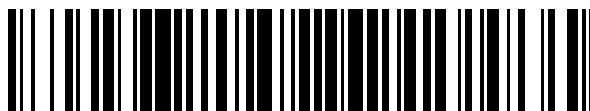


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 688 233**

51 Int. Cl.:

**G01S 5/02** (2010.01)

**G01S 5/14** (2006.01)

**G01S 5/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.06.2011 E 11004758 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 2533068**

54 Título: **Sistema de navegación de campo próximo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**31.10.2018**

73 Titular/es:  
**AIRBUS DEFENCE AND SPACE GMBH (100.0%)**  
**Willy-Messerschmitt-Straße 1**  
**82024 Taufkirchen, DE**

72 Inventor/es:  
**OEHLER, VEIT;**  
**VOITH VON VOITHENBERG, MICHAEL y**  
**STEFFES, JULIAN**

74 Agente/Representante:  
**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 688 233 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Sistema de navegación de campo próximo

5 La presente invención se refiere a un sistema de navegación de campo próximo y en particular a un concepto y una metodología que permiten una determinación de la actitud y un posicionamiento tridimensional de alta precisión en relación con transmisores desplegados localmente a través de una medición de la distancia, para su consideración como sistema de navegación móvil o de instalación fija.

10 Campo de la invención

La invención se refiere a un sistema de navegación de campo próximo y a un concepto y procedimiento que permiten una determinación de la actitud y una navegación tridimensional de alta precisión en relación con un conjunto de transmisores desplegados localmente considerando información de distancia pertinente, lo que permite la navegación local de objetos o vehículos en movimiento en relación con un conjunto fijo o en movimiento de transmisores hasta la toma de contacto o la llegada a la posición final. También incluye el concepto de cómo diseñar e implementar la invención de manera apropiada como sistema de navegación local. Además, forman parte de esta invención un procedimiento sobre cómo combinar la invención con un sistema global de navegación por satélite (GNSS) extendiendo el alcance de la navegación de la invención a una escala global y un concepto sobre cómo integrar los elementos de tierra y usuario en un equipo convencional disponible. Finalmente, en esta invención se hace referencia a una visualización compacta y clara para el operador del objeto o vehículo, piloto, copiloto, oficial de vuelo, o en caso de un objeto controlado a distancia (RC, *remote controlled*) para el operador de tierra, adecuada para la información de navegación de la invención y un concepto y procedimiento para extender el campo de aplicación del sistema de navegación local a misiones móviles.

25 Antecedentes de la invención

Los sistemas globales de navegación por satélite (GNSS) convencionales tales como GPS, GLONASS, o el sistema Galileo europeo futuro proporcionan información de posicionamiento adecuada que permite a nivel mundial una determinación de la posición, velocidad y tiempo con una buena precisión, dependiendo de la información de GNSS y los servicios disponibles (servicio de señales civiles, servicio de señales militares o públicas, etc.). Las señales de GNSS permiten un cálculo de la distancia entre receptor y transmisor dentro del servicio de radionavegación por satélite (RNSS) convencional que permite una navegación tridimensional si están disponibles al menos cuatro distancias con respecto a diferentes satélites, y si de antemano se conocen las ubicaciones de estos satélites.

Debido a diversos efectos entre la fuente de señal y el receptor, el cálculo de la distancia puede sufrir los siguientes efectos: modelado impreciso de localización por satélite, retardos de señal por efectos atmosféricos, efectos de recepción locales como trayectos múltiples, etc., especialmente por la amplia distancia entre satélites de GNSS en órbita y los usuarios o los receptores en tierra, la distancia geométrica sólo se estima con una precisión que se degrada por las contribuciones mencionadas al error. Dependiendo de las señales disponibles de los servicios de GNSS y del entorno local del usuario, la distancia puede estimarse con una precisión de desde 1 hasta 3 metros, aunque debido a los aspectos descritos anteriormente también es probable que se produzcan errores superiores a de 20 a 30 metros. Normalmente, tal precisión de la información de distancia permite una precisión de localización tridimensional del orden de 10 m en coordenadas inerciales terrestres absolutas.

Tal comportamiento del posicionamiento da soporte de manera suficiente a muchas aplicaciones o servicios, como navegación en automóviles o incluso navegación en ruta en aviones, pero no permite misiones de alta precisión que requieran una precisión de centímetros, como situaciones de toma de contacto de aeronaves o helicópteros o maniobras críticas de atraque, etc.

Existen maneras de mejorar un GNSS por regiones con sistemas de aumentación basados en satélites (SBAS) como WAAS o EGNOS o localmente con sistemas de aumentación de área local (LAAS) a través de estaciones de referencia y considerando datos de corrección o seudosatélites. Estos sistemas mejoran la precisión de la información del alcance del satélite y por tanto el comportamiento del posicionamiento del usuario, aunque estos conceptos no son lo suficientemente precisos (SBAS), o son muy complejos y caros de instalar y hacer funcionar (LAAS). Además estos sistemas complejos basados en señales de GNSS regionales o locales sólo mejoran la localización absoluta del usuario, y no pueden utilizarse o sólo pueden utilizarse a través de un sistema adicional y de nuevo muy complejo en entornos o para misiones donde el objetivo (por ejemplo una plataforma para el aterrizaje de helicópteros) está en movimiento y/o incluso está cambiando su actitud.

El documento US 2005/0215269 A1 da a conocer un sistema de navegación móvil con un conjunto de estaciones base móviles que pueden posicionarse individualmente y un vehículo objetivo. Si los vehículos de las estaciones base han tomado en cada caso una posición en un área en la que el vehículo objetivo debe operar puede calcularse la posición del vehículo objetivo utilizando los datos de navegación transmitidos desde el conjunto de estaciones base. El objetivo está equipado sólo con un receptor de modo que sólo puede detectarse la posición del objetivo pero no la orientación del objetivo.

El documento US 4.853.863 A describe un dispositivo para medir la actitud y posición relativa de dos cuerpos en el que uno de los cuerpos puede ser móvil. Uno de los dos cuerpos está dotado de tres emisores y el otro de los dos cuerpos está dotado de tres sensores. Se miden las distancias entre los emisores y los sensores y basándose en estas mediciones se determina la posición relativa de los dos cuerpos. Una condición previa de esta medición es que se conozcan los tres puntos del sistema fijo de emisores o sensores en el cuerpo que no está en movimiento.

#### Objetivo de la invención

El objetivo de la presente invención es proporcionar información de distancia adecuada y restringida localmente a partir de transmisores distribuidos localmente y fijos temporalmente uno respecto a otro (fijos al menos durante la duración de la misión) que permita una localización relativa muy precisa.

El objetivo se alcanza mediante un sistema de navegación de campo próximo con las características de la reivindicación 1.

#### Breve descripción de la invención

Este sistema de navegación de campo próximo de la invención comprende un primer objeto y un segundo objeto, navegando el primer objeto en relación con el segundo objeto, comprendiendo dicho primer objeto en movimiento un segmento de usuario (4) de dicho sistema de navegación de campo próximo que tiene más de un receptor (40, 40', 40''), más de una antena de usuario (41, 42, 43) montada en una estructura de usuario (20) de dicho primer objeto, y una unidad de procesamiento (44) conectada a dichos receptores (40, 40', 40''), en el que cada antena de usuario (41, 42, 43) está conectada a un receptor asociado (40, 40', 40''); comprendiendo dicho segundo objeto un segmento de base (3) de dicho sistema de navegación de campo próximo que tiene al menos cuatro transmisores (30, 32, 34, 36) y al menos cuatro antenas de base (31, 33, 35, 37), en el que cada transmisor está conectado a una antena de base correspondiente y respectiva de dichas antenas de base (31, 33, 35, 37) y en el que las antenas de base (31, 33, 35, 37) están previstas en una estructura de base (12) de dicho segundo objeto y están posicionadas una respecto a otra a distancias conocidas; en el que dicho segmento de base (3) está dotado de al menos una unidad de detección de posición, en el que dicho segmento de base (3) está previsto en dicho segundo objeto que es un vehículo móvil o en movimiento, preferiblemente un buque militar (1); en el que dichos receptores (40, 40', 40'') y cada uno de dichos transmisores (30, 32, 34, 36) forman en conjunto unidades de medición de distancia; en el que la unidad de procesamiento (44) está adaptada para calcular los datos de posición tridimensional relativa de la estructura de usuario (20) con respecto a la estructura de base (12) basándose en datos de distancia obtenidos de dichas unidades de medición de distancia, en el que la unidad de procesamiento (44) está adaptada para utilizar también datos obtenidos de dicha al menos una unidad de detección de posición para calcular los datos de posición tridimensional absoluta y/o relativa de la estructura de usuario con respecto a la estructura de base; en el que al menos un primer transmisor de dichos transmisores (30; 32; 34; 36) está dotado de una unidad de medición de distancia entre transmisores (30'; 32'; 34'; 36') que está adaptada para determinar la distancia entre la antena (31) de dicho primer transmisor (30) y la antena de al menos otro transmisor (32, 34, 36) de dicho segmento de base (3); en el que dicho al menos primer transmisor de dichos transmisores (30; 32; 34; 36) está adaptado para transmitir los datos de distancia entre transmisores determinados a dichos receptores (40, 40', 40'') de dicho segmento de usuario (4), en el que dicho segmento de base (3) comprende una unidad de control de medición de distancia entre transmisores (38) que controla la(s) unidad(es) de medición de distancia entre transmisores (30', 32', 34', 36'); y en el que dicha unidad de control (38) está prevista en uno de dichos transmisores (30', 32', 34', 36') que así forma un transmisor maestro (30) adaptado para transmitir los datos de distancia entre transmisores determinados a dichos receptores (40, 40', 40'') de dicho segmento de usuario (4) formando así un segmento de base autónomo (3) con una capacidad de autocalibración; en el que el sistema de navegación de campo próximo está configurado para determinar, utilizando dos de dichas antenas de usuario, un rumbo, o, utilizando tres de dichas antenas de usuario, una actitud de dicho primer objeto en relación con dichos transmisores basándose en la medición de distancia.

Se evita el inconveniente de los sistemas de navegación GNSS típicos utilizando los transmisores desplegados localmente que proporcionan información adecuada para el cálculo de la distancia con respecto a un vehículo u objeto que se aproxima. Esto reduce significativamente las contribuciones al error debido a distancias mucho más pequeñas, permite una localización del usuario relativa al conjunto de transmisores y por tanto también da soporte a las misiones de plataformas en movimiento. Este sistema de navegación de campo próximo de la invención también permite una orientación del usuario en relación con el conjunto de transmisores si las señales se reciben por más de una antena instalada en el usuario. Alimentando el segmento de usuario con información de actitud, por ejemplo por medio de una unidad inercial, pueden determinarse la orientación y actitud de un conjunto de transmisores desplegados estáticos o incluso en movimiento uno respecto a otro con el fin de visualizar además de la posición y velocidad relativa también la actitud relativa entre dos objetos en movimiento. Además las señales utilizadas localmente ya no están limitadas a frecuencias de GNSS.

En una forma de realización preferida dicho segmento de usuario comprende al menos tres receptores en el que cada receptor está dotado de una de dichas antenas de usuario y en el que los receptores están conectados a dichas unidades de procesamiento. La ventaja de obtener información de orientación del usuario se mejora cuando

cada una de las antenas de usuario está conectada a un receptor propio. La provisión de una antena permite la determinación de la posición, con dos antenas puede determinarse el rumbo, y la provisión de tres antenas permite la determinación de la actitud.

