

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 784 780**

51 Int. Cl.:

G01S 13/60 (2006.01)

G01S 13/87 (2006.01)

G01S 13/91 (2006.01)

G08G 5/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.12.2012 E 12196604 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.02.2020 EP 2605037**

54 Título: **Sistema de asistencia al pilotaje de una aeronave, en particular, de ayuda al aterrizaje, al apontaje y a la navegación**

30 Prioridad:

16.12.2011 FR 1103890

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

30.09.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MAZEAU, THIERRY y
GARREC, PATRICK**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 784 780 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 asistencia al pilotaje de una aeronave, en particular, de ayuda al aterrizaje, al apontaje y a la navegación

5 La presente invención se refiere a un sistema de asistencia al pilotaje de una aeronave, en particular, de ayuda al aterrizaje, al apontaje y a la navegación. La invención se inscribe en el campo de la aeronáutica y puede aplicarse, en particular, a aeronaves tales como helicópteros o drones.

Las misiones habituales para aeronaves tales como helicópteros, por ejemplo, pueden facilitarse mediante la implementación de diferentes funciones de asistencia al pilotaje.

En primer lugar, las funciones de ayuda a la navegación permiten medir y determinar la ruta de la aeronave a destinos o puntos del itinerario.

10 Una aeronave, tal como un helicóptero, también puede tener integradas funciones que permiten garantizar un vuelo estacionario servoasistido, que le permiten permanecer en vuelo encima de un punto fijo, por ejemplo, para misiones tales como izado con helicópteros, la preparación de una fase de aterrizaje en una zona fija o una plataforma móvil, el rescate de personas, etc.

15 También puede ser valioso que una aeronave, tal como un helicóptero, esté equipada con funciones de ayuda al aterrizaje, que permitan, en particular, calcular la distancia entre el helicóptero y el suelo, las inclinaciones de la zona de aterrizaje para evitar que el helicóptero se desequilibre durante el posado, al estar el centro de gravedad de un helicóptero situado en una posición relativamente alta del aparato. Idealmente, una función de ayuda al aterrizaje debe permitir al piloto apreciar las pendientes de la superficie de aterrizaje y, por ejemplo, visualizarlas en una pantalla, pudiendo estar la visualización directa de la superficie de aterrizaje alterada por una pantalla de polvo durante el descenso, designándose comúnmente a este fenómeno con el término inglés "brownout". Idealmente, una función de ayuda al aterrizaje debe estar diseñada para facilitar asimismo el aterrizaje sobre suelos u objetos que presenten asperezas o configuraciones que comprometan la estabilidad del helicóptero en tierra. Asimismo, podría ser deseable que una función de ayuda al aterrizaje facilite el aterrizaje sobre plataformas móviles, por ejemplo, barcos o vehículos rodantes. En efecto, a veces los helicópteros tienen que aterrizar en zonas muy precisas, a veces móviles y/o sin visibilidad.

20

25

En lo que respecta a las funciones de ayuda a la navegación, típicamente, los helicópteros utilizan sistemas designados por el acrónimo AHRS que corresponde a la terminología inglesa "Attitude and Heading Reference Systems (Sistemas de referencia de actitud y rumbo)" que suministran información relativa a la actitud y rumbo de la aeronave, a partir de mediciones procedentes de giroscopios o de centrales inerciales de diferentes clases B, mostrándose la información, por ejemplo, mediante un dispositivo integrado del tipo designado según el acrónimo IESI correspondiente a la terminología inglesa "Integrated Electronic Standby Instrument (Instrumental auxiliar electrónico integrado)". El AHRS puede estar asociado a sensores anemobarométricos, a un dispositivo de posicionamiento por satélite de tipo GNSS, según el acrónimo correspondiente a la terminología inglesa "Global Navigation Satellite System (Sistema global de navegación por satélite)" y a radioaltímetros, que típicamente funcionan en una banda C o utilizando un rayo láser.

30

35

En lo que respecta a las funciones que permiten garantizar un vuelo estacionario servoasistido, la posición fija de un helicóptero no se puede servoasistir basándose en los datos procedentes de sensores de aceleración o girómetros; en efecto, un helicóptero puede, por ejemplo, desplazarse a velocidad constante, por lo tanto, con una orientación constante y una aceleración nula, es decir no detectable por este tipo de sensores. La información suministrada por un receptor GNSS tampoco permiten garantizar un vuelo estacionario con suficiente calidad, al no ser la regeneración de datos y la integridad de los datos compatibles con esta función crítica en términos de seguridad de las personas. Unos dispositivos conocidos de tipo radares de navegación, comúnmente designados con el acrónimo RDN, permiten garantizar un vuelo estacionario, a partir de datos procedentes de los sensores de velocidad según tres ejes basándose en la velocidad con respecto al suelo. Además, el procesamiento de la señal en los sistemas RDN se basa en la utilización de un bucle de fase, que permite seleccionar y filtrar la franja útil de la señal antes de que esta se mida en frecuencia y se procese. Este principio requiere un preposicionamiento en frecuencia del bucle de fase para seleccionar la franja correcta. Esta gestión del bucle de fase requiere unos medios de cálculo complejos y presenta un cierto número de riesgos, en particular, cuando la aeronave sobrevuela zonas de mar en calma, lo que implica que la energía recibida por los lóbulos secundarios de las antenas es superior a la recibida por el lóbulo principal.

40

45

50 La literatura disponible, que trata sobre el estado de la técnica relativo a la invención, comprende diferentes documentos que tratan sobre medios de medición a bordo, medios radar, en particular, que permiten determinar la posición, la velocidad y eventualmente la altitud y la actitud de una aeronave con respecto al suelo, utilizando las señales reflejadas por el suelo a resultas de la emisión de al menos tres haces radar distintos.

Entre estos documentos, se pueden citar en particular las publicaciones de patentes y las solicitudes de patente US 3.362.024 A, US 2003/102999 A1, US 3.239.837 A, US 3.185.981 A y US 3.088,109 A. No obstante, ninguno de estos documentos describe unos medios autónomos que permitan utilizar la información así determinada para garantizar la aproximación de una aeronave a su zona de aterrizaje, en el suelo o en una plataforma, ni para asegurar la operación de aterrizaje propiamente dicha, en particular, en el caso de un aterrizaje sobre una plataforma móvil.

55

En lo que respecta a las funciones de ayuda al aterrizaje, no existe ningún sistema autónomo conocido que permita tal función para helicópteros.

Con respecto a unos medios de ayuda para el apontaje el documento de patente EP 2.237.067 A1 desvela un sistema de ayuda al apontaje de aeronaves, en particular, aeronaves autónomas, que consta de unos medios para predecir los movimientos de la plataforma de aterrizaje. Sin embargo, la implementación del sistema implica el despliegue en la plataforma de un dispositivo equipado con detectores pasivos configurados para recibir una señal emitida por la aeronave, determinando dicho dispositivo la posición de la aeronave con respecto a la plataforma y transmitiendo de vuelta a la aeronave las órdenes de vuelo habida cuenta de la posición actual de la aeronave y los movimientos predichos de la plataforma. El sistema descrito supone, por lo tanto, en particular, en la fase de apontaje, que la aeronave aplica las instrucciones (órdenes) de vuelo definidas por unos equipos externos situados a nivel de la plataforma.

De este modo, las funciones mencionadas anteriormente pueden ser deseables en el contexto de asistencia al pilotaje de aeronaves, en particular, de helicópteros, y algunas de ellas se implementan en distintos dispositivos conocidos, o son incluso inexistentes.

El objeto de la presente invención es superar este inconveniente, proponiendo un sistema de asistencia al pilotaje de aeronaves que integre todas las funciones mencionadas anteriormente.

La invención está definida por la reivindicación independiente 1. Otros aspectos de la invención están definidos por las reivindicaciones dependientes.

Una ventaja de la presente invención en los diversos modos de realización descritos es que ofrece un único sistema dedicado para garantizar todas las funciones, pudiendo ser estas, ventajosamente, redundantes con las funciones existentes.

Otra ventaja de la presente invención en los diferentes modos de realización descritos es que ofrece un sistema autónomo, que no requiere la instalación de bases en tierra y, en particular, independiente de los sistemas de navegación por satélite.

Otra ventaja de la presente invención viene conferida por la naturaleza independiente y configurable de los canales de emisión y recepción, que permiten responder al doble problema que busca conferir a un sistema de asistencia al mismo tiempo una buena resiliencia y una gran precisión, para permitir, en particular, garantizar unas funciones de ayuda al apontaje o al aterrizaje, incluyendo, zonas en movimiento o zonas escarpadas, por ejemplo.

Otra ventaja de la presente invención en los diferentes modos de realización descritos es que ofrece un sistema capaz de funcionar sean cuales sean las condiciones atmosféricas y, en particular, en condiciones de *brownout*.

