(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **3 002 932**

(51) Int. Cl.:

G08G 5/02 (2006.01)
G01S 19/48 (2010.01)
G05D 1/06 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.11.2014 E 14003839 (9)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.10.2020 EP 3021306**

(54) Título: **Dispositivo de control para despegue y aterrizaje automáticos**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.03.2025

(73) Titular/es:

AIRBUS DEFENCE AND SPACE GMBH (100.00%)
Willy-Messerschmitt-Straße 1
85521 Ottobrunn, DE

(72) Inventor/es:

BIANCHI, CRISTIANO y
LOHMILLER, WINFRIED

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

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

Dispositivo de control para despegue y aterrizaje automáticos

Sector de la invención

En general, la presente invención se refiere a un sistema de apoyo o asistencia para el aterrizaje y el despegue de una aeronave. En particular, la presente invención se refiere a un dispositivo de control para el despegue y aterrizaje automáticos de una aeronave, en particular para un Vehículo Aéreo No Tripulado (UAV – Unmanned Air Vehicle, en inglés) y/o una Aeronave Pilotada por Control Remoto (RPA – Remotely Piloted Aircraft, en inglés). La invención se refiere, además, a una aeronave que comprende dicho dispositivo de control y a un método para llevar a cabo el despegue o aterrizaje de una aeronave.

Antecedentes de la técnica

Actualmente, los vehículos aéreos no tripulados y/o las aeronaves pilotadas por control remoto presentan ciertos inconvenientes en relación con los sistemas de apoyo o asistencia al despegue y/o aterrizaje empleados en los mismos, ya que, por ejemplo, ciertos requisitos de seguridad nacionales e internacionales pueden no cumplirse todavía en su totalidad. Por ejemplo, los equipos de un sistema de aterrizaje por instrumentos o un sistema de aterrizaje por microondas, cuyos sistemas se pueden referir a una aproximación por instrumentos basada en tierra que proporciona una guía de precisión a una aeronave que se aproxima y/o aterriza en una pista, o despega de una pista, pueden ser clasificados en tres categorías diferentes (CAT I-III) según la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI – International Civil Aviation Organization, en inglés). Estas categorías especifican, entre otros, una altitud de alerta y un cierto rango mínimo de visibilidad para las aeronaves que despegan o aterrizan en una pista.

Los sistemas disponibles actualmente están limitados a operaciones en la categoría CAT IIIb, en la que aún se requiere la intervención manual de un piloto. Además, el equipo terrestre requerido para esta categoría puede estar asociado con costes de adquisición, instalación y mantenimiento bastante altos. Por lo tanto, las estaciones terrestres de categoría III solo están disponibles en grandes aeropuertos comerciales muy congestionados que, en la actualidad, no son adecuados como bases operativas principales para operaciones rutinarias de los UAV o RPA, ni como sitios de aterrizaje de emergencia para los UAV o RPA.

Aparte de eso, el equipo de tierra requerido generalmente comprende una instalación fija con alto impacto en la infraestructura de un aeropuerto, por lo que requiere períodos prolongados de tiempo para una inspección respectiva, una configuración del sistema y un procedimiento de prueba de aceptación. En consecuencia, los sistemas de aterrizaje por instrumentos y los sistemas de aterrizaje por microondas pueden no ser opciones adecuadas para las operaciones militares, que pueden requerir un despliegue rápido en aeródromos sin infraestructura terrestre preexistente.

Además, el equipo y los instrumentos aplicados como sistemas de asistencia para el despegue y el aterrizaje pueden tener algunas deficiencias, en particular cuando se utilizan solos. Por ejemplo, en relación con los sistemas globales de navegación por satélite (GNSS – Global Navigation Satellite Systems, en inglés), tales como, por ejemplo, el Sistema de posicionamiento global (GPS – Global Positioning System, en inglés), así como las consolas rusas y europeas GLONASS y Galileo, la precisión, integridad, continuidad y disponibilidad pueden no ser suficientes para algunas operaciones de despegue y aterrizaje. Esto está relacionado tanto con el GPS del servicio civil, tal como, por ejemplo, GPS de C/A y GPS del servicio militar, tal como, por ejemplo, GPS de P(Y). Sin embargo, el GPS del servicio civil también puede estar sujeto a una degradación y alteración de la señal en el espacio del GPS no intencional (interferencia) e intencional (suplantación de identidad) por parte de terceros, lo que se puede considerar un inconveniente importante de estas tecnologías.

Asimismo, sistemas de aumento basados en tierra, tales como, por ejemplo, el Sistema americano de aumento de área local (LAAS – American Local Area Augmentation System, en inglés) puede no ser adecuado y certificable para operaciones de CAT IIIc. Además, dichos sistemas carecen de disponibilidad y robustez en todo el mundo en términos de las señales que proporcionan. Asimismo, el equipo de tierra necesario para dicha tecnología puede implicar costes de adquisición, instalación y mantenimiento bastante elevados. Aunque parece ser más adecuado para los sistemas de asistencia al despegue y al aterrizaje, casi lo mismo se aplica a los sistemas de aumento basados en el espacio, tales como, por ejemplo, el sistema americano de aumento de área extendida (WAAS – Wide Area Augmentation System, en inglés) y el servicio europeo de superposición de navegación geoestacionaria (EGNOS – European Geostationary Overlay Service, en inglés).

Asimismo, los sistemas de asistencia al despegue y al aterrizaje no convencionales, tales como los sistemas de seguimiento por radar o los sistemas de seguimiento por láser, tienen ciertos inconvenientes. Por ejemplo, estos sistemas carecen de una certificación según los estándares de aviación civil como medio único de navegación, y es posible que no sean adecuados para operaciones en todas las condiciones meteorológicas, como es el caso de los sistemas de seguimiento por láser.

Además, se conoce por el documento US 2011 106345 A1 proporcionar un sistema para aterrizaje de baja visibilidad, para guiar a las aeronaves en las aproximaciones de aterrizaje. El sistema de aterrizaje comprende un sistema de

aterrizaje por instrumentos (ILS – Instrument Landing System, en inglés) y un sistema de aumento de área extendida (WAAS) y un ordenador de vuelo que prueba las señales del ILS y el WAAS, si fallan o no.

Compendio de la invención

Un objetivo de la presente invención es dar a conocer un sistema y un método completo de asistencia al despegue y al aterrizaje para una aeronave, en particular para un vehículo aéreo no tripulado y/o una aeronave pilotada a distancia, que permita llevar a cabo procedimientos de despegue y aterrizaje automáticos de la respectiva aeronave.

Según la invención, se da a conocer un dispositivo de control para despegue y aterrizaje automáticos con las características de la reivindicación 1, así como un método para llevar a cabo el despegue y aterrizaje automáticos de una aeronave con las características de la reivindicación 12. Las realizaciones de la invención están definidas en las reivindicaciones dependientes y en la memoria descriptiva.

Según un primer aspecto de la invención, se da a conocer un dispositivo de control de despegue y aterrizaje automáticos para una aeronave. El dispositivo de control comprende: por lo menos, un dispositivo de seguimiento local, adaptado para recibir, por lo menos, una señal local desde, por lo menos, una estación terrestre local, y adaptado para determinar una posición de la aeronave basándose, por lo menos, en una señal local, y por lo menos uno de: por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS, adaptado para recibir una señal de GNSS y adaptado para determinar una posición de la aeronave basándose en la señal de GNSS, por lo menos, un dispositivo de cámara, adaptado para observar un entorno de la aeronave; y, por lo menos, un dispositivo de seguimiento, adaptado para supervisar de manera continua y automática un rendimiento y/o un estado de funcionamiento del por lo menos un dispositivo de seguimiento local, basándose en el análisis de las señales recibidas desde el por lo menos un dispositivo de seguimiento local y uno de por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS, y el por lo menos un dispositivo de cámara.

En el mismo, el término "dispositivo de seguimiento local" se puede referir, por ejemplo, a un dispositivo de seguimiento basado en radar, un dispositivo de seguimiento basado en un sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS), un dispositivo de seguimiento basado en un sistema de aterrizaje por microondas (MLS – Microwave Landing System, en inglés), un dispositivo de seguimiento basado en un sistema de navegación aérea táctica (TACAN – Tactical Air Navigation, en inglés), un dispositivo de seguimiento basado en un VOR (rango de radio omnidireccional de muy alta frecuencia – Very high frequency Omnidirectional radio Range, en inglés) con un equipo de medición de distancia (VDME – VOR with Distance Measuring Equipment, en inglés), un dispositivo de seguimiento basado en un enlace de láser o un sistema de pseudo-lite (pseudosatélite). Un sistema de pseudo-lite consiste en múltiples mediciones de distancia local de la aeronave.

En el mismo, el término "dispositivo de seguimiento de GNSS" se puede referir a un dispositivo de seguimiento basado en satélites, en el que GNSS significa "Sistema global de navegación por satélite", un sistema de navegación por satélite con cobertura global que proporciona un posicionamiento geoespacial autónomo. Por lo tanto, el dispositivo de seguimiento de GNSS puede comprender un dispositivo de seguimiento basado en el Sistema de posicionamiento global (GPS) así como, por ejemplo, las consolas rusas y europeas GLONASS y Galileo y cualquier otro sistema de posicionamiento por satélite.

Las operaciones/procedimientos de despegue y las operaciones/procedimientos de aterrizaje pueden implicar, por ejemplo, un movimiento adicional de la aeronave en las pistas de rodaje antes del despegue de una aeronave o después del aterrizaje de una aeronave.

Opcionalmente, el dispositivo de control de despegue y aterrizaje automáticos puede comprender, además, por lo menos un altímetro, adaptado para determinar la altitud de la aeronave sobre el nivel del suelo. El dispositivo de seguimiento puede estar adaptado, opcionalmente, para supervisar de manera continua y automática el rendimiento y el estado de funcionamiento del por lo menos un altímetro basándose en el análisis de las señales recibidas, por lo menos, de dos del por lo menos un dispositivo de seguimiento local, el por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS, el por lo menos un altímetro y el por lo menos un dispositivo de cámara.

El término "supervisar un rendimiento y un estado de funcionamiento" se puede referir a aplicar diversos medios de supervisión y/o análisis al por lo menos un dispositivo de seguimiento local, al por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS, al por lo menos un altímetro y al por lo menos un dispositivo de cámara. Esto puede comprender, entre otros, verificar y/o analizar un nivel de corriente y/o tensión aplicada a los dispositivos respectivos, verificar la disponibilidad de una señal de radar desde la estación terrestre de radar, verificar la disponibilidad de una señal de GNSS de varios satélites y verificar una serie de satélites de GNSS disponibles. Aparte de eso, puede comprender comprobar y/o analizar la intensidad de señal de la señal local de la estación terrestre local, la intensidad de señal de las señales de GNSS de diversos satélites y la intensidad de la señal del altímetro. Además, puede comprender la determinación de la calidad de los datos de posición proporcionados por el dispositivo de seguimiento local y/o el dispositivo de seguimiento de GNSS, y la calidad de los datos de altitud proporcionados por el altímetro, lo que puede incluir la estimación de una incertidumbre de los respectivos datos de posición/altitud y/o determinar una distribución de datos de datos proporcionados por dispositivos del mismo tipo, por ejemplo difusión de datos de señales proporcionadas por diversos dispositivos de seguimiento locales. Con respecto al por lo menos un dispositivo de

cámara, la supervisión del rendimiento y el estado de funcionamiento puede comprender, además, por ejemplo, determinar el ruido aleatorio, la luminosidad y el contraste de los datos de la imagen. Tal como se describió anteriormente, la supervisión del rendimiento y el estado de funcionamiento pueden comprender analizar las señales recibidas desde por lo menos dos de los dispositivos, donde por lo menos los dos dispositivos pueden ser del mismo tipo, como por ejemplo, analizar las señales recibidas de por lo menos dos dispositivos de seguimiento locales, o de diferentes tipos, tales como, por ejemplo, analizar señales recibidas desde un dispositivo de seguimiento local y un dispositivo de seguimiento de GNSS.

El término "supervisión continua y automática del rendimiento y/o el estado de funcionamiento" se puede referir a la supervisión y el análisis continuos y automáticos de las señales y/o los datos proporcionados por los respectivos dispositivos en determinados intervalos de tiempo, tales como, por ejemplo, cada varios nanosegundos, cada microsegundo o cada milisegundo. También se puede referir a la supervisión y análisis continuos de datos y/o señales si los proporciona un dispositivo. Además, esto también puede incluir el análisis del desarrollo temporal de datos y/o señales, proporcionados por los dispositivos, lo que permite determinar, por ejemplo, la velocidad de la aeronave.

