

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 398 165**

51 Int. Cl.:

B64C 13/50 (2006.01)

G05D 1/08 (2006.01)

G05D 1/10 (2006.01)

B64C 39/02 (2006.01)

B64C 13/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.09.2005 E 05787779 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2012 EP 1797487**

54 Título: **Vuelo autónomo para plataformas de vuelo**

30 Prioridad:

28.09.2004 IL 16433504

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

14.03.2013

73 Titular/es:

STEADICOPTER LTD. (100.0%)

P.O. Box 567

20692 Yoqneam lillit, IL

72 Inventor/es:

SEGAL, TUVIA

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 398 165 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

Vuelo autónomo para plataformas de vuelo

CAMPO DE LA INVENCION

5 La presente invención se refiere al control y la estabilización del vuelo. Más particularmente se refiere a proporcionar capacidades de vuelo autónomo completo o parcial a plataformas de vuelo.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10 Para un vuelo autónomo con éxito, una plataforma de vuelo debe ser capaz de mantener la estabilidad mientras lleva a cabo un plan de vuelo. Esto significa todas las tareas del vuelo tales como: despegue, vuelo estacionario, vuelo en una ruta definida y aterrizaje. Los parámetros físicos del vuelo tales como: posición, velocidad, aceleración o más específicamente: altitud, vertical (eje z), velocidad o aceleración de ascenso o descenso, posición horizontal (ejes x, y), velocidad o aceleración. Esta capacidad es particularmente difícil de lograr para plataformas de vuelo relativamente inestables, tales como helicópteros modelos de corta escala o bien otros vehículos de despegue y aterrizaje vertical (VTOL).

20 Además de la inestabilidad inherente de la plataforma, es difícil calcular los niveles de los valores de salida correctos a los servos/accionamientos que gobiernan la plataforma a fin de controlar y conseguir los parámetros de vuelo requeridos. Esta dificultad está causada por el hecho de que:

25 - las plataformas no estables, especialmente las plataformas de corta escala son muy sensibles a cualquier cambio en la condición de estabilización incluso un pequeño cambio durante un periodo muy corto en la salida, o en un factor medioambiental tal como la velocidad del viento, puede causar una condición no estable inmediata,

30 - la entrada a partir de los sensores con respecto a las condiciones de vuelo de la plataforma que se utilizan para calcular las salidas y la propia señal de salida, no siempre son suficientemente precisas, o pueden tener un tiempo de respuesta o un tiempo de actualización (frecuencia) insuficiente, especialmente con sensores de baja frecuencia (tamaño pequeño, bajo peso y coste),

35 - la gama de salida o la resolución y la precisión del servo o del accionamiento puede ser relativamente estrecha, especialmente en plataformas de corta escala, las cuales son muy sensibles a cambios incluso muy pequeños en la salida, y

- existe un desfase (retraso entre la salida y la respuesta real de la plataforma), la cantidad del desfase estando sujeta a los parámetros del vuelo y la naturaleza de la plataforma.

40 La presente invención proporciona un sistema (y un procedimiento) para vuelo autónomo (o semiautónomo) estable de plataformas de vuelo no estables. La mayoría de las plataformas de alas fijas están diseñadas para mantener la estabilidad durante el vuelo y mantendrán su condición de vuelo en todos los seis ejes con una mínima corrección del piloto. Las plataformas no estables, tales como las alas giratorias, no pueden mantener su condición de vuelo y sin un pilotaje activo volcarán inmediatamente, especialmente durante el vuelo estacionario. Este problema se exacerba en las plataformas no estables de corta escala. El documento US 3549108 describe el preámbulo de la reivindicación 1.

Mientras la presente invención es particularmente ventajosa para plataformas de vuelo no estables, también se puede aplicar para mejorar el vuelo de plataformas de vuelo inherentemente estables.

50 La invención introduce las siguientes innovaciones.

- El sistema de estabilización y el sistema de control del vuelo están separados y funcionan de forma cooperativa uno con el otro.

55 - El sistema de estabilización puede tener un ajuste dinámico del parámetro que ajuste los parámetros de estabilización de acuerdo con las condiciones climáticas o los cambios en el peso de la plataforma, mejorando de ese modo la flexibilidad (amplitud) de la plataforma y el tiempo requerido para recuperar el tiempo de estabilidad de la plataforma.

60 - En lugar de una señal de salida de control incremental individual, el sistema proporciona en cada ciclo un grupo de salidas. La longitud y magnitud del ciclo de salida a los servos/accionamientos está modulada.

- Si ocurre una condición de no estabilidad extrema, el sistema de control del vuelo se desacopla de la plataforma hasta que el sistema de estabilización vuelve a ganar una estabilidad aceptable.

65

- En el caso de un fallo temporal o importante en el sistema de control del vuelo, el sistema de estabilización mantendrá la plataforma equilibrada hasta la recuperación o realizará un aterrizaje de autorrotación de emergencia.

5 - Un usuario tiene la opción de anular temporalmente el sistema de control del vuelo con los mandos de vuelo manual o seleccionar el modo semiautomático para un funcionamiento continuo con los mandos de vuelo manual.

Estas innovaciones se describen ahora con más detalle.

10 La presente invención comprende un sistema de estabilización ajustable subyacente que proporciona la estabilización aerodinámica básica de la plataforma. La invención adicionalmente comprende un sistema de control del vuelo encima del sistema de estabilización para controlar diversos parámetros del vuelo y la navegación. Este sistema (y el procedimiento correspondiente) supera el problema de controlar el vuelo de plataformas no estables (y mejora el vuelo de las plataformas estables).

15 La invención adicionalmente proporciona una modificación dinámica del parámetro de estabilización a fin de adaptar el comportamiento, la flexibilidad y el tiempo de recuperación de la estabilización de la plataforma dinámicamente según los cambios en las condiciones externas tales como la magnitud y la dirección del viento o los cambios en el peso de la plataforma. Estos parámetros externos son supervisados, evaluados y si es necesario modificados para mantener la flexibilidad y el tiempo de recuperación requeridos de la plataforma.