Otras características y ventajas de la invención se desprenderán de la lectura de la siguiente descripción, aportada a modo de ejemplo, hecha con respecto a los dibujos adjuntos que representan:

- la figura 1, una vista en perspectiva que ilustra esquemáticamente una aeronave equipada con un sistema de asistencia al pilotaje según un ejemplo de realización de la invención;
- la figura 2, un diagrama que ilustra esquemáticamente un sistema de asistencia al pilotaje según un ejemplo de realización de la invención;
- la figura 3, un diagrama que ilustra esquemáticamente los canales de emisión y recepción de un sistema de asistencia al pilotaje según un ejemplo de realización de la invención;
- la figura 4, una curva que ilustra la forma de onda de una señal emitida por un sistema de asistencia al pilotaje según un ejemplo de realización de la invención;
- la figura 5, unas curvas que ilustran las formas de onda de una señal emitida y de una señal recibida por un sistema de asistencia al pilotaje según un ejemplo de realización de la invención;
- la figura 6, un diagrama que ilustra esquemáticamente un bloque de procesamiento de la señal comprendida en un canal de recepción de un sistema de asistencia al pilotaje según un ejemplo de realización de la invención;
- la figura 7, un diagrama que ilustra esquemáticamente un bloque de recepción multicanal en un sistema de asistencia al pilotaje según un ejemplo de realización de la invención;
- la figura 8, un diagrama que ilustra esquemáticamente un bloque de procesamiento de información comprendido en un sistema de asistencia al pilotaje según un ejemplo de realización de la invención;
- la figura 9, un diagrama temporal que ilustra un primer ejemplo de secuenciación de operaciones en un sistema de asistencia al pilotaje según la presente invención;
- la figura 10, un diagrama temporal que ilustra un segundo ejemplo de secuenciación de operaciones en un sistema de asistencia al pilotaje según la presente invención.

La presente invención propone equipar a una aeronave con un sistema de asistencia al pilotaje que permita asociar las mediciones de las velocidades y las distancias de la aeronave con respecto al suelo, siguiendo tres ejes distantes. Las mediciones pueden realizarse mediante un radar que comprende unos medios de procesamiento que permiten extraer los datos de distancias y velocidades simultáneamente, para cada iluminación.

La figura 1 presenta una vista en perspectiva que ilustra esquemáticamente una aeronave equipada con un sistema de asistencia al pilotaje según un ejemplo de realización de la invención.

En el ejemplo ilustrado en la figura 1, la aeronave es un helicóptero 1, cuya estructura forma un eje longitudinal principal XA y que lleva a bordo un sistema de asistencia al pilotaje según la presente invención. El sistema de asistencia al pilotaje comprende unos medios de medición adecuados para realizar mediciones de distancias de la aeronave con respecto al suelo, y mediciones de velocidades de la aeronave con respecto al suelo en al menos tres canales correspondientes a al menos tres ejes Da, Db y Dc, respectivos. Según la presente invención, los tres canales utilizados para la emisión y recepción son independientes. En particular, la independencia de los canales utilizados para la emisión permite una mayor flexibilidad y realizar tiempos de iluminación más largos para una mayor precisión de la medición. Los medios de medición pueden estar formados, por ejemplo, por un radar que comprende una antena de emisión y una antena de recepción, ventajosamente, estas dos antenas solo pueden formar una única estructura de antena. Los canales de emisión pueden estar configurados para formar siguiendo los ejes Da, Db y Dc, respectivamente, tres haces de emisión FA, FB y FC que iluminan el suelo en tres zonas de iluminación o "puntos" A, B y C. Las orientaciones de los ejes Da, Db, Dc pueden presentar, por ejemplo, una simetría de eje con respecto a un eje vertical principal ZA del helicóptero 1, perpendicular al eje longitudinal principal XA.

La figura 2 presenta un diagrama que ilustra esquemáticamente un sistema de asistencia al pilotaje según un ejemplo de realización de la invención.

Un sistema de asistencia al pilotaje comprende un sistema de radar 20, por ejemplo, un radar de tipo Doppler, que comprende un módulo de gestión de radar 201 que permite realizar el procesamiento, la secuenciación, las interfaces y las configuraciones operativas del sistema de radar 20. La utilización de un sistema de radar, que funciona en bandas de frecuencias tales como, por ejemplo, la banda X, permite garantizar un buen funcionamiento del sistema de asistencia al pilotaje, sean cuales sean las condiciones atmosféricas y en situaciones de *brownout*.

El módulo de gestión de radar 201 intercambia datos con un módulo de emisión 203, conectado a su vez a al menos una antena de emisión 2030. El módulo de emisión 203 comprende, en particular, unos módulos de generación de formas de onda denominados "GFO". Los GFO generan las ondas de emisión, así como las ondas locales utilizadas para las transposiciones de frecuencias, como se describe en detalle más adelante. Los GFO están formados, por ejemplo, por generadores digitales de frecuencias programables. El módulo de emisión 203 también comprende bloques de hiperfrecuencias, que realizan, en particular, funciones de filtrado y de amplificación/atenuación.

El módulo de gestión de radar 201 también intercambia datos con un módulo de recepción 205, conectado a su vez a al menos una antena de recepción 2050. El módulo de recepción 205 comprende unos bloques de hiperfrecuencias, que realizan, en particular, funciones de filtrado y de amplificación/atenuación, así como unos bloques de procesamiento digital de la señal. El procesamiento puede realizarse a base de transformadas rápidas de Fourier o "FFT" (por siglas en inglés de Fast Fourier Transform): de manera que, es posible evitar los riesgos de error de preposicionamiento en frecuencia inherentes a los sistemas que utilizan un bucle de fase, tal y como se describió anteriormente.

El módulo de gestión de radar 201 también intercambia datos con un módulo de interfaz 207, permitiendo interconectar el sistema de radar 20 con una interfaz hombre-máquina o "IHM" 209, por ejemplo, y/o con un sistema de piloto automático de la aeronave, no representado en la figura.

La misión principal del sistema de radar 20 consiste en determinar la velocidad de la aeronave a lo largo de sus tres ejes de desplazamiento Ox, Oy, Oz, así como su altura con respecto al suelo, simultáneamente. Permite determinar las velocidades a lo largo de estos tres ejes de desplazamiento, así como las distancias de la aeronave con respecto a los puntos de intersección de los ejes de emisión, mencionados anteriormente, Da, Db, Dc, mediante una medición de desplazamiento en frecuencia u "offset de frecuencia" y del retardo de la señal de eco con respecto a la señal emitida hacia el suelo.

El módulo de emisión 203 y el módulo de recepción 205 son unos módulos multicanal, correspondiendo el número de canales al número de haces del radar, por ejemplo, tres. Cada canal de emisión o recepción es independiente y puede estar asociado con el número correspondiente de antenas de emisión o recepción. Todas las antenas también pueden estar ubicadas conjuntamente. También es posible un método que permita realizar una emisión y recepción simultáneas por la misma antena.

La figura 3 presenta un diagrama que ilustra esquemáticamente unos canales de emisión y recepción de un sistema de asistencia al pilotaje según un ejemplo de realización de la invención.

Un canal de emisión 33 comprende un módulo de antena de emisión 3030, que puede estar formado por una antena dedicada a este canal o bien estar comprendido en una antena de emisión común a varios canales y un módulo de emisión 303, comprendido en el módulo de emisión 203 descrito anteriormente con referencia a la figura 2.

De manera similar, un canal de recepción 35 comprende un módulo de antena de recepción 3050, que puede estar formado por una antena dedicada a este canal o bien estar comprendido en una antena de emisión común a varios canales y un módulo de recepción 305, comprendido en el módulo de recepción 205 descrito anteriormente con

referencia a la figura 2.

5 Un canal de emisión 33 puede comprender un GFO 3031 que permite modificar, en función de la misión del piloto de la aeronave, por ejemplo, la modulación de las ondas emitidas, por ejemplo, las características de las rampas de frecuencia, las formas de onda que se describen a continuación con referencia a las figuras 4 y 5. Cada canal de emisión 33 es independiente y se puede configurar en función de la misión.

10 Un canal de transmisión 33 además comprende un oscilador de referencia 3033 que genera una frecuencia de referencia utilizada para la transposición de frecuencias, que se describe más adelante. El oscilador de referencia 3033 está conectado a un módulo de generación de frecuencia 3037 y a un módulo de transposición de la frecuencia de referencia 3039. El GFO 3031 está conectado a un módulo de transposición de hiperfrecuencia 3035. El módulo de transposición de hiperfrecuencia 3035 genera la señal de hiperfrecuencia a partir de la frecuencia generada por el módulo de generación de frecuencia 3037. El módulo de transposición de la frecuencia de referencia 3039 genera una onda OLR (acrónimo de oscilador de referencia local) que permite la transposición de la señal recibida como eco, como se describe más adelante. Se puede colocar un atenuador 3032 entre el módulo de transposición de hiperfrecuencia 3035 y el módulo de antena de emisión 3030, que permite reproducir una señal de emisión de hiperfrecuencia ajustando el nivel de la señal de hiperfrecuencia generada por el módulo de transposición de hiperfrecuencia 3035.