El término "supervisar basándose en las señales de por lo menos dos" del por lo menos un dispositivo de seguimiento local, el por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS y el por lo menos un dispositivo de cámara se puede referir al dispositivo de monitorización que, por lo menos verifica la disponibilidad de señales de por lo menos dos dispositivos de detección de posición, que pueden ser del mismo tipo, tal como, por ejemplo, señales de dos dispositivos de seguimiento locales, o de diferente tipo, tal como, por ejemplo, una señal de un dispositivo de seguimiento local y una señal de un dispositivo de seguimiento de GNSS.

El dispositivo de control de despegue y aterrizaje automáticos descrito puede permitir operaciones/procedimientos de despegue y aterrizaje completamente automáticos de aeronaves, en particular de UAV y/o RPA, en condiciones meteorológicas por instrumentos, es decir, en condiciones que pueden requerir que un piloto vuele principalmente por referencia a instrumentos, en lugar de por una referencia visual del exterior. Además, el dispositivo de control puede permitir el despegue y el aterrizaje automáticos incluso sin altitud de decisión y sin alcance visual en la pista, de manera similar a las maniobras de categoría "CAT IIIc", que actualmente pueden no estar operativas en ninguna parte del mundo.

Aparte de eso, el dispositivo de control dado a conocer puede ser certificado según los estándares europeos de navegación aérea actuales para RPA, tales como, por ejemplo, estándares contenidos en el Acuerdo estándar de la OTAN STANAG 4671 "UAV Airworthiness Requirements for North Atlantic Treaty Organization Military UAV Systems.".

Además, el dispositivo de control puede estar diseñado para cumplir con los requisitos de operaciones en cualquier clima del documento de EASA "Certification Specifications for All Weather Operations.".

Según una realización de la invención, el dispositivo de seguimiento del dispositivo de control de despegue y aterrizaje automáticos está adaptado para comparar la posición de la aeronave determinada basándose en la señal local con la posición de la aeronave determinada basándose en la señal de GNSS, por ejemplo, la señal de GPS.

En la misma, "comparar la posición" puede comprender, por ejemplo, la ponderación de los datos de posición según la calidad de los datos de posición, reflejando de este modo potencialmente una incertidumbre de los datos de posición, tal como, por ejemplo, difundir en los datos de posición proporcionados por diversos dispositivos. La ponderación de los datos de posición puede incluir parámetros relacionados con la calidad de la señal, tales como, por ejemplo, intensidad de señal de una señal local, por ejemplo, una señal de radar, una estación terrestre local, por ejemplo, una estación terrestre de radar y/o de señales de GNSS, por ejemplo, señales de GPS, recibidas de satélites, así como parámetros relacionados, por ejemplo, varios satélites disponibles.

Aparte de eso, la comparación de los datos de posición puede comprender la transformación de coordenadas. Por ejemplo, los datos de posición proporcionados en el Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84 – World Geodetic System 1984), tal como, por ejemplo, los datos de posición basados en GPS pueden ser comparados con los datos de posición proporcionados en un sistema de coordenadas métricas, tal como, por ejemplo, un sistema de coordenadas cartesianas cúbicas, polares o esféricas, y viceversa.

Según una realización de la invención, el dispositivo de monitorización del dispositivo de control de despegue y aterrizaje automáticos está adaptado para determinar un desplazamiento lateral de la aeronave con respecto a una extensión longitudinal de una pista, a partir de señales recibidas de por lo menos uno del por lo menos un dispositivo de seguimiento local, el por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS y el por lo menos un dispositivo de cámara.

El término "extensión longitudinal" de la pista se puede referir a una línea de la pista, tal como, por ejemplo, una línea central, una línea de frontera o un límite de la pista en una dirección longitudinal de la pista, cuya línea se puede extender desde cualquiera de los límites delanteros de la pista. Por lo tanto, la extensión longitudinal se puede considerar como una línea virtual que se extiende infinitamente a lo largo de la dirección longitudinal de la pista.

En consecuencia, el término "desplazamiento lateral" de la aeronave se puede referir a una distancia de la aeronave con respecto a la extensión longitudinal prescrita, que se extiende desde ambos límites delanteros de la pista en la dirección longitudinal de la pista.

Para este fin, se pueden predefinir las coordenadas de la pista, por ejemplo, por lo menos dos coordenadas, de una línea central física y/o las coordenadas de las líneas de frontera o límites de la pista. El dispositivo de seguimiento puede acceder, por ejemplo, a las coordenadas predefinidas, a través de un acceso a una base de datos y/o una tabla de consulta. Las coordenadas también pueden ser proporcionadas de manera remota al dispositivo de seguimiento, por ejemplo, a través de una estación terrestre cerca de la pista o mediante una señal de control remoto.

El dispositivo de monitorización puede ser adaptado, de este modo, para determinar la extensión longitudinal de la pista, por ejemplo, calculando un vector en la dirección longitudinal de la pista basándose en las coordenadas predefinidas. El dispositivo de monitorización puede ser adaptado, además, para determinar el desplazamiento lateral de la aeronave con respecto a la extensión longitudinal basándose en los datos de posición proporcionados por, por lo menos, uno del por lo menos un dispositivo de seguimiento local, el por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS y/o basándose en una señal proporcionada por el por lo menos un dispositivo de cámara. El desplazamiento lateral puede ser determinado, por ejemplo, calculando la distancia entre la aeronave y la extensión longitudinal de la pista a lo largo de una dirección perpendicular a la dirección longitudinal de la pista, es decir, a lo largo de una dirección transversal a la pista.

Aparte de eso, el dispositivo de monitorización también puede determinar el desarrollo temporal del desplazamiento lateral, por ejemplo, durante el procedimiento de aterrizaje, estimando una trayectoria esperada de la aeronave basada en los datos de posición mientras se aproxima a una pista. Esto puede significar que el dispositivo de monitorización puede ser adaptado para extrapolar un movimiento actual de la aeronave, estimando de este modo un desplazamiento lateral previsto de la aeronave para un tiempo en el futuro. Esto puede permitir ventajosamente, por ejemplo, determinar una dirección de aterrizaje y/o maniobra de aproximación óptima de la aeronave a la pista.

Por lo tanto, el término "desplazamiento lateral" se puede referir a un desplazamiento lateral real de la aeronave con respecto a la extensión longitudinal, es decir, por ejemplo, un desplazamiento lateral en vuelo durante la aproximación de la aeronave a un aeródromo, o se puede referir a un desplazamiento esperado y/o a un desplazamiento lateral estimado para un tiempo en el futuro, tal como, por ejemplo, el momento de la toma de contacto de la aeronave en el aeródromo y/o la pista. En consecuencia, el desplazamiento lateral se puede referir a un punto de toma de contacto, es decir, un punto en el aeródromo y/o la pista, en el que se espera que tome contacto la aeronave. El punto de toma de contacto puede ser estimado, de este modo. por el dispositivo de control basándose en las señales recibidas del dispositivo de seguimiento local, el dispositivo de seguimiento de GNSS, el altímetro y/o el dispositivo de cámara, y la dirección óptima de aterrizaje y/o la maniobra de aproximación de la aeronave a la pista puede ser determinada.

Según una realización de la invención, el dispositivo de monitorización del dispositivo de control de despegue y aterrizaje automáticos está adaptado para determinar un valor umbral del desplazamiento lateral de un desplazamiento lateral de la aeronave con respecto a una extensión longitudinal de una pista. El valor umbral del desplazamiento lateral puede ser especificado a priori basándose, entre otros, en el análisis de la geometría del aeródromo, el análisis del peligro potencial y las peculiaridades de la aeronave. En consecuencia, el valor umbral del desplazamiento lateral puede ser almacenado, por ejemplo, en una base de datos y/o una tabla de consulta, y el dispositivo de monitorización puede "determinar" el valor del desplazamiento lateral umbral mediante un acceso a la base de datos y/o a la tabla de consulta. En él, el despegue o aterrizaje de la aeronave se realiza de manera totalmente automática basándose en la señal del dispositivo de seguimiento local si se dispone de la señal local de la estación terrestre local y si se produce un desplazamiento lateral de la aeronave con respecto a la extensión longitudinal de la pista determinada basándose en la señal del dispositivo de seguimiento local y/o determinada basándose en la señal del dispositivo de seguimiento de GNSS es menor que el valor umbral del desplazamiento lateral, y en donde el despegue o aterrizaje de la aeronave se lleva a cabo basándose en una señal recibida del dispositivo de cámara si el desplazamiento lateral de la aeronave determinado basándose en la señal del dispositivo de seguimiento local y/o la señal del dispositivo de seguimiento de GNSS supera el valor umbral del desplazamiento lateral.

En la misma, el término "basándose en una señal recibida del dispositivo de cámara" se puede referir, por ejemplo, al procedimiento de despegue o aterrizaje que se lleva a cabo basándose en una señal de video del dispositivo de cámara, que puede ser llevado a cabo automáticamente por el dispositivo de monitorización o manualmente por un piloto. Además, el término puede hacer referencia al dispositivo de monitorización que decide cuál de las señales recibidas desde el dispositivo de seguimiento local y el dispositivo de seguimiento de GNSS parece proporcionar datos de posición adecuados y precisos. En otras palabras, el dispositivo de cámara puede servir para decidir si el procedimiento de despegue o aterrizaje puede ser llevado a cabo basándose en una señal del dispositivo de seguimiento local o basándose en una señal del dispositivo de seguimiento de GNSS.

El valor umbral del desplazamiento lateral se puede referir, por ejemplo, a una distancia a una línea central y/o a un límite lateral de la pista en la dirección transversal de la pista. El valor umbral del desplazamiento lateral puede indicar, por ejemplo, un límite entre una región que soporta carga, que puede comprender la propia pista y, por ejemplo, una franja de transición que se extiende lateralmente a lo largo de la pista, y una región en las cercanías de la pista, que puede no soportar carga. El término "dirección longitudinal" de la pista se puede referir a una dirección a lo largo de

un lado largo de la huella de la pista, mientras que el término "dirección transversal" se puede referir a una dirección ortogonal a la dirección longitudinal, es decir, una dirección a lo largo de un lado corto de la huella de la pista.

Por ejemplo, un aeródromo denominado "Grupo B de la OTAN", que puede especificar un diseño determinado de un aeródromo según los criterios y estándares aprobados publicados por la OTAN, puede ser elegido como una tipología de diseño para el dispositivo de control de despegue y aterrizaje automáticos, en donde el aeródromo puede incluir una pista y áreas adyacentes. Dicha pista puede tener una extensión lateral, por ejemplo, de 45 m, es decir, se podrá extender lateralmente 22,5 m a ambos lados del eje de la pista. La pista puede estar bordeada lateralmente a lo largo de toda la extensión longitudinal de la pista en ambos lados por los llamados arcenes, que se pueden extender, por ejemplo, 30 m lateralmente desde la pista. Directamente adyacentes a la pista, los arcenes pueden comprender una franja de transición pavimentada y/o que soporta carga, que se puede extender, por ejemplo, 3 m lateralmente desde los bordes laterales de la pista. La franja de transición que soporta carga puede estar diseñada para que una aeronave pueda aterrizar sobre ella, mientras que el resto de los arcenes no pueden estar adaptados para soportar carga alguna. En general, un área que se extiende lateralmente, por ejemplo, 150 m a ambos lados de la línea central de la pista puede definir una zona de seguridad, según el estándar del grupo B de la OTAN. Esta zona de seguridad solo puede contener asistencia esencial al vuelo, por lo que se excluyen los riesgos para el personal en tierra. Por lo tanto, se puede suponer que la zona de seguridad no contiene obstáculos, tales como, por ejemplo, edificios o similares. Sin embargo, una aeronave solo puede aterrizar en la propia pista y las franjas de transición que soportan carga son adyacentes lateralmente a lo largo de toda la extensión longitudinal de la pista en ambos lados de la pista. En consecuencia, en términos de una pista del grupo B de la OTAN, el valor umbral del desplazamiento lateral se puede referir a los bordes laterales de la franja de transición que soportan carga, que puede tener una distancia, por ejemplo, de 25,5 m hasta el eje de la pista a cada lado del eje, es decir, una distancia correspondiente a la mitad de la extensión lateral de la pista, que puede medir, por ejemplo, 22,5 m, y la franja de transición, que podrá medir 3 m de ancho.

Por lo tanto, el dispositivo de monitorización puede tener acceso, por ejemplo, a través de una base de datos y/o una tabla de consulta, a parámetros predefinidos que describen un diseño de una pista específica, y el dispositivo de monitorización puede ser adaptado para determinar el valor umbral del desplazamiento lateral basado en coordenadas predefinidas de la pista y suponiendo un diseño de la pistade aterrizaje según el estándar prescrito del grupo B de la OTAN. Por ejemplo, las coordenadas de la pista específica y una extensión lateral respectiva de la pista, incluyendo potencialmente una franja de transición que soporta carga, pueden ser proporcionadas al dispositivo de monitorización, por ejemplo, a través de una base de datos, una tabla de consulta o por control remoto. Aparte de eso, también el propio valor umbral del desplazamiento lateral puede ser determinado por el dispositivo de monitorización accediendo a una base de datos y/o a una tabla de consulta.