5 También resulta ventajoso que los transmisores sean transmisores RADAR, cuando dicho más de un receptor es un receptor RADAR y/o cuando las unidades de medición de distancia son unidades de medición de distancia basadas en RADAR. La asignación local de los transmisores permite utilizar otras bandas de frecuencia que las utilizadas por un sistema GNSS. Por consiguiente, resulta ventajoso utilizar frecuencias RADAR que permitan una medición sencilla y fiable de la distancia. En lugar de frecuencias RADAR en el sistema de navegación de campo próximo de la invención también puede implementarse la medición de la distancia por LIDAR o LASER. Del mismo modo utilizando las frecuencias RADAR o LIDAR un sistema LASER mejora la precisión de medición de la distancia y/o minimiza la complejidad del segmento de tierra. Los transmisores GNSS y seudosatélites (sistemas de navegación por seudosatélite) conocidos son muy complejos mientras que los transmisores RADAR son flexibles, rápidos y sencillos de instalar por su equipo pequeño y ligero. La selección de la banda de frecuencia o la selección del transmisor puede guiarse por razones de limitación de costes y complejidad, aspectos de movilidad, precisión de medición de la distancia y características de las fuentes de error locales o necesidades de la misión, por ejemplo el nivel de precisión e integridad.

20 Más preferiblemente, cada uno de dichos transmisores del segmento de base está dotado de una unidad de navegación por satélite, en el que los datos de posición absoluta de cada transmisor obtenidos de dichas unidades de navegación por satélite se transmiten a dicho segmento de usuario. Esta información de navegación por satélite adicional para cada uno de los transmisores permite junto con la información de navegación de campo próximo, es decir, la información de medición de la distancia, una aproximación muy precisa del segmento de usuario al segmento de base.

25 Resulta ventajoso que dicho un transmisor del segmento de base esté adaptado para transmitir los datos de distancia entre transmisores determinados junto con una señal de radar a dicho segmento de usuario. Si el sistema de navegación de campo próximo no funciona en una frecuencia RADAR sino en una frecuencia LIDAR o con un equipo de medición de la distancia por LASER los datos de distancia entre transmisores también pueden transmitirse al segmento de usuario junto con una señal de LIDAR o una señal de LASER. Alternativamente,

30 El al menos primer transmisor de dichos transmisores está dotado de una unidad de medición de distancia entre transmisores que está adaptada para determinar la distancia entre la antena de dicho primer transmisor y la antena de al menos otro transmisor de dicho segmento de base, en el que dicho al menos primer transmisor de dichos transmisores está adaptado para transmitir los datos de distancia determinados a dicho receptor de dicho segmento de usuario. Esto permite una autocalibración de alta precisión del segmento de base. En particular si un número suficiente de transmisores está dotado de una unidad de medición de distancia entre transmisores de este tipo es posible detectar automáticamente todas las distancias entre los transmisores del segmento de base y transmitir esta información de distancia a la unidad de procesamiento del segmento de usuario.

35 Preferiblemente, dicha unidad de medición de distancia entre transmisores de dicho al menos un transmisor es una unidad de medición de distancia basada en RADAR. Evidentemente, también es posible utilizar unidades de medición de distancia basadas en LIDAR o unidades de medición de distancia basadas en LASER para medir las distancias entre transmisores.

40 El segmento de base comprende una unidad de control de medición de distancia entre transmisores que controla la(s) unidad(es) de medición de distancia entre transmisores y en el que dicha unidad de control está prevista en uno de dichos transmisores que así forma un transmisor maestro adaptado para transmitir los datos de distancia entre transmisores determinados a dicho segmento de usuario. Tal provisión de un transmisor maestro forma un segmento de base autónomo con una capacidad de autocalibración.

45 Más preferiblemente, cada uno de dichos transmisores del segmento de base está dotado de una unidad de navegación por satélite, en el que los datos de posición absoluta de cada transmisor obtenidos de dichas unidades de navegación por satélite se transmiten a dicho segmento de usuario. Esta información de navegación por satélite adicional para cada uno de los transmisores permite junto con la información de navegación de campo próximo, es decir, la información de medición de la distancia, una aproximación muy precisa del segmento de usuario al segmento de base.

50 Resulta ventajoso que dicho un transmisor del segmento de base esté adaptado para transmitir los datos de distancia entre transmisores determinados junto con una señal de radar a dicho segmento de usuario. Si el sistema de navegación de campo próximo no funciona en una frecuencia RADAR sino en una frecuencia LIDAR o con un equipo de medición de la distancia por LASER los datos de distancia entre transmisores también pueden transmitirse al segmento de usuario junto con una señal de LIDAR o una señal de LASER. Alternativamente, los datos de distancia entre transmisores también pueden transmitirse al segmento de usuario a través de un enlace de comunicación independiente que también puede funcionar en una banda de frecuencia diferente. En un ejemplo alternativo no cubierto por la presente invención, el segmento de base puede estar previsto en tierra.

También resulta ventajoso que dicho segmento de usuario esté previsto en un vehículo móvil, preferiblemente en un helicóptero, en un buque militar o en una aeronave, en particular un vehículo aéreo no tripulado (UAV). Por tanto, con el sistema de navegación de campo próximo según la presente invención, es posible implementar un sistema de aproximación automático muy preciso para el despegue y la aproximación de un objeto en movimiento a otro objeto que o bien puede tener base en tierra o bien también puede estar en movimiento, por ejemplo la aproximación de dos barcos o la aproximación de una aeronave (helicóptero o UAV) a una plataforma de aterrizaje en un barco.

En una forma de realización preferida adicional de la invención cada transmisor del segmento de base está alimentado por una fuente de alimentación autónoma, por ejemplo una batería. Esta fuente de alimentación autónoma de los transmisores de segmento de base es en particular ventajosa en combinación con la capacidad de autocalibración del segmento de base garantizando así el soporte a misiones móviles.

En una forma de realización preferida adicional de la presente invención el segmento de usuario está dotado de al menos una unidad de detección de posición adicional, preferiblemente una unidad de altímetro y/o una unidad de medición inercial y/o una unidad de detección de posición de sistema global de navegación por satélite, en el que la unidad de procesamiento está adaptada para utilizar también los datos obtenidos de dicha unidad de detección de posición adicional para calcular los datos de posición tridimensional absoluta y/o relativa de la estructura de usuario con respecto a la estructura de base.

A través de esta consideración de unidades de detección de posición adicionales como sensores inerciales también pueden derivarse la actitud y orientación de ambos segmentos, el segmento de usuario y el segmento de tierra. La integración de unidades o sensores de altímetro muy precisos mejorará adicionalmente la precisión del sistema de navegación de campo próximo según la invención especialmente cuando todas las antenas de usuario o base estén orientadas en un plano una respecto a otra.

En combinación con los sistemas globales de navegación por satélite convencionales el alcance de la invención puede extenderse a áreas globales lo que permite una aproximación apropiada y precisa al área local del sistema de navegación de campo próximo. Dependiendo de la precisión requerida puede combinarse adicionalmente con información de sistemas de aumentación basados en satélites (SBAS) o incluso con información de sistemas de aumentación basados en tierra (GBAS).

Para limitar el impacto sobre los usuarios convencionales así como sobre infraestructuras en tierra, la invención garantiza una implementación rápida y sencilla sin la necesidad de actualizaciones complejas del equipo existente, es decir, es completamente compatible con las normas existentes pertinentes.

Debido a la complejidad de la información proporcionada derivada por la invención como ubicación y orientación del dispositivo en relación con el segmento de tierra, ubicación y orientación absolutas, velocidades relativa y absoluta, información GNSS y resultados de ubicación derivados o información de altura proporcionada por medios independientes en caso de implementarse, tal información se visualiza de una manera compacta y clara sin proporcionar al operario demasiada información.

La movilidad de la invención en una configuración autónoma a través de la consideración de un modo de autocalibración rápida y una batería adecuada se garantiza para dar soporte a las misiones móviles.

Estos objetivos se alcanzan con procedimientos y conceptos que permiten una determinación de la actitud y navegación de alta precisión relativa a través de información de distancia general con respecto a transmisores terrestres conocidos, fijos uno respecto a otro, una extensión adecuada del concepto para garantizar además de una navegación de campo próximo de alta precisión también una capacidad de navegación de amplio alcance, un concepto apropiado para diseñar e implementar la invención, un concepto adecuado de combinación GNSS, una manera de integrar fácilmente la invención en un equipo convencional con un impacto mínimo, una visualización apropiada de la información proporcionada por la invención y un concepto para una consideración móvil de la invención.

La idea básica de la invención es considerar la información de distancia adecuada entre un conjunto de transmisores terrestres y un conjunto de antenas de usuario desplegadas para permitir un posicionamiento local de alta precisión para cualquier entorno incluyendo segmentos de base en movimiento. Las unidades de transmisión consideradas, las señales requeridas y el equipo de cálculo de la distancia pueden seleccionarse según las necesidades de la misión, por ejemplo un equipo RADAR para entornos muy precisos, de implementación rápida y sencilla, consideración de banda C para escenarios más complejos, por ejemplo misiones en un entorno de trayectos múltiples, etc. Por tanto, la invención no está limitada ni a medios de cálculo de la distancia dedicados (GNSS, RADAR, etc.) ni a misiones dedicadas como la consideración de aviación típica para misiones de aterrizaje de helicópteros, escenarios de atraque de buques, seguimiento de mercancías, etc. La técnica es útil para todas las aplicaciones en las que uno o dos objetos en movimiento requieren información de actitud y posición relativa uno respecto a otro.

A través de interfaces convencionales y medios adicionales normalmente disponibles como sensores internos o datos de altitud (disponibles normalmente al menos para aplicaciones aerotransportadas de la invención) la invención puede integrarse fácilmente desde el punto de vista del segmento de tierra así como desde el punto de vista del usuario. Proporciona una capacidad completa del sistema de navegación hasta la toma de contacto o alcanzar una posición final predefinida. En combinación con GNSS (también disponible normalmente en escenarios aerotransportados) el buque o, en general, el objeto con el segmento de usuario puede guiarse de manera apropiada para tener una distancia apropiada con respecto a los transmisores terrestres desplegados proporcionando el sistema de navegación de campo próximo descrito a partir de aquí información de navegación pertinente como posición, velocidad, actitud relativa o absoluta.

El concepto de visualizar toda la información disponible proporcionada por la invención en combinación con medios adicionales incluyendo GNSS, o sin tal consideración, se implementa de manera apropiada de una manera sencilla, clara y compacta, y puede presentarse en cualquier monitor o equipo de visualización convencional, a bordo de los dispositivos o el vehículo que se aproxima o a distancia en tierra para una navegación apropiada.