15 Un canal de recepción 35 comprende un módulo de control automático de ganancia o módulo "CAG" 3051 que recibe la señal de hiperfrecuencia captada por el módulo de antena de recepción 3050, como eco de una señal emitida. El módulo CAG 3051 está conectado a un receptor de hiperfrecuencia 3053. El receptor de hiperfrecuencia 3053 está conectado a un módulo de transposición de frecuencia intermedia 3055, cuya frecuencia de referencia es la de la onda OLR mencionada anteriormente, generada por el módulo de transposición de la frecuencia de referencia 3039. La transposición alrededor de una frecuencia intermedia permite digitalizar la señal. La utilización de un mismo oscilador de referencia para generar la portadora de la onda emitida y la frecuencia de transposición a la recepción permite garantizar la coherencia entre la emisión y la recepción. Las síntesis de frecuencia se pueden garantizar por multiplicación de frecuencia.

20 La frecuencia portadora de la señal emitida, denotada F_p , la frecuencia del oscilador local a la recepción OLR y la frecuencia intermedia F_i satisfacen la siguiente relación:

$$\text{OLR} = F_p - F_i \quad (1).$$

30 El módulo de transposición de frecuencia intermedia 3055 está conectado a un convertidor analógico digital o "ADC" (acrónimo del inglés "Analogic Digital Converter") 3057. El funcionamiento del ADC 3057 se describe en detalle más adelante con referencia a la figura 6. La señal digital procedente del ADC 3057 es procesada por un módulo de procesamiento de la señal 3059 que reproduce el desplazamiento de frecuencia debido al retardo del eco y al efecto Doppler. Más adelante se describen más detalles sobre la estructura y el funcionamiento del módulo de procesamiento de señal 3059 con referencia a la figura 6.

35 La utilización de un procesamiento digital para determinar el desplazamiento de frecuencia permite modificar los parámetros de emisión sin que tal modificación requiera cambios en la arquitectura del hardware de los canales de recepción. De este modo, un sistema de radar según la presente invención es adaptable a las restricciones operativas.

Los canales de recepción 35 están diseñados para ser lineales con poco ruido.

40 La figura 4 presenta una curva que ilustra la forma de onda de una señal emitida por un sistema de asistencia al pilotaje según un ejemplo de realización de la invención.

45 Según una particularidad de la presente invención, se propone que las velocidades de la aeronave portadora del sistema y las distancias con respecto al suelo se obtengan en una sola iluminación. Para este fin, se propone que la señal emitida sea modulada en frecuencia por una modulación determinada que permita una extracción simultánea de la velocidad y la distancia. En un ejemplo no limitativo de la presente invención, es posible que esta modulación sea lineal según dos pendientes diferentes o, por ejemplo, una modulación denominada en "diente de sierra". Otras formas de onda son posibles, por ejemplo, una modulación no lineal de tipo chirp. La frecuencia de la señal emitida en función del tiempo se ilustra en la figura 4. La forma de onda ilustrada en la figura 4 se presenta a modo de ejemplo no limitativo de la presente invención.

50 La señal emitida puede estar modulada consecutivamente por una rampa de frecuencia creciente seguida de una rampa de frecuencia decreciente o viceversa. En el ejemplo ilustrado en la figura 4, las rampas de frecuencia creciente y decreciente tienen la misma pendiente en valor absoluto y barren la misma banda de frecuencia. Cada rampa se extiende así sobre una duración igual a la mitad del tiempo de iluminación, denotado T_e . Esta modulación no solo permite obtener las velocidades y las distancias de la aeronave con respecto al suelo, sino que también permite realizar mediciones de distancias con gran precisión.

55 La resolución de distancia, denotada R_e , está definida por la siguiente relación:

$$Re = \frac{c}{2.Bw} \quad (2)$$

donde c designa la celeridad de la onda y Bw la banda de frecuencia emitida.

5 Por ejemplo, para obtener una resolución de distancia de 4 centímetros, es posible elegir una rampa de frecuencia de 750 MHz. Una interpolación después de un procesamiento por FFT entre las casillas de frecuencia puede permitir mejorar la resolución primaria de una ratio de 6. La interpolación induce un error inferior a un 10 % en las frecuencias calculadas, lo que permite obtener una resolución de distancia inferior a 4 cm. Ventajosamente, la generación de las rampas se puede adaptar dinámicamente a la velocidad y a la distancia medidas. Es posible, por ejemplo, utilizar un ancho de banda superior para la medición de precisión.

10 La forma de onda elegida permite medir simultáneamente las velocidades y las distancias, por medio de una única medición de los desplazamientos de frecuencia obtenida a partir de una única iluminación. La extracción de las mediciones a partir de la señal recibida como eco se explica a continuación con referencia a la figura 5.

La figura 5 presenta unas curvas que ilustran las formas de onda de una señal emitida y de una señal recibida por un sistema de asistencia al pilotaje según un ejemplo de realización de la invención.

15 Una primera curva 51 corresponde a la forma de onda de la señal emitida Se durante un tiempo de iluminación Te, ya presente en la figura 4 descrita anteriormente. Una segunda curva 52 corresponde a la forma de onda de la señal recibida Sr. Normalmente, la segunda curva 52 tiene la misma apariencia que la primera curva 51, pero la segunda curva 52 está desplazada en el tiempo y desplazada en frecuencia con respecto a la primera curva 51. El punto de partida de la segunda curva 52 está desplazado en el tiempo por una demora τ correspondiente al retardo entre la emisión y la recepción, y desplazado en frecuencia por la frecuencia Doppler F_D . Durante un primer período de tiempo Trm1, las dos curvas 51 y 52 son crecientes simultáneamente. Durante un segundo período de tiempo Trm2, las dos curvas 51 y 52 son decrecientes simultáneamente. Si el punto de partida de la primera curva 51 se coloca arbitrariamente en el origen del sistema de referencia de tiempo-frecuencia, la frecuencia del vértice de la primera curva 51 es igual al ancho de banda de la señal emitida Bw. El vértice de la segunda curva 52 tiene como ordenada una frecuencia igual a $Bw + F_D$.

20 Un primer desplazamiento de frecuencia $\Delta F1$ corresponde a la diferencia entre las dos curvas 51 y 52 durante el primer período de tiempo Trm1, y un segundo desplazamiento de frecuencia $\Delta F2$ corresponde a la diferencia entre las dos curvas 52 y 51 durante el segundo período de tiempo Trm2.

Los desplazamientos de frecuencia se pueden formular según las siguientes relaciones, k designando la pendiente de las rampas de frecuencia:

$$30 \quad \Delta F1 = Se - Sr = k.\tau - F_D \quad (3);$$

$$\Delta F2 = Sr - Se = k.\tau + F_D \quad (4).$$

La suma de los dos desplazamientos de frecuencia puede proporcionar así el valor de la demora τ , y la diferencia de los dos desplazamientos de frecuencia puede proporcionar el valor de la frecuencia Doppler F_D .

35 De este modo, a partir de tres haces en emisión, es posible determinar simultáneamente las velocidades y las distancias según los 3 ejes, estando las velocidades determinadas por la siguiente relación (λ designando la longitud de onda de la portadora de la señal emitida):

$$V_D = F_D.\lambda/2 \quad (5),$$

y las distancias mediante la siguiente relación:

$$D = \tau.c \quad (6).$$

40 La determinación de los desplazamientos de frecuencia la realiza el módulo de procesamiento de señal 3059 introducido previamente con referencia a la figura 3.

La figura 6 presenta un diagrama que ilustra esquemáticamente un bloque de procesamiento de la señal comprendida en un canal de recepción de un sistema de asistencia al pilotaje según un ejemplo de realización de la invención.

45 Un módulo de procesamiento de señal 3059 recibe la señal procedente del ADC 3057 como entrada. La entrada del módulo de procesamiento de señal 3059 puede estar conectada a un módulo de detección de amplitud de fase o "DAF" 63 transponiendo digitalmente la señal en dos canales en la cuadratura I y Q. El módulo DAF 63 puede estar conectado a un módulo de réplica 65 restando en frecuencia a la señal recibida la réplica de la señal emitida y reduciendo la banda de frecuencia útil, y en paralelo a un módulo de signo de fase 66, reproduciendo una información representativa del signo de la fase de la señal recibida como eco. El módulo de réplica 65 está conectado a un módulo de diezmado 67 que reduce el número de muestras necesarias para el procesamiento por FFT. El módulo de diezmado 67 está conectado a un módulo FFT 69 que realiza el procesamiento por FFT.

El ADC 3057 digitaliza la señal de hiperfrecuencia a un período de muestreo T_{ech} . La señal analógica se transpone a la frecuencia intermedia F_i cuyo valor es superior o igual a la banda de frecuencia de la señal analógica B_w . Esta frecuencia generalmente puede ser del orden de un gigahercio. La frecuencia de muestreo F_{ech} y la banda de frecuencia B_w se pueden elegir de manera que satisfagan las siguientes relaciones:

$$5 \quad F_{ech} \geq 2 \cdot F_i + B_w \quad (7),$$

$$B_w = 2 \cdot F_i \quad (8).$$

De esta manera, los solapamientos de espectro pueden evitarse durante el muestreo.

10 El módulo DAF 63 transpone digitalmente la señal en dos canales en cuadratura I y Q para recuperar el signo de la señal Doppler. La digitalización de la señal permite un mejor rechazo de banda lateral única, es decir, una mejor cuadratura, con respecto a un DAF analógico.