Tal como se describió anteriormente, el despegue o aterrizaje de la aeronave se puede realizar de manera totalmente automática o manual basándose en la señal del dispositivo de seguimiento local si la señal local, por ejemplo, una señal de radar, de la estación terrestre local, por ejemplo, una estación terrestre de radar, está disponible, y si un desplazamiento lateral real determinado por el dispositivo de seguimiento basado en las señales del dispositivo de seguimiento local y/o el dispositivo de seguimiento de GNSS es menor que el valor umbral del desplazamiento lateral determinado por el dispositivo de monitorización. Además, si se excede el desplazamiento lateral real, determinado basándose, por ejemplo, en el dispositivo de seguimiento local y/o en el dispositivo de seguimiento de GNSS, con respecto al valor umbral del desplazamiento lateral que se produce, el despegue o aterrizaje de la aeronave puede ser llevado a cabo basándose en una señal recibida del dispositivo de cámara, por ejemplo, el dispositivo de cámara puede ser utilizado en este caso como solución de asistencia al aterrizaje. Alternativamente, el procedimiento de despegue o aterrizaje basado en el dispositivo de cámara puede comprender, por ejemplo, un despegue o aterrizaje manual por parte de un piloto. El piloto puede estar situado en la aeronave utilizando datos de imagen proporcionados por el dispositivo de cámara o puede controlar remotamente la aeronave también utilizando datos de imagen proporcionados por el dispositivo de cámara. Aparte de eso, el dispositivo de despegue y aterrizaje automáticos también puede controlar automáticamente la aeronave, por ejemplo, mediante la aplicación de herramientas de procesamiento de imágenes adecuadas que analizan los datos de imagen del dispositivo de la cámara y la aplicación de lógicas adecuadas de toma de decisiones. Para ello, el dispositivo de monitorización puede comprender, por ejemplo, un dispositivo de tratamiento de imágenes y un dispositivo lógico de toma de decisiones.

Según una realización de la invención, el dispositivo de monitorización del dispositivo de control de despegue y aterrizaje automáticos está adaptado para determinar un valor umbral del desplazamiento lateral de un desplazamiento lateral de la aeronave con respecto a una extensión longitudinal de una pista, en donde un despegue o aterrizaje de la aeronave se lleva a cabo basándose en la señal del dispositivo de seguimiento de GNSS si la señal local, por ejemplo, una señal de radar, de la estación terrestre local, por ejemplo, una estación terrestre de radar, no está disponible, y en donde el despegue o el aterrizaje des monitorizado basándose en una señal recibida del dispositivo de cámara, y en donde se aborta un intento de aterrizaje de la aeronave si se produce un desplazamiento lateral de la aeronave con respecto a la extensión longitudinal de la pista determinada basándose en la señal del dispositivo de seguimiento de GNSS excede el valor umbral del desplazamiento lateral.

En otras palabras, si no está disponible ninguna señal local de la estación terrestre local, por ejemplo, una estación terrestre de radar, se puede realizar un despegue y aterrizaje basándose en los datos de posición y/o en la señal del dispositivo de seguimiento de GNSS si el desplazamiento lateral real de la aeronave determinado basándose en la señal del dispositivo de seguimiento de GNSS es menor que el valor umbral del desplazamiento lateral. Aparte de eso,

si no está disponible ninguna señal local, por ejemplo, una señal de radar, el procedimiento de despegue y aterrizaje puede ser monitorizado y/o supervisado basándose en la señal del dispositivo de cámara, en donde dicha monitorización puede ser realizada manualmente por un piloto, ya sea situado en la aeronave o por control remoto, o automáticamente, basándose en herramientas de procesamiento de imágenes que analizan los datos de imagen del dispositivo de la cámara, incluidas las lógicas adecuadas de toma de decisiones. Además, si se excede el desplazamiento lateral real de la aeronave con respecto al valor umbral del desplazamiento lateral, se puede abortar un intento de aterrizaje.

Los planteamientos de despegue y aterrizaje descritos anteriormente pueden ser entendidos de la siguiente manera: diversos sensores de posición, tales como, por ejemplo, el dispositivo de seguimiento local, el dispositivo de seguimiento de GNSS y el dispositivo de cámara pueden proporcionar datos de posición al dispositivo de monitorización. El dispositivo de monitorización puede calcular el desplazamiento lateral real de la aeronave basándose en las medidas de cada uno de los diferentes sensores de posición. A continuación, el dispositivo de monitorización puede comparar estos desplazamientos laterales entre sí para determinar un estado de funcionamiento de cada sensor y para excluir sensores que presenten fallos no detectados. Aparte de eso, el dispositivo de monitorización puede comparar los desplazamientos laterales con el valor umbral del desplazamiento lateral para advertir y/o iniciar un procedimiento para abortar un aterrizaje/despegue, en caso de que se traspase el valor umbral del desplazamiento lateral.

Como ejemplo, un procedimiento de despegue o aterrizaje puede ser realizado de la siguiente manera: si una señal local, por ejemplo, una señal de radar, de una estación terrestre local, por ejemplo, una estación terrestre de radar, está disponible, el dispositivo de seguimiento local puede ser fiable; puede tener prioridad y, por lo tanto, puede servir para realizar un despegue o aterrizaje de la aeronave. Si una señal local, por ejemplo, una señal de radar, está disponible, pero un desplazamiento lateral real de la aeronave excede el umbral del desplazamiento lateral, el dispositivo de cámara puede ser utilizado como un dispositivo de asistencia para el despegue o aterrizaje, además de una señal del dispositivo de seguimiento local. Si no hay ninguna señal local disponible de una estación terrestre local, el despegue o el aterrizaje se pueden realizar basándose en la señal del dispositivo de seguimiento de GNSS mientras el desplazamiento de la aeronave sea menor que el valor umbral del desplazamiento lateral. Si el desplazamiento lateral real excede el valor umbral del desplazamiento lateral, se puede abortar un intento de aterrizaje.

Según una realización de la invención, se lleva a cabo otro intento de aterrizaje cuando se aborta el intento de aterrizaje.

Opcionalmente, se puede determinar un área despejada basándose en la señal recibida del dispositivo de cámara, y la aeronave puede aterrizar en el área despejada. El área despejada puede estar situada fuera de un aeródromo, y la aeronave puede aterrizar y/o estrellarse en esa área despejada. El área despejada puede, además, estar predefinida y, por ejemplo, ser proporcionada al dispositivo de monitorización a través de un acceso a una base de datos y/o a una tabla de consulta, o el área despejada puede ser determinada automática o manualmente por un piloto basándose en una señal de video del dispositivo de cámara.

Esto puede significar que se puede repetir un intento de aterrizaje siempre que el desplazamiento lateral real de la aeronave determinado basándose en la señal del dispositivo de seguimiento de GNSS supere el valor umbral del desplazamiento lateral. Después de un cierto número de intentos de aterrizaje fallidos o de una señal de control, que puede ser proporcionada a distancia a la aeronave, la señal recibida del dispositivo de cámara puede servir para encontrar un área despejada, es decir, un área sin obstáculos, y la aeronave puede aterrizar en esa área.

Según una realización de la invención, el por lo menos un dispositivo de cámara del dispositivo de control de despegue y aterrizaje automáticos está adaptado para observar el entorno de la aeronave en la dirección hacia adelante y/o hacia abajo de la aeronave, y en donde por lo menos un dispositivo de cámara comprende una cámara óptica y/o infrarroja. En otras palabras, el dispositivo de cámara puede ser un dispositivo de cámara de visión delantera que observa el entorno de la aeronave en la dirección del vuelo. Además, mediante la utilización de una cámara infrarroja, se pueden proporcionar datos de imagen incluso en condiciones meteorológicas nubladas o con niebla, e incluso durante la noche, proporcionando, por lo tanto, ventajosamente, información medioambiental en casi todas las condiciones.

Según una realización de la invención, el por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS comprende un certificado militar y/o civil, por ejemplo, una unidad de GPS, que incluye, por ejemplo, un receptor de GNSS respectivo, por ejemplo, un receptor de GPS.

El dispositivo de seguimiento de GNSS también puede ser adaptado para recibir una señal de GNSS aumentado, por ejemplo, que incluya correcciones diferenciales para una posición de GNSS/GPS. Dicho sistema de GNSS aumentado puede comprender un sistema de aumento basado en tierra (GBAS – Ground-Based Augmentation System, en inglés), en el que las correcciones diferenciales pueden ser proporcionadas por una estación terrestre, o un sistema de aumento basado en el espacio (SBAS – Space-Based Augmentation System, en inglés), en el que las correcciones diferenciales pueden ser proporcionadas por un satélite. Una señal de GNSS de GBAS puede ser proporcionada, por ejemplo, por el sistema americano de aumento de área local (LAAS). Una señal de GNSS de SBAS puede ser proporcionada, por ejemplo, por el sistema americano de aumento de área amplia (WAAS), por el servicio europeo de

superposición de navegación geoestacionaria (EGNOS), así como por cualquier otro proveedor, tal como, por ejemplo, Omnistar.

Una unidad de GNSS con certificación militar, tal como, por ejemplo, una unidad de GPS de P(Y) puede ser aplicada, ventajosamente, ya que puede proporcionar una robustez contra la degradación intencional o no intencional de la señal de GPS en el espacio, a veces denominada "interferencia" (jamming, en inglés), y la alteración intencional de la señal de GPS en el espacio por parte de terceros, a veces denominada "redireccionamiento malicioso" (spoofing, en inglés).

En consecuencia, el dispositivo de control de despegue y aterrizaje automáticos puede funcionar incluso bajo amenaza de interferencia y/o redireccionamiento malicioso del GNSS.

Aparte de eso, una aplicación de una unidad de GNSS de SBAS certificada militar y/o civil puede permitir el aterrizaje de emergencia en todo el mundo en caso de alguna contingencia, incluso sin asistencia terrestre disponible. Además, es posible que se requieran costes de adquisición, instalación y mantenimiento considerablemente menores que los sistemas actualmente disponibles para equipos aéreos y/o terrestres. Además, es posible que se requieran tiempos de implementación e instalación considerablemente más cortos que los requeridos en los sistemas actualmente disponibles.

Según una realización de la invención, el dispositivo de despegue y aterrizaje automáticos comprende, además, por lo menos, un altímetro, adaptado para determinar la altitud de la aeronave sobre el nivel del suelo, en donde el altímetro es un altímetro seleccionado de un grupo de altímetro de radar, altímetro barométrico y altímetro de láser.

Asimismo, se pueden combinar diversos altímetros de diferentes tipos, lo que puede aumentar la fiabilidad y la precisión de la detección o la medición de la altitud. En particular, se puede aplicar ventajosamente un altímetro de radar, ya que puede ser aplicable incluso en condiciones meteorológicas de niebla y/o nubosidad.

Otro aspecto de la invención se refiere a una aeronave que comprende el dispositivo de control de despegue y aterrizaje automáticos tal como se ha descrito anteriormente y se describe a continuación.

Según una realización de la invención, la aeronave es un vehículo aéreo no tripulado (UAV) y/o una aeronave pilotada a distancia (RPA). Sin embargo, la invención puede no estar limitada a los UAV y/o RPA, sino que también puede ser aplicada, ventajosamente, en otras aeronaves, por ejemplo, como sistema de asistencia y/o apoyo para el despegue y el aterrizaje.

Otro aspecto de la invención se refiere a un método para llevar a cabo el despegue o aterrizaje de una aeronave, por lo menos, con un dispositivo de seguimiento basado en radar o un sistema pseudo-lite, por lo menos uno: de por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS, y de por lo menos un dispositivo de cámara; y que comprende, además, por lo menos un dispositivo de monitorización. El método comprende las etapas de: recibir por lo menos una señal de por lo menos dos del por lo menos un dispositivo de seguimiento basado en sistema de radar o pseudo-lite, el por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS y el por lo menos un dispositivo de cámara; analizar las señales recibidas desde por lo menos dos del por lo menos un dispositivo de seguimiento local, el por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS y el por lo menos un dispositivo de cámara; comparar por lo menos dos posiciones de la aeronave determinadas basándose en las señales de por lo menos dos del por lo menos un dispositivo de seguimiento local, el por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS y el por lo menos un dispositivo de cámara, para determinar el estado de funcionamiento de las señales; determinar un desplazamiento lateral de la aeronave con respecto a una extensión longitudinal de una pista, basándose en señales disponibles y en buen estado de por lo menos uno del por lo menos un dispositivo de seguimiento local, el por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS y el por lo menos un dispositivo de cámara; determinar un valor umbral del desplazamiento lateral de la aeronave con respecto a la extensión longitudinal de la pista; comparar el desplazamiento lateral de la aeronave con el valor umbral del desplazamiento lateral; y llevar a cabo el despegue o aterrizaje de la aeronave basándose en el valor del desplazamiento lateral determinado. En el mismo, el despegue o aterrizaje de la aeronave se lleva a cabo de manera totalmente automática basándose en la señal recibida del dispositivo de seguimiento local si, por ejemplo, una señal local, por ejemplo, una señal de radar, de una estación terrestre local, por ejemplo, una estación terrestre de radar, está disponible, y si el desplazamiento lateral determinado basándose en la señal del dispositivo de seguimiento local y/o el dispositivo de seguimiento de GNSS es menor que el valor umbral del desplazamiento lateral.

