pronóstico adecuado para la determinación de la disponibilidad del sistema de determinación de posición 11 para el intervalo de tiempo futuro.

50 Las informaciones determinadas por los medios de determinación de disponibilidad 63, las cuales son indicadas por la segunda instalación de indicación 65 y por la tercera instalación de indicación 67, son informaciones altamente densas, las cuales permiten por ejemplo, a un controlador aéreo, una comprobación rápida de la disponibilidad del sistema de determinación de posición 11. Mientras que para el funcionamiento, estas informaciones densas son muy ventajosas debido a su compacidad, para la planificación y la instalación del sistema de determinación de posición 11, se requiere un vistazo detallado a los diferentes parámetros q_1 , q_2 , q_3 , p_e , p_{PL} y características específicas Q del sistema de determinación de posición 1. La instalación de vigilancia 25 presenta por ello, la primera instalación de indicación 73 para la indicación de al menos algunas de las características específicas Q y al menos algunos de los parámetros de los conjuntos de parámetros q_1 , q_2 , q_3 , p_e , p_{PL} en función de la posición del satélite 15. Está previsto además de ello, que las representaciones gráficas se produzcan en función de parámetros predeterminados, particularmente los llamados "GAD Requirements" (requisitos GAD) de acuerdo con OACI, anexo 10.

60

Un ejemplo de una representación de este tipo se muestra en la figura 3. En el caso de la característica específica representada del sistema de determinación de posición 11, se trata en este caso de la relación señal a ruido media de la señal de satélite 29. La representación presenta una superficie de base 91 circular. Un determinado ángulo en esta superficie de base 91 en relación con una dirección norte (no mostrada en la figura 3), se corresponde con un determinado ángulo horizontal (acimut). Una dirección sur (S) se corresponde por ejemplo, con un ángulo de 180°. Una dirección este (E) se corresponde con un ángulo de 90°. Un componente paralelo a la superficie de base 91, de una distancia de un punto de un borde exterior 93 de la superficie de base 91 se corresponde con el ángulo vertical (elevación) de la posición del satélite 15, correspondiéndose cada punto en el borde exterior 93 de la superficie de base 91 o cada punto perpendicular por encima del borde exterior 93, con un punto vertical de 0° y correspondiéndose el punto central 95 de la superficie de base 91 con un ángulo vertical de 90°. Cuanto mayor es la distancia del punto del borde exterior 93 en la representación, mayor es también el ángulo vertical. La amplitud de las características específicas de valor medio Q, se indica en dirección de un eje vertical 97. Cuanto más distanciado está un punto en dirección del eje vertical 97 de la superficie de base 91, mayor es por ejemplo, el valor medio del correspondiente parámetro (por ejemplo, la relación señal a ruido media). De forma correspondiente, pueden representarse también valores medios de otras características específicas Q o parámetros de los conjuntos de parámetros q_1 , q_2 , q_3 , p_E , p_{PL} .

En la representación de la figura 3 puede verse por ejemplo, que en la zona norte, para ángulos verticales reducidos, la relación señal a ruido media es relativamente baja. Como consecuencia, ha de contarse con una exactitud relativamente reducida y una disponibilidad relativamente mala del sistema de determinación de posición.

La primera instalación de indicación 73 está configurada también para la producción de una representación gráfica de una desviación estándar de las características específicas Q (por ejemplo, relación señal a ruido), como se representa a modo de ejemplo en la figura 4. En la figura 4 puede verse también, la dirección norte (N), la cual se corresponde a un ángulo de 0°. A partir de la figura 4 puede verse, que la desviación estándar de la relación señal a ruido es en la zona oeste y noroeste, particularmente alta en el caso de ángulos verticales reducidos.

La figura 5 muestra una representación gráfica a modo de ejemplo de un error medio del pseudoalcance entre la instalación de vigilancia 25 y el satélite 15, la cual puede ser producida por la primera instalación de indicación 73. Puede verse que el error medio del pseudoalcance es relativamente alto en una zona oeste en el caso de ángulos verticales reducidos de la posición del satélite 15.