El módulo de replicación 65 permite restar en frecuencia a la señal recibida la réplica de la señal emitida. Esta operación permite determinar el desplazamiento de frecuencia generado por el retardo de la señal recibida y por su desplazamiento en frecuencia debido al efecto Doppler. El resultado de este procesamiento está comprendido en una banda reducida con respecto a las señales de entrada.

15 El módulo de diezmado 67 permite reducir el número de muestras necesarias para el procesamiento por FFT. La frecuencia de muestreo antes del diezmado viene dada por la anterior relación (7).

La ratio de diezmado puede formularse siguiendo la siguiente relación:

$$\delta = B_w / 2 \cdot B_w' \quad (9),$$

donde B_w' es la banda de frecuencia reducida por el módulo de réplica 65.

20 El intervalo de muestreo reducido, denotado T_{ech}' , condiciona la banda espectral de procesamiento del módulo FFT 69.

La figura 7 presenta un diagrama que ilustra esquemáticamente un bloque de recepción multicanal en un sistema de asistencia al pilotaje según un ejemplo de realización de la invención.

25 La figura 3 descrita anteriormente presenta canales únicos de emisión y recepción. El diagrama presentado en la figura 7 ilustra un ejemplo de disposición de tres canales en el bloque de recepción de la señal, según un modo de realización ventajoso.

30 Un bloque de recepción multicanal 70 puede comprender tres canales de recepción 71, 72, 73 independientes conectados respectivamente a tres antenas de recepción A, B y C, estas antenas pueden ser antenas distintas o bien estar situadas conjuntamente. Según el ejemplo de un modo de realización ventajoso ilustrado en la figura, los canales de recepción 71, 72, 73 pueden estar conectados respectivamente a tres canales de recepción secundarios independientes 71', 72', 73', de manera que los tres canales de recepción sean independientes e intercambiables. El primer canal de recepción 71 además puede, por ejemplo, estar acoplado en hiperfrecuencia al segundo canal de recepción secundario 72', el segundo canal de recepción 72 además puede estar acoplado en hiperfrecuencia al tercer canal de recepción secundario 73', y el tercer canal de recepción 73 además puede estar acoplado, por ejemplo, al primer canal de recepción 71. Gracias a esta arquitectura, cuando un canal es defectuoso, el canal secundario acoplado puede tomar el relevo gracias al acoplamiento de hiperfrecuencia de estos canales. Esta arquitectura además tiene la ventaja de evitar el uso de conmutadores cuya fiabilidad puede ser incompatible con las restricciones de seguridad de funcionamiento.

40 Con el fin de evitar la superposición de los espectros de dos señales que transitan por dos canales diferentes, la onda portadora utilizada en cada uno de los canales de emisión se puede elegir de manera que evite la superposición de los espectros de recepción.

Esta arquitectura presenta la ventaja de mejorar la resiliencia, es decir, su capacidad para auto repararse o bien para funcionar en un modo degradado, de un sistema de radar según la presente invención, con respecto a las arquitecturas de radar conocidas.

45 Aguas abajo de los canales de recepción secundarios 71', 72', 73', cada canal de recepción puede ser en sí mismo similar a la estructura de un único canal de recepción 35 descrito anteriormente con referencia a la figura 3.

50 Los módulos de transposición de frecuencia intermedia de los tres canales de recepción tienen frecuencias de referencia OLR1, OLR2 y OLR3, respectivas. Ventajosamente, los ADC de los tres canales se pueden reagrupar dentro de un mismo módulo físico, controlado por mensajes de órdenes H COD. Asimismo, los módulos de procesamiento de señal de los tres canales se pueden reagrupar dentro de un mismo módulo físico que reproducen los tres desplazamientos de frecuencia para los tres canales.

5 Cada módulo de procesamiento de señal puede estar asociado a una memoria, respectivamente RAM.1, RAM.2 y RAM.3 para los tres canales. Las memorias RAM.1, RAM.2 y RAM.3 ventajosamente permiten registrar los datos procedentes del procesamiento de la señal. Están configuradas, por ejemplo, para poder registrar los datos durante un período correspondiente a la duración máxima de las misiones, normalmente de aproximadamente dos horas de vuelo. Los datos registrados permiten entonces, por ejemplo, un examen posterior de las horas de vuelo, realizar simulaciones de situaciones de vuelo o bien simulaciones en tierra de diferentes escenarios de vuelo.

10 Una vez que se han realizado las mediciones de los desplazamientos de frecuencia y se ha determinado el signo de la fase de la señal, los datos se pueden usar para los cálculos de velocidades y distancias. Esto puede realizarse mediante un módulo de procesamiento de información, por ejemplo, comprendido en el módulo de gestión de radar 201 descrito anteriormente con referencia a la figura 2.

La figura 8 presenta un diagrama que ilustra esquemáticamente un bloque de procesamiento de la información comprendido en un sistema de asistencia al pilotaje según un ejemplo de realización de la invención.

15 Los desplazamientos de frecuencia reproducidos por los módulos de procesamiento de señal, de los tres canales descritos anteriormente, pueden formar los datos de entrada de tres bloques de identificación de la franja útil 801, 802, 803 para los tres canales respectivos, estos bloques también pueden designarse "bloques de procesamiento de mar en calma".

20 Cada bloque de identificación de la franja útil 801, 802, 803 está conectado a un bloque de interpolación de la casilla de frecuencia 811, 812, 813 respectivamente para cada canal. Cada bloque de interpolación de casilla de frecuencia 811, 812, 813 está conectado a un bloque de cálculo 821, 822, 823 de la frecuencia Doppler F_D y de la demora τ por el retardo entre la emisión y la recepción, respectivamente, para cada canal.

25 Los tres bloques de cálculo 821, 822, 823 están conectados a un bloque de cálculo de velocidades 830 y a un bloque de cálculo de distancias 840. El bloque de cálculo de velocidades 830 y el bloque de cálculo de distancias 840 están conectados a un bloque de corrección de errores sistemáticos 850, que comprende un bloque de corrección de velocidades 851, un bloque de corrección de distancias 853 y una memoria 855 que contiene información intrínseca vinculada a la configuración física del sistema de radar, en particular, a las antenas, en la base del radar, etc. Las velocidades y distancias corregidas y reproducidas por el bloque de procesamiento de información se pueden comunicar a la cabina de la aeronave a través de un bus de datos apropiado.

Los cálculos se pueden efectuar de la siguiente manera:

- 30
- identificación de la franja útil mediante los bloques de identificación de la franja útil 801, 802, 803 de cada desplazamiento de frecuencia para cada canal, a partir de un umbral de frecuencia independiente de la amplitud de la señal;
 - interpolación mediante los bloques de interpolación de la casilla de frecuencia 811, 812, 813;
 - discriminación de la frecuencia Doppler y del retardo de la señal de eco mediante los bloques de cálculo 821, 822, 823;
- 35
- cálculo de velocidades y distancias a partir de los resultados anteriores mediante el bloque de cálculo de velocidades 830 y el bloque de cálculo de distancias 840;
 - adición de términos correctivos intrínsecos mediante el bloque de corrección de errores sistemáticos 850.

La actualización de las velocidades y distancias puede efectuarse tan pronto como se regenere una de las mediciones de desplazamiento de uno de los canales de recepción.

40 Los bloques de interpolación de las casillas de frecuencia 811, 812, 813 permiten aumentar la precisión de los parámetros de vuelo, tales como la velocidad y la altitud.

45 Estos cálculos presentan la especificidad de permitir un procesamiento simultáneo de la información procedente de los tres canales. Esto permite que el piloto de la aeronave tenga conocimiento de las velocidades y las distancias con respecto al suelo en los tres ejes. De esta manera, es posible integrar en un sistema según la presente invención funciones que facilitan las misiones de vuelo, tales como la asistencia al vuelo estacionario o al aterrizaje, lo que permite reducir, en particular, el riesgo de accidentes. A continuación, se describen ejemplos de tales funciones.

Ventajosamente, se pueden optimizar las secuencias de emisión y recepción en los diferentes canales.

En un primer ejemplo de realización, es posible realizar emisiones y recepciones conmutadas en tres canales.

50 En un segundo ejemplo de realización, es posible realizar emisiones y recepciones conmutadas en tres canales, y realizar fases de pruebas de integridad o de "autocomprobación" permanentes.

En un tercer ejemplo de realización, es posible realizar emisiones y recepciones simultáneas en tres canales.

El primer y segundo ejemplos de realización mencionados anteriormente se describen a continuación, respectivamente, con referencia a las figuras 9 y 10.

Con referencia a la figura 9, la secuencia radar se puede descomponer en un ciclo que consta de tres etapas:

- una primera etapa de emisión de la señal;
- una segunda etapa de recepción de la señal;
- una tercera etapa de procesamiento digital de la señal.

5 El ciclo puede ser de tipo "tubería" coordinado en tres canales, como se ilustra en el cronograma de la figura 9.

En funcionamiento normal, el radar emite y recibe las señales por tres canales alternos, numerados del 1 al 3, conectados respectivamente a las antenas A, B y C.

El procesamiento de la señal en cada uno de los canales puede estar desplazado con un retardo equivalente al tiempo de iluminación de cada una de las antenas.