La aeronave puede comprender, además, por lo menos un altímetro, que, opcionalmente, puede proporcionar información acerca de la altitud de la aeronave sobre el suelo.

Según una realización de la invención, el despegue o aterrizaje de la aeronave se lleva a cabo basándose en la señal recibida del dispositivo de cámara si la señal local, por ejemplo, una señal de radar, de la estación terrestre local, por ejemplo, una estación terrestre de radar, está disponible, y si el desplazamiento lateral determinado basándose en las señales del dispositivo de seguimiento local y/o el dispositivo de seguimiento de GNSS supera el valor umbral del desplazamiento lateral.

Según una realización de la invención, el método para llevar a cabo el despegue o aterrizaje de una aeronave comprende, además, monitorizar un despegue o aterrizaje de la aeronave basándose en la señal recibida del

dispositivo de cámara si la señal local de la estación terrestre local no está disponible, en donde el despegue o aterrizaje de la aeronave se lleva a cabo basándose en la señal del dispositivo de seguimiento de GNSS si la señal local de la estación terrestre local no está disponible.

Según una realización de la invención, el método para llevar a cabo el despegue o aterrizaje de una aeronave comprende, además, abortar un intento de aterrizaje de la aeronave si el desplazamiento lateral de la aeronave determinado basándose en la señal del dispositivo de seguimiento de GNSS excede el valor umbral del desplazamiento lateral; y llevar a cabo un nuevo intento de aterrizaje. Opcionalmente, se puede determinar un área despejada basándose en la señal del dispositivo de cámara, y la aeronave puede aterrizar en el área despejada.

Se debe comprender que las características del método para despegue y aterrizaje automático tal como se han descrito anteriormente y se describen a continuación pueden ser características del dispositivo de control de despegue y aterrizaje automáticos tal como se ha descrito anteriormente y se describe a continuación.

Si es técnicamente posible pero no se menciona explícitamente, también las combinaciones de realizaciones de la invención descritas anteriormente y que se describen a continuación pueden ser realizaciones del método y el dispositivo de control.

Estos y otros aspectos de la invención serán evidentes y se aclararán con referencia a las realizaciones descritas a continuación.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, se describen con más detalle realizaciones de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos.

La **Figura 1** muestra esquemáticamente un dispositivo de control de despegue y aterrizaje automáticos para una aeronave, según una realización de la invención.

La **Figura 2** muestra esquemáticamente un dispositivo de control de despegue y aterrizaje automáticos para una aeronave, según otra realización de la invención.

La **Figura 3** muestra esquemáticamente el dispositivo de control de despegue y aterrizaje automáticos de la Figura 2, en combinación con una estación terrestre de radar.

La **Figura 4** muestra esquemáticamente una aeronave, según una realización de la invención.

La **Figura 5A** muestra esquemáticamente un diseño de un aeródromo.

La **Figura 5B** muestra esquemáticamente un trazado de un aeródromo y posibles trayectorias de aterrizaje con diferentes desplazamientos laterales de la posición de toma de contacto con respecto a la prolongación del eje de la pista para una aeronave que aplica el dispositivo de despegue y aterrizaje automáticos, según una realización de la invención.

La **Figura 6** muestra un diagrama de flujo que ilustra un método para llevar a cabo el despegue o aterrizaje de una aeronave, según una realización de la invención.

La **Figura 7** muestra un diagrama de flujo que ilustra un método para llevar a cabo el despegue o aterrizaje de una aeronave, según otra realización de la invención.

Los signos de referencia utilizados en los dibujos y sus significados se enumeran de manera resumida en la lista de signos de referencia. Las representaciones en los dibujos son esquemáticas y no están a escala. En principio, los elementos similares o idénticos están provistos de los mismos símbolos de referencia en las figuras.

Descripción detallada de realizaciones de la invención

La **Figura 1** muestra esquemáticamente un dispositivo de control 100 de despegue y aterrizaje automáticos, según una realización de la invención.

El dispositivo de control 100 comprende un dispositivo de seguimiento local 102 adaptado para recibir una señal local, por ejemplo, una señal de radar, desde una estación terrestre local, por ejemplo, una estación terrestre de radar, y para determinar una posición de la aeronave.

El dispositivo de seguimiento local 102 comprende un módulo transpondedor 102a y una antena transpondedora 102b. La antena transpondedora 102b puede comprender, además, un elemento de antena direccional, es decir, un elemento de antena con un patrón de haz estrecho, y un elemento de antena omnidireccional, es decir, un elemento de antena que tiene un patrón de haz de 360°.

El dispositivo de control 100 comprende, además, un dispositivo de seguimiento de GNSS 104, por ejemplo, un dispositivo de seguimiento de GPS, adaptado para recibir una señal de GNSS, por ejemplo, una señal de GPS, y para

determinar una posición de la aeronave. Aparte de los datos de posición, el dispositivo de seguimiento de GNSS 104 puede proporcionar información acerca de la velocidad de la aeronave y/o información acerca de la altitud de la aeronave sobre el suelo.

El dispositivo de seguimiento de GNSS 104 comprende una unidad militar de GNSS 104a, tal como, por ejemplo, una unidad de GPS de P(Y) y una unidad civil de GNSS 104b certificada, tal como, por ejemplo, una unidad de GPS de C/A. La unidad militar de GPS 104a está adaptada para proporcionar una alta precisión tridimensional al mismo tiempo que proporciona un alto nivel de robustez y resistencia contra interferencias y/o redireccionamiento malicioso. La unidad militar de GPS 104a puede permitir, además, operaciones en todo el mundo, por ejemplo, en aeródromos del grupo B de la OTAN y/o en cualquier aeropuerto/aeródromo de tamaño comparable. Por otro lado, la unidad de GPS con certificado civil 104b puede garantizar una precisión tridimensional en todo el mundo, que puede ser necesaria para las operaciones de vuelo. Aparte de eso, la unidad de GPS con certificado civil 104b puede satisfacer los requisitos de la aviación civil sobre el equipo mínimo de navegación y la integración en el espacio aéreo no segregado.

El dispositivo de seguimiento de GNSS 104 con unidades de GPS 104a y 104b también puede estar adaptado para recibir una señal de GNSS/GPS aumentado, por ejemplo, que incluye correcciones diferenciales para una posición de GNSS/GPS. Dicho sistema de GNSS aumentado puede comprender un sistema de aumento basado en tierra (GBAS), en el que las correcciones diferenciales pueden ser proporcionadas por una estación terrestre, o un sistema de aumento basado en el espacio (SBAS), en el que las correcciones diferenciales pueden ser proporcionadas por un satélite. Una señal de GNSS de GBAS puede ser proporcionada, por ejemplo, por el sistema americano de aumento de área local (LAAS). Una señal de GNSS de SBAS puede ser proporcionada, por ejemplo, por el sistema americano de aumento de área extendida (WAAS), por el sistema de mejora de GPS de área extendida (WAGE), por el servicio europeo de superposición de navegación geoestacionaria (EGNOS), así como por cualquier otro proveedor, tal como, por ejemplo, Omnistar. El dispositivo de seguimiento de GNSS 104 con unidades de GPS 104a y 104b puede estar adaptado, en consecuencia, para recibir cualquier señal de GNSS/GPS aumentado.

El dispositivo de control 100 comprende, además, un altímetro 106, adaptado para determinar una altitud de la aeronave sobre el nivel del suelo. El altímetro 106 comprende una unidad de altímetro de radar 106a, adaptada para mediciones de altitud sobre el suelo, que puede ser utilizado durante una aproximación de la aeronave a una pista y que puede estar adaptado para iniciar una maniobra de ajuste del cabeceo (flare, en inglés), corrección de la deriva (de-crab, en inglés) y/o corrección de la inclinación (de-roll, en inglés) la aeronave. El altímetro 106 comprende, además, un par de antenas de altímetro de radar 106b, que pueden ser conectadas a la unidad de altímetro de radar 106a, y que pueden estar adaptadas para emitir una señal de radar y/o para recibir una señal de radar reflejada por una superficie terrestre.

El dispositivo de control 100 comprende, además, un dispositivo de cámara 108, adaptado para observar un entorno de la aeronave. El dispositivo de cámara 108 comprende una cámara delantera 108a, que puede ser una cámara electroóptica. El dispositivo de cámara 108 comprende, además, una cámara delantera 108b infrarroja opcional, que puede estar adaptada para operaciones en condiciones de baja visibilidad y durante la noche. El dispositivo de cámara 108 puede estar adaptado para proporcionar pistas visuales de un aeródromo y/o una pista, por ejemplo, a un piloto a distancia de la aeronave. El dispositivo de cámara 108 puede estar adaptado, además, para monitorizar un procedimiento de despegue y/o aterrizaje, y puede ayudar, además, en el arbitraje de información contradictoria en casos de fallo proporcionados por los otros dispositivos, tal como, por ejemplo, el dispositivo de seguimiento local 102 y el dispositivo de seguimiento de GNSS 104.

El dispositivo de control 100 comprende, además, un dispositivo de navegación inercial 109, que puede estar adaptado para proporcionar actitudes inerciales y velocidades angulares, proporcionando, de este modo, información sobre la aceleración de la aeronave en casi cualquier dirección. Esto puede incluir rumbo verdadero y magnético. También la información de velocidad puede ser proporcionada por el sistema de navegación inercial 109. Además, incluso la información de posición puede ser proporcionada por el dispositivo de navegación inercial 109, cuya información puede ser utilizada para guía en todas las fases de vuelo.

El dispositivo de control 100 comprende, además, un dispositivo de monitorización 110, adaptado para supervisar de manera continua y automática el rendimiento y el estado de funcionamiento del dispositivo de seguimiento local 102, el dispositivo de seguimiento de GNSS 104, el altímetro 106 y el dispositivo de cámara 108 basándose en el análisis de las señales recibidas de por lo menos dos del dispositivo de seguimiento local 102, el dispositivo de seguimiento de GNSS 104, el altímetro 106 y el dispositivo de cámara 108. Asimismo, el dispositivo de navegación inercial 109 puede ser supervisado y sus señales pueden ser analizadas por el dispositivo de monitorización 110.

Para este propósito, el dispositivo de monitorización 110 es conectado a los respectivos dispositivos 102, 104, 106, 108, 109, y el dispositivo de monitorización 110 puede intercambiar, es decir, recibir y/o proporcionar, señales y/o datos hacia y/o desde los respectivos dispositivos 102, 104, 106, 108, 109. Las señales y/o datos pueden ser intercambiadas, por ejemplo, de manera inalámbrica y/o mediante respectivas conexiones eléctricas.

En particular, el dispositivo de monitorización 110 está adaptado para comparar los datos de posición de la aeronave determinados por el dispositivo de seguimiento local 102 basándose en una señal local, por ejemplo, una señal de radar, de una estación terrestre local, por ejemplo, una estación terrestre de radar, estando determinados los datos de

posición por el dispositivo de seguimiento de GNSS 104 basándose en una señal de GNSS, por ejemplo, una señal de GPS.

Basándose en los datos de posición proporcionados por el dispositivo de seguimiento local 102 y el dispositivo de seguimiento de GNSS 104, el dispositivo de monitorización 110 puede estar adaptado, además, para determinar un desplazamiento lateral de la aeronave con respecto a la línea central de una pista durante un procedimiento de despegue o aterrizaje. Adicionalmente, un valor umbral del desplazamiento lateral puede ser determinado por, respectivamente, puede haber sido almacenado en el interior del dispositivo de monitorización 110, tal como se ha descrito con más detalle en lo anterior y se describe a continuación.

La **Figura 2** muestra esquemáticamente un dispositivo de control 100 de despegue y aterrizaje automáticos para una aeronave, según otra realización de la invención. Si no se indica lo contrario, el dispositivo de control 100 de la Figura 2 comprende los mismos elementos y características que el dispositivo de control 100 de la Figura 1.

El dispositivo de control 100 comprende un primer altímetro de radar 106' y un segundo altímetro de radar 106", cada uno de los cuales comprende una unidad de altímetro de radar 106a', 106a" conectada a un par de antenas de radar 106b', 106b", respectivamente.

El dispositivo de control 100 comprende, además, un primer, un segundo y un tercer dispositivo de navegación inercial 109, 109', 109". Cada dispositivo de navegación inercial 109, 109', 109" comprende un módulo de filtro de Kalman 111, 111', 111", respectivamente Los módulos de filtro Kalman 111, 111', 111" pueden ser módulos de banco de filtros Kalman.

El dispositivo de control 100 comprende, además, un dispositivo de seguimiento de GNSS 104, que comprende una primera unidad militar de GPS de P(Y) 104a' con una antena de GPS de P(Y) 104c, una segunda unidad militar de GPS de P(Y) 104a" con una antena de GPS de P(Y) 104c' y una unidad certificada civil de GPS de C/A 104b' con una antena de GPS 104c". Asimismo, la antena 104c" puede ser una antena de GPS de P(Y).

Los módulos de filtro Kalman 111, 111', 111" prescritos pueden estar integrados en los respectivos dispositivos de navegación inercial 109, 109', 109" utilizando mediciones de inercia pura de los dispositivos de navegación inercial 109, 109', 109" y utilizando mediciones de GPS puro de las unidades de GPS 104a', 104a", 104b'. Al utilizar dichas mediciones, los módulos de filtro de Kalman 111, 111', 111" pueden producir las mejores estimaciones de una posición 3D híbrida de la aeronave, que pueden ser utilizadas para guía horizontal en todas las fases de vuelo, y las mejores estimaciones de velocidades híbridas.

El dispositivo de control 100 comprende, además, un dispositivo de cámara 108, que comprende una cámara delantera 108a electroóptica y una cámara delantera 108b infrarroja.

Aparte de eso, el dispositivo de control 100 comprende, además, un dispositivo de seguimiento local 102, que puede proporcionar una señal de radiofrecuencia de fuente puntual de baliza/transpondedor desde la aeronave. La señal de radiofrecuencia puede ser obtenida y rastreada por un módulo de banda Ku del segmento terrestre del rastreador de radar para determinar con precisión la posición de la aeronave en relación con un punto de toma de contacto. El dispositivo de seguimiento local comprende un módulo transpondedor de radar 102a, que puede contener toda la electrónica del dispositivo de seguimiento local 102 con funciones de baliza/transpondedor. El dispositivo de seguimiento local 102 comprende, además, una antena transpondedora de radar 102b, que puede comprender hardware de cableado de radiofrecuencia y que puede proporcionar la señal de radiofrecuencia de fuente puntual de baliza/transpondedor desde la aeronave. Tal como ya se describió en la Figura 1, se pueden utilizar una antena direccional combinada con un patrón de haz estrecho y alta ganancia, que puede ser utilizada cuando la aeronave está lejos de una estación terrestre local, por ejemplo, una estación terrestre de radar y una antena omnidireccional. La antena omnidireccional puede tener un patrón de haz de 360° y baja ganancia, y puede ser utilizada cuando la aeronave está cerca de la estación terrestre de radar, donde los ángulos de aspecto del dispositivo de seguimiento local 102 con respecto a la estación terrestre de radar pueden variar mucho, y un haz ancho puede permitir una cobertura continua.

El dispositivo de seguimiento local 102 comprende, además, un dispositivo de frecuencia ultra alta (UHF – Ultra High Frequency, en inglés) de seguimiento por radar 103, que comprende un módulo de seguimiento por radar de UHF 103a y una antena de seguimiento por radar de UHF 103b. El dispositivo de seguimiento por radar de UHF 103 puede recibir datos y/o señales enlazadas por la estación terrestre de radar a la aeronave. El dispositivo de seguimiento por radar de UHF 103 puede, además, enrutar dichas señales/datos a los elementos/dispositivos adicionales del dispositivo de control 100, tal como el dispositivo de monitorización 110.

El dispositivo de control 100 comprende, además, un primer dispositivo de monitorización 110, un segundo dispositivo de monitorización 110' y un tercer dispositivo de monitorización 110", todos los cuales están interconectados con los dispositivos prescritos.

La **Figura 3** muestra esquemáticamente el dispositivo de control 100 de despegue y aterrizaje automáticos de la Figura 2, en combinación con una estación terrestre de radar 300. Si no se indica lo contrario, el dispositivo de control 100

de la Figura 3 comprende las mismas características y elementos que los dispositivos de control 100 de las Figuras 1 y 2

La estación terrestre de radar 300 puede rastrear una baliza de aeronave para determinar con precisión una posición de la aeronave en relación con un punto de toma de contacto en una pista.

La estación terrestre de radar 300 comprende un módulo terrestre de seguimiento por radar 302 con una antena de radiofrecuencia (RF) terrestre de seguimiento por radar 304. El módulo terrestre de seguimiento por radar 302 puede proporcionar energía y control para unidades reemplazables de línea de la estación terrestre de seguimiento por radar 300. el módulo 302 también puede traducir una posición medida por la antena terrestre de RF de seguimiento por radar 304 al punto de toma de contacto utilizando un desplazamiento precalibrado.

La antena terrestre de RF de seguimiento por radar 304 puede comprender una antena móvil o fija. Puede rastrear en tiempo real una señal de RF de fuente puntual de la aeronave, que puede ser producida por el módulo transpondedor de radar 102a. También puede haber una pluralidad de antenas móviles y/o fijas 304, que pueden medir parámetros de posición 3D de la aeronave combinando mediciones basadas en reflexiones de RF del fuselaje de la aeronave y mediciones basadas en interrogaciones del módulo transpondedor de radar 102a.

En consecuencia, una señal de RF del módulo terrestre de seguimiento por radar 302 puede ser transmitida de manera inalámbrica a través de la antena de RF terrestre de seguimiento por radar 304 a la antena transpondedora de radar 102b del dispositivo de seguimiento local 102 de la aeronave. Viceversa, las señales pueden ser transmitidas desde el dispositivo de seguimiento local 102 al módulo terrestre de seguimiento por radar 302 a través de las respectivas antenas.

La estación terrestre de radar 300 comprende, además, un módulo de UHF terrestre de seguimiento por radar 306 con una antena de UHF terrestre de seguimiento por radar 308. El módulo 306 puede enviar datos de seguimiento de enlace ascendente de la aeronave medidos por la estación terrestre de radar 300, junto con información de estado de la estación terrestre de radar 300 y comandos desde una estación de control terrestre de seguimiento por radar 312.

En consecuencia, una señal de UHF del módulo de UHF terrestre de seguimiento por radar 306 puede ser transmitida de manera inalámbrica a través de la antena de UHF terrestre de seguimiento por radar 308 a la antena de UHF de radar 103b del dispositivo de seguimiento local 102 de la aeronave. Viceversa, las señales pueden ser transmitidas desde el dispositivo de seguimiento local 102 al módulo de UHF terrestre de seguimiento por radar 306 a través de las respectivas antenas.

La estación terrestre de radar 300 comprende, además, un módulo de enlace terrestre de seguimiento por radar 310, que puede comprender un enlace de UHF de seguimiento por radar, que puede comprender un transceptor de UHF y una antena de UHF dedicada, y/o un enlace físico de seguimiento por radar, que puede comprender un transceptor y una conexión física, tal como, por ejemplo, un cable a la estación de control terrestre de seguimiento por radar 312. El módulo de enlace terrestre de seguimiento por radar 310 puede proporcionar medios para controlar el dispositivo de seguimiento local 102 de la aeronave, por ejemplo, un dispositivo de seguimiento por radar, y/o la estación terrestre de seguimiento por radar 300 remotamente desde la estación de control terrestre de seguimiento por radar 312.

La **Figura 4** muestra esquemáticamente una aeronave 400, según una realización de la invención. La aeronave 400 puede ser, por ejemplo, un vehículo aéreo no tripulado (UAV) o una aeronave pilotada a distancia (RPA).

La aeronave 400 comprende un dispositivo de control 100 de despegue y aterrizaje automáticos con un dispositivo de seguimiento local 102, un dispositivo de seguimiento de GNSS 104, un altímetro 106, un dispositivo de cámara 108 con una cámara orientada hacia adelante 108a, y un dispositivo de monitorización 110.

La **Figura 5A** muestra esquemáticamente un diseño de un aeródromo 500. El aeródromo 500 comprende una pista 502 con una línea central 504. La línea central 504 se extiende a lo largo de la dirección longitudinal 505 de la pista 502.

La pista 502 puede medir un ancho de 45 m en la dirección transversal 507 de la pista 502, en donde la dirección transversal 507 puede ser ortogonal a la dirección longitudinal 505. En consecuencia, la pista 502 se extiende 22,5 m lateralmente a cada lado de la línea central 504.

Adyacentes a la pista 502, están dispuestos los denominados arcenes 506a, 506b, que pueden tener una anchura de 30 m. En otras palabras, la pista 502 está bordeada por arcenes 506a, 506b, que se pueden extender 30 m lateralmente desde cualquier lado de la pista 502.

Directamente adyacentes a la pista 502, los arcenes 506a, 506b pueden comprender, además, cada uno, una franja de transición 508a, 508b pavimentada y/o que soporta carga, que se puede extender 3 m lateralmente desde la pista 502. Las franjas de transición 508a, 508b que soportan carga pueden estar diseñadas para que una aeronave 400 pueda aterrizar en las mismas, mientras que el resto de los arcenes 506a, 506b pueden no estar adaptados para soportar ninguna carga.

El aeródromo que se muestra en la Figura 5A puede ser un aeródromo 500 y/o una pistade aterrizaje 502 del llamado "grupo B de la OTAN".

La **Figura 5B** muestra esquemáticamente un trazado de un aeródromo 500 y posibles trayectorias de aterrizaje con diferentes desplazamientos laterales de la posición de toma de contacto con respecto al eje de la pista extendida para una aeronave 400 que aplica el dispositivo 100 de despegue y aterrizaje automáticos según una realización de la invención. Si no se indica otra cosa el aeródromo 500 de la Figura 5B comprende los mismos elementos que el aeródromo 500 de la Figura 5A.

Aparte de la pista 502 con la línea central 504, las franjas de transición 508a, 508b y los arcenes 506a, 506b, el aeródromo 500 comprende, además, un área sin pavimentar 510 adyacente a los arcenes 506a, 506b. El área 510 se puede extender 97,5 m lateralmente desde los arcenes 506a, 506b a ambos lados de la pista 502. El área 510 puede comprender asistencia esencial al vuelo 511, tal como, por ejemplo, la estación terrestre de radar 300, mientras que en el área 510 no puede haber personal ni ningún otro obstáculo, tal como, por ejemplo, edificios

El aeródromo 500 puede comprender una denominada zona de seguridad que se extiende lateralmente 150 m a cada lado de la línea central 504. La zona de seguridad, por lo tanto, comprende la pista 502 y los arcenes 506a, 506b. Fuera de la zona de seguridad, puede haber obstáculos 513, tales como, por ejemplo, edificios.

En la Figura 5B se muestran posibles trayectorias de aterrizaje 512a, 512b, 512c, 512d con diferentes desplazamientos laterales de la posición de toma de contacto con respecto a la línea central de la pista extendida para intentos de aterrizaje de una aeronave 400 aplicando el dispositivo de control 100 de despegue y aterrizaje automáticos.

Un primer intento de aterrizaje 512a con un primer punto de contacto 514a se muestra a lo largo de la línea central 504 de la pista 502, en donde el primer punto de contacto 514a está situado en la línea central 504 de la pista 502. Un comportamiento de aterrizaje potencial de una aeronave 400 para el primer el punto de contacto 514a está indicado por la flecha 515a. A lo largo de la franja de transición 508a se muestra un segundo intento de aterrizaje 512b con un segundo punto de toma de contacto 514b, en donde el segundo punto de toma de contacto 514b está situado en la franja de transición 508a. Un comportamiento de aterrizaje potencial de la aeronave 400 para el segundo punto de contacto 514b se indica mediante la flecha 515b.

Un tercer intento de aterrizaje 512c con un tercer punto de toma de contacto 514c se muestra a lo largo del arcén 506a, en donde el tercer punto de toma de contacto 514c está situado en el arcén 506a. Puesto que el arcén 506a no está pavimentado y no soporta carga, un posible aterrizaje de la aeronave 400 en el mismo puede comprender un comportamiento indefinido de la aeronave 400 durante un procedimiento de aterrizaje, es decir, no se puede determinar un punto de detención exacto de la aeronave 400. Esto se indica mediante el área en forma de cono 515c en la Figura 5B, que refleja el posible comportamiento de aterrizaje.