La figura 6 muestra una representación gráfica de la desviación estándar del error del pseudoalcance, que se es producida también por la primera instalación de indicación 73. Puede verse que la desviación estándar del error del pseudoalcance es relativamente alta para ángulos verticales reducidos de la posición del satélite 15.

En las representaciones de las figuras 3 a 6 puede verse, que particularmente para ángulos verticales reducidos, resultan características específicas Q desventajosas (relación señal a ruido reducida, error relativamente grande de los pseudoalcances, altos valores de las desviaciones estándar). Esto puede explicarse también debido a que la influencia de los obstáculos, en particular de montañas, edificios o masas de agua en la proximidad de la instalación de vigilancia 25 o estación de referencia 17, tiene un efecto relativamente fuerte en el caso de ángulos planos. Se producen debido a ello habitualmente atenuaciones de la señal de satélite 29 o una expansión multirruta de la señal de satélite 29 como consecuencia de reflexiones en los obstáculos. En el caso de ángulos verticales grandes, los obstáculos tienen un efecto menos perturbador, ya que la señal de satélite 29 incide al menos casi perpendicularmente sobre la primera instalación de recepción 27 de la instalación de vigilancia 25 o la tercera instalación de recepción 37 de la estación de referencia 17. Una atenuación o una expansión multirruta de la señal de satélite 29, es de esta manera muy poco probable debido a los obstáculos del entorno de la estación de referencia 17 o de la instalación de vigilancia 25.

La figura 7 muestra funciones de densidad de distribución 101 de una característica específica Q, por ejemplo, de la diferencia de pseudoalcance media (*Code Minus Carrier*), en función del ángulo vertical indicado en la figura 7 con la referencia e. Un rango de valores total de 0° a 90° del ángulo vertical está dividido en varios intervalos 99. A cada intervalo 99 se le asigna una función de densidad de distribución 101. En un eje vertical μ hay indicados valores de la diferencia de pseudoalcance media. Una zona sombreada 103 de una función de densidad de distribución 101 marca aquellos valores de la diferencia de pseudoalcance media, en los cuales, la función de densidad de distribución 101 presenta valores de función relativamente altos. Esto quiere decir que la probabilidad, de que en el caso de un determinado ángulo vertical e, los valores marcados por las zonas sombreadas 103, de la diferencia de pseudoalcance media, realmente se den, es relativamente alta. Los valores, cuya probabilidad de aparición en el caso de un determinado ángulo vertical e, es menos alta que la probabilidad de aparición de los valores marcados con la zona 103 sombreada, están marcados con un rectángulo 105. Las funciones de densidad de probabilidad 101 presentan para los valores marcados con el rectángulo 105, de la diferencia de pseudoalcance media, un valor de funcionamiento relativamente reducido. El valor de las funciones de densidad de distribución 101, es para zonas de la diferencia de pseudoalcance media, las cuales no están marcadas ni con la zona sombreada 103 ni con un rectángulo 105, claramente menor que las zonas marcadas de la diferencia de pseudoalcance media. La función de densidad de distribución 101 puede presentar en las zonas no marcadas, también un valor de cero. La probabilidad de que los valores no marcados de la diferencia de pseudoalcance media se den, es correspondientemente baja.

5 La figura 8 muestra una representación gráfica de funciones de densidad de distribución 101 de una desviación estándar de la diferencia de pseudoalcance parecida a la de la figura 7. La representación de la función de densidad de distribución 111 se corresponde con la representación usada en la figura 7. No obstante, se indica en este caso en un eje vertical 6 la desviación estándar de la diferencia de pseudoalcance. Una curva de valor máximo 107 describe aquellos valores de la desviación estándar de la diferencia de pseudoalcance, que aún son permisibles durante el funcionamiento del sistema de determinación de posición 11. Mediante la representación de las funciones de densidad de distribución 11, puede estimarse fácilmente una probabilidad de que la desviación estándar de la diferencia de pseudoalcance se encuentra por encima de los valores máximos permisibles.

10 En las figuras 7 y 8, el rango de valores de las funciones de densidad de distribución 101, está dividido en tres intervalos disjuntos. Un primer intervalo comprende valores de función relativamente bajos de las funciones de densidad de distribución 101, un segundo intervalo valores de función medios y un tercer intervalo, valores de función altos. En este caso se han asignado al segundo intervalo con el rectángulo 105, zonas marcadas y al tercer intervalo, las zonas sombreadas 103. Desviándose de ello, puede elegirse otra cantidad de intervalos, particularmente más alta. Las correspondientes zonas pueden marcarse mediante diferentes sombreados, tonalidades de gris, colores o similares. Las funciones de densidad de distribución 101 pueden representarse por ejemplo, con codificación de color, reproduciéndose una alta frecuencia con una alta saturación (es decir, en tonos oscuros) y reproduciéndose una baja frecuencia con baja saturación (es decir, en tonos claros) del mismo color.

15

REIVINDICACIONES

1. Instalación de vigilancia (25) para un sistema de determinación de posición (11) por satélite, aumentado, el cual presenta una estación de referencia (17) con una instalación de emisión (35) para emitir una señal de corrección (33), estando configurada la instalación de vigilancia (25) para llevar a cabo una vigilancia a largo plazo de una disponibilidad y de una exactitud del sistema de determinación de posición (11) para el fin de un control de tráfico aéreo y comprendiendo:
- al menos una primera instalación de recepción (27), la cual está configurada para recibir al menos una señal de satélite (29) del sistema de determinación de posición (11),
 - al menos una segunda instalación de recepción (31), la cual está configurada para recibir la señal de corrección (33),
 - primeros medios de determinación de calidad de señal (51), los cuales están configurados para determinar un primer conjunto de parámetros (q_1), que caracteriza una calidad de la señal de corrección (33),
 - segundos medios de determinación de calidad de señal (59), los cuales están configurados para determinar al menos un segundo conjunto de parámetros (q_2), que caracteriza una calidad de la señal de satélite (29),
 - medios de determinación de error de posición (55), los cuales están configurados para determinar un error de posición (p_E) del sistema de determinación de posición (11),
 - medios de vigilancia de incertidumbre de posición (57), los cuales están configurados para determinar una zona de incertidumbre de posición espacial (p_{PL}) del sistema de determinación de posición (11),
 - medios de determinación de disponibilidad (63), los cuales están configurados para determinar una disponibilidad momentánea del sistema de determinación de posición (11) en función del primer conjunto de parámetros (q_1), del segundo conjunto de parámetros (q_2), del error de posición (p_E) y de la zona de incertidumbre de posición espacial (p_{PL}), y
 - medios de comprobación (61), los cuales están configurados para comprobar al menos una característica específica (Q) del sistema de determinación de posición (11) en función de una posición de un satélite (15) del sistema de determinación de posición (11), el cual emite la señal de satélite (29), en la que
 - la estación de referencia (17) está configurada como una estación de tierra fija,
 - en el caso de la señal de corrección (33) se trata de una señal de corrección transmitida en banda VHF,
 - los medios de comprobación (61) comprenden una instalación de indicación (73) para indicar la al menos una característica específica (Q) para diferentes posiciones del satélite (15) y
 - la primera instalación de indicación (73) está configurada para producir un gráfico, el cual muestra la característica específica (Q) en función de un ángulo horizontal y de un ángulo vertical de la posición del satélite (15) en relación con una posición de la instalación de vigilancia (25), a fin de informar a un controlador aéreo sobre la disponibilidad momentánea del sistema de determinación de posición (11).
2. Instalación de vigilancia (25) según la reivindicación 1, **caracterizada porque** la al menos una característica específica (Q) representada en la primera instalación de indicación (73) es al menos una de las siguientes:
- el error de posición (p_E),
 - al menos un parámetro del segundo conjunto de parámetros (q_2), y/o
 - una característica específica estadística de éste, particularmente una desviación estándar.
3. Instalación de vigilancia (25) según la reivindicación 1, **caracterizada porque** la al menos una característica específica (Q) representada en la primera instalación de indicación (73) es al menos una de las siguientes:
- un valor medio y una desviación estándar de una diferencia de interreceptor de un pseudoalcance de la señal de satélite (29),
 - un valor medio y una desviación estándar de una diferencia de pseudoalcance diferencial entre un pseudoalcance de un código de la señal de satélite (29) y un pseudoalcance de una fase de portadora integrada de la señal de satélite (29),
 - un valor medio y una desviación estándar de una relación intensidad de señal-potencia de ruido de la señal de satélite (29),
 - un valor medio y una desviación estándar de indicadores de calidad de señal de correlación diferenciales, y
 - un valor medio y una desviación estándar de errores de la posición retransformados a un plano de pseudoalcances y referidos al correspondiente satélite (15).
4. Instalación de vigilancia (25) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la representación gráfica de la al menos una característica específica (Q) se produce en función de parámetros predeterminados, particularmente de "GAD Requirements" (requisitos GAD) de acuerdo con OACI, anexo 10.
5. Instalación de vigilancia (25) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la instalación de vigilancia (25) comprende medios de vigilancia de espectro (74), los cuales están configurados para determinar un tercer conjunto de parámetros (q_3), que caracteriza una potencia de ruido de la señal de satélite (29) y/o al menos una característica específica estadística de ésta.