10 El procesamiento de la información puede efectuarse con cada medición de desplazamiento de frecuencia procedente de cada uno de los tres canales. Por lo tanto, el procesamiento de la información puede así comenzar en cuanto esté disponible la medición de desplazamiento de frecuencia efectuada en el primer canal, y las fases de procesamiento de la información procedente de los tres canales pueden así sucederse sin interrupción durante un ciclo.

15 La figura 10 ilustra en forma de cronograma el segundo modo de realización mencionado anteriormente, en el que se realizan emisiones y recepciones conmutadas en tres canales, como en el primer ejemplo de realización descrito con referencia a la figura 9, y donde además se realizan unas fases autocombprobación permanentes.

Cuando un canal funciona en emisión/recepción, los otros dos canales están inactivos. Esta ventana de inactividad se puede utilizar ventajosamente para realizar autocombprobaciones en vuelo, según el cronograma presentado.

20 Este modo de realización que incluye las autocombprobaciones permite conferir una mejor resiliencia al sistema de radar.

Según el tercer modo de realización mencionado anteriormente, es posible realizar emisiones y recepciones simultáneas en tres canales.

25 En este modo de realización, los tres canales de emisión pueden emitir una onda simultáneamente. Las ondas se pueden transponer entonces a la banda X con una portadora específica para cada uno de los canales. El desplazamiento entre las portadoras se elige para que sea superior a la banda de frecuencia emitida por cada uno de los canales para evitar la superposición del espectro en la recepción. Los tres canales de recepción permiten procesar el conjunto de la información contenida en las tres señales de eco.

30 Otra ventaja de un sistema según la presente invención es que es evolutivo. Por ejemplo, es posible proceder a actualizaciones del sistema de procesamiento de información, de manera más particular, por ejemplo, del bloque de corrección de errores sistemáticos 850 descrito anteriormente con referencia a la figura 8, cargando un nuevo software en la memoria 855.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de funciones que se pueden implementar en un sistema de asistencia al pilotaje según la presente invención.

35 En un primer ejemplo, un sistema de asistencia al pilotaje según la presente invención puede comprender una función que permita un vuelo estacionario servoasistido de la aeronave, es decir que la posición fija de la aeronave esté servoasistida por los datos procedentes de las mediciones de velocidades o distancias en los tres ejes. El sistema puede configurarse de manera que se implementen todas las funcionalidades existentes de los radares de navegación, presentando la ventaja adicional de que se puede mejorar la resolución de la velocidad, gracias a una modulación de los tiempos de iluminación posibilitada en un sistema según la presente invención, pudiendo aumentarse estos, por ejemplo, para aumentar según sea necesario la resolución de la velocidad.

40 En un segundo ejemplo, un sistema de asistencia al pilotaje según la presente invención puede comprender una función de estimación de la distancia entre la aeronave y el suelo, usando las mediciones de distancias permitidas por los tres haces para determinar una altura media de la aeronave.

45 Un sistema de asistencia al pilotaje según la presente invención también puede comprender una función de estimación de la pendiente del suelo con respecto a la aeronave a partir de las mediciones de distancias permitidas por los tres haces.

50 En un tercer ejemplo, un sistema de asistencia al pilotaje según la presente invención puede comprender una función de estimación de las inclinaciones de la zona de aterrizaje para evitar que la aeronave se desequilibre cuando se posa. La posición del suelo se puede definir mediante mediciones de la actitud de la aeronave procedentes de los sensores dedicados combinados con mediciones de las distancias en tres puntos procedentes de los tres haces.

La precisión generalmente se puede elegir inferior a 4 cm para obtener la precisión de inclinación mínima requerida.

De esta manera, un sistema de asistencia al pilotaje según la presente invención puede permitir aterrizajes o apontajes en las mejores condiciones y, en particular, aterrizajes o apontajes en paralelo a la zona de aterrizaje.

En un cuarto ejemplo, un sistema de asistencia al pilotaje según la presente invención puede comprender una función de visualización de la superficie de aterrizaje, a través de medios de visualización adecuados o una interfaz hombre-máquina configurada adecuadamente para tal fin, por ejemplo, a través de la IHM 209 descrita anteriormente con referencia a la figura 2 o mediante un dispositivo de visualización dispuesto en la cabina de la aeronave. Por ejemplo, durante el descenso de la aeronave, la posición en X, Y con respecto al suelo puede mantenerse mediante una servoasistencia de la velocidad, gracias a las mediciones de velocidades en los tres ejes permitidas por el sistema de radar. Ventajosamente, esta información puede ser redundante con la información procedente de un sistema de posicionamiento por satélite. Las distancias de la aeronave con respecto al suelo procedentes de los tres haces del sistema de radar permiten controlar la altura y la actitud de la aeronave con respecto al suelo y los medios de visualización pueden permitir que el piloto visualice la situación.

En un quinto ejemplo, un sistema de asistencia al pilotaje según la presente invención puede comprender una función que permita evitar que la aeronave aterrice sobre escarpaduras u objetos que comprometan la estabilidad de la aeronave en tierra. Los registros de las mediciones de alturas procedentes de los haces durante el descenso de la aeronave pueden permitir reconstruir la topografía del suelo, debiéndose entender el término "suelo" según su acepción más amplia, y pudiéndose definir como la superficie de objetos tales como vehículos o superficies muy inclinadas como acantilados o laderas de montañas. La topografía así obtenida se puede comparar con los puntos de aterrizaje o de apoyo de la aeronave y se pueden generar alertas en caso de incompatibilidad.

En un sexto ejemplo, un sistema de asistencia al pilotaje según la presente invención puede comprender una función que permita facilitar los aterrizajes sobre plataformas móviles. El ángulo de inclinación de la aeronave se puede adaptar a las inclinaciones de la plataforma de aterrizaje gracias a una medición del ángulo de inclinación procedente de los sensores dedicados. Las distancias con respecto al suelo procedentes de los tres haces del sistema de radar pueden permitir entonces controlar la altura y la actitud de la aeronave con respecto al suelo. La situación se puede presentar entonces al piloto por medio de una interfaz hombre-máquina configurada adecuadamente, por ejemplo, la IHM 209 descrita anteriormente con referencia a la figura 2. Ventajosamente, los medios de determinación pueden permitir evaluar un instante de toma de contacto a partir de variaciones del plan de posado, determinadas a partir de dichas mediciones de distancias y velocidades en los tres ejes. La solicitud de patente francesa publicada con la referencia FR 2944128 describe, por ejemplo, un procedimiento de asistencia al apontaje, según el cual se puede enviar una orden a la aeronave para iniciar un descenso hasta un punto de apontaje, cuando la altura de la plataforma de aterrizaje está en el punto máximo de una curva típica que representa la altura de la plataforma en función del tiempo cuando la aeronave está en posición de preparación de la fase de apontaje, en un primer instante. La aeronave debe desplazarse entonces lo suficientemente rápido como para unir el punto de apontaje a un segundo instante, preferentemente cuando la plataforma está en su punto más bajo, siendo su velocidad de cabeceo sustancialmente nula en este segundo instante. Cuando la aeronave se posa durante la fase descendente del movimiento de cabeceo de la plataforma, se absorbe el choque; cuando la aeronave se posa en el segundo instante mencionado anteriormente, volvemos al caso de un aterrizaje. Preferentemente, la frecuencia de regeneración de la información transmitida a la aeronave es del orden de al menos diez veces la frecuencia de los movimientos experimentados por la plataforma móvil, para anticipar correctamente el momento de apontaje oportuno y poder reajustar con frecuencia la trayectoria de la aeronave hasta el apontaje.

El sistema según la invención descrito en la solicitud de patente FR 2944128 mencionada anteriormente puede permitir en particular determinar, a partir de la plataforma, la posición de la aeronave y la inclinación de la plataforma y transmitir órdenes de guiado a la aeronave para que pueda posarse de manera segura.

Además, cabe observar que un sistema según la presente invención permite determinar a partir de la aeronave la posición y la inclinación de la plataforma de apontaje. Ventajosamente, la aeronave puede ser autónoma en estas mediciones. Esto permite reducir los costes de equipamiento de la plataforma y de transmisión entre la plataforma y la aeronave. Esta reducción puede considerarse cuando una aeronave puede aterrizar en varias plataformas. La fiabilidad del sistema también aumenta.

En un séptimo ejemplo, un sistema de asistencia al pilotaje según la presente invención puede comprender una función que permita un vuelo estacionario o un aterrizaje en un área designada en el suelo por un operario. Un operario puede designar, por ejemplo, el punto de aproximación y de aterrizaje mediante una o más radiobalizas posicionadas. El sistema de asistencia al pilotaje se puede configurar entonces para guiar la aeronave con respecto a la radiobaliza por goniometría o medición de desviaciones entre dos o tres haces formados en la recepción por el sistema de radar.

El piloto también puede dejar caer una o más radiobalizas en uno o más puntos, esto en cualquier condición atmosférica, incluso en situaciones de *brownout*.

A partir de las mediciones realizadas por el sistema de radar y una o más balizas, unos medios adecuados pueden permitir la realización de una extrapolación de los movimientos de la plataforma sobre la que debe posarse la aeronave. De este modo, es posible determinar el momento óptimo de posado de la aeronave y permitir la visualización de la información correspondiente al piloto o bien controlar un dispositivo de piloto automático en consecuencia.