20 La invención adicionalmente proporciona un procedimiento de salida cíclico único para el control de los parámetros de vuelo requeridos a través de los servos/accionamientos de la plataforma, el cual controla los parámetros de vuelo de la plataforma (en el caso de plataformas de ala giratoria, este control se expresa en el paso de la pala, el ángulo del plano de giro y el paso del rotor de cola). El procedimiento de salida cíclico implica la modulación de la longitud del ciclo y la magnitud de las salidas a los servos/accionamientos de tal modo que, en lugar de una salida incremental individual calculada por el algoritmo de control, la salida comprende un grupo (un ciclo) de una o más salidas con una magnitud mayor que la salida calculada y seguida por una o más salidas de magnitud menor que la salida calculada, las magnitudes menores son una función de las salidas mayores. Esto supera el problema de la precisión de la señal de salida y el tiempo de desfase de respuesta requerido para un control apropiado de los diversos parámetros del vuelo. Este procedimiento innovador único puede ser implantado, utilizando diversos algoritmos de control básicos tales como control proporcional, integral y diferencial (PID) o un algoritmo de control de lógica difusa, como una capa intermedia entre las salidas calculadas del algoritmo de control básico y las salidas reales a los servos/accionamientos.

35 La invención adicionalmente proporciona el desacoplamiento del sistema de control del vuelo si un acontecimiento no estable extremo es detectado por el sistema de desacoplamiento. En ese acontecimiento, el sistema de control es computado al modo neutro durante tanto tiempo como sea requerido hasta que el sistema de estabilización recupere la plataforma a un estado de estabilidad aceptable. Después de la recuperación, el sistema de control del vuelo se vuelve a acoplar automáticamente.

40 La invención adicionalmente proporciona un nivel más elevado de seguridad de funcionamiento debido a la arquitectura de la invención de dos sistemas separados. En caso de un fallo temporal o importante del sistema de control del vuelo, uno de sus componentes, o sensores tales como un GPS (sistema de navegación global), el sistema de estabilización mantendrá la plataforma equilibrada hasta la recuperación o realizará un aterrizaje de autorrotación de emergencia.

45 La invención adicionalmente proporciona al usuario una interfaz de control remoto al sistema de control del vuelo, que permite al usuario poner la plataforma en un modo semiautomático. En el modo semiautomático el sistema de control del vuelo recibe sus parámetros de vuelo real desde los mandatos del usuario en lugar de desde el plan de vuelo previamente programado. En este modo incluso un usuario no experto puede pilotar la nave mediante mandatos de control remotos. La interfaz de control remoto puede ser programas o equipo, por ejemplo, mandatos enviados a través de un teclado.

50 El problema general resuelto por esta invención es proporcionar una capacidad de control completamente autónomo para plataformas de vuelo no estabilizadas, especialmente, pero no limitadas a ellas, a plataformas de corta escala, tales como helicópteros modelos de corto alcance.

55 La tecnología de la presente invención permite un vuelo controlado previamente programado a través de un plan de vuelo/navegación en un modo completamente automático. O la plataforma puede volar en modo semiautomático, con un operador novato que controle algunos o todos los parámetros del vuelo utilizando un conjunto de control simple. El usuario novato, si quiere, puede controlar la dirección volviendo a acoplar entonces el control del vuelo autónomo para un comportamiento completamente autónomo de las operaciones que requieren habilidades del piloto, tales como: despegue, vuelo estacionario, vuelo y aterrizaje incluso en extremas condiciones climáticas, sin la necesidad de implicación o interferencia tripulada.

60

65

La tecnología núcleo y la innovación se basan en disponer de un sistema de estabilización dinámica y de un sistema de control del vuelo separados, pero integrados, así como un procedimiento de salida único desarrollado para esta aplicación. Las tecnologías conocidas más próximas ofrecen principalmente dos capacidades separadas, estabilizadores y piloto automático:

- 5 - estabilizadores para plataformas de vuelo estabilizadas o no estabilizadas
- pilotos automáticos para plataformas estabilizadas con algunas capacidades de estabilización incorporadas.

10 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

Se proporciona por lo tanto un sistema para un vuelo autónomo o semiautónomo de una plataforma de vuelo con accionamientos del vuelo, el sistema comprendiendo un subsistema de estabilización para controlar los accionamientos del vuelo para mantener la estabilización de la plataforma de vuelo en vuelo y un subsistema de control del vuelo para controlar los accionamientos del vuelo para implantar el control del vuelo de la plataforma de vuelo en vuelo, los dos subsistemas funcionando separadamente, en el que el subsistema de control del vuelo es anulado por el subsistema de estabilización en un acontecimiento en el que la plataforma de vuelo exceda de un umbral de estabilización previamente determinado hasta que la plataforma de vuelo vuelva a ganar estabilidad.

20 Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, el subsistema de estabilización comprende sensores de medición de la estabilidad, los sensores proporcionando una entrada a un conjunto de procesamiento de control de la estabilización que implanta un algoritmo de control de la estabilización, el conjunto de procesamiento de control de la estabilización proporcionando salidas de estabilización a los accionamientos del vuelo de la plataforma de vuelo.

25 Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, se utiliza un conjunto de parámetros de auto ajuste del algoritmo de control de la estabilización.

30 Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, se utiliza un conjunto de parámetros previamente establecidos del algoritmo de control de la estabilización.

35 Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, el subsistema de control del vuelo comprende sensores de vuelo que miden los parámetros del vuelo, los sensores de vuelo proporcionando una entrada a un conjunto de procesamiento de control del vuelo que implanta un algoritmo de control del vuelo, el conjunto de procesamiento de control del vuelo proporcionando salidas de control del vuelo a los accionamientos del vuelo de la plataforma de vuelo.

40 Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, el algoritmo de control del vuelo calcula las magnitudes requeridas de las salidas de control del vuelo y produce, para cada magnitud requerida, un grupo de salidas que comprende por lo menos una de una pluralidad de salidas de las magnitudes mayores que la magnitud requerida, y por lo menos una de una pluralidad de salidas de magnitudes menores que la magnitud requerida.

45 Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, en por lo menos algunos de los grupos de salidas, dicha por lo menos una de una pluralidad de salidas de magnitudes mayores precede a dicha por lo menos una de una pluralidad de salidas de magnitudes menores.

50 Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, las magnitudes de las salidas menores están relacionadas mediante una función con las magnitudes de las salidas mayores.

Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, el número total de salidas por grupo es constante.

55 Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, el número total de salidas por grupo de las magnitudes mayores es constante.

Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, el número total de salidas por grupo de las magnitudes menores es constante.

60 Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, en el momento en el que ocurra un fallo previamente definido en el subsistema de control del vuelo, el subsistema de estabilización mantiene la plataforma de vuelo equilibrada hasta que el subsistema de control del vuelo se recupere.

65 Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, el subsistema de estabilización mantiene la estabilización de la plataforma de vuelo hasta que el subsistema de control del vuelo realice un aterrizaje de emergencia.

Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, el sistema está adicionalmente provisto de una estación de tierra en comunicación con el subsistema de control del vuelo, por lo que un operador puede anular el subsistema de control del vuelo con mandatos manuales de vuelo.

5 Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, se proporciona un procedimiento para un vuelo autónomo o semiautónomo de una plataforma de vuelo con accionamientos del vuelo, el procedimiento comprendiendo:

- 10 - proporcionar un subsistema de estabilización para controlar los accionamientos del vuelo y un subsistema de control del vuelo para controlar los accionamientos del vuelo, los dos subsistemas funcionando separadamente,
- mantener la estabilización de la plataforma de vuelo en vuelo mediante el control de los accionamientos del vuelo utilizando el subsistema de estabilización, e
- 15 - implantar un control del vuelo de la plataforma de vuelo en vuelo mediante el control de los accionamientos del vuelo utilizando la ejecución del control del vuelo del subsistema de control del vuelo,
- anular el subsistema de control del vuelo mediante el subsistema de estabilización en un acontecimiento en el que la plataforma de vuelo exceda de un umbral de estabilización previamente determinado hasta que la plataforma de vuelo vuelva a ganar estabilidad.
- 20

Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, el mantenimiento de la estabilización se consigue utilizando un algoritmo de control de la estabilización con un conjunto de parámetros de auto ajuste.

25

Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, el mantenimiento de la estabilización se consigue utilizando un algoritmo de control de la estabilización con un conjunto de parámetros previamente ajustados.

30

Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, la implantación del control del vuelo se lleva a cabo utilizando un algoritmo de control del vuelo que genera salidas de control del vuelo.

Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, el algoritmo de control del vuelo calcula las magnitudes requeridas de las salidas de control del vuelo y produce, para cada magnitud requerida, un grupo de salidas que comprende por lo menos una de una pluralidad de salidas de magnitudes mayores que la magnitud requerida y por lo menos una de una pluralidad de salidas de magnitudes menores que la magnitud requerida.

35

Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, en por lo menos algunos de los grupos de salidas, dicha por lo menos una de una pluralidad de salidas de magnitudes mayores precede a dicha por lo menos una de una pluralidad de salidas de magnitudes menores.

Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, las magnitudes de las salidas menores están relacionadas mediante una función con las magnitudes de las salidas mayores.

45

Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, el número total de salidas por grupo es constante.

Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, el número total de salidas por grupo de las magnitudes mayores es constante.

50

Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, el número total de salidas por grupo de las magnitudes menores es constante.

55

Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, en el momento en el que ocurra un fallo previamente definido en el subsistema de control del vuelo, la estabilización es mantenida por el subsistema de estabilización hasta que el subsistema de control del vuelo se recupere.

Adicionalmente, según algunas formas de realización preferidas de la presente invención, la estabilización es mantenida por el subsistema de estabilización hasta que el subsistema de control del vuelo realice un aterrizaje de emergencia.

60

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

65 La invención se describe en este documento, a título de ejemplo únicamente, con referencia a las figuras adjuntas,

en las cuales componentes iguales están designados por números de referencia iguales.

La figura 1 es un diagrama de un sistema de estabilización para una plataforma de vuelo según una forma de realización preferida de la presente invención.

5 La figura 2 es un diagrama de un sistema de control del vuelo para una plataforma de vuelo según una forma de realización preferida de la presente invención.

10 La figura 3 es un diagrama de la arquitectura de un sistema de doble nivel para la estabilización y el vuelo de una plataforma de vuelo según una forma de realización preferida de la presente invención.

La figura 4 es un diagrama que ilustra las fuerzas que actúan en una plataforma de vuelo según una forma de realización preferida de la presente invención.

15 La figura 5 ilustra salidas moduladas a servos/accionamientos según una forma de realización preferida de la presente invención.

20 La figura 6 ilustra el mecanismo de separación automática del sistema de control del vuelo según una forma de realización preferida de la presente invención.

La figura 7 es un diagrama que muestra un control del vuelo manual integrado opcional en una forma de realización preferida de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

25 El control del vuelo y el sistema de estabilización de la presente invención combina dos capas:

a. Sistema de estabilización 1

30 b. Sistema de control del vuelo 2

El sistema de estabilización 1 es la capa de nivel inferior autónoma básica, que proporciona la estabilización aerodinámica de la plataforma de vuelo tripulada o no tripulada. El sistema de estabilización 1 realiza (con parámetros previamente ajustados o dinámicamente ajustables) una estabilización de alto grado que reduce la cantidad de esfuerzo de control del vuelo, incluyendo el pilotaje, requerido para controlar la plataforma.

La estabilización aerodinámica de la plataforma no estabilizada conseguida por el sistema de estabilización prepara y proporciona el control del vuelo del nivel más alto (incluyendo el pilotaje) mediante la estabilización de la plataforma de vuelo. El control del vuelo del nivel más alto puede ser implantado a través de un sistema de control del vuelo (equipo y programas), de un control tripulado real o una combinación de los mismos.

Con referencia a la figura 1, el sistema de estabilización 1 comprende entradas de los sensores (tales como acelerómetros 10, giróscopos 12 y brújulas de inclinación 14), algoritmos de control 16 (típicamente implantados como programas que corren en un conjunto de procesamiento, tal como el ordenador de la plataforma o un ordenador dedicado) y señales de salida 18 a los accionamientos. (A través de esta memoria, el accionamiento se utiliza de forma sinónima para el servo). Los sensores miden los diversos parámetros de la plataforma, tales como posición, velocidad y aceleración de hasta 6 ejes (lineal y angular para X, Y y Z = 6 ejes).

Los algoritmos de control 16 reciben las señales de entrada de los sensores y procesan las señales de salida de corrección 18 a los servos/accionamientos de la plataforma a fin de mantener la estabilización de la plataforma. Los algoritmos de control pueden correr en un conjunto de procesamiento de la plataforma de vuelo o en un conjunto de procesamiento dedicado conectado a través de salidas a los accionamientos.

Con referencia a la figura 2, el sistema de control del vuelo 2 es la segunda capa autónoma, por encima del sistema de estabilización 1 y que proporciona capacidades de vuelo autónomo para la plataforma de vuelo tripulada o no tripulada, con algoritmos de control 26 diseñados para controlar una plataforma de vuelo no estabilizada con un sistema de estabilización previamente ajustado o dinámicamente ajustable 1 que funciona a un nivel inferior.

La entrada al sistema de control del vuelo 2 proviene de los sensores de medición, los cuales miden diversos parámetros tales como: posición, rumbo, velocidad, aceleración y altitud. Ejemplos de sensores de medición pueden incluir sistemas de navegación global (GPS) 20, una brújula 22 y un medidor de altitud 24.

La entrada desde los sensores de medición es procesada mediante algoritmos de control 26 (típicamente implantados como programas que corren en un sistema de procesamiento, tal como el ordenador de la plataforma o un ordenador dedicado conectado mediante salidas a los accionamientos de la plataforma). Los algoritmos de control pueden ser procedimientos tradicionales tales como simples controles proporcionales, integrales y

diferenciales (PID) o bien otros procedimientos tales como lógica difusa.

La salida a partir de los algoritmos de control 26 pasa al conjunto de procesamiento de las salidas 27, el cual puede estar implantado como parte del algoritmo de control 26 o separadamente.

5 El conjunto de procesamiento de las salidas 27 genera señales de salida de corrección 28 a los servos/accionamientos de la plataforma a fin de realizar las funciones de vuelo requeridas tales como despegue, vuelo, vuelo estacionario y aterrizaje con los parámetros de vuelo requeridos, envolvente y comportamiento tales como: colocación (x.y.z), velocidad y rumbo en diversas condiciones con viento y climáticas.

10 La figura 3 ilustra la arquitectura de "doble capa" de la presente invención para controlar los parámetros de vuelo de plataformas no estabilizadas: la arquitectura combina dos capas autónomas independientes: la capa base del sistema de estabilización 1 y la capa superior del sistema de control del vuelo 2.

15 La capa base 1 proporciona las capacidades de estabilización de la plataforma no estabilizada. Esto significa que cuando un piloto o un sistema de control del vuelo no tripulado pilota la plataforma de vuelo, la plataforma se comportará y responderá al igual que en una plataforma inherentemente estabilizada.

20 Con referencia a la figura 4, los parámetros de estabilización K 44 y Q 46 del sistema de estabilización 1 pueden ser ajustados previamente o pueden ser recalculados dinámicamente durante el vuelo según los cambios en el entorno (F 40), tales como la velocidad del viento, o cambios en los parámetros de la plataforma M 42 tales como el peso o la velocidad.

25 Los algoritmos de control del vuelo 26 calculan salidas 28 a través del conjunto de procesamiento de las salidas 27 como una función de los parámetros del vuelo requeridos tales como: colocación, velocidad y dirección. Las salidas son calculadas sobre la base de un grupo en un intervalo de tiempo de subsegundos.

30 Otra innovación de la presente invención, además de la separación de la estabilización 1 y del control del vuelo 2, es el procedimiento de procesar los valores de las salidas de control del vuelo 28 implantado por el conjunto de procesamiento de las salidas 27. Los valores son calculados para superar los problemas de control relacionados con las plataformas no estabilizadas, especialmente en plataformas de corta escala. La figura 5 ilustra cuatro grupos 54 de salidas 50 a servos/accionamientos según una forma de realización preferida de la presente invención.

35 Cada grupo 54 comprende una o más salidas 50 de magnitudes mayores 52 seguidas por una o más salidas 50 de magnitudes menores 56. El procedimiento de salidas implantado por el conjunto de procesamiento de las salidas 27 remedia los temas de precisión y resolución. Las salidas menores 56 son calculadas como una función de las salidas mayores 52. Este cálculo puede implicar sólo las salidas mayores a partir del mismo grupo que las salidas menores o las salidas mayores a partir de diversos grupos.

40 El tamaño del grupo 54 (número total de salidas) y la cantidad de salidas mayores y la cantidad de salidas menores que componen ese total, pueden ser recalculados y ajustados según los cambios en el entorno exterior, tales como la velocidad del viento, la dirección del viento o los cambios en los parámetros de la plataforma, tales como su peso.

45 Los siguientes parámetros son calculados por el conjunto de procesamiento de las salidas 27:

- el número total de salidas mayores 52 y menores 56 por grupo 54
- la cantidad de salidas mayores y la cantidad de salidas menores 56 por grupo
- 50 - los valores de las salidas mayores 52
- los valores de las salidas menores 56.

55 La figura 6 ilustra el mecanismo de separación automática del sistema de control del vuelo según una forma de realización preferida de la presente invención. Puesto que el sistema de estabilización 1 y el sistema de control del vuelo 2 son totalmente independientes, en caso de un acontecimiento de no estabilización extrema y a fin de permitir una rápida recuperación de salida de las situaciones no estabilizadas, diversos parámetros de la plataforma tales como posiciones, pendiente, velocidad y aceleración son supervisados y verificados 60. En caso de detección de un acontecimiento no estabilizado, las salidas 28 a partir del sistema de control del vuelo 2 son detenidas a fin de evitar la interferencia, mientras el sistema de estabilización 1 continúa el proceso de señales a fin de recuperarse del acontecimiento y estabilizar la plataforma.

65 Otra posibilidad de separación entre sistema de estabilización 1 y el sistema de control del vuelo 2 es durante un fallo temporal o importante en el sistema de control del vuelo. En un acontecimiento de este tipo, el sistema de estabilización mantendrá la plataforma equilibrada hasta que se recupere del acontecimiento de fallo temporal o permitirá un aterrizaje de autorrotación de emergencia mientras la mantiene equilibrada.

Inmediatamente después de la recuperación, el sistema de control del vuelo 2 reanuda el procesamiento de las señales de salida 28 a fin de mantener los parámetros del vuelo requeridos.

5 La figura 7 es un diagrama que muestra cómo un usuario, incluso un usuario inexperto, puede controlar manualmente algo o todo el control del vuelo devolviendo el control al sistema cuando sea necesario, en una forma de realización preferida de la presente invención. El sistema de control del vuelo permite el control manual de los parámetros del vuelo en todos los 6 ejes, con el operario utilizando un conjunto de mandatos simple 74 (directamente o a través de una interfaz), introducidos a partir de una estación de tierra 60.

10 Los mandatos son cargados en el sistema de control del vuelo a través de comunicación sin hilos 72 a través de una interfaz de ordenador (programas o equipo). El mismo canal de comunicación sin hilos 72 puede ser utilizado para descargar el plan del vuelo antes del despegue o para actualizar el plan de vuelo durante el vuelo.

15 La presente invención puede ser aplicada en su totalidad o en parte a muchas plataformas de vuelo, estables y no estables. Es particularmente de valor para plataformas no estables de corta escala, tales como helicópteros controlados remotamente. Más adelante en este documento hay ejemplos de componentes que pueden ser utilizados en una implantación de la presente invención.

20 Ejemplo de una plataforma de vuelo que fue utilizada en pruebas llevadas a cabo en un prototipo: a partir de Bergen R/C Helicopters Corporation, modelo Industrial Twin (helicóptero) con un motor bóxer de 52cc.

Ejemplos de sensores que fueron utilizados como entradas al algoritmo de control del estabilizador y el procesamiento de salidas en un prototipo:

- 25 a. Acelerómetros de doble eje a partir de Analog Devices Corporation, modelo DXL202.
- b. Giroscopios vibratorios piezoeléctricos a partir de Murata Corporation, modelo GYROSTAR.
- 30 c. Brújula de inclinación a partir de Pewatron Corporation, modelo UV-2HF-SW2.

Ejemplo de un conjunto de procesamiento para entradas/salidas (I/O) de estabilización y procesamiento de algoritmos de control de la estabilización, así como para el almacenamiento de datos y la funcionalidad de acceso, todos utilizados en un prototipo: ST Microelectronics Corporation, micro-controlador modelo ST-uPSD3234a.

- 35 Ejemplos de entradas al algoritmo de control del vuelo y al procesamiento de las salidas utilizadas en un prototipo:
- a. GPS a partir de Novatel Corporation, modelo PowerPak-OEM3 MILLENIUM STD
- 40 b. Brújula y sensores de inclinación a partir de Advanced Orientation Systems, Inc., modelo EZ-COMPASS3.
- c. Sensor barométrico de gama de altitud superior a partir de Motorola Corporation, modelo MPX2100A.
- 45 d. Sensor barométrico de gama de altitud inferior a partir de Senix Corporation, modelo Ultra-U.

Ejemplo de un conjunto de procesamiento para los algoritmos de control del vuelo y entradas/salidas (I/O), que incluye el servicio como el conjunto de procesamiento de las salidas 27 que fueron utilizados en un prototipo: ST Microelectronics Corporation modelo ST-uPSD3234a (los mismos que los utilizados como ejemplo para correr el algoritmo del sistema de estabilización).

50 Debe quedar claro que la descripción de las formas de realización y las figuras adjuntas establecidas en esta memoria sirven únicamente para una mejor comprensión de la invención, sin limitar su ámbito como queda cubierto por las siguientes reivindicaciones.

55 Debe quedar claro también que una persona experta en la técnica, después de la lectura de la presente memoria podría hacer ajustes o modificaciones a las figuras adjuntas y a las formas de realización anteriormente descritas que estarán todavía cubiertas por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un sistema para un vuelo autónomo o semiautónomo de una plataforma de vuelo con accionamientos del vuelo, el sistema comprendiendo un subsistema de estabilización para controlar los accionamientos del vuelo para mantener la estabilización de la plataforma de vuelo en vuelo y un subsistema de control del vuelo para controlar los accionamientos del vuelo para implantar el control del vuelo de la plataforma de vuelo en vuelo, los dos subsistemas funcionando separadamente, caracterizado por el hecho de que el subsistema de control del vuelo es anulado por el subsistema de estabilización en un acontecimiento en el que la plataforma de vuelo exceda de un umbral de estabilización previamente determinado hasta que la plataforma de vuelo vuelva a ganar la estabilidad.
- 10 2. El sistema de la reivindicación 1 en el que el subsistema de estabilización comprende sensores de medición de la estabilidad, los sensores proporcionando una entrada a un conjunto de procesamiento de control de la estabilización que implanta un algoritmo de control de la estabilización, el conjunto de procesamiento de control de la estabilización proporcionando salidas de estabilización a los accionamientos del vuelo de la plataforma de vuelo.
- 15 3. El sistema de la reivindicación 2 en el que se utiliza un conjunto de parámetros de auto ajuste del algoritmo de control de la estabilización.
- 20 4. El sistema de la reivindicación 2 en el que se utiliza un conjunto de parámetros previamente establecidos del algoritmo de control de la estabilización.
- 25 5. El sistema de la reivindicación 1 en el que el subsistema de control del vuelo comprende sensores del vuelo que miden los parámetros del vuelo, los sensores del vuelo proporcionando una entrada a un conjunto de procesamiento de control del vuelo que implanta un algoritmo de control del vuelo, el conjunto de procesamiento de control del vuelo proporcionando salidas de control del vuelo a los accionamientos del vuelo de la plataforma de vuelo.
- 30 6. El sistema de la reivindicación 5 en el que el algoritmo de control del vuelo calcula las magnitudes requeridas de las salidas de control del vuelo y produce, para cada magnitud requerida, un grupo de salidas que comprende por lo menos una de una pluralidad de salidas de magnitudes mayores que la magnitud requerida y por lo menos una de una pluralidad de salidas de magnitudes menores que la magnitud requerida.
- 35 7. El sistema de la reivindicación 6 en el que, en por lo menos algunos de los grupos de salidas, dicha por lo menos una de una pluralidad de salidas de magnitudes mayores precede a dicha por lo menos una de una pluralidad de salidas de magnitudes menores.
- 40 8. El sistema de la reivindicación 6 en el que las magnitudes de las salidas menores están relacionadas mediante una función con las magnitudes de las salidas mayores.
- 45 9. El sistema de la reivindicación 6 en el que el número total de salidas por grupo es constante.
- 50 10. El sistema de la reivindicación 6 en el que el número total de salidas por grupo de magnitudes mayores es constante.
- 55 11. El sistema de la reivindicación 6 en el que el número total de salidas por grupo de magnitudes menores es constante.
- 60 12. El sistema de la reivindicación 1 en el que, en el momento en el que ocurre un fallo previamente definido en el subsistema de control del vuelo, el subsistema de estabilización mantiene la plataforma de vuelo equilibrada hasta que el subsistema de control del vuelo se recupera.
- 65 13. El sistema de la reivindicación 12 en el que el subsistema de estabilización mantiene la estabilización de la plataforma de vuelo hasta que el subsistema de control del vuelo realiza un aterrizaje de emergencia.
14. El sistema de la reivindicación 1 adicionalmente provisto de una estación de tierra en comunicación con el subsistema de control del vuelo, por lo que un operario puede anular el sistema de control del vuelo con mandatos manuales del vuelo.
15. Un procedimiento para un vuelo autónomo o semiautónomo de una plataforma de vuelo con accionamientos del vuelo, el procedimiento comprendiendo:
- proporcionar un subsistema de estabilización para controlar los accionamientos del vuelo y un subsistema de control del vuelo para controlar los accionamientos del vuelo, los dos subsistemas funcionando separadamente,
- caracterizado por las siguientes etapas de mantenimiento de la estabilización de la plataforma de vuelo en vuelo mediante el control de los accionamientos del vuelo utilizando el subsistema de estabilización y la implantación del

control del vuelo de la plataforma de vuelo en vuelo mediante el control de los accionamientos del vuelo utilizando la ejecución del control del vuelo del subsistema de control del vuelo, la anulación del subsistema de control del vuelo por el subsistema de estabilización en un acontecimiento en el que la plataforma de vuelo exceda de un umbral de estabilización previamente determinado hasta que la plataforma de vuelo vuelva a ganar estabilidad.

5 16. El procedimiento de la reivindicación 15 en el que el mantenimiento de la estabilización se consigue utilizando un algoritmo de control de la estabilización con un conjunto de parámetros de auto ajuste.

10 17. El procedimiento de la reivindicación 15 en el que el mantenimiento de la estabilización se consigue utilizando un algoritmo de control de la estabilización con un conjunto de parámetros previamente establecidos.

18. El procedimiento de la reivindicación 15 en el que la implantación del control del vuelo se lleva a cabo utilizando un algoritmo de control del vuelo que genera salidas de control del vuelo.

15 19. El procedimiento de la reivindicación 18 en el que el algoritmo de control del vuelo calcula las magnitudes requeridas de las salidas de control del vuelo y produce, para cada magnitud requerida, un grupo de salidas que comprende por lo menos una de una pluralidad de salidas de magnitudes mayores que la magnitud requerida y por lo menos una de una pluralidad de salidas de magnitudes menores que la magnitud requerida.

20 20. El procedimiento de la reivindicación 19 en el que, en por lo menos algunos de los grupos de salidas, dicha por lo menos una de una pluralidad de salidas de magnitudes mayores precede a dicha por lo menos una de una pluralidad de salidas de magnitudes menores.

25 21. El procedimiento de la reivindicación 19 en el que las magnitudes de las salidas menores están relacionadas mediante una función con las magnitudes de las salidas mayores.

22. El procedimiento de la reivindicación 19 en el que el número total de salidas por grupo es constante.

30 23. El procedimiento de la reivindicación 19 en el que el número total de salidas por grupo de magnitudes mayores es constante.

24. El procedimiento de la reivindicación 19 en el que el número total de salidas por grupo de magnitudes menores es constante.

35 25. El procedimiento de la reivindicación 15 en el que, en el momento en el que ocurre un fallo previamente definido en el subsistema de control del vuelo, la estabilización es mantenida por el subsistema de estabilización hasta que el subsistema de control del vuelo se recupera.

40 26. El procedimiento de la reivindicación 25 en el que la estabilización es mantenida por el subsistema de estabilización hasta que el subsistema de control del vuelo realiza un aterrizaje de emergencia.

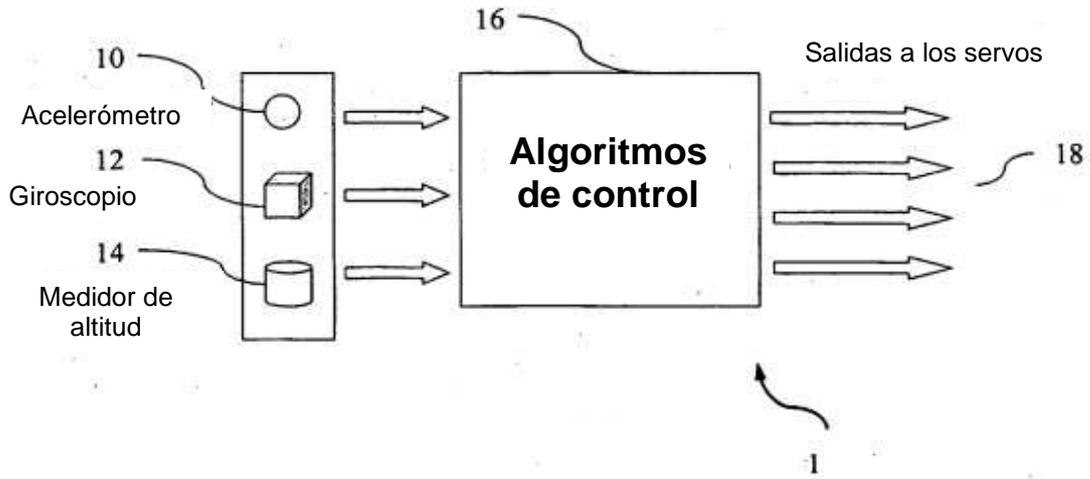


FIG. 1

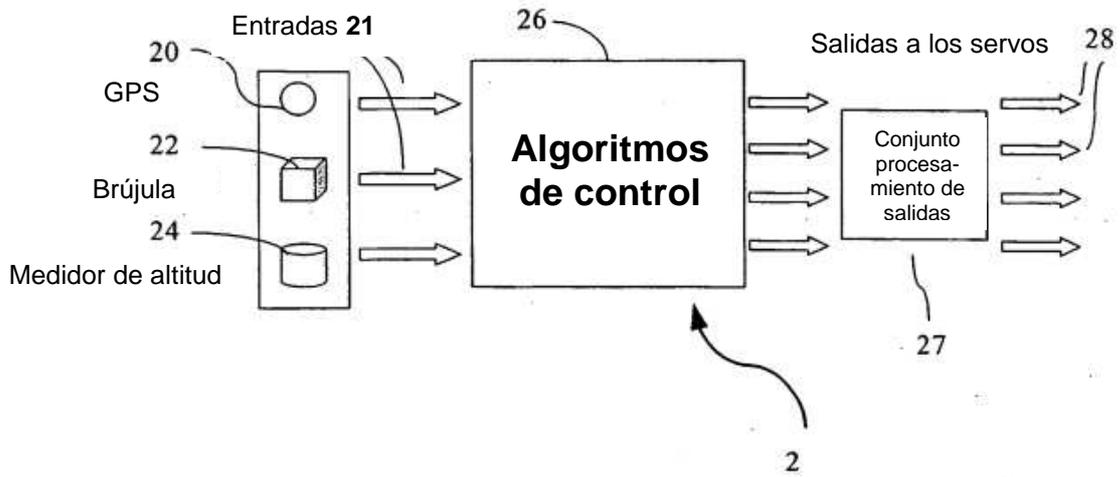


FIG. 2

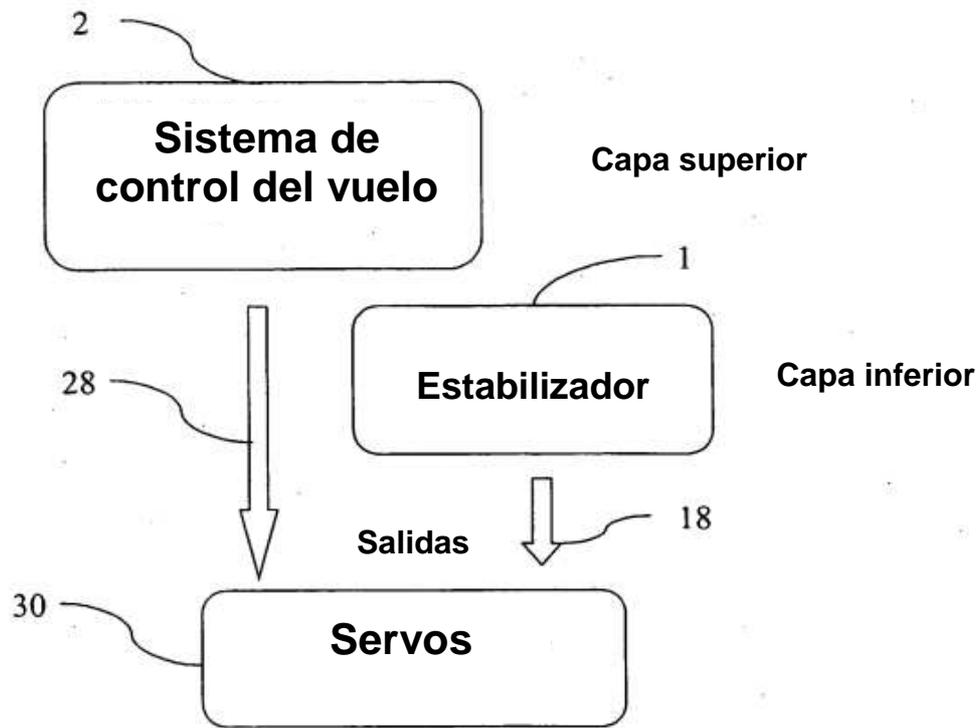


FIG. 3

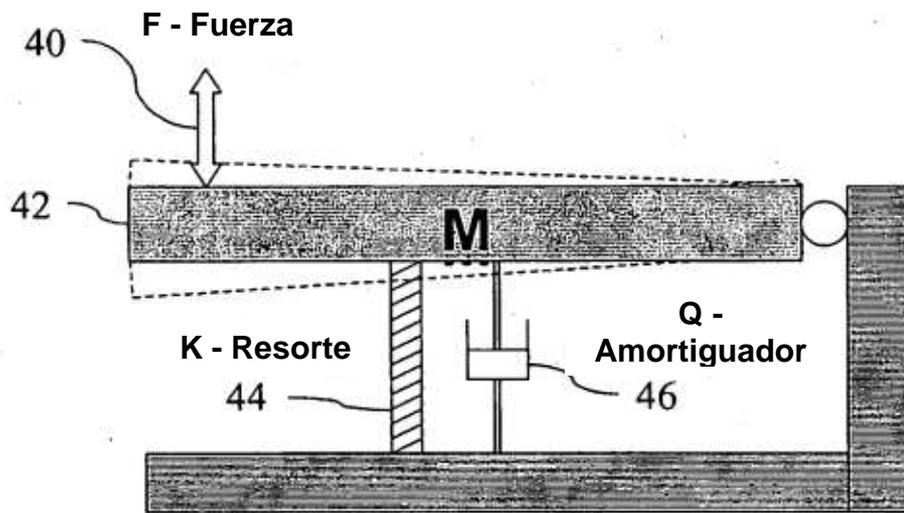


FIG. 4

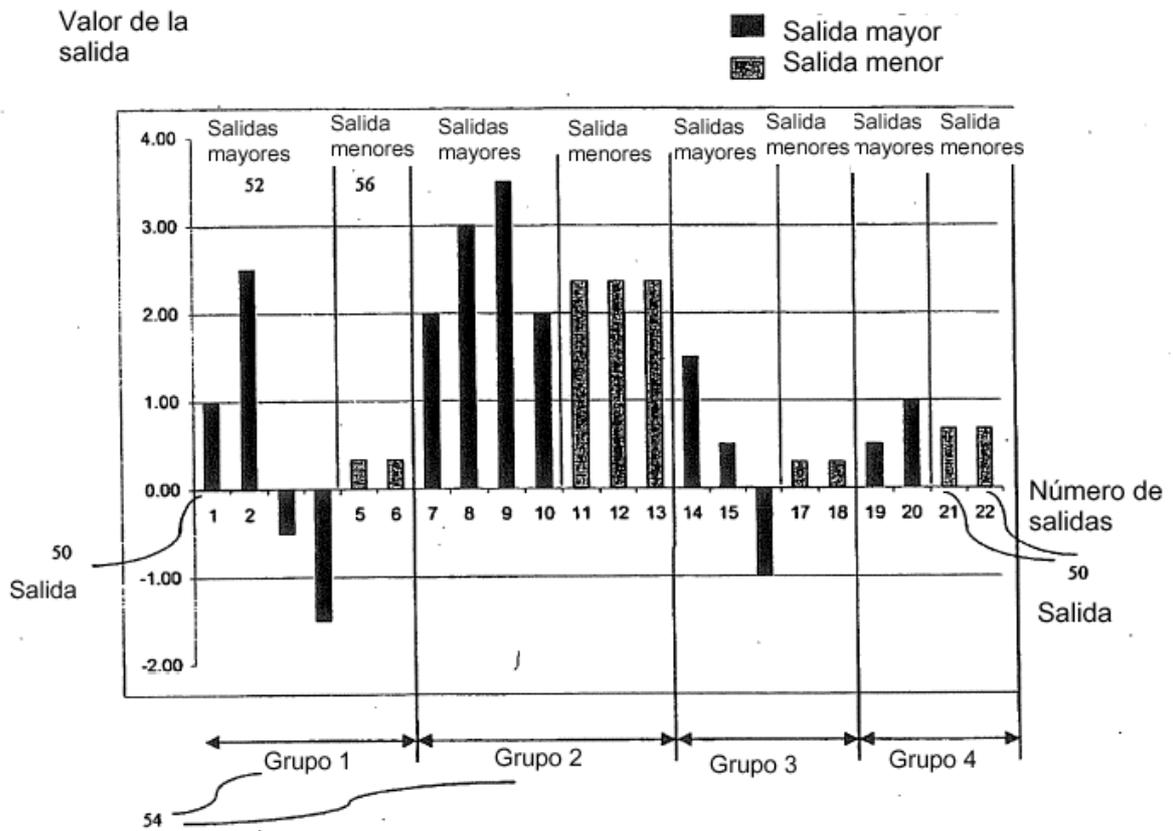


FIGURA 5

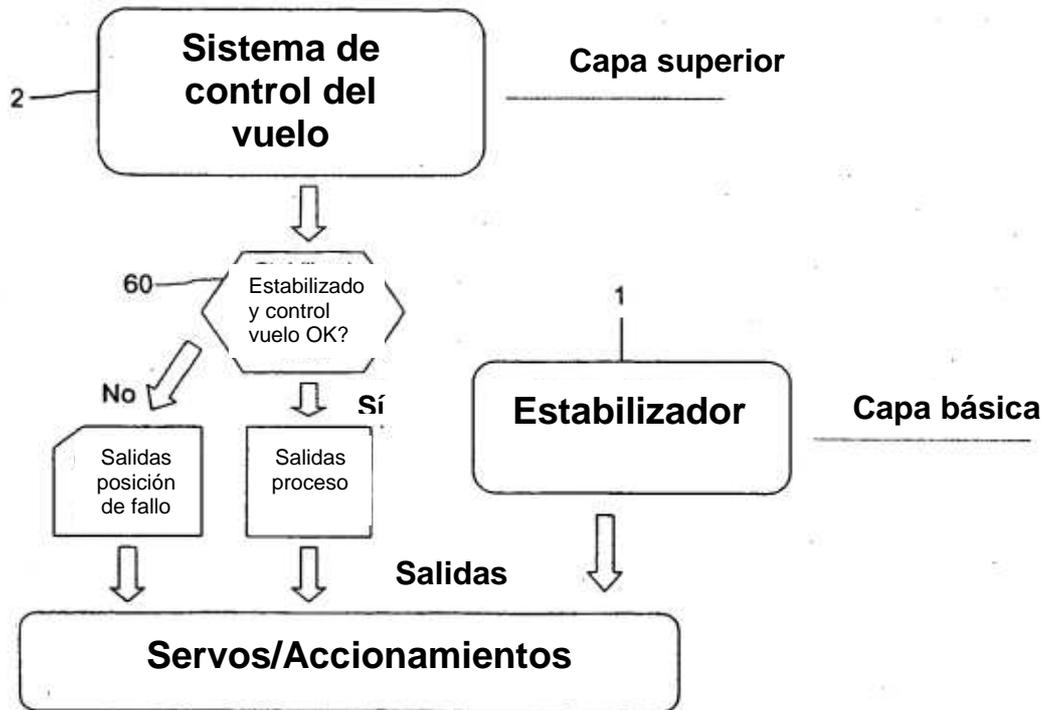


FIG. 6

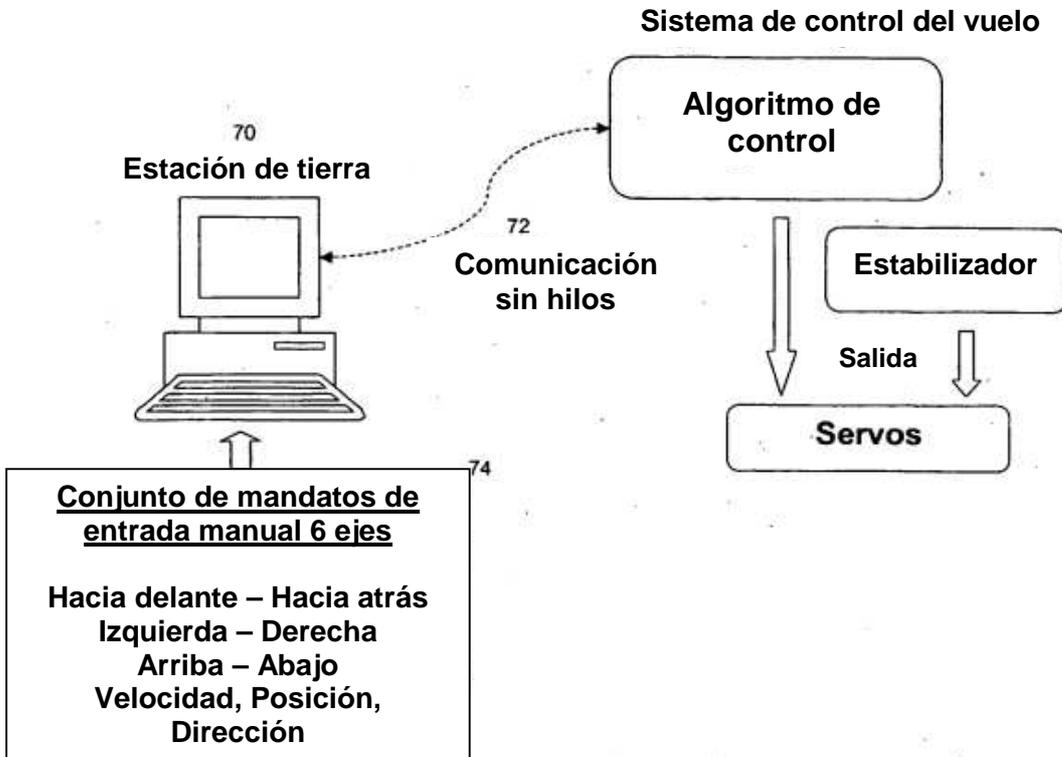


FIG. 7