- 5 6. Instalación de vigilancia (25) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** los medios de determinación de disponibilidad (63) para determinar una disponibilidad del sistema de determinación de posición (11), estimada para un intervalo de tiempo futuro, están configurados en función del primer conjunto de parámetros (q_1), del segundo conjunto de parámetros (q_2), del error de posición (p_E) y de la zona de incertidumbre de posición espacial (p_{PL}).
7. Instalación de vigilancia (25) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la instalación de vigilancia (25) presenta una segunda instalación de indicación (65), la cual está configurada para indicar la disponibilidad momentánea del sistema de determinación de posición (11).
- 10 8. Instalación de vigilancia (25) según la reivindicación 6, **caracterizada porque** la instalación de vigilancia (25) presenta una tercera instalación de indicación (67), la cual está configurada para indicar la disponibilidad del sistema de determinación de posición (11), estimada para el intervalo de tiempo futuro.
- 15 9. Instalación de vigilancia (25) según la reivindicación 7 u 8, **caracterizada porque** la segunda instalación de indicación (65) se encuentra, en función de la disponibilidad momentánea, y/o la tercera instalación de indicación (67) se encuentra, en función de la disponibilidad estimada para el intervalo de tiempo futuro, o bien en un primer estado de indicación o bien en un segundo estado de indicación.
- 20 10. Instalación de vigilancia (25) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** el primer conjunto de parámetros (q_1) determinado por los primeros medios de determinación de calidad de señal (51), comprende como parámetros una desviación de una tasa de mensajes de mensajes contenidos en la señal de corrección (33) con respecto a una tasa de mensajes teórica predeterminada, una cantidad de mensajes recibidos, una proporción de mensajes erróneos en los mensajes recibidos y/o una relación portadora a densidad de ruido de la señal de corrección (33).
- 25 11. Instalación de vigilancia (25) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la zona de incertidumbre de posición (p_{PL}) determinada por los medios de vigilancia de incertidumbre de posición (57) se corresponde con al menos un intervalo de confianza para un nivel de confianza predeterminado.
- 30 12. Instalación de vigilancia (25) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** el segundo conjunto de parámetros (q_2) comprende como parámetros, una relación portadora a densidad de ruido de la señal de satélite (29), una relación señal a ruido de la señal de satélite (29) y/o una diferencia de pseudoalcance entre un pseudoalcance de un código de la señal de satélite (29) y un pseudoalcance de una portadora de la señal de satélite (29).
- 35 13. Instalación de vigilancia (25) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la señal de satélite (29) es una señal de satélite GPS.
14. Sistema de determinación de posición (11) por satélite, aumentado, con al menos una estación de referencia (17) configurada como estación de tierra fija, presentando la estación de referencia (17) al menos una instalación de emisión (35), la cual está configurada para emitir una señal de corrección (33) transmitida por banda VHF, presentando el sistema de determinación de posición (11) una instalación de vigilancia (25) según una de las reivindicaciones anteriores.