5 Por ejemplo, el sistema puede comprender unos medios de recepción en al menos dos haces y unos medios para realizar un centrado por goniometría o medición de desviaciones de una señal recibida de una baliza de posicionamiento dispuesta en el suelo o sobre un portador que emite una señal con una frecuencia determinada, para permitir un guiado en aproximación. En un modo de realización de este tipo, las fases de escucha de la señal emitida por la baliza se pueden intercalar entre unas fases sucesivas de emisión según los al menos tres haces secuencialmente o simultáneamente en los tres haces.

10 Incluso, el sistema puede comprender unos medios de recepción en al menos tres haces y unos medios para realizar un centrado por goniometría o medición de desviaciones de una señal recibida de una baliza de posicionamiento dispuesta en el suelo o sobre un portador que emite una señal a una frecuencia determinada, para permitir un aterrizaje o un apontaje de precisión encima de la baliza o en las inmediaciones de la baliza.

También ventajosamente, el sistema puede comprender unos medios de recepción en al menos dos haces y unos medios para realizar un centrado por goniometría y/o medición de desviaciones de dos o más señales recibidas de balizas de posicionamiento dispuestas en el suelo o sobre un portador que emite señales a unas frecuencias determinadas, para permitir un aterrizaje o un apontaje de precisión con respecto a las balizas.

15 Ventajosamente, un sistema según uno de los modos de realización de la invención hace posible prescindir de dispositivos de posicionamiento por satélite, si comprende unos medios apropiados de hibridación de las mediciones de velocidades y distancias con los datos de una central inercial, incluso de precisión relativamente baja, por ejemplo, con los datos de un sistema del tipo AHRS mencionado anteriormente.

20 Ventajosamente, un sistema según uno de los modos de realización de la invención puede comprender unos medios de hibridación que permiten reajustar una central de navegación a partir de las mediciones de velocidades y distancias.

Ventajosamente, un sistema según uno de los modos de realización de la invención además puede comprender unos medios de hibridación adicionales que lo permitan, con un modelo digital del terreno, generalmente designado por el acrónimo "NMT". Dicha hibridación permite, por ejemplo, consolidar los datos medidos o bien aumentar la precisión de la navegación, o incluso, por ejemplo, detectar objetos o vehículos presentes en una zona.

25 Cabe observar que, en los modos de realización descritos anteriormente a modo de ejemplo, los medios de medición utilizados son unos medios de tipo radar; sin embargo, se pueden utilizar otros medios, tales como, por ejemplo, radioaltímetros, medios de medición óptica, medios de medición acústicos.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de asistencia al pilotaje de una aeronave (1) en la fase de aterrizaje o apontaje, que comprende unos medios de medición (20) adecuados para realizar mediciones de distancias de la aeronave (1) con respecto al suelo, y mediciones de velocidades de la aeronave (1) con respecto al suelo, en al menos tres canales de emisión (33) y recepción (35) correspondientes a al menos tres ejes (Da, Db, Dc) respectivos, siendo los al menos tres canales de emisión (33) independientes, comprendiendo además dicho sistema un modelo digital del terreno y unos medios de hibridación adicionales de dichas mediciones de distancias y velocidades relativas de la aeronave (1) con respecto a la zona de aterrizaje o apontaje con los datos de dicho modelo digital del terreno;
- 5 estando dicho sistema **caracterizado porque** también comprende unos medios de recepción en al menos dos haces, configurados para realizar un centrado por goniometría o medición de desviaciones en una baliza de posicionamiento dispuesta en el suelo o sobre un portador, emitiendo dicha baliza una señal de frecuencia determinada, permitiendo dicho centrado un guiado en aproximación.
- 10
2. Sistema de asistencia al pilotaje según la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende unos medios de recepción en al menos tres haces configurados para realizar un centrado por goniometría o medición de desviaciones de una señal recibida de una baliza de posicionamiento dispuesta en el suelo o sobre un portador que emite una señal con una frecuencia determinada, para permitir un aterrizaje o un apontaje de precisión encima de la baliza o en las inmediaciones de la baliza.
- 15
3. Sistema de asistencia al pilotaje según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** además comprende una función de determinación de una pendiente del suelo con respecto a la aeronave (1) a partir de mediciones de distancias de la aeronave (1) con respecto al suelo.
- 20
4. Sistema de asistencia al pilotaje según la reivindicación 3, **caracterizado porque** además comprende unos medios de alerta, adecuados para activarse cuando una pendiente del suelo con respecto a la aeronave supera un valor umbral determinado.
5. Sistema de asistencia al pilotaje según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** además comprende una función de estimación de las inclinaciones de una zona de aproximación o de aterrizaje de la aeronave a partir de dichas mediciones de distancias en los tres ejes.
- 25
6. Sistema de asistencia al pilotaje según la reivindicación 5, que además comprende unos medios de determinación de un instante de toma de contacto a partir de las variaciones de posición e inclinación de la zona de aterrizaje o apontaje, determinadas a partir de dichas mediciones de distancias y velocidades en los tres ejes.
- 30
7. Sistema de asistencia al pilotaje según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los medios de medición comprenden un sistema de radar (20), que comprende al menos una antena de emisión (2030) configurada para producir al menos tres haces en dichos al menos tres canales, al menos una antena de recepción (2050) configurada para recoger las señales recibidas como eco, y unos medios de gestión de radar (201) configurados para extraer a partir de las señales recibidas, mediciones de velocidades y distancias de la aeronave (1) con respecto al suelo, estando cada distancia determinada por una medición del retardo de la señal recibida como eco de una señal emitida, y estando cada velocidad determinada por una medición del desplazamiento en frecuencia entre la señal emitida y la señal recibida como eco.
- 35
8. Sistema de asistencia al pilotaje según la reivindicación 7, **caracterizado porque** el sistema de radar (20) está configurado de manera que la forma de onda de las señales emitidas comprende una primera rampa de frecuencia creciente o decreciente con pendiente constante en una banda de frecuencia determinada y que se extiende a lo largo de un período correspondiente a la mitad de un tiempo de iluminación (T_e), seguida de una segunda rampa de frecuencia respectivamente decreciente o creciente con una pendiente constante en dicha banda de frecuencia determinada y que se extiende a lo largo de un período correspondiente a la mitad del tiempo de iluminación (T_e), estando la distancia y la velocidad en un canal determinadas en una sola iluminación, respectivamente, a partir de la suma entre las diferencias (ΔF_1 , ΔF_2) entre las señales emitidas (S_e) y recibidas (S_r) durante un primer período de tiempo (T_{rm1}) durante el cual las formas de onda de las señales emitidas y de las señales recibidas tienen simultáneamente la forma de una rampa creciente, y a partir de la diferencia entre las diferencias (ΔF_1 , ΔF_2) entre las señales emitidas (S_e) y recibidas (S_r) durante un segundo período de tiempo (T_{rm2}) durante el cual las formas de onda de las señales emitidas y de las señales recibidas tienen simultáneamente la forma de una rampa decreciente.
- 40
- 45
9. Sistema de asistencia al pilotaje según una cualquiera de las reivindicaciones 7 y 8, **caracterizado porque** los períodos de emisión y recepción se realizan simultáneamente en los tres canales, estando cada canal asociado a una frecuencia diferente de la señal de emisión.
- 50
10. Sistema de asistencia al pilotaje según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, **caracterizado porque** cuando en un canal dado no se realiza ninguna emisión o recepción, unos medios de prueba realizan una prueba de integridad de dicho canal dado.
- 55
11. Sistema de asistencia al pilotaje según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, **caracterizado porque** cada canal de recepción comprende un canal de recepción (71, 72, 73) y un canal de recepción secundario (71', 72', 73'),

estando un canal de recepción (71, 72, 73) conectado a dos canales de recepción secundarios (71', 72', 73') de manera que se forma una redundancia.

- 5 12. Sistema de asistencia al pilotaje según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** además comprende una interfaz hombre-máquina (209), configurada para presentar una representación gráfica del suelo con respecto a la aeronave (1) establecida a partir de dichas mediciones de distancias y velocidad.
13. Sistema de asistencia al pilotaje según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** además comprende una función de estimación de la distancia entre la aeronave (1) y el suelo adecuada para determinar una altura media de la aeronave (1) a partir de dichas mediciones de distancias en los tres ejes.
- 10 14. Sistema de asistencia al pilotaje según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** además comprende una función que permite un vuelo estacionario servoasistido de la aeronave (1), mediante la cual la posición fija de la aeronave (1) está servoasistida mediante los datos procedentes de las mediciones de velocidades y distancias en los tres ejes.