La posibilidad de un diseño muy sencillo de la invención incluye una fuente de alimentación independiente para cada unidad (por ejemplo una batería) y una funcionalidad de autocalibración apropiada para determinar la posición relativa de todos los transmisores terrestres o en combinación con un receptor GNSS también una posición absoluta de todos los transmisores terrestres. Esto permitiría una operación completamente móvil y flexible de la invención, pudiendo liberarse rápidamente las unidades de transmisión. En minutos el área puede considerarse un sistema de navegación de campo próximo completamente operativo que proporciona información de distancia muy precisa para el segmento de usuario. Sin necesidad de modificación o actualización adicional del usuario cualquier usuario ya equipado con el segmento de usuario de la invención puede aproximarse al área, y por ejemplo hacer aterrizar su vehículo o atracar su buque.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, en el presente documento, se describirá la invención a modo de ejemplo con referencia a los dibujos en los que

la figura 1 es una vista esquemática de un primer ejemplo de aplicación para el sistema de navegación de campo próximo según la invención;

la figura 2 es una vista esquemática de un ejemplo similar al de la figura 1;

la figura 3 es una vista general esquemática del concepto de navegación de campo próximo de la invención;

la figura 4 es un ejemplo de la arquitectura de hardware de la invención;

la figura 5 es un ejemplo de arquitectura de software para el sistema de navegación de campo próximo de la invención;

la figura 6 es un ejemplo de una interfaz visual de usuario para controlar el sistema de navegación de campo próximo según la invención;

la figura 7 es una gráfica que muestra la precisión de posición no filtrada del sistema de navegación de campo próximo de la invención frente a un sistema de posicionamiento basado en GPS y

la figura 8 es una gráfica que muestra el error con respecto al norte, este y abajo de una posición relativa determinada por el sistema de navegación de campo próximo según la invención.

Descripción detallada de los dibujos

Las misiones o los escenarios en los que información de ubicación y orientación muy precisa e inmediata entre dos objetos en movimiento o un objeto en movimiento y uno fijo, como maniobras de atraque entre dos buques, o un helicóptero que se aproxima a una plataforma fija o cubierta de aterrizaje en movimiento, etc., no pueden utilizar las soluciones GNSS convencionales debido a la precisión limitada. En combinación con elementos de aumentación locales como estaciones de referencia, seudosatélites, GBAS, etc. tales misiones podrían recibir soporte, aunque requerirían una infraestructura adicional compleja.

La invención propone un nuevo concepto de un sistema de navegación de campo próximo y un procedimiento sobre cómo solucionar este inconveniente transmitiendo localmente información de distancia adecuada que requiere dos segmentos: un segmento de tierra y un segmento de usuario. A través de mediciones de distancia con respecto a al menos cuatro transmisores conocidos que se reciben por diversas antenas que están conectadas a un receptor, es posible calcular de manera precisa la ubicación y actitud, de un vehículo o dispositivo dentro del área de servicio, y es posible guiar el dispositivo hacia un punto predefinido de manera correspondiente. Dependiendo de la tecnología

de derivación de la distancia seleccionada, esto permite incluso una consideración móvil del sistema de navegación de campo próximo según la invención.

5 La figura 1 muestra un ejemplo de un buque militar 1 que tiene una cubierta para el aterrizaje de helicópteros 10. La cubierta para el aterrizaje de helicópteros 10 define una estructura de base 12 de un sistema de navegación de campo próximo según la invención.

10 La cubierta para el aterrizaje de helicópteros 10 está dotada de al menos cuatro transmisores RADAR 30, 32, 34, 36, cada uno de los cuales está dotado de una antena RADAR 31, 33, 35, 37. Estas antenas de base 31, 33, 35, 37 están posicionadas una respecto a otra a distancias conocidas. Preferiblemente, cada uno de los transmisores y la antena asociada forman una unidad de transmisión 31', 33', 35', 37'. Los transmisores 30, 32, 34, 36 y las antenas asociadas 31, 33, 35, 37 definen un segmento de base 3 del sistema de navegación de campo próximo según la invención.

15 La figura 1 también muestra un helicóptero 2 que sobrevuela la plataforma de aterrizaje 10. El helicóptero 2 está dotado de tres antenas RADAR 41, 42, 43 definiendo cada una de ellas una antena de usuario que está conectada a un receptor RADAR 40 del helicóptero 2. Las antenas de usuario 41, 42, 43 están montadas en el lado inferior del helicóptero 2 y están posicionadas una respecto a otra en posiciones diferentes. La parte inferior del helicóptero 2 en la que están montadas las antenas 41, 42, 43 define una estructura de usuario 20. Además, los haces de antena de las antenas de usuario 41, 42, 43 están dirigidos hacia direcciones diferentes. Las antenas de usuario 41, 42, 43 y el receptor 40 definen el segmento de usuario 4 del sistema de navegación de campo próximo. El helicóptero también está dotado de una unidad de procesamiento 44 que está conectada al receptor 40 y preferiblemente también conectada al ordenador de vuelo 22 del helicóptero.

25 La figura 2 muestra esquemáticamente un sistema de navegación de campo próximo de la presente invención similar al mostrado en la figura 1. El segmento de base 3 está dotado de los cuatro transmisores 30, 32, 34, 36 y sus antenas de base 31, 33, 35, 37. Además, una unidad de navegación por satélite 30", 32", 34", 36" está asociada a cada uno de dichos transmisores 30, 32, 34, 36. Estos receptores del sistema global de navegación por satélite 30", 32", 34", 36" permiten una medición de posición absoluta para cada una de las unidades de transmisión 31', 33', 35', 37'.

30 Cada uno de dichos transmisores 30, 32, 34, 36 está dotado de una unidad de medición de distancia entre transmisores 30', 32', 34', 36'. Estas unidades de medición de distancia entre transmisores permiten una calibración automática del segmento de base 3 porque las distancias entre las antenas de base 31, 33, 35, 37 pueden detectarse automáticamente mediante estas unidades de medición de distancia entre transmisores 30', 32', 34', 36'.

35 El segmento de usuario 4 comprende tres antenas de usuario 41, 42, 43 que están ubicadas en diferentes ubicaciones distanciadas entre sí y que están dirigidas en direcciones ligeramente diferentes tal como se muestra y explica en el ejemplo de la figura 1. Sin embargo, el ejemplo en la figura 2 muestra, como alternativa, la provisión de cada antena de usuario 41, 42, 43 de un receptor independiente 40, 40', 40". Evidentemente, el ejemplo de la figura 2 también puede estar equipado con sólo un receptor como el ejemplo en la figura 1.

40 Cada uno de los receptores 40, 40', 40" está conectado a una unidad de procesamiento 44 que recibe los datos desde cada receptor y en la que se calcula y por tanto se determina la distancia entre el segmento de base 3 y el segmento de usuario 4 o en general la distancia entre la estructura de base 12 y la estructura de usuario 20. También se calcula la actitud relativa mediante la unidad de procesamiento.

45 La unidad de procesamiento obtiene además información de una unidad de detección de posición adicional 46 que puede ser por ejemplo un altímetro o una unidad de posicionamiento del sistema global de navegación por satélite. La unidad de procesamiento 44 también está conectada a un ordenador de vuelo 22. Esta conexión entre la unidad de procesamiento 44 y el ordenador de vuelo 22 del segmento de usuario 4, por ejemplo un helicóptero o un UAV, permite una consideración autónoma de los datos de distancia obtenidos del sistema de navegación de campo próximo en un sistema de pilotaje automático (piloto automático).

50 Para describir los conceptos y las metodologías de la invención, las siguientes secciones describen y destacan

- los sistemas de navegación global, regional y local convencionales y los antecedentes de la técnica
- la descripción del sistema de la invención y el diseño de alto nivel,
- la arquitectura, el diseño detallado y una posible implementación
- una manera apropiada de visualizar la información proporcionada por la invención
- un concepto de cómo la invención puede ser lo más flexible y móvil posible

- el comportamiento típico alcanzable de la invención en una configuración basada en RADAR adecuada y
- una lista de casos de uso y servicios típicos y posibles a los que podría dar soporte la invención (pero sin limitarse a éstos).

5 *Sistemas de navegación global, regional y local convencionales y antecedentes*

10 En la actualidad ya existen diversos GNSS o están en su desarrollo final o están en desarrollo, tales como GPS, GLONASS, Galileo o Compass. Además, ya están disponibles otros sistemas para aumentar por regiones las señales de GNSS proporcionando datos de corrección regional adecuados para el GNSS pertinente (por ejemplo para dar soporte al modelado de ionosfera o para proporcionar información de integridad para el satélite específico), tal como WAAS, EGNOS o MSAS (sistema de aumentación por satélite multifuncional) que es un sistema de aumentación basado en el espacio (SBAS). Tales sistemas normalmente alcanzan normalmente una precisión de medición de la distancia de aproximadamente 1 a 5 m dependiendo de las señales disponibles como frecuencia única (por ejemplo señal de código GPS L1 C/A), frecuencia doble para error por retardo ionosférico (por ejemplo combinación futura Galileo E1-E5), o incluyendo parámetros de modelado de ionosfera EGNOS o WAAS. Dependiendo de la geometría local (es decir, el número de satélites visibles desde el punto de vista del usuario) esto permitiría una precisión de localización mejor de 10 m.

20 Para mejorar localmente el comportamiento los sistemas de aumentación basados en tierra (GBAS) proporcionan a partir de tales estaciones de referencia localmente información de corrección de errores de GNSS. Los transmisores GNSS en tierra (los denominados seudosatélites) también mejoran la geometría local. Pueden desplegarse alrededor de un área de servicio para mejorar la dilución de precisión y mejorar así la precisión de localización incluso por debajo de 1 a 2 m. Sin embargo, estos sistemas son bastante complejos desde el punto de vista de la instalación así como desde el punto de vista de la operación. También requieren un enlace de datos adicional entre el sistema de seudosatélites y el usuario móvil, por ejemplo para la recepción de datos de corrección si no se realiza a través de la tecnología de seudosatélites o mensajes de seudosatélites.

30 Ni por debajo de 10 m ni alrededor o por debajo de 1 a 2 m el comportamiento de precisión de localización permitiría una navegación de alta precisión requerida para diversas aplicaciones críticas para la seguridad como maniobras de ataque o aterrizaje de helicópteros. Esto ocurre especialmente si ambas plataformas o segmentos (usuario y tierra) están en movimiento. La orientación, ya sea relativa o absoluta, no puede derivarse por los sistemas GNSS, SBAS o GBAS descritos anteriormente sin sensores adicionales.

35 *Descripción y diseño del nuevo sistema de navegación local*

40 La idea general de la invención se basa en principios similares en comparación con GNSS, es decir, el receptor calcula su propia posición en un marco de coordenadas adecuado midiendo múltiples distancias con respecto a al menos cuatro estaciones de transmisor, cuya posición se conoce, para resolver su ubicación tridimensional y hora de receptor desconocidas. A diferencia del GNSS, las estaciones de transmisor según la presente divulgación están instaladas en cualquier coordenada fija o en movimiento en tierra debiendo ser fija la posición relativa entre los transmisores del segmento de tierra. La medición de la distancia se realiza normalmente según diferentes principios de medición permitiendo diseños de segmento de usuario y tierra mucho menos complejos, con una precisión de medición de la distancia mucho mejor (por ejemplo RADAR).

45 Cuando se configura un transceptor con una antena y un receptor con una antena, es posible determinar la distancia entre estos dos puntos con una precisión mejor de 1 cm (precisión de medición de la distancia unidimensional, 1-sigma) si, por ejemplo, se considera una frecuencia o tecnología de RADAR típica. Con al menos cuatro transmisores es posible determinar la posición de un receptor en movimiento en relación con las estaciones de transmisor. Cuando se equipa el receptor con dos antenas de usuario, es posible determinar también el rumbo del receptor en movimiento en relación con las estaciones de transmisión. Con tres antenas de usuario puede derivarse la información de navegación completa que consiste en la actitud y posición tridimensional relativa entre las estaciones de receptor y transmisor. Siempre suponiendo que la actitud del segmento de usuario recibe asistencia mediante una entrada de sensor inercial.

55 Debido al comportamiento de estimación de la distancia mediante señal de GNSS mucho menos preciso tal cálculo de la actitud no puede considerarse para conceptos GNSS convencionales.

60 Para optimizar la geometría local dentro del área de campo próximo y para garantizar la solución de navegación más precisa y fiable, deberán desplegarse más de cuatro transmisores terrestres. Campañas de medición y análisis analíticos han mostrado que un número de seis estaciones de transmisión ya supera las necesidades de comportamiento de navegación típicas, por ejemplo para los casos de uso de aterrizaje con aerotransporte más demandantes (por ejemplo para aterrizaje de helicópteros o UAV).

65 Dependiendo de la aplicación fijada, las implementaciones de ejemplo según la presente divulgación pueden cubrir todo el espectro, desde la medición de la distancia unidimensional hasta la determinación de la actitud y posición



tridimensional. También es posible iluminar grandes áreas terrestres (por ejemplo pistas de aterrizaje) considerando varios transmisores desplegados según las necesidades de los escenarios.

5 La siguiente visualización explica la configuración completa, que lleva a información de actitud y posición tridimensional, considerando señales de radiofrecuencia para el cálculo de la distancia.

En las siguientes secciones el sistema de navegación de campo próximo según la invención también se denomina "Sistema de navegación local de alta precisión" (HP-LNS, *High-Precision Local Navigation System*).

10 Las estaciones de transmisor con base en tierra ("unidades de estación terrestres") emiten en cada caso por ejemplo una señal de radiofrecuencia dentro de un área de hasta 1 km utilizando antenas de transmisión hemisféricas pequeñas. El módulo de receptor ligero y robusto 40 ("unidad de medición de distancia") implementa la unidad de procesamiento 44 y recibe estas señales RF con de una a tres antenas 41, 42, 43, calcula la distancia desde cada estación de transmisor con base en tierra hasta cada antena aerotransportada y transmite esta información sin procesar a través de una interfaz en serie.

15 Uno de los objetivos del sistema HP-LNS según la invención es ser lo más modular y flexible posible. Por tanto, la mera determinación de la distancia se separa de la hibridación de sensores y el cálculo del posicionamiento. Dependiendo de las necesidades de una aplicación concreta y un equipo eventualmente ya disponible en el lado de usuario, la unidad de medición de distancia puede alimentarse como entrada de sensor en el ordenador de a bordo 22, en el que se realiza el posicionamiento y eventualmente la visualización.

20 Normalmente la información disponible se combina dentro de un algoritmo de fusión de sensores que puede combinar datos procedentes de diferentes fuentes de posicionamiento, como datos de medición inercial, datos de altímetro e información GNSS. Un algoritmo flexible de este tipo puede ejecutarse en una unidad de cálculo de posicionamiento dedicada (por ejemplo en la unidad de procesamiento 44) o alternativamente en cualquier ordenador de a bordo 22 disponible.

25 Este enfoque de fusión de sensores adecuado y diseño global flexible limita el impacto sobre el equipo de a bordo ya disponible, que es esencial por ejemplo dentro de aplicaciones aerotransportadas.

30 La consideración de información GNSS adicional permite una extensión del área de operación y da soporte al guiado de un dispositivo o vehículo que se aproxima hacia el área de recepción, con una vinculación estrecha (fusión de sensores) o con una implementación independiente. En tal consideración combinada la invención también podría considerarse como un sistema de apoyo de alta precisión para el periodo más crítico de una misión (por ejemplo cerca de la toma de contacto en un escenario aerotransportado), garantizando la finalización de la misión en caso de fallo del sistema de navegación GNSS primario (por ejemplo debido a una interferencia local del GNSS).

#### 40 *Diseño, arquitectura detallados e integración/fusión*

45 Para garantizar una alta flexibilidad el algoritmo de fusión de sensores se separa de las fuentes de entrada de sensor concretas a través de gestores de interfaz dedicados. Esto facilita la adaptación del HP-LNS según la invención en diferentes entornos de usuario con diferentes tipos de altímetros de terceros o sistemas inerciales ya disponibles.

La figura 3 muestra una vista general del concepto como ejemplo de cómo alcanzar a partir de distancias datos de posición con fusión de sensores.

50 Como equipo convencional listo para usar, el HP-LNS según la invención está interconectado a través de enlaces en serie tanto en el lado de entrada de sensor como en el lado de salida de distancia y posicionamiento. Se prevé una adaptación de ARINC429/MilBus-1553 y puede realizarse a demanda sin ninguna modificación de hardware.

La figura 4 ilustra las diferentes opciones arquitectónicas que pueden considerarse para la invención.

55 El núcleo del HP-LNS según la invención en el lado de usuario es la "unidad de medición de distancia", en la que se determinan y transmiten las distancias con respecto al segmento de tierra (basado en radar en la figura 4). Adicionalmente, si el integrador del sistema en el lado de usuario está interesado no sólo en las distancias con respecto al suelo, sino también en una actitud y posición con fusión de sensores, entonces es necesario considerar un algoritmo de "módulo de posicionamiento de usuario" (UPM, *User Positioning Module*). Este algoritmo puede o bien ejecutarse en la "unidad de cálculo de posicionamiento" dedicada o bien en cualquier ordenador disponible externo. Para integradores de sistemas que sólo están interesados en datos de medición sin procesar entre el segmento de tierra y el aerotransportado (segmento de base y usuario) como entrada adicional para su propia hibridación, puede eliminarse el algoritmo de "módulo de posicionamiento de usuario" de la cadena.

65 Mediante un software de guiado inteligente como parte del subsistema de "software de navegación" dentro del algoritmo de unidad de cálculo de posicionamiento o software de predicción del movimiento adecuado para predecir

por ejemplo movimientos de barcos y deducir maniobras de UAV automatizadas adecuadas, es posible extender fácilmente el sistema global.

5 El diagrama mostrado en la figura 5 ilustra el diseño de software modular del HP-LNS según la invención, que permite una adaptación rápida a cualquier aplicación utilizando cualquier tipo de sensores existentes en enlaces según las normas ARINC/MIL o en serie.

10 Este programa de software es relevante para el algoritmo de posicionamiento completo dentro de la invención. En caso de considerar la "unidad de medición de distancia" sólo con un concepto de hibridación propia, esta parte de la invención no es necesaria.

*Visualización de información de navegación*

15 Para garantizar un guiado apropiado, por ejemplo para un piloto o bien a bordo del vehículo o bien que lo opera en tierra (por ejemplo en caso de un escenario de UAV) es obligatorio un módulo de presentación apropiado que visualice los parámetros pertinentes del HP-LNS según la invención de manera adecuada sin exceso de información. Tal módulo está separado del "módulo de posicionamiento de usuario" para permitir una integración flexible, por ejemplo en pantallas de a bordo normalmente disponibles.

20 Especialmente para una consideración con aerotransporte de la invención, como aplicaciones con helicópteros tripulados o guiado de UAV, este aspecto de prever información adecuada incluyendo posible movimiento en tierra relativo, rumbo, ubicación relativa con respecto al objetivo final, etc. es de importancia crítica, y es necesario seguir conceptos de visualización convencionales del piloto. De este modo es necesario poner el foco sobre la información más importante para presentar la desviación relativa del vehículo con respecto al punto objetivo o de aterrizaje  
25 previsto junto con la altura del vehículo sobre el objetivo. También puede integrarse información adicional sobre el rumbo, velocidad u orientación absoluta, aunque son de importancia secundaria y no deben desviar la atención del operador.

30 Una vez iniciado, el módulo de visualización se alimenta con un flujo de datos TCP/IP con optimización de la tasa de transmisión de datos procedentes del vehículo (por ejemplo el helicóptero o UAV), introduciendo los parámetros actuales del usuario aerotransportado en tiempo real. Esta configuración ahorra potencia de procesamiento en el ordenador aerotransportado y permite una adaptación flexible de la visualización para cualquier aplicación, sin limitarse al caso de uso de un helicóptero o UAV. Son posibles variaciones de esta presentación dependiendo de las necesidades de la misión, aunque el enfoque general de visualizar el movimiento del vehículo en relación con el  
35 objetivo en tierra en el segmento de base y el conjunto relacionado de transmisores terrestres o de base también es un aspecto de la invención.

40 Aspectos clave de esta pantalla 100 según la presente divulgación tal como se ilustra en la figura 6 son la visualización simultánea de la posición bidimensional relativa 102 del vehículo en relación con la posición del punto objetivo 104, por ejemplo representándose ambas mediante cruces dedicadas 112, 114, junto con la desviación de guiñada relativa entre el vehículo y el objetivo. Si estas posiciones se implementan mediante cruces 112, 114 esto permitiría una navegación bidimensional apropiada del vehículo en movimiento dirigiendo ambas cruces 112, 114 hacia una configuración congruente, sin agobiar al operador o piloto con demasiada información.

45 Si también es necesario considerar la tercera dimensión, por ejemplo para aproximaciones de helicópteros a una cubierta de aterrizaje, esto se visualiza de una manera desacoplada de la pantalla de orientación y ubicación bidimensional, a través de una escala típica de altura vertical 116 con una marca de altura actual 117, más (en caso necesario) una indicación de altura relativa 113 como valor en metros con respecto al punto objetivo 104 dentro de la vista bidimensional.  
50

Puede incorporarse información adicional 119 como rumbo, velocidad del dispositivo u objetivo, ubicación y/u orientación absoluta, etc. Tal información opcional se habilita o deshabilita directamente por el piloto o usuario según sus preferencias personales.

55 Si también debe visualizarse información de cabeceo y alabeo con respecto al objetivo o como cabeceo y alabeo absoluto del propio objetivo, puede incorporarse como valores puros tal como se ilustra con el número de referencia 115 (favorable para objetivos que no están en movimiento), o a través de una pantalla adicional de tipo esfera de horizonte avión/tierra tridimensional. El nivel de detalle en tal visualización depende de nuevo completamente de la preferencia personal del piloto para la misión o el escenario específico.  
60

La figura 6 ilustra una instantánea del módulo de visualización aerotransportado convencional considerado para el HP-LNS según la presente divulgación que proporciona toda la información requerida de una manera adecuada, conforme a las expectativas típicas del piloto.

65 En este caso a modo de ejemplo un vehículo aéreo no tripulado (UAV) se aproxima a una cubierta de aterrizaje para fragatas. El vehículo que se aproxima (estructura de usuario 20) se representa como centro 102 de una cruz de

5 referencia de vehículo 112 que también representa el sistema de coordenadas de referencia de define el rumbo, guiñada, cabeceo, alabeo, etc. La cruz de objetivo 114 que representa con su centro 104 el punto de aterrizaje sobre la cubierta de aterrizaje 10 (estructura de base 12) se mueve en relación con la cruz de referencia de vehículo 112 dependiendo de la orientación y ubicación relativas entre sí. De nuevo, dependiendo de las preferencias del piloto, esta selección del sistema de referencia también podría cambiarse para fijar el objetivo como referencia primaria.

10 La tercera dimensión importante, al menos en este escenario de UAV, como altura sobre objetivo se incorpora a la izquierda como escala de altura 116 sobre objetivo de toma de contacto con una marca apropiada 117, así como valores absolutos 113 sobre la escala. Hay diversas maneras convencionales para visualizar tal información de altura variable (por ejemplo también con valor y altura de centro fijo y escala de movimiento transversal), que el usuario puede seleccionar de manera flexible. Además, la distancia absoluta 118 con respecto al punto objetivo se muestra cerca de la cruz de referencia de vehículo central 112. En una configuración congruente perfecta de ambas cruces mostrará el mismo valor que el indicado a la izquierda en 113 para la altura absoluta sobre el objetivo.

15 Además, el rumbo del vehículo se visualiza sobre la cruz de referencia de vehículo central 112 como rosa de los vientos giratoria convencional 120 y valor 122. En caso necesario (por ejemplo en caso de objetivos en movimiento) también pueden visualizarse los valores de alabeo y cabeceo de objetivo, o bien absolutos o bien en relación con el vehículo (por ejemplo en 115 en la parte inferior derecha en el ejemplo anterior). Esto también puede verse ayudado por una visualización adecuada del horizonte, dependiendo de las preferencias del piloto. También puede incorporarse cualquier otra información calculada por el HP-LNS según la invención, como velocidades relativa o absoluta, etc.

*Consideración del sistema de navegación móvil*

25 Debido al diseño flexible del HP-LNS según la invención con la capacidad para implementar la invención con unidades de medición de distancia pequeñas y fácilmente desplegables, por ejemplo tecnología basada en RADAR, el HP-LNS también puede estar configurado para dar soporte a misiones móviles. De este modo tal movilidad puede variar entre escenarios semimóviles, como despliegue rápido pero más bien fijo (con o sin fuente de alimentación de transmisor externa) en un tejado de un edificio en el que es necesario un sistema de navegación por ejemplo para algunas maneras de aterrizar helicópteros, y entornos completamente móviles en los que se dejan caer transmisores a tierra y se ejecutan en modo de batería.

35 Esta opción completamente móvil requiere una capacidad de autocalibración de las unidades de tierra o base junto con un esquema de diseminación adecuado de tal información puesto que la ubicación relativa exacta puede no conocerse de antemano, pero se requiere a nivel de usuario para el cálculo de la ubicación y orientación en relación con los transmisores distribuidos.

40 Existen diversas maneras de autocalibrar un conjunto de transmisores y pueden seguirse, por ejemplo a través de una primera estimación aproximada de ubicación o trayectoria basándose en las mediciones de distancia entre los transmisores desplegados (por ejemplo basándose en procedimientos de mínimos cuadrados), seguida de una estimación de localización afinada y optimizada dentro de un marco de referencia local adecuado, por ejemplo originado en relación con un transmisor maestro.

45 Una vez conocida la ubicación de cada transmisor dentro del marco de referencia local, tal información se proporciona a cualquier usuario que se aproxime, por ejemplo a través de enlaces de datos externos o dentro de la señal de medición de la distancia, permitiendo su localización y orientación en relación con los transmisores desplegados.

50 Tal despliegue de transmisores autónomos, seguido de la provisión de información de ubicación de transmisor y autocalibración rápida permite considerar la invención como sistema de navegación de alta precisión relativo completamente móvil, sin la necesidad de adaptaciones de usuario adicionales. Después de algunos minutos cualquier usuario ya equipado con el segmento de usuario de la presente invención podrá navegar dentro del área de servicio del sistema de navegación de campo próximo según la presente invención.

55 *Comportamiento del sistema de navegación en configuración de RADAR adecuada*

Se ha sometido a prueba el comportamiento del HP-LNS según la invención tanto a nivel de simulación analítica y análisis como de manera real a través de campañas de medición y pruebas dentro de diversos escenarios de pruebas realistas en condiciones reales.

60 Como ejemplo la invención se ha sometido a prueba en una campaña de pruebas de vuelo en la que el equipo de un sistema de navegación de campo próximo según la presente invención se ha desplegado en un vehículo aéreo no tripulado (UAV) mientras que el segmento de tierra se montó en tierra con una geometría deducida de una cubierta de aterrizaje para helicópteros típica de una fragata. En esta campaña de pruebas, se utilizó un receptor de frecuencia única GPS convencional en paralelo para evaluar la desviación relativa de la invención con respecto a la solución con sólo un GPS convencional.

Durante las pruebas de vuelo el sistema de navegación de campo próximo según la presente invención demostró un comportamiento de posicionamiento mejor de 10 cm ( $< 5$  cm 1-sigma), incluso en condiciones altamente dinámicas, lo que se ilustra en la figura 7.

5 Aunque la posición derivada con el sistema de navegación de campo próximo según la presente invención presenta correctamente la posición real del UAV en la fase de aproximación final, el receptor GNSS de frecuencia única tiene desviaciones de hasta 2,5 m con respecto a la posición real que pueden llevar a error tal como se determina en la posición de referencia procesada posteriormente.

10 Después de que los datos de medición del mundo real de la tecnología de la invención estuvieran disponibles a partir de las campañas de prueba de vuelo descritas anteriormente, la información medida se ha utilizado para realizar análisis adicionales para extrapolar el comportamiento medido a escenarios diferentes y más duros o en el peor de los casos. Por consiguiente, se han hecho suposiciones pesimistas y sólo se alimentaron valores del peor de los casos de los datos de sensor realistas al análisis de extrapolación con verificación realizado.

15 Los gráficos mostrados en la figura 8 demuestran el comportamiento del sistema de navegación de campo próximo según la presente invención en un escenario con el segmento de tierra instalado en un área geométrica de 12 m x 24 m tal como se determina mediante la unidad de cálculo de posicionamiento aerotransportada. En el vehículo (UAV) se fijaron tres antenas a la unidad de medición de distancia con una distancia de 1 m entre las tres antenas, lo que se considera mínimamente demandante desde el punto de vista de la instalación del usuario.

La figura 8 ilustra el error de la invención en el peor de los casos para el escenario especificado anteriormente.

25 Las desviaciones en la dirección hacia el Norte, Este y abajo con respecto al vehículo se ilustran por la distancia hacia el punto de aterrizaje analizado.

30 Cerca del punto de toma de contacto, cuando la distancia del usuario en relación con el punto de aterrizaje está por debajo de aproximadamente 60 metros, la precisión del sistema de navegación de campo próximo según la presente invención es significativamente mejor de 50 cm en todos los ejes, alcanzando un valor de 10 cm dentro de los últimos metros antes de la toma de contacto. De este modo se calcula la posición en tiempo real con retardos de tiempo sólo mínimos, un requisito previo para la navegación automatizada en escenarios altamente dinámicos.

35 Por las tres antenas y el sensor inercial en el lado aerotransportado, también es posible calcular la actitud absoluta del objeto de tierra en movimiento dentro de la unidad de cálculo de posicionamiento aerotransportada, utilizando un algoritmo de fusión de sensores. La precisión de determinación de la actitud en este escenario es siempre mejor de 2 grados (por debajo de 0,5 grados 1-sigma), incluso en un área de distribución de antenas limitada de este tipo con una distancia de separación de antenas por debajo de 1 m (no se ilustra en más detalle en los dibujos).

40 Esta información se deduce en el lado aerotransportado, sin ningún sensor adicional en tierra y sin la necesidad de comunicar tal información de sensor con base en tierra al vehículo (UAV), lo que daría lugar a retardos de tiempo y requeriría un enlace de comunicación disponible.

45 Para aplicaciones que requieren información de posicionamiento de HP-LNS en áreas más grandes, se aplican diferentes opciones dependiendo de los comportamientos requeridos. Si las restricciones en tierra permiten un despliegue de las unidades de estación base o terrestres en un área más grande, puede limitarse la degradación de la precisión del HP-LNS (sistema de navegación de campo próximo) según la presente invención. Para aplicaciones como "UAV de ala fija que aterriza en pistas de aterrizaje temporales", o incluso considerando la tecnología de HP-LNS para pistas convencionales, puede aumentarse el número de estaciones de transmisor al lado de la pista para garantizar un comportamiento acorde con los requisitos. Con por ejemplo 10 a 12 unidades de transmisor terrestres y considerando un alcance de recepción de señal de 1,2 km para una consideración de tecnología de RADAR típica dentro de la invención como fuente de medición de la distancia, la tecnología de la invención podría dar soporte a los aeródromos típicos con una precisión máxima especialmente para la parte más crítica de la aproximación final.

55 *Caso de uso de la invención y espectro de servicios*

Debido a su carácter genérico de ser un sensor de posicionamiento sólo con transmisores con base en tierra y también debido a la arquitectura modular del sistema de navegación de campo próximo según la presente invención, puede permitir cualquier aplicación que requiera resultados o mediciones de distancia relativas muy precisas basándose en operaciones matemáticas utilizando estas distancias. Para tareas de posicionamiento y navegación avanzadas la hibridación con otras fuentes de sensores aumenta el espectro de las aplicaciones.

Por consiguiente, la invención está diseñada para permitir diversas aplicaciones basadas en la posición, como:

- 65 • aterrizaje de UAV automático en suelo fijo o en movimiento

- asistencia a helicópteros tripulados para aterrizar en condiciones difíciles
- “asistencia a vuelo estacionario”: vuelo estacionario de helicópteros o UAV automatizado con respecto a plataformas terrestres en movimiento
- manejo automatizado de cubiertas de helicópteros y UAV en un barco
- asistencia para helicópteros para el descenso de personas y el transporte de carga
- sensor para manejo automatizado de cubiertas para helicópteros
- sistema de posicionamiento local de aterrizaje de apoyo en entornos sin autorización para GNSS (por ejemplo debido a interferencia)
- sensor de posicionamiento relativo para recuperación de vehículos de superficie no tripulados
- sensor para operaciones en alta mar para gas y petróleo: control de grúas, asistencia para atraque de barcos
- sistema de asistencia para “vuelo en formación”
- y siempre que sea pertinente y necesaria información de distancias, posición o actitud muy precisa.

Se describen un procedimiento y un concepto para considerar al menos cuatro sensores/transmisores de medición de la distancia desplegados localmente que se reciben por al menos una antena de receptor para permitir una localización y orientación tridimensional de alta precisión de vehículos o dispositivos dentro del área de recepción de los sensores de base o tierra, en relación con los sensores de base o tierra o con un marco de referencia local. Para una estimación tridimensional de la actitud son necesarias al menos tres antenas de usuario.

Además, se describe un procedimiento para integrar el concepto inventivo y combinarlo, en caso necesario, con información de sensor adicional como datos de altímetro de usuario o sensor inercial, lo que permite una navegación adecuada del vehículo o dispositivo hasta la posición objetivo final también en caso de un marco de referencia en movimiento o transmisores en movimiento.

Se describen un concepto y una arquitectura detallados con conjuntos de opciones sobre cómo implementar estos procedimientos como sistema de navegación de alta precisión completamente local.

También se describe un procedimiento sobre cómo extender el alcance del sistema de navegación local de alta precisión a través de la consideración del GNSS a un sistema regional, permitiendo un guiado apropiado hacia el área local de operación del sistema de navegación, o permitiendo utilizar el concepto como sistema de apoyo de GNSS.

Se describen un concepto y un procedimiento sobre cómo integrar los conceptos de la invención en un equipo de a bordo convencional para minimizar el impacto en el segmento de usuario, incluyendo la interconexión y consideración de piloto automático de a bordo.

Otro aspecto descrito de la presente divulgación es el concepto de visualización de la información de navegación obtenida del sistema de navegación de campo próximo según la presente invención de una manera compacta que también es adecuada para pilotos que evitan un exceso de información.

Finalmente, un aspecto de la presente invención es un concepto para extender el campo de consideración del sistema de navegación local a misiones móviles mediante el despliegue de transmisores móviles y rápidos incluyendo la transmisión de información de referencia local y autocalibración.

Los números de referencia en las reivindicaciones, en la descripción y en los dibujos se proporcionan sólo para una mejor comprensión de la invención y no limitarán el alcance de protección de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Lista de números de referencia

- 1        buque
- 2        helicóptero
- 3        segmento de base
- 4        segmento de usuario

	10	cubierta de aterrizaje
5	12	estructura de base
	20	estructura de usuario
	22	ordenador de vuelo
10	30	transmisor RADAR
	30'	unidad de medición de distancia entre transmisores
15	30"	receptor de sistema global de navegación por satélite
	31	antena RADAR
	31'	unidad de transmisión
20	32	transmisor RADAR
	32'	unidad de medición de distancia entre transmisores
	32"	receptor de sistema global de navegación por satélite
25	33	antena RADAR
	33'	unidad de transmisión
30	34	transmisor RADAR
	34'	unidad de medición de distancia entre transmisores
	34"	receptor de sistema global de navegación por satélite
35	35	antena RADAR
	35'	unidad de transmisión
40	36	transmisor RADAR
	36'	unidad de medición de distancia entre transmisores
	36"	receptor de sistema global de navegación por satélite
45	37	antena RADAR
	37'	unidad de transmisión
50	40, 40', 40"	receptor RADAR
	44	unidad de procesamiento
	46	unidad de detección de posición
55	100	pantalla
	102	posición del vehículo
60	104	punto objetivo
	112	cruz de referencia
	113	indicación de altura
65	114	cruz de objetivo

	115	información de cabeceo y alabeo
5	116	escala de altura
	117	marca de altura
	118	distancia absoluta con respecto al punto objetivo
10	119	información adicional
	120	rosa de los vientos
15	122	valor de calentamiento

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema de navegación de campo próximo que comprende un primer objeto y un segundo objeto, navegando el primer objeto en relación con el segundo objeto,

- comprendiendo dicho primer objeto en movimiento un segmento de usuario (4) de dicho sistema de navegación de campo próximo que tiene más de un receptor (40, 40', 40''), más de una antena de usuario (41, 42, 43) montada en una estructura de usuario (20) de dicho primer objeto, y una unidad de procesamiento (44) conectada a dichos receptores (40, 40', 40''), en el que cada antena de usuario (41, 42, 43) está conectada a un receptor asociado (40, 40', 40'');

- comprendiendo dicho segundo objeto un segmento de base (3) de dicho sistema de navegación de campo próximo que tiene al menos cuatro transmisores (30, 32, 34, 36) y al menos cuatro antenas de base (31, 33, 35, 37), en el que cada transmisor está conectado a una antena de base correspondiente y respectiva de dichas antenas de base (31, 33, 35, 37) y en el que las antenas de base (31, 33, 35, 37) están previstas en una estructura de base (12) de dicho segundo objeto y están posicionadas una respecto a otra a distancias conocidas;

- en el que dicho segmento de base (3) está dotado de al menos una unidad de detección de posición, en el que dicho segmento de base (3) está previsto en dicho segundo objeto que es un vehículo móvil o en movimiento, preferiblemente un buque militar (1);

- en el que dichos receptores (40, 40', 40'') y cada uno de dichos transmisores (30, 32, 34, 36) forman en conjunto unidades de medición de distancia;

- en el que la unidad de procesamiento (44) está adaptada para calcular los datos de posición tridimensional relativa de la estructura de usuario (20) con respecto a la estructura de base (12) basándose en datos de distancia obtenidos de dichas unidades de medición de distancia, en el que la unidad de procesamiento (44) está adaptada para utilizar también datos obtenidos de dicha al menos una unidad de detección de posición para calcular los datos de posición tridimensional absoluta y/o relativa de la estructura de usuario con respecto a la estructura de base;

- en el que al menos un primer transmisor de dichos transmisores (30; 32; 34; 36) está dotado de una unidad de medición de distancia entre transmisores (30'; 32'; 34'; 36') que está adaptada para determinar la distancia entre la antena (31) de dicho primer transmisor (30) y la antena de al menos otro transmisor (32, 34, 36) de dicho segmento de base (3);

- en el que dicho al menos primer transmisor de dichos transmisores (30; 32; 34; 36) está adaptado para transmitir los datos de distancia entre transmisores determinados a dichos receptores (40, 40', 40'') de dicho segmento de usuario (4),

- en el que dicho segmento de base (3) comprende una unidad de control de medición de distancia entre transmisores (38) que controla la(s) unidad(es) de medición de distancia entre transmisores (30', 32', 34', 36'); y

- en el que dicha unidad de control (38) está prevista en uno de dichos transmisores (30', 32', 34', 36') que así forma un transmisor maestro (30) adaptado para transmitir los datos de distancia entre transmisores determinados a dichos receptores (40, 40', 40'') de dicho segmento de usuario (4) formando así un segmento de base autónomo (3) con una capacidad de autocalibración;

- en el que el sistema de navegación de campo próximo está configurado para determinar, utilizando dos de dichas antenas de usuario, un rumbo, o, utilizando tres de dichas antenas de usuario, una actitud de dicho primer objeto en relación con dichos transmisores basándose en la medición de distancia.

2. Sistema de navegación de campo próximo según la reivindicación 1, en el que dicho segmento de usuario (4) comprende al menos tres receptores (40, 40', 40''), en el que cada receptor (40, 40', 40'') está dotado de una de dichas antenas de usuario (41, 42, 43) y en el que los receptores (40, 40', 40'') están conectados a dicha unidad de procesamiento (44).

3. Sistema de navegación de campo próximo según la reivindicación 1 o 2,

- en el que dichos transmisores (30, 32, 34, 36) son transmisores RADAR; y

- en el que dicho más de un receptor (40, 40', 40'') es un receptor RADAR.

4. Sistema de navegación de campo próximo según la reivindicación 1, 2 o 3, en el que dicha unidad de medición de distancia entre transmisores (30') de dicho al menos un transmisor (30) es una unidad de medición de distancia basada en RADAR.



5. Sistema de navegación de campo próximo según la reivindicación 4, en el que cada uno de dichos transmisores (30, 32, 34, 36) del segmento de base (3) está dotado de una unidad de navegación por satélite (30", 32", 34", 36") y en el que los datos de posición absoluta de cada transmisor (30, 32, 34, 36) obtenidos de dichas unidades de navegación por satélite (30", 32", 34", 36") se transmiten a dicho segmento de usuario (4).
6. Sistema de navegación de campo próximo según la reivindicación 4 o 5, en el que dicho al menos primer transmisor de dichos transmisores (30; 32; 34; 36) está adaptado para transmitir los datos de distancia entre transmisores determinados junto con una señal de RADAR a dicho segmento de usuario (4) o a través de un enlace de comunicación independiente (5) a dicho segmento de usuario (4).
7. Sistema de navegación de campo próximo según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho segmento de usuario (4) está previsto en un helicóptero (2), en un buque militar o en una aeronave, en particular un vehículo aéreo no tripulado.
8. Sistema de navegación de campo próximo según una de las reivindicaciones anteriores, en el que cada transmisor (30, 32, 34, 36) del segmento de base (3) está alimentado por una fuente de alimentación autónoma, por ejemplo una batería.
9. Sistema de navegación de campo próximo según una de las reivindicaciones anteriores,
- en el que el segmento de usuario (4) está dotado de al menos una unidad de detección de posición adicional (46), preferiblemente una unidad de altímetro y/o una unidad de medición inercial y/o una unidad de detección de posición de sistema global de navegación por satélite, y
- en el que la unidad de procesamiento (44) está adaptada para utilizar también los datos obtenidos de dicha unidad de detección de posición adicional (46) para calcular los datos de posición tridimensional absoluta y/o relativa de la estructura de usuario (20) con respecto a la estructura de base (12).

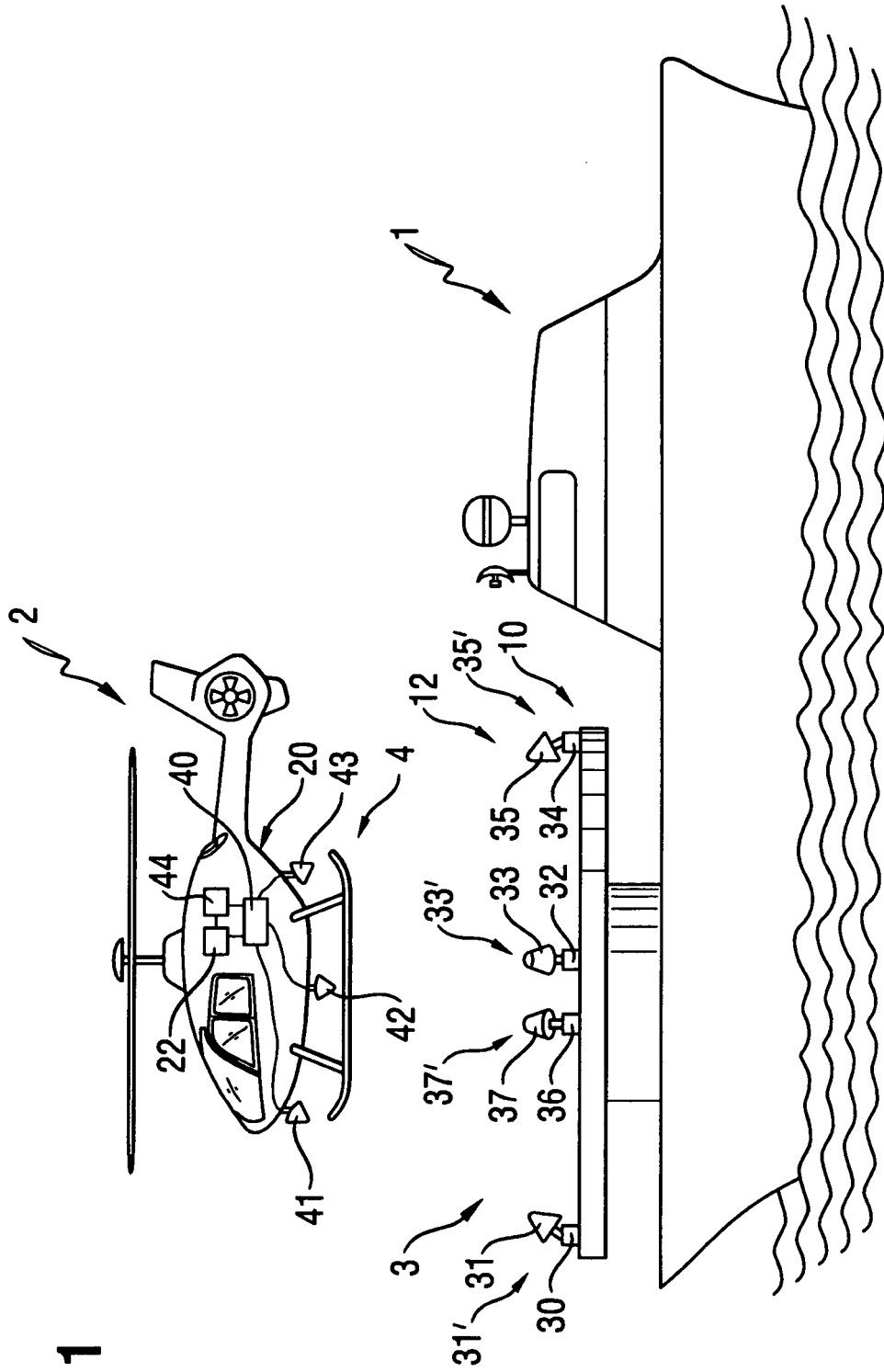
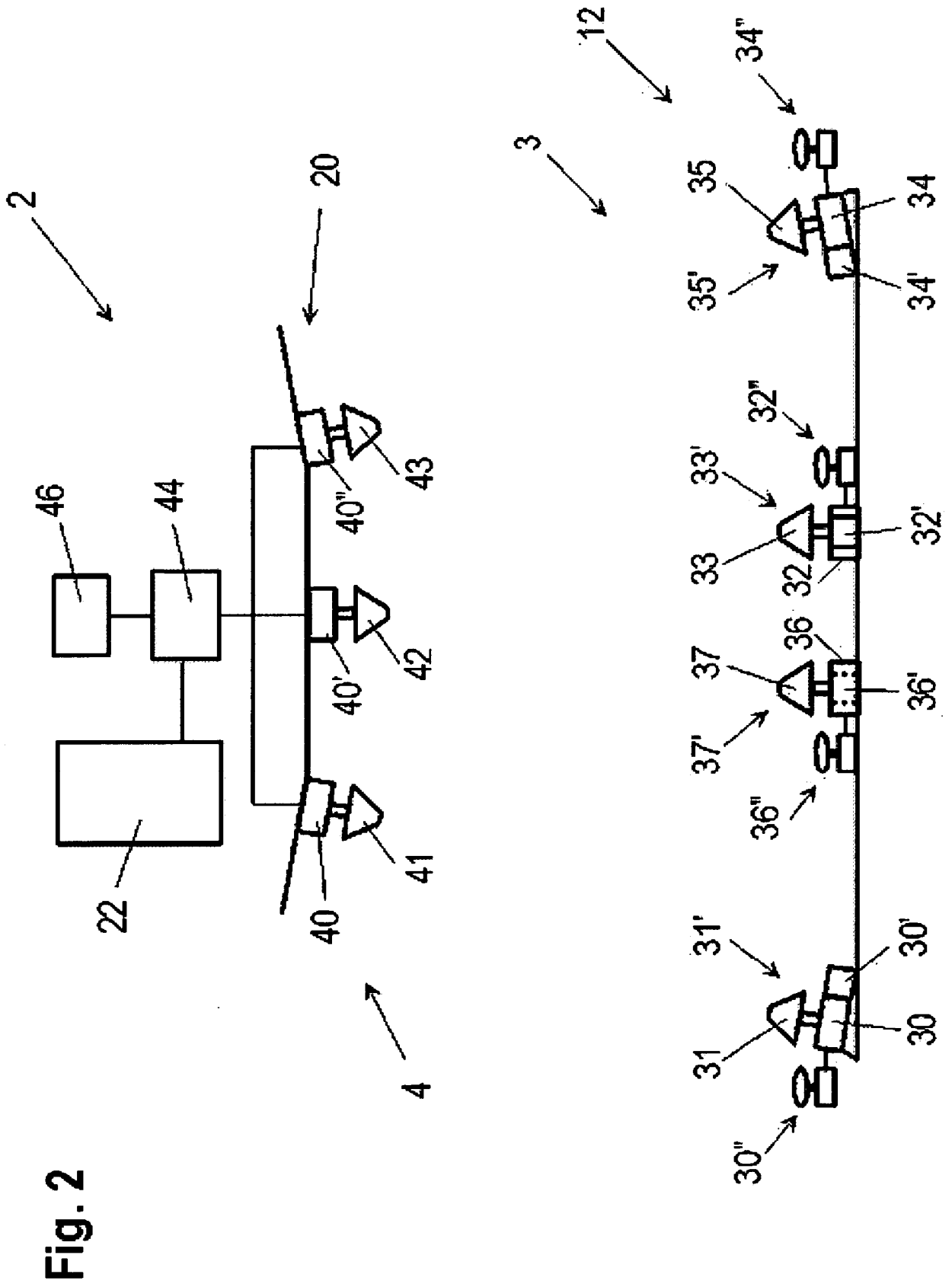
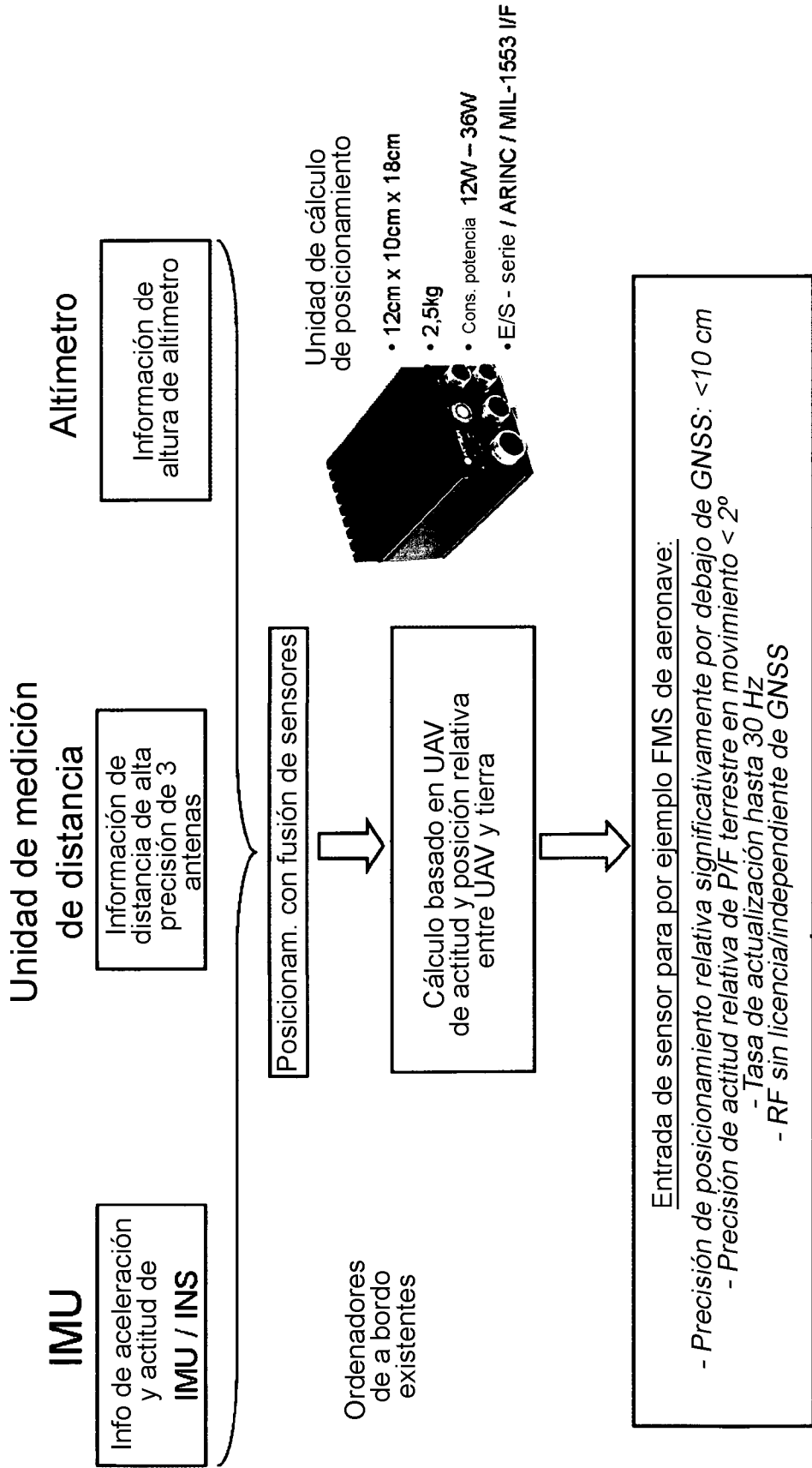


Fig. 1

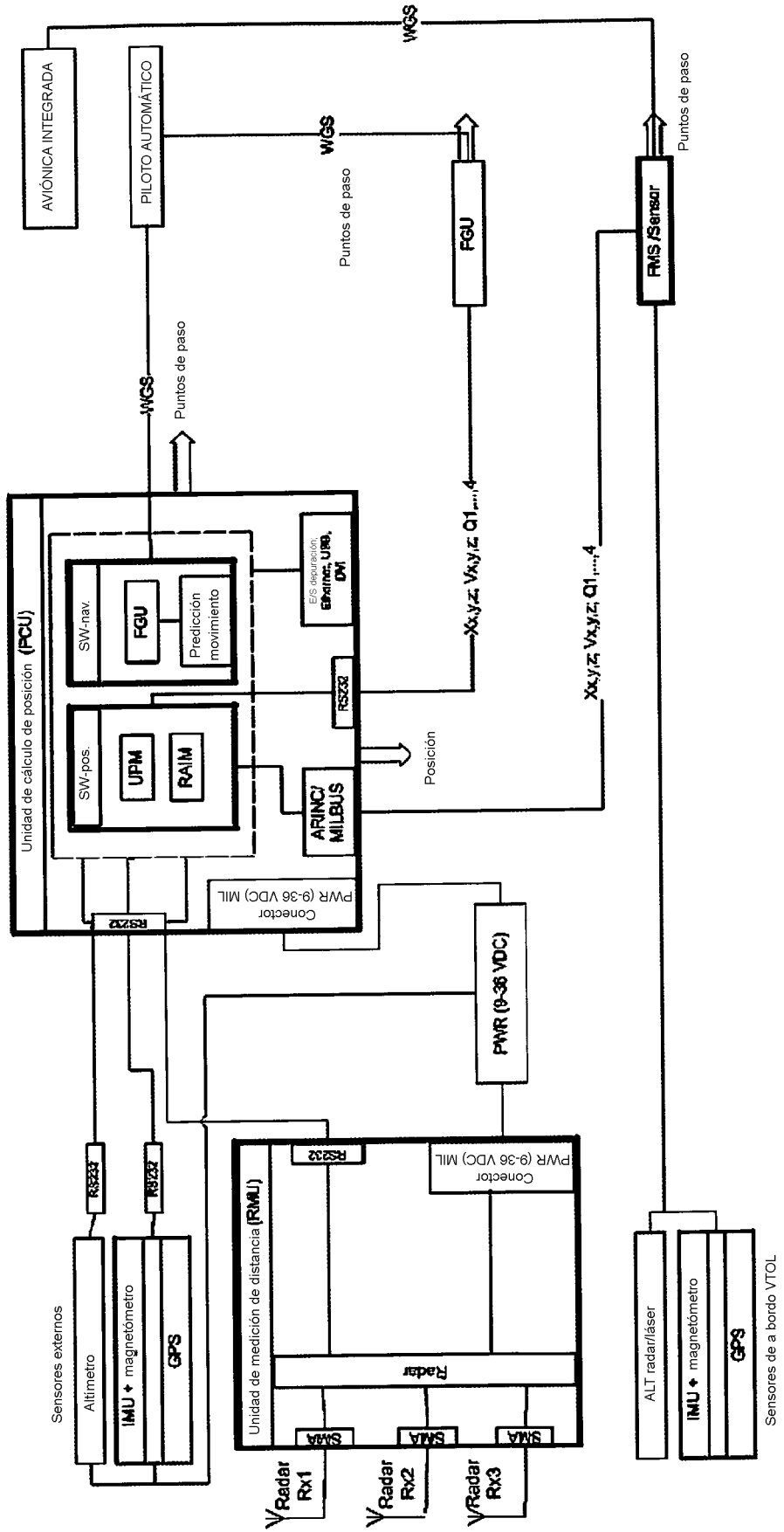


**Fig. 3**



**Fig. 4**

Diagrama de bloques funcional HP-HLS



**Fig. 5**

Esquema de arquitectura de alto nivel de software HP-LNS

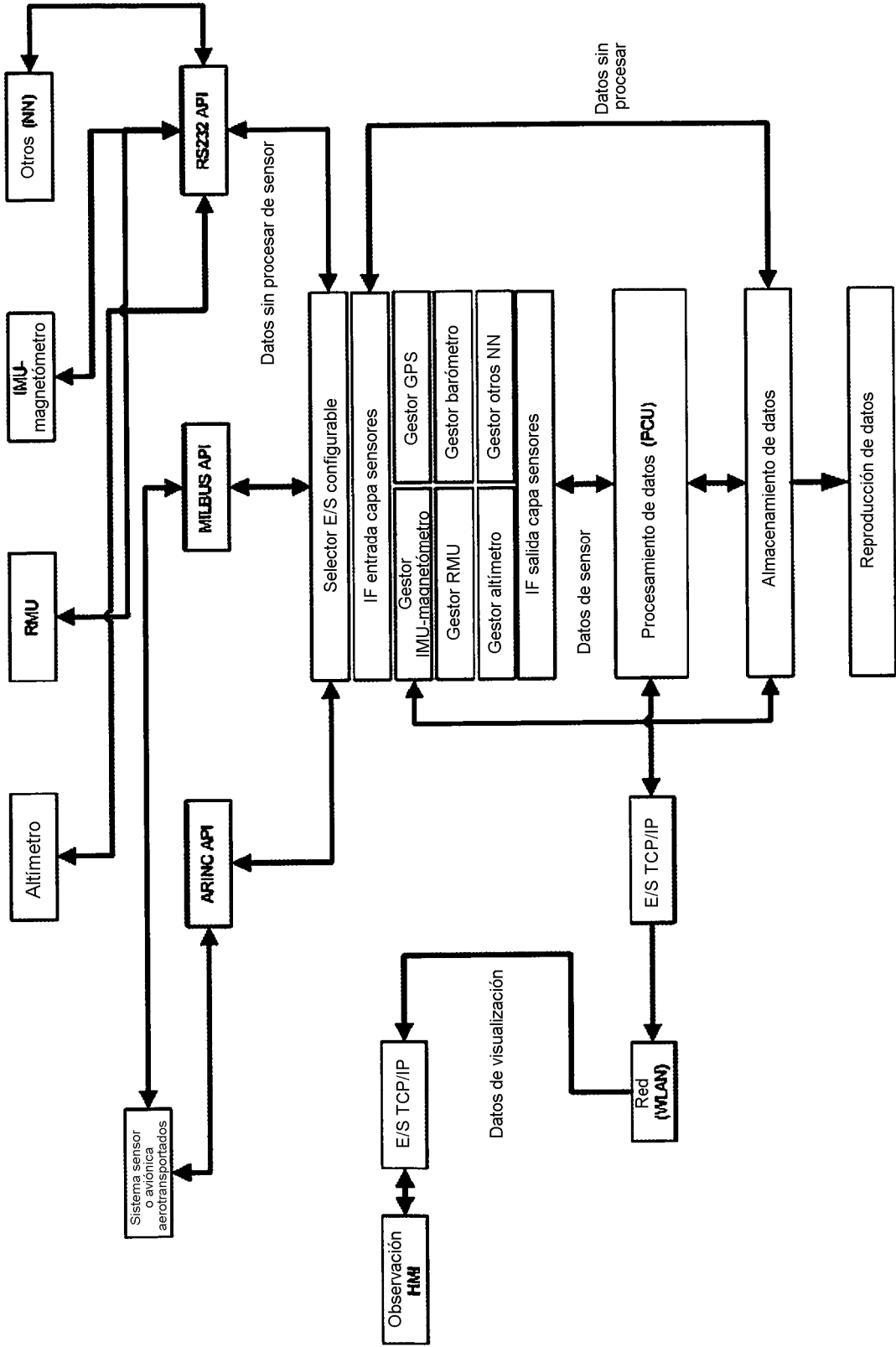


Fig. 6

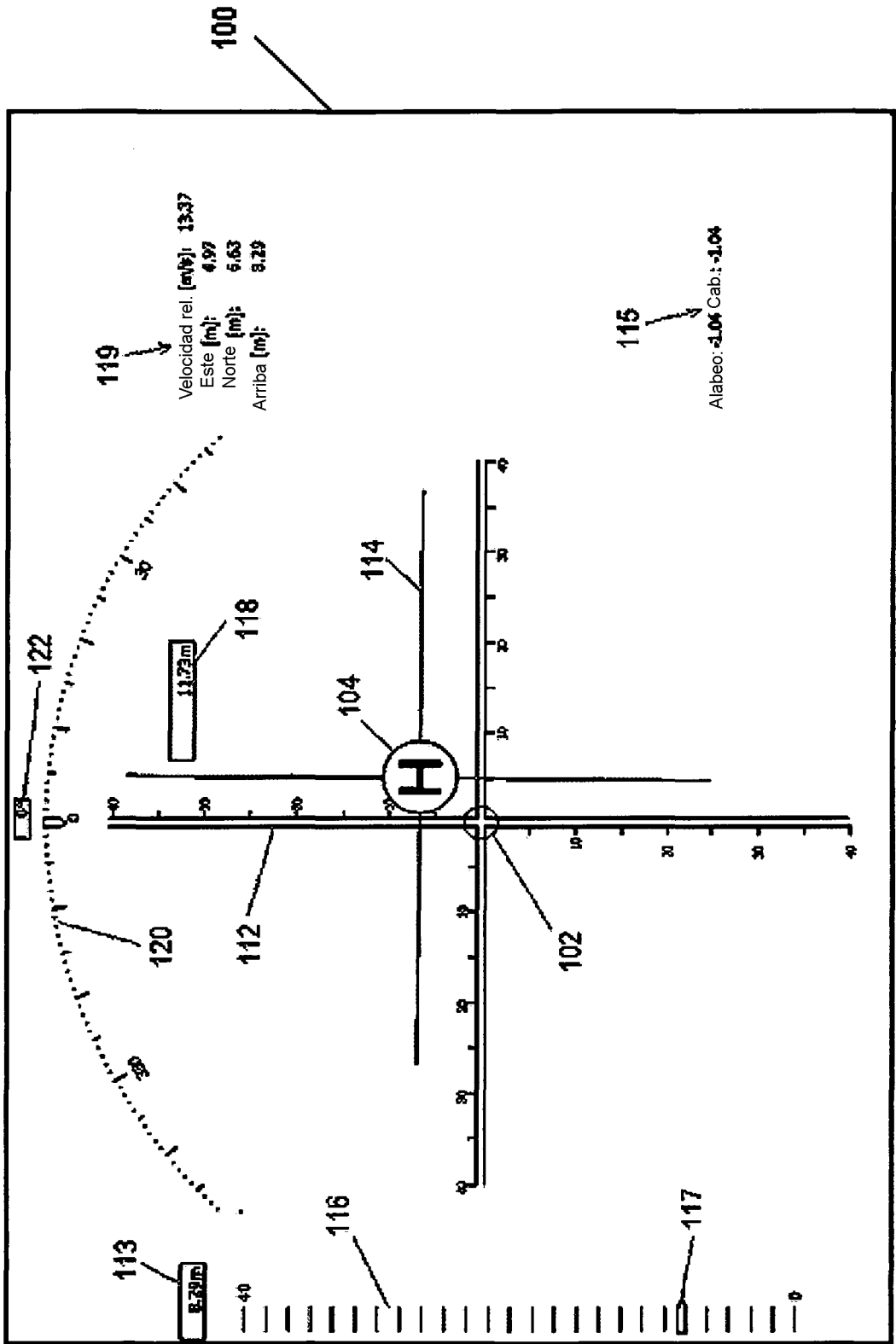


Fig. 7

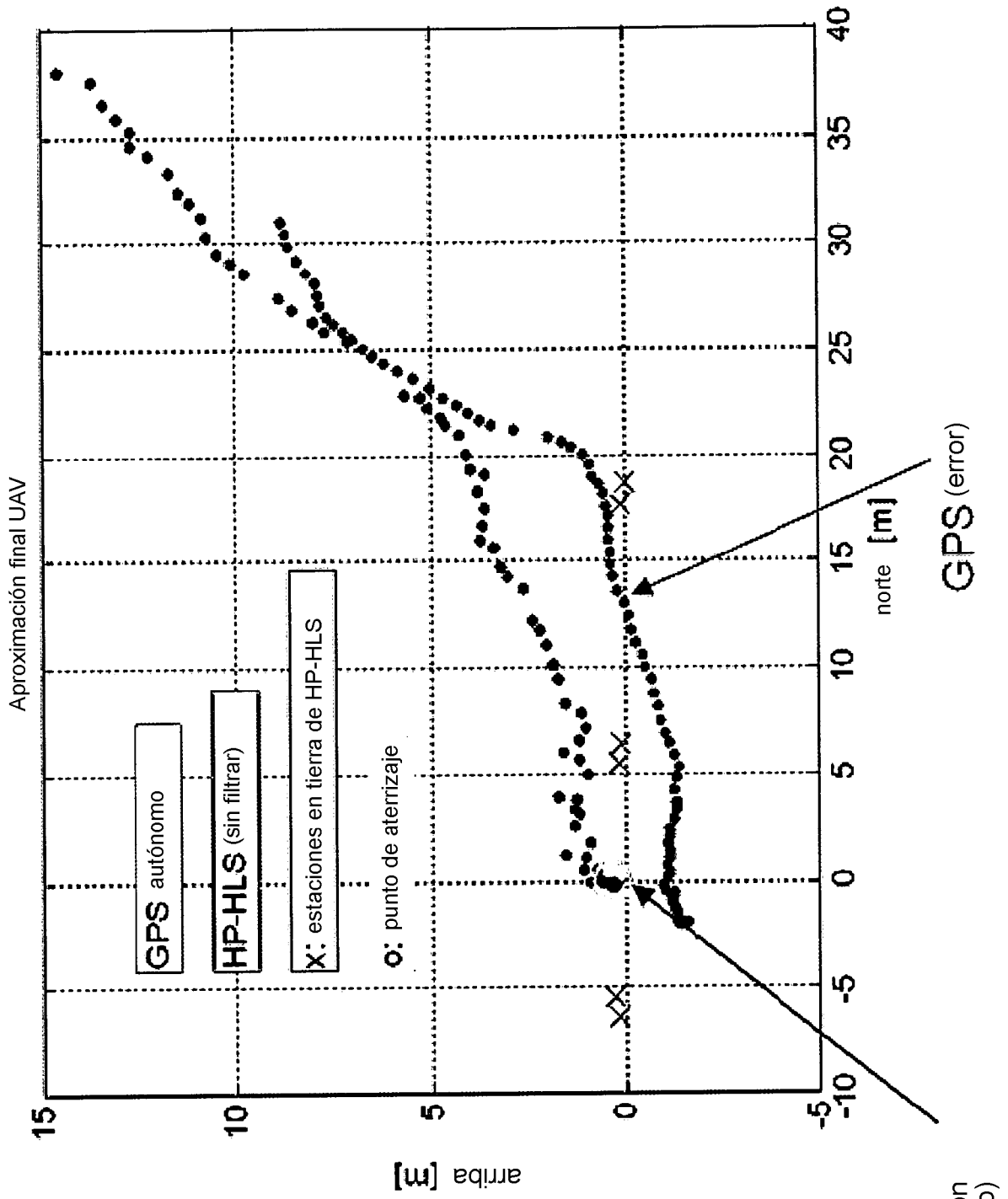




Fig. 8