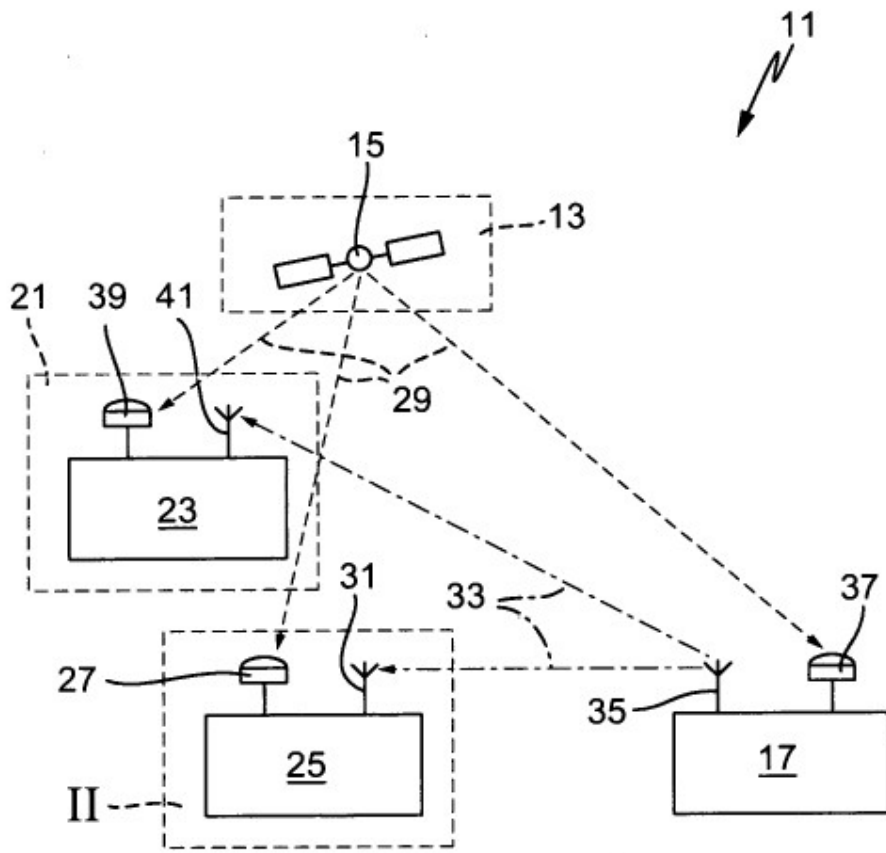


Fig. 1

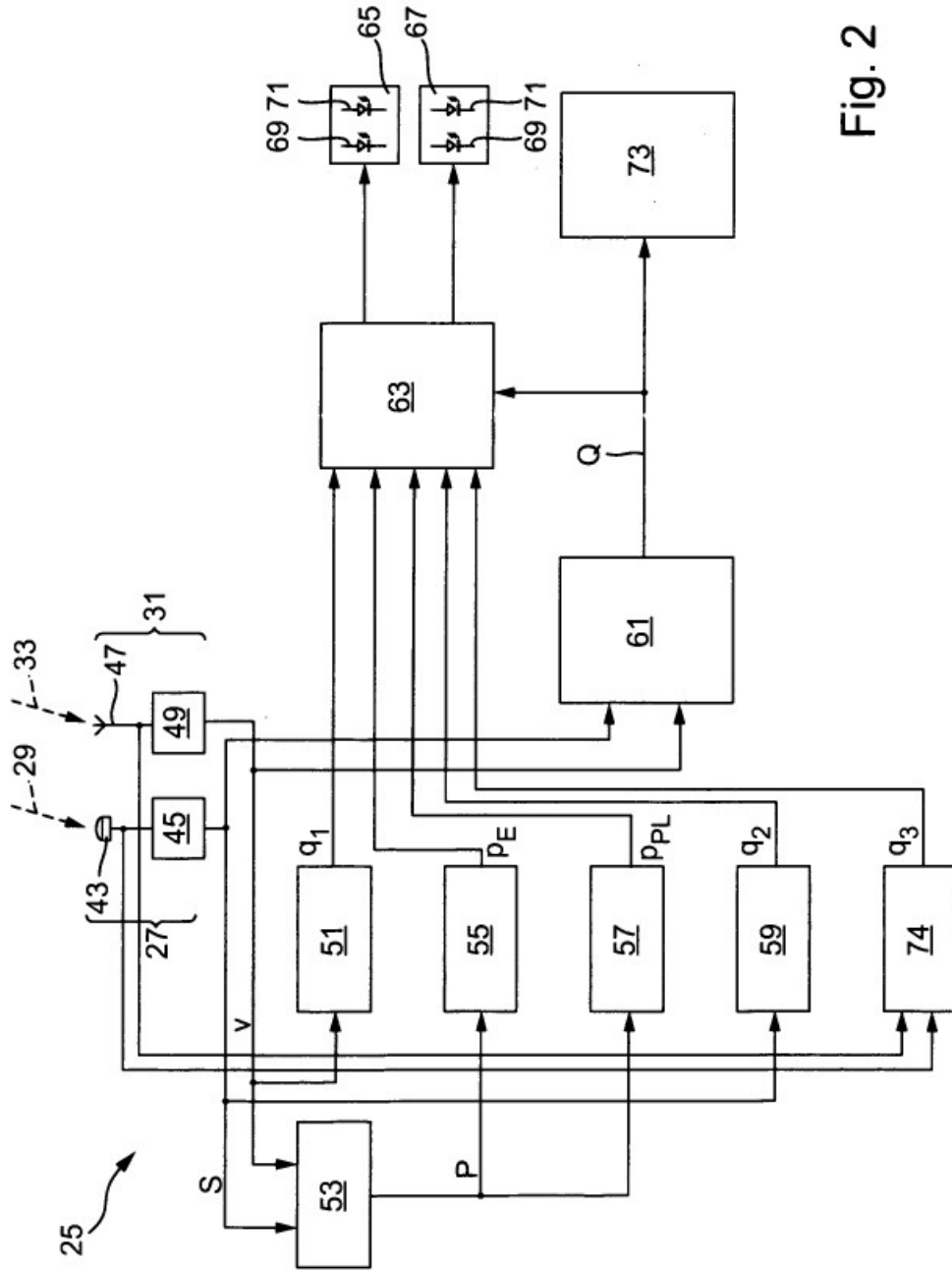
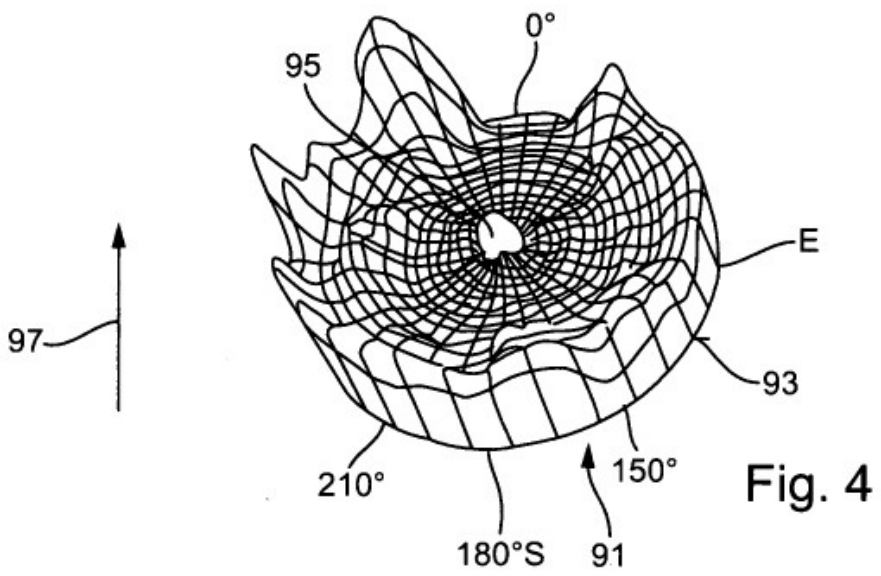
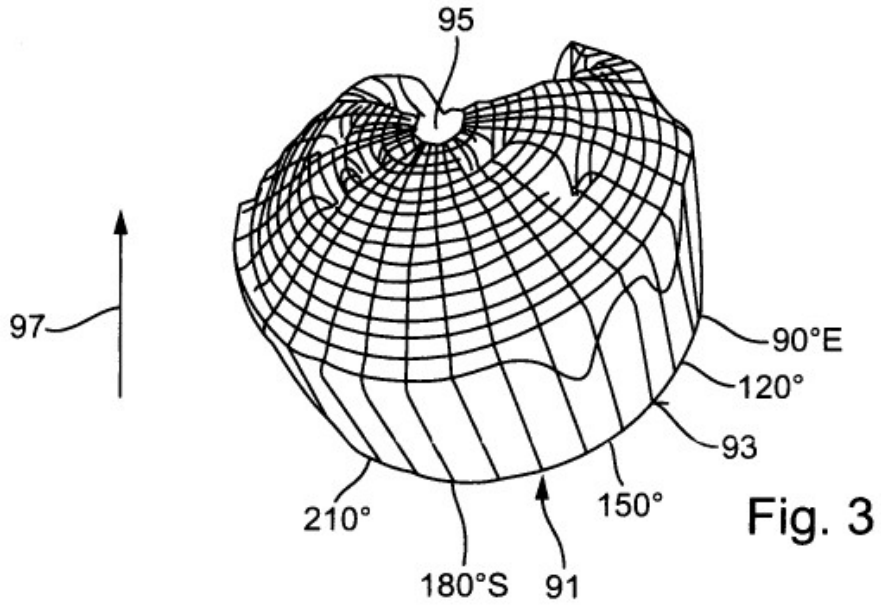
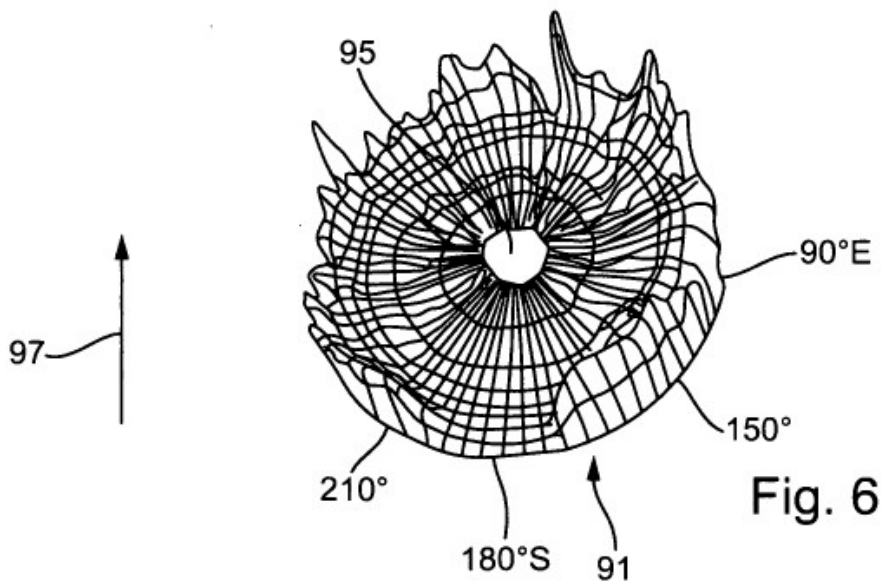
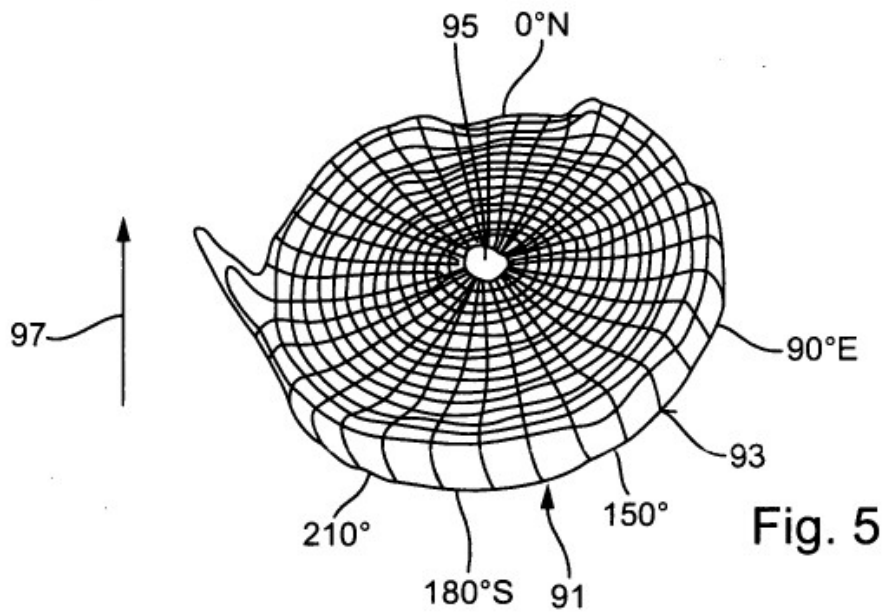


Fig. 2





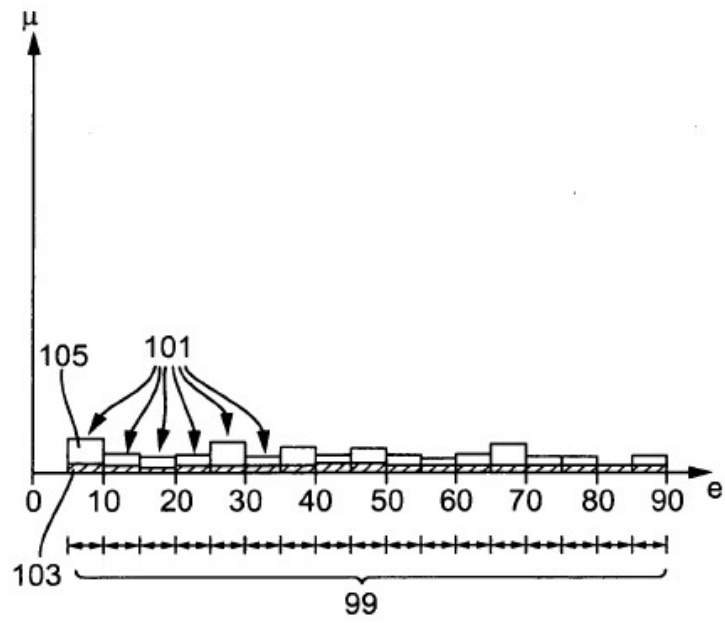


Fig. 7

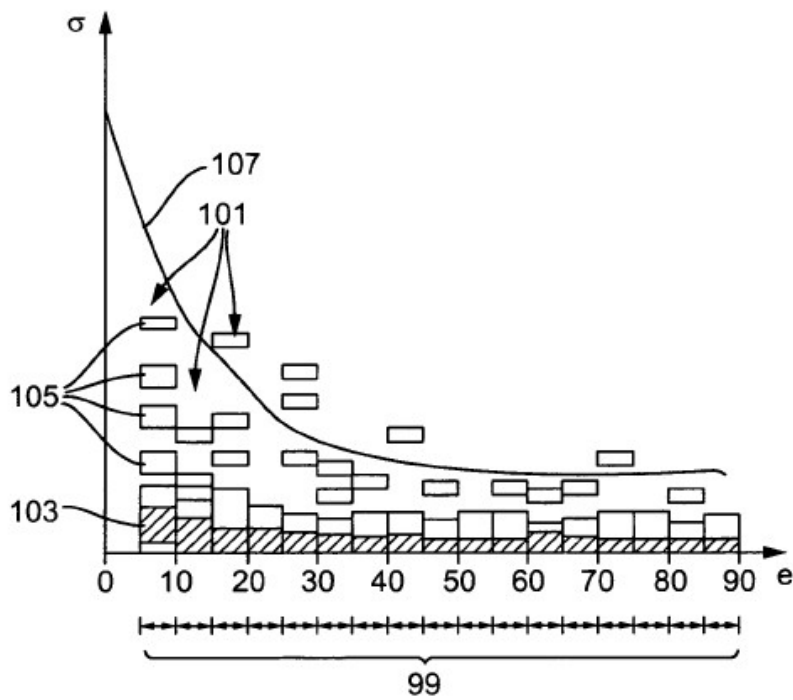


Fig. 8