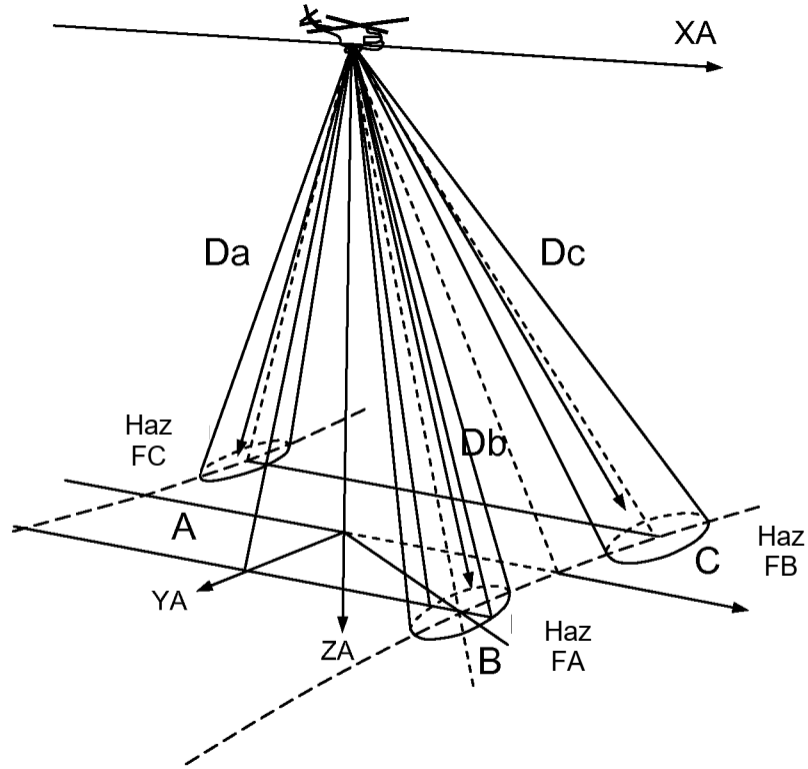


FIG.1

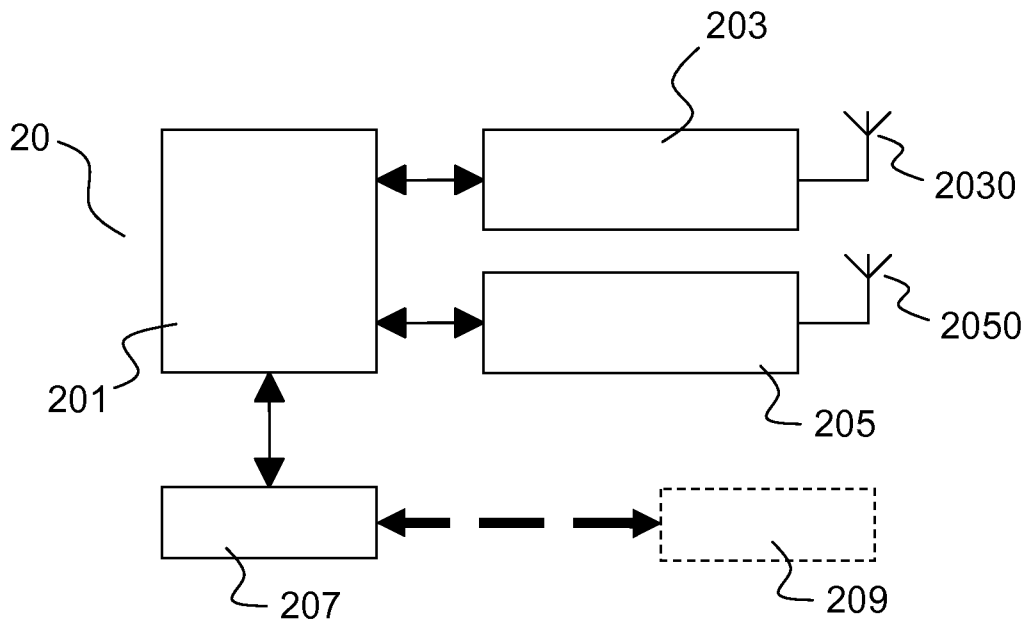


FIG.2

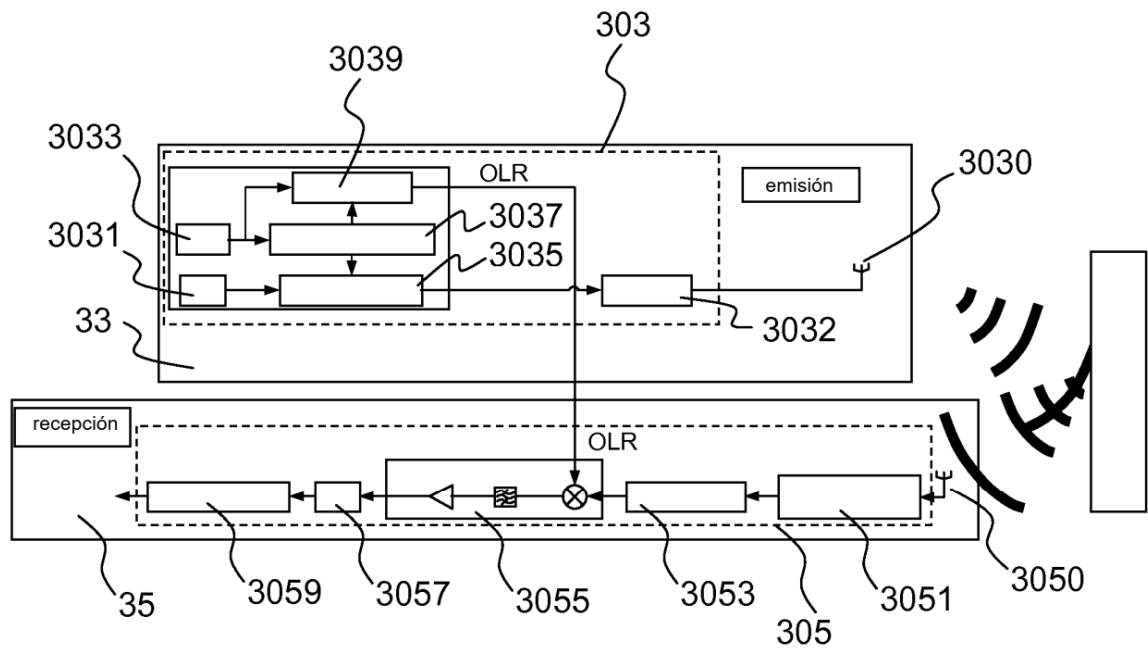


FIG.3

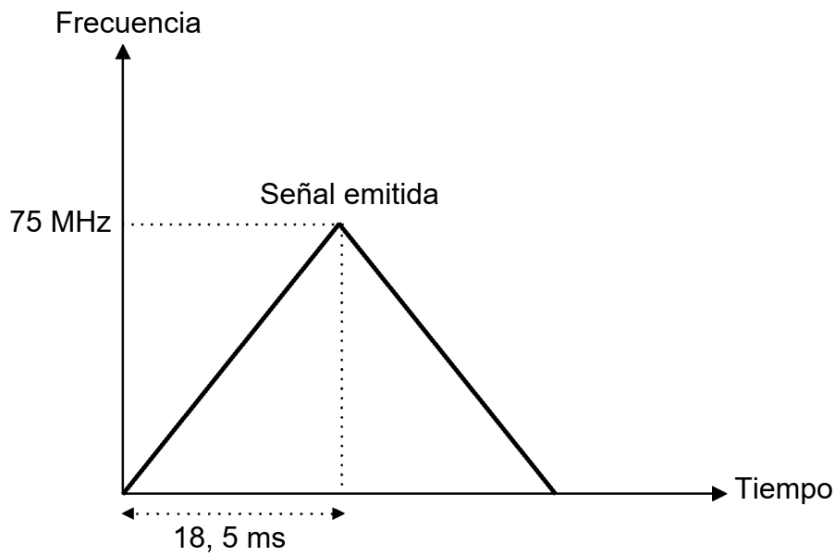


FIG.4

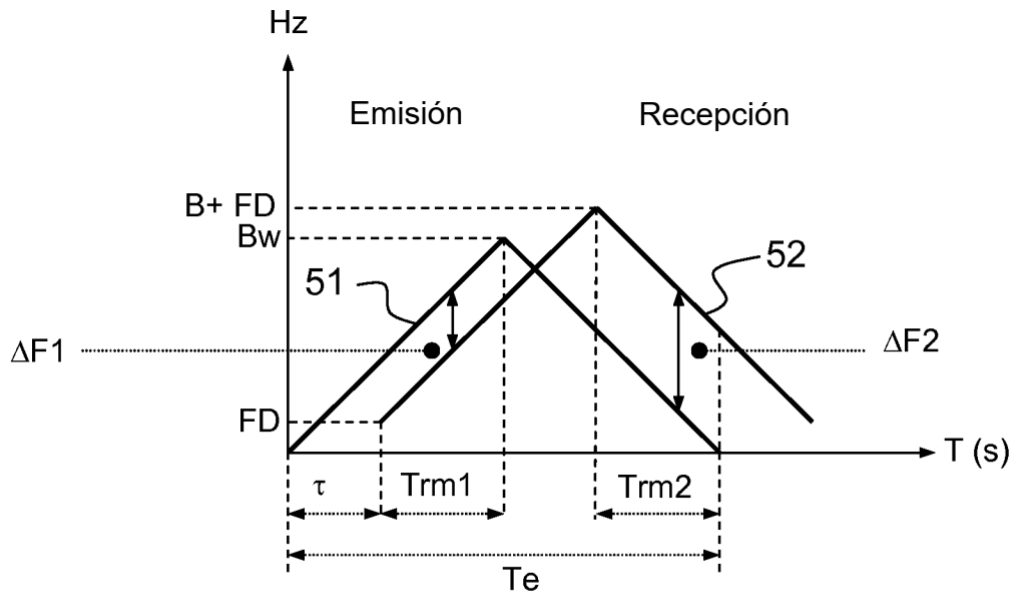


FIG.5