A lo largo del área 510 se muestra un cuarto intento de aterrizaje 512d con un cuarto punto de toma de contacto 514d, en donde el cuarto punto de toma de contacto 514d está situado en el área 510. Puesto que el área 510 no está pavimentada y no soporta carga, un posible aterrizaje de la aeronave 400 en la misma puede comprender, asimismo, un comportamiento indefinido de la aeronave 400 durante un procedimiento de aterrizaje. Esto se indica mediante el área en forma de cono 515d que refleja el posible comportamiento de aterrizaje.

Al acercarse a la pista 502, el dispositivo de control 100 de despegue y aterrizaje automáticos determina un valor del desplazamiento lateral umbral 516 de un desplazamiento lateral del punto de toma de contacto esperado de la aeronave 400 en el aeródromo 500. El valor del desplazamiento lateral umbral puede ser la distancia entre la línea central 504 y un límite entre la franja de transición 508a, 508b y el resto de los arcenes 506a, 506b. En consecuencia, para el diseño prescrito del aeródromo 500, el valor umbral del desplazamiento lateral 516 mide 25,5 m a cada lado de la línea central 504.

Si una señal de radar de una estación terrestre de radar 300 está disponible y si el desplazamiento lateral de la aeronave 400 en el punto de toma de contacto esperado, según lo determinado basándose en las señales del dispositivo de seguimiento local 102 y/o del dispositivo de seguimiento de GNSS 104, es menor o igual que el valor umbral del desplazamiento lateral 516, se lleva a cabo un despegue o aterrizaje de la aeronave 400 de manera completamente automática, basándose en la señal del dispositivo de seguimiento local 102. Esto está relacionado con los intentos de aterrizaje 512a, 512b en la Figura 5B.

Si la señal local, por ejemplo, una señal de radar, desde una estación terrestre de radar 300, o, en general, una estación terrestre local, está disponible, y si el desplazamiento lateral de la aeronave 400 en el punto de toma de contacto esperado, según se determina basándose en la señal del dispositivo de seguimiento local 102 y/o en la señal del dispositivo de seguimiento de GNSS 104, supera el valor umbral del desplazamiento lateral 516, la maniobra de aterrizaje de la aeronave 400 es abortada de manera manual o automática y se puede realizar un intento de aterrizaje adicional basándose en una señal recibida del dispositivo de cámara 108. Esto está relacionado con los intentos de aterrizaje 512c, 512d en la Figura 5B. La cámara se puede utilizar como fuente de posicionamiento en los casos en que el dispositivo de seguimiento local y el dispositivo de seguimiento de GNSS no estén disponibles. De lo contrario, la cámara puede ser utilizada para supervisar la maniobra de aterrizaje y resolver casos ambiguos, en los que la

información de posición del dispositivo de seguimiento local 102 y la información de posición del dispositivo de seguimiento de GNSS 104 pueden ser contradictorias.

Si ninguna señal local, por ejemplo, una señal de radar de la estación terrestre de radar 300, está disponible, y si el desplazamiento lateral de la aeronave 400 en el punto de toma de contacto esperado según lo determinado basándose en la señal del dispositivo de seguimiento de GNSS 104, es menor que el valor umbral del desplazamiento lateral 516, se lleva a cabo un despegue o aterrizaje de la aeronave 400 basándose en la señal del dispositivo de seguimiento de GNSS 104. Adicionalmente, el despegue y el aterrizaje se monitorizan basándose en la señal recibida del dispositivo de cámara 108. Esto está relacionado con los intentos de aterrizaje 512a, 512b en la Figura 5B.

Si no hay ninguna señal local, por ejemplo, una señal de radar de una estación terrestre de radar 300, disponible, y si el desplazamiento lateral de la aeronave 400 en el punto de toma de contacto esperado, según lo determinado basándose en la señal del dispositivo de seguimiento de GNSS, excede el valor umbral del desplazamiento lateral 516, el despegue o el aterrizaje de la aeronave 400 son abortados, y se puede llevar a cabo otro intento de aterrizaje. Esto está relacionado con los intentos de aterrizaje 512c, 512d en la Figura 5B. Opcionalmente, se puede determinar un área despejada fuera del aeródromo basándose en la señal del dispositivo de cámara 108, y la aeronave 400 puede aterrizar en el área despejada.

La **Figura 6** muestra un diagrama de flujo que ilustra un método para llevar a cabo el despegue o aterrizaje de una aeronave 400, según una realización de la invención. La aeronave 400 comprende un dispositivo de control 100 de despegue y aterrizaje automáticos con por lo menos un dispositivo de seguimiento local 102, por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS 104, por lo menos un altímetro 106, por lo menos un dispositivo de cámara 108 y por lo menos un dispositivo de monitorización 110.

En una primera etapa S1 del método para llevar a cabo el despegue o aterrizaje, señales de la aeronave 400 desde el por lo menos un dispositivo de seguimiento local 102, el por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS 104, el por lo menos un altímetro 106 y el por lo menos un dispositivo de cámara 108, son recibidas por el dispositivo de monitorización 110.

Posteriormente, las señales recibidas de por lo menos dos del por lo menos un dispositivo de seguimiento local 102, el por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS 104, el por lo menos un altímetro 106 y el por lo menos un dispositivo de cámara 108, son analizadas por el dispositivo de monitorización 110 en una etapa S2. La etapa S2 puede comprender, además, comparar las señales recibidas desde el dispositivo de seguimiento local 102 y el dispositivo de seguimiento de GNSS 104 y el por lo menos un dispositivo de cámara 108, y/o comparar una posición de la aeronave 400 determinada basándose en dichas señales.

En una etapa S3 adicional, el dispositivo de monitorización 110 determina un desplazamiento lateral de la aeronave 400 con respecto a una extensión longitudinal de una pista 502 basándose en las señales del dispositivo de seguimiento local 102 y/o del dispositivo de seguimiento de GNSS 104 y/o del dispositivo de cámara 108.

En una etapa S4, el dispositivo de control 110 determina un valor umbral del desplazamiento lateral 516 de la aeronave 400 con respecto a la extensión longitudinal de la pista 502.

El desplazamiento lateral de la aeronave 400 determinado en la etapa S3 es comparado a continuación por el dispositivo de control 110, en una etapa S5, con el valor umbral del desplazamiento lateral 516 determinado en la etapa S4.

Finalmente, el despegue o aterrizaje de la aeronave 400 se lleva a cabo en una etapa S6, en donde el despegue o aterrizaje de la aeronave 400 se lleva a cabo de manera completamente automática basándose en la señal recibida del dispositivo de seguimiento local 102 si una señal de radar de una estación terrestre de radar está disponible y en buen estado, y si el desplazamiento lateral determinado basándose en la señal del dispositivo de seguimiento local 102 y/o el dispositivo de seguimiento de GNSS 104 y/o el dispositivo de cámara 108, es menor que el valor umbral del desplazamiento lateral 516.

Si el desplazamiento lateral determinado basándose en las señales del dispositivo de seguimiento local 102 y/o el dispositivo de seguimiento de GNSS 104 y/o el dispositivo de cámara 108 supera el valor umbral del desplazamiento lateral 516, se aborta el despegue o aterrizaje de la aeronave 400, y se puede iniciar un nuevo intento de manera manual o automática.

La **Figura 7** muestra un diagrama de flujo que ilustra un método para llevar a cabo el despegue o aterrizaje de una aeronave 400, según una realización de la invención. La aeronave 400 comprende un dispositivo de control 100 de despegue y aterrizaje automáticos con por lo menos dos del por lo menos un dispositivo de seguimiento local 102, el por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS 104 y el por lo menos un dispositivo de cámara 108, y comprende, además, por lo menos un altímetro 106 y por lo menos un dispositivo de monitorización 110.

En una primera etapa S10 del método para llevar a cabo un despegue o aterrizaje, señales de la aeronave 400 desde el por lo menos un dispositivo de seguimiento local 102, el por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS 104,

el por lo menos un altímetro 106 y el por lo menos un dispositivo de cámara 108, son recibidas por el dispositivo de monitorización 110.

Posteriormente, las señales recibidas de por lo menos dos del por lo menos un dispositivo de seguimiento local 102, el por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS 104, el por lo menos un altímetro 106 y el por lo menos un dispositivo de cámara 108, son analizadas por el dispositivo de monitorización 110 en una etapa S11. Posteriormente, por lo menos dos posiciones de la aeronave determinadas basándose en las señales de por lo menos dos del por lo menos un dispositivo de seguimiento local (102), el por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS (104) y el por lo menos un dispositivo de cámara (108), son comparadas.

La etapa S11 puede comprender, además, determinar si una señal de radar de una estación terrestre de radar 300, una señal de GNSS, por ejemplo, una señal de GPS, del por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS 104, una señal de altitud sobre el suelo del por lo menos un altímetro 106, y una señal de video del por lo menos un dispositivo de cámara 108, están en buen estado.

En otra etapa S12, el dispositivo de monitorización 110 determina un desplazamiento lateral de la aeronave 400 con respecto a una extensión longitudinal de una pista 502 basándose en la señal del dispositivo de seguimiento local 102 y/o del dispositivo de seguimiento de GNSS 104 y/o o del dispositivo de cámara 108.

En una etapa S13, el dispositivo de control 110 determina un valor umbral del desplazamiento lateral 516 de la aeronave 400 con respecto a la extensión longitudinal de la pista 502.

El desplazamiento lateral de la aeronave 400 determinado en la etapa S12 es comparado a continuación por el dispositivo de monitorización 110 en una etapa S14 con el valor umbral del desplazamiento lateral 516 determinado en la etapa S13.

Finalmente, el despegue o aterrizaje de la aeronave 400 se lleva a cabo en una etapa S15 basándose en la señal del dispositivo de seguimiento de GNSS 104 si una señal de GNSS, por ejemplo, una señal de GPS de un dispositivo de seguimiento de GPS está disponible y en buen estado, y si el desplazamiento lateral determinado basándose en la señal del dispositivo de seguimiento de GNSS 104 es menor que el valor umbral del desplazamiento lateral 516. Adicionalmente, el despegue o aterrizaje de la aeronave 400 es monitorizado basándose en una señal recibida del dispositivo de cámara 108, en donde la monitorización puede ser realizada por un piloto de la aeronave 400, tal como, por ejemplo, un piloto a distancia, y/o automáticamente, por el dispositivo de monitorización 110.

Alternativamente, si el desplazamiento lateral determinado basándose en la señal del dispositivo de seguimiento de GNSS 104 excede el valor umbral del desplazamiento lateral 516, se aborta un intento de aterrizaje actual de la aeronave 400, y se lleva a cabo un intento de aterrizaje adicional en la etapa S16. Alternativamente a la etapa S16, se puede determinar un área despejada basándose en la señal del dispositivo de cámara 108, y la aeronave 400 aterriza en el área despejada en la etapa S15'.

Si bien la invención se ha ilustrado y descrito en detalle en los dibujos y en la descripción anterior, dicha ilustración y descripción deben ser consideradas ilustrativas o a modo de ejemplo, y no limitativas; la invención no está limitada a las realizaciones dadas a conocer. Los expertos en la materia, y que ponen en práctica la invención reivindicada, pueden comprender y efectuar otras variaciones de las realizaciones dadas a conocer, a partir de un estudio de los dibujos, de la divulgación y de las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, la expresión "que comprende" o "que comprenden", no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad. Un solo procesador o controlador u otra unidad puede cumplir las funciones de varios elementos enumerados en las reivindicaciones. El mero hecho de que determinadas medidas se mencionen en reivindicaciones dependientes diferentes entre sí no indica que una combinación de estas medidas no pueda ser utilizada ventajosamente. Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no debe ser interpretado como una limitación del alcance.

Lista de signos de referencia

100	Dispositivo de control de despegue y aterrizaje automáticos
102	Dispositivo de seguimiento local
102a	Módulo transpondedor de radar
102b	Antena transpondedora de radar
103	Dispositivo de UHF de seguimiento por radar
103a	Módulo de UHF de radar
103b	Antena de UHF de radar
104	Dispositivo de seguimiento de GNSS

104a, 104a', 104a"	Unidad militar de GPS de P(Y)
104b, 104b'	Unidad certificada civil de GPS de C/A
104c, 104c', 104c"	Antena de GPS
106, 106', 106"	Altímetro
106a, 106a'	Unidad de altímetro de radar
106b, 106b', 106b"	Par de antenas de altímetro de radar
108	Dispositivo de cámara
108a	Cámara de visión delantera
108b	Cámara de infrarrojos de visión delantera
109	Dispositivo de navegación inercial
110, 110',110"	Dispositivo de monitorización
111, 111', 111"	Módulo de filtro Kalman
300	Estación terrestre de radar/estación terrestre local
302	Módulo terrestre de seguimiento por radar
304	Antena terrestre de seguimiento por radar
306	Módulo de UHF terrestre de seguimiento por radar
308	Antena de UHF terrestre de seguimiento por radar
310	Módulo de enlace terrestre de seguimiento por radar
312	Estación de control terrestre de seguimiento por radar
400	Aeronave
500	Aeródromo
502	Pista
504	Línea central
505	Dirección longitudinal de la pista
506a, 506b	Arcén de la pista
507	Dirección transversal de la pista
508a, 508b	Franja de transición
510	Zona de aeródromo
511	Asistencia esencial al vuelo
512a, 512b, 512c, 512d	Intento de aterrizaje
514a, 514b, 514c, 514d	Punto de contacto
515a, 515b, 515c, 515d	Comportamiento de aterrizaje
516	Valor umbral del desplazamiento lateral

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de control (100) de despegue y aterrizaje automáticos para una aeronave (400), comprendiendo el dispositivo de control (100):

por lo menos uno de un dispositivo de seguimiento basado en radar (102) o un dispositivo de seguimiento basado en un sistema pseudo-lite, estando adaptado el dispositivo de seguimiento basado en radar (102) o el dispositivo de seguimiento basado en el sistema pseudo-lite para recibir por lo menos una señal local desde por lo menos una estación terrestre local (300), y para determinar una posición de la aeronave (400) basándose en por lo menos una señal local, y por lo menos uno de:

por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS (104), adaptado para recibir una señal de GNSS y para determinar una posición de la aeronave (400) basándose en la señal de GNSS,

por lo menos un dispositivo de cámara (108), adaptado para observar un entorno de la aeronave (400) y para determinar una posición de la aeronave (400) basándose en la señal de la cámara;

y que comprende, además, por lo menos un dispositivo de monitorización (110), adaptado para supervisar de manera continua el rendimiento y el estado de funcionamiento del por lo menos un dispositivo de seguimiento (102), basado en radar o basado en un sistema de pseudo-lite basado en el análisis de las señales recibidas del sistema basado en radar, o del dispositivo de seguimiento basado en un sistema de pseudo-lite (102), y uno del por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS (104), y el por lo menos un dispositivo de cámara (108); en donde la supervisión continua de un rendimiento y un estado de funcionamiento del por lo menos un dispositivo de seguimiento basado en radar o basado en un sistema de pseudo-lite comprende determinar la calidad de los datos de posición proporcionados por el por lo menos un dispositivo de seguimiento basado en radar o basado en un sistema de pseudo-lite.

2. El dispositivo de control (100) de despegue y aterrizaje automáticos, según la reivindicación 1,

en el que el dispositivo de monitorización (110) está adaptado para comparar la posición de la aeronave (400) según se determina basándose en las señales del dispositivo de seguimiento basado en radar o basado en un sistema de pseudo-lite y de uno del por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS, y el por lo menos un dispositivo de cámara.

3. El dispositivo de control (100) de despegue y aterrizaje automáticos, según una de las reivindicaciones 1 y 2,

en el que el dispositivo de monitorización (110) está adaptado para determinar un desplazamiento lateral de la aeronave (400) con respecto a una extensión longitudinal de una pista (502) a partir de las señales recibidas del dispositivo de seguimiento (102) basado en radar o basado en un sistema de pseudo-lite y de uno del por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS (104), y el por lo menos un dispositivo de cámara (108).

4. El dispositivo de control (100) de despegue y aterrizaje automáticos, según la reivindicación 3,

en el que el dispositivo de control (110) está adaptado para determinar un valor umbral del desplazamiento lateral (516) de un desplazamiento lateral de la aeronave (400) con respecto a una extensión longitudinal de una pista (502),

en el que el dispositivo de control (100) de despegue y aterrizaje automáticos está adaptado para llevar a cabo un despegue o aterrizaje de la aeronave (400) de manera totalmente automática basándose en la señal del dispositivo de seguimiento (102) basado en radar o basado en un sistema de pseudo-lite si la señal local de la estación terrestre local (300) está disponible y si un desplazamiento lateral de la aeronave (400) con respecto a la extensión longitudinal de la pista (502) determinado basándose en una señal del dispositivo de seguimiento (102) basado en radar o basado en un sistema de pseudo-lite y del dispositivo de seguimiento de GNSS (104) es menor que el valor umbral del desplazamiento lateral (516); y

en el que el dispositivo de control (100) de despegue y aterrizaje automáticos está adaptado para abortar un intento de aterrizaje (512a-d) de la aeronave (400) si el desplazamiento lateral de la aeronave (400) con respecto a la extensión longitudinal de la pista (502) determinado basándose en la señal del dispositivo de seguimiento de GNSS (104) excede el valor umbral del desplazamiento lateral (516).

5. El dispositivo de control (100) de despegue y aterrizaje automáticos, según la reivindicación 4,

en el que el dispositivo de control (100) de despegue y aterrizaje automáticos está adaptado para realizar un intento de aterrizaje (512a-d) adicional si se aborta el intento de aterrizaje (512a-d).

6. El dispositivo de control (100) de despegue y aterrizaje automáticos, según una de las reivindicaciones anteriores,

en el que el por lo menos un dispositivo de cámara (108) está adaptado para observar el entorno de la aeronave (400) en dirección hacia adelante y/o hacia abajo de la aeronave (400), y

en el que el por lo menos un dispositivo de cámara (108) comprende una cámara óptica y/o infrarroja (108a-b).

7. El dispositivo de control (100) de despegue y aterrizaje automáticos, según una de las reivindicaciones anteriores,

en el que el por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS (104) comprende una unidad militar y/o certificada civil de GNSS (104a-b).

8. El dispositivo de control de despegue y aterrizaje automáticos, según una de las reivindicaciones anteriores,

en el que el por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS está adaptado para recibir una señal de corrección diferencial para la señal de GNSS desde por lo menos un sistema de aumento basado en tierra o por lo menos un sistema de aumento basado en el espacio.

9. El dispositivo de control (100) de despegue y aterrizaje automáticos, según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además,

por lo menos un altímetro (106) adaptado para determinar una altitud de la aeronave (400) sobre el nivel del suelo,

en el que el altímetro (106) es un altímetro seleccionado de un grupo de altímetro de radar (106a), altímetro barométrico y altímetro láser.

10. Una aeronave (400), que comprende el dispositivo de control (100) de despegue y aterrizaje automáticos, según una de las reivindicaciones 1 a 9.

11. La aeronave (400) según la reivindicación 10,

en donde la aeronave (400) es un vehículo aéreo no tripulado y/o una aeronave pilotada a distancia.

12. Un método para llevar a cabo el despegue o aterrizaje automáticos de una aeronave (400), que comprende:

proporcionar por lo menos un dispositivo de seguimiento (102) basado en radar o basado en un sistema de pseudo-lite, por lo menos uno de: por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS (104), por lo menos un dispositivo de cámara (108); y, además

proporcionar por lo menos un dispositivo de monitorización (110), comprendiendo el método:

recibir por lo menos una señal del por lo menos un dispositivo de seguimiento (102) basado en radar o basado en un sistema de pseudo-lite, y uno del por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS (104) y el por lo menos un dispositivo de cámara (108);

supervisar de manera continua, por parte del por lo menos un dispositivo de monitorización (110), un rendimiento y un estado de funcionamiento del por lo menos un dispositivo de seguimiento (102) basado en radar o basado en un sistema de pseudo-lite basado en el análisis de las señales recibidas del dispositivo de seguimiento (102) basado en radar o basado en un sistema de pseudo-lite y uno del por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS (104) y el por lo menos un dispositivo de cámara (108);

en el que la supervisión continua del rendimiento y el estado de funcionamiento del por lo menos un dispositivo de seguimiento basado en radar o basado en un sistema de pseudo-lite comprende determinar la calidad de los datos de posición proporcionados, por lo menos, por un dispositivo de seguimiento basado en radar o basado en un sistema de pseudo-lite;

determinar un desplazamiento lateral de la aeronave (400) con respecto a una extensión longitudinal de una pista (502) basándose en las señales disponibles y en buen estado del por lo menos un dispositivo de seguimiento (102) basado en radar o basado en un sistema de pseudo-lite, y uno del por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS (104) y el por lo menos un dispositivo de cámara (108);

determinar un valor umbral del desplazamiento lateral (516) de la aeronave (400) con respecto a la extensión longitudinal de la pista (502);

comparar el desplazamiento lateral de la aeronave (400) con el valor umbral del desplazamiento lateral (516); y

llevar a cabo el despegue o aterrizaje de la aeronave (400) basándose en el valor del desplazamiento lateral (516) determinado.

13. El método según la reivindicación 12,

en el que el despegue o aterrizaje de la aeronave (400) se lleva a cabo de manera totalmente automática basándose en la señal recibida del por lo menos un dispositivo de seguimiento (102) basado en radar o basado en un sistema de pseudo-lite, y uno del por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS (104), y el por lo menos un dispositivo de cámara (108) si el desplazamiento lateral determinado basándose en las señales del por lo menos un dispositivo de

seguimiento (102) basado en radar o basado en un sistema de pseudo-lite, y uno de por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS (104), y el por lo menos un dispositivo de cámara (108), es menor que el valor umbral del desplazamiento lateral (516).

14. El método según la reivindicación 12,

en el que se aborta un intento de aterrizaje de la aeronave (400) si el desplazamiento lateral determinado basándose en las señales del por lo menos un dispositivo de seguimiento (102) basado en radar o basado en un sistema de pseudo-lite, y uno del por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS (104), y el por lo menos un dispositivo de cámara (108) excede el valor umbral del desplazamiento lateral (516) y si la aeronave está por encima de una altitud umbral para una maniobra de motor y al aire,

en el que se aborta un despegue de la aeronave (400) si el desplazamiento lateral determinado basándose en las señales del por lo menos un dispositivo de seguimiento (102) basado en radar o basado en un sistema de pseudo-lite, y uno del por lo menos un dispositivo de seguimiento de GNSS (104), y el por lo menos un dispositivo de cámara (108) supera el valor umbral del desplazamiento lateral (516) y si la velocidad de una aeronave está por debajo de una velocidad de decisión de despegue.

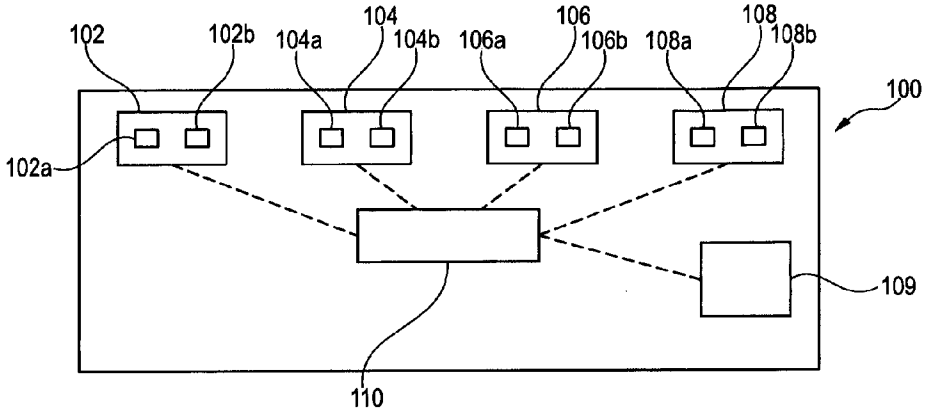

102
102b
104a
104
104b
106a
106
106b
108a
108
108b
100
102a
109
110

Fig. 1

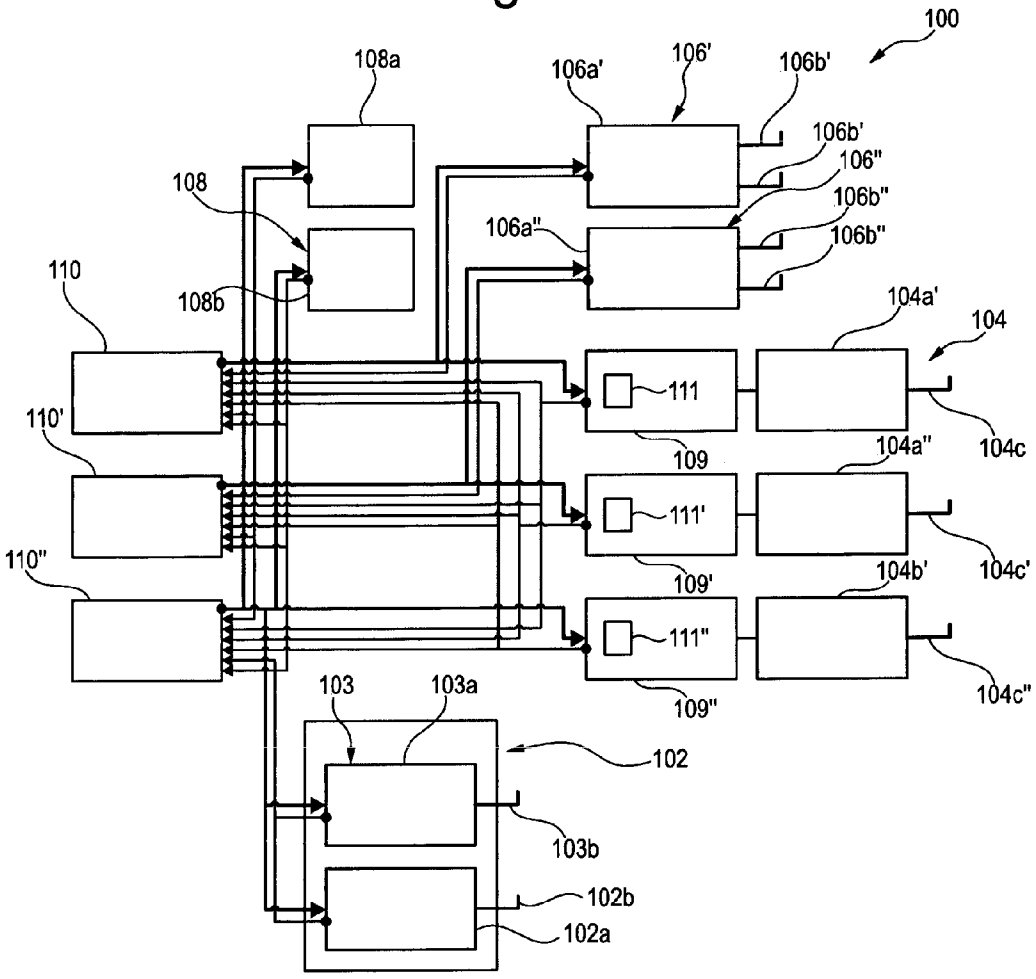

100
108a
106a'
106'
106b'
106b'
106"
106b"
108
106a"
106b"
110
108b
104a'
104
111
110'
104c
109
104a"
111'
104c'
110"
109'
104b'
111"
104c"
109"
103
103a
102
103b
102b
102a

Fig. 2

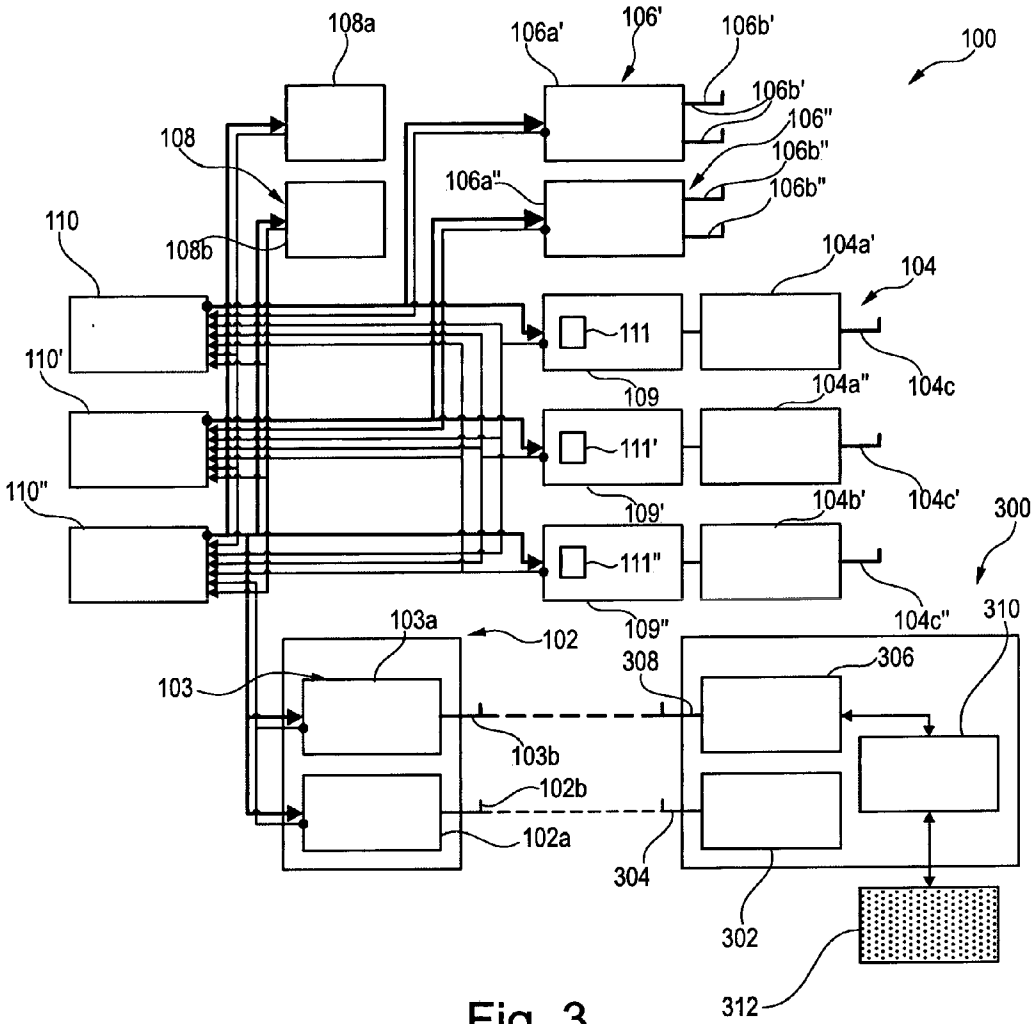

108a
106a'
106'
106b'
100
106b'
106"
108
106b"
106a"
106b"
110
108b
104a'
104
111
110'
104c
109
104a"
111'
104c'
110"
109'
104b'
300
111"
104c"
310
109"
103a
102
308
306
103
103b
102b
102a
304
302
312

Fig. 3

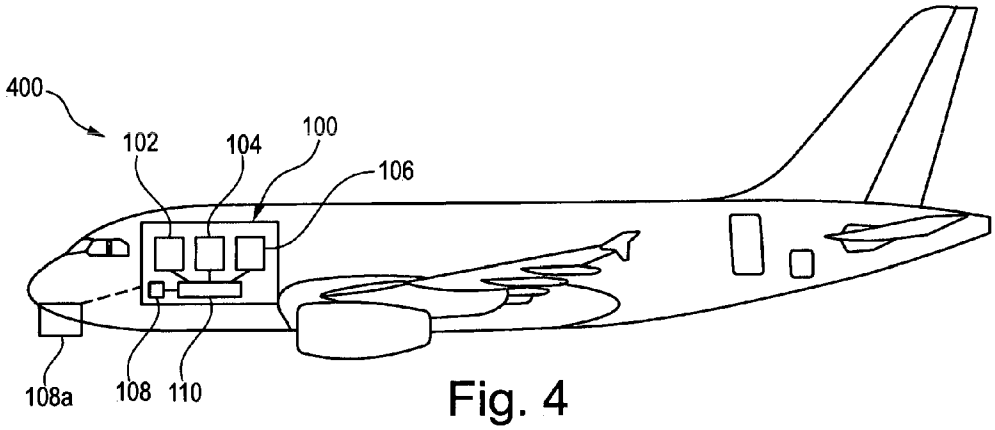

400
102
104
100
106
108a
108
110

Fig. 4

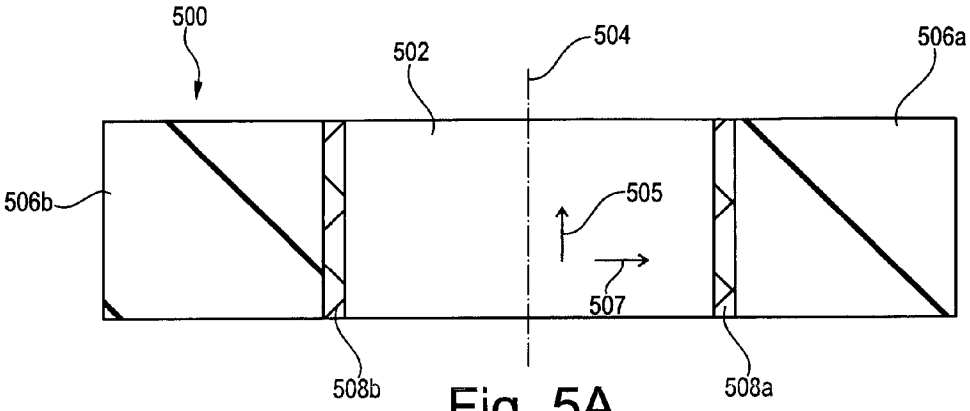

500
502
504
506a
506b
505
507
508b
508a

Fig. 5A

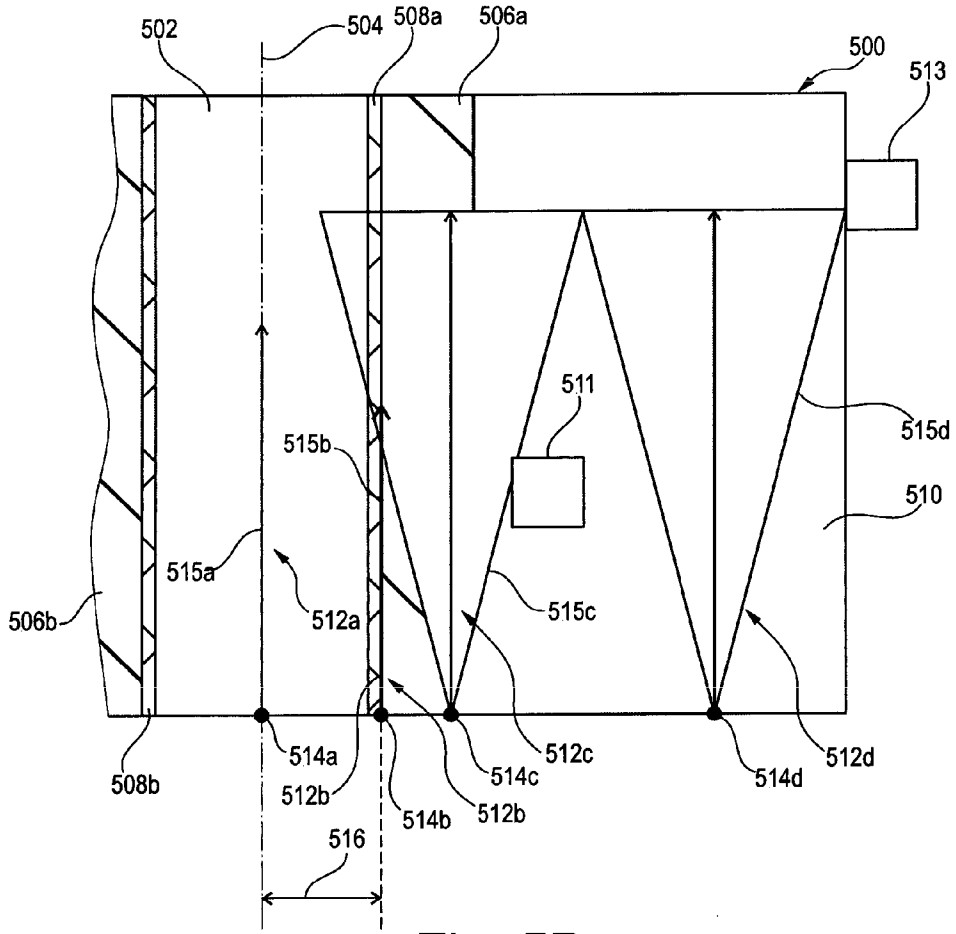

502
504
508a
506a
500
513
511
515d
515b
510
515a
512a
515c
506b
514a
512c
514c
514d
512d
508b
512b
514b
512b
516

Fig. 5B

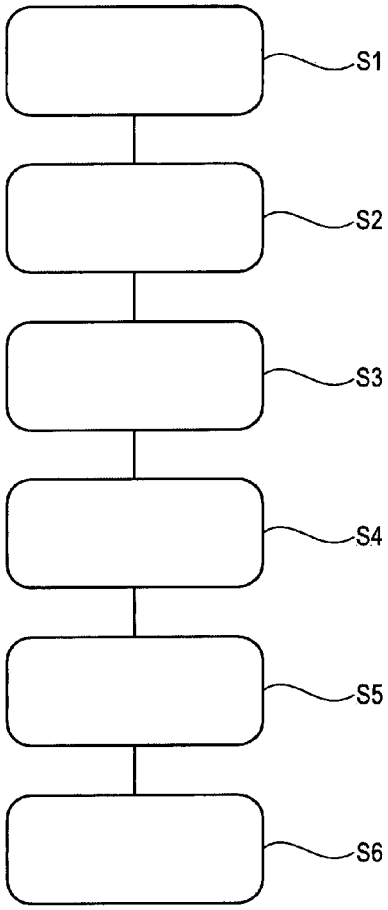


Fig. 6