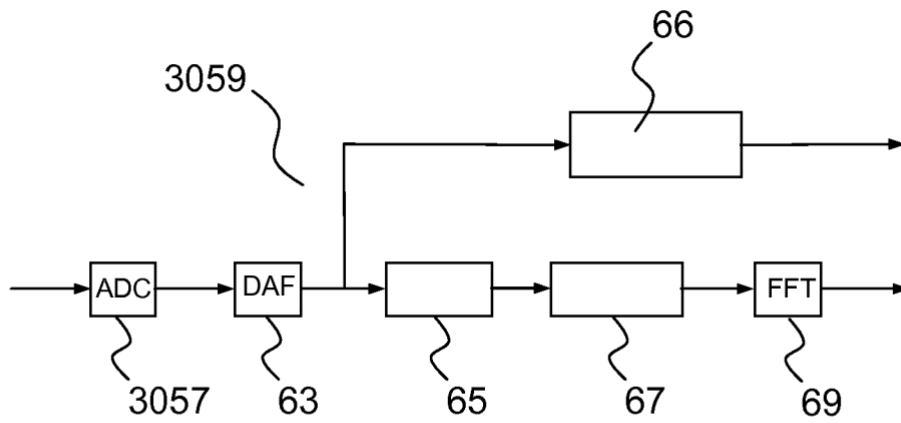


FIG.6

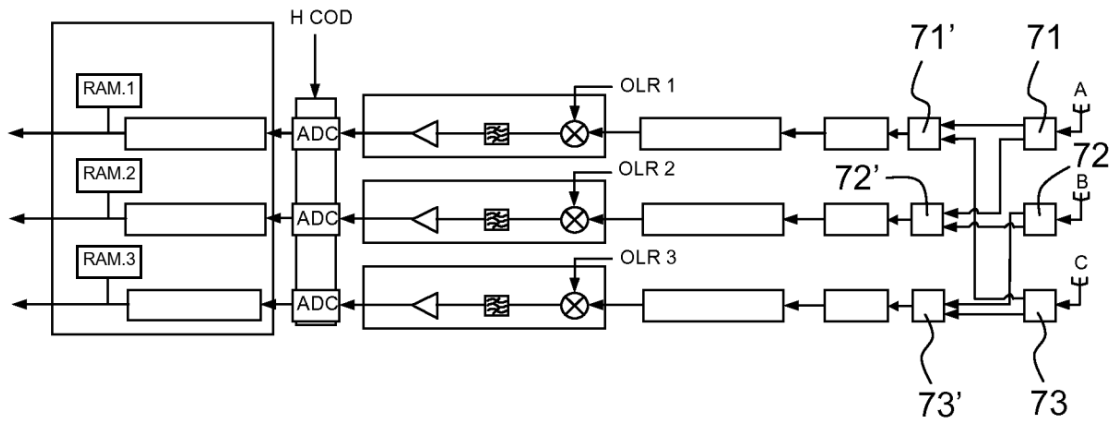


FIG.7

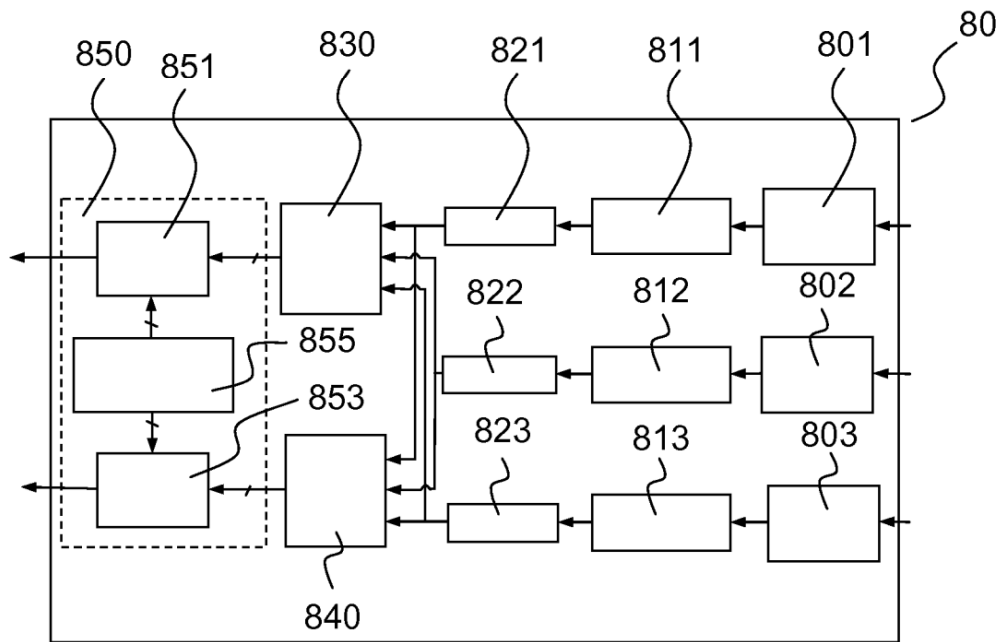


FIG.8

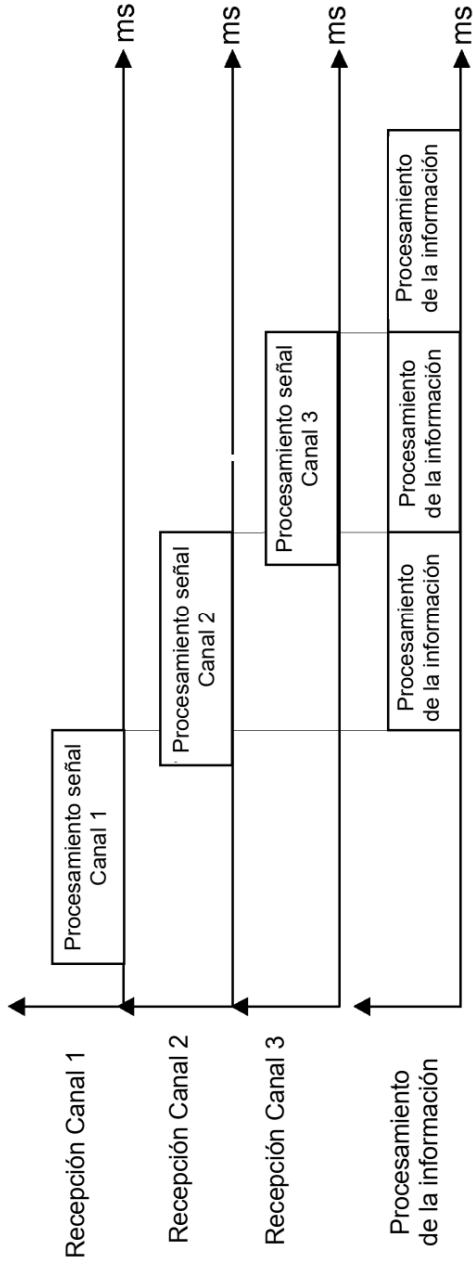


FIG.9

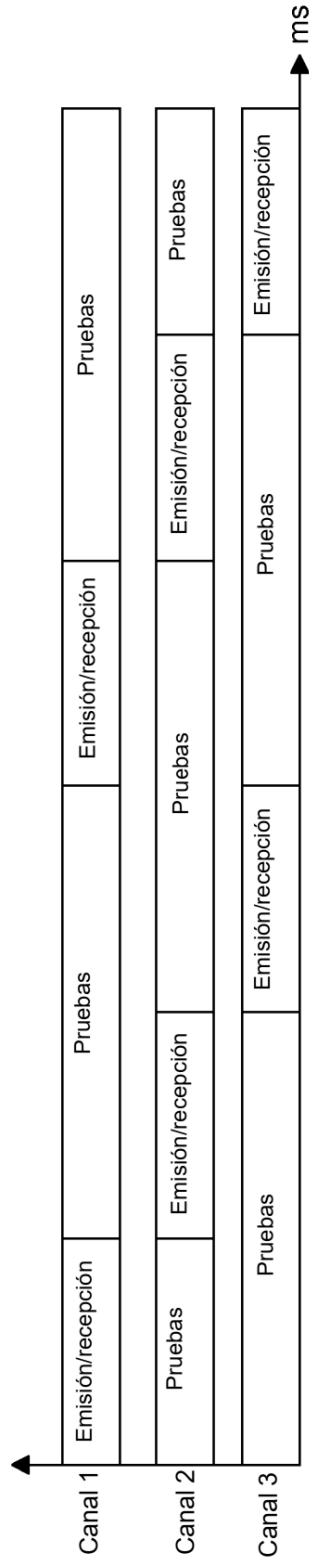


FIG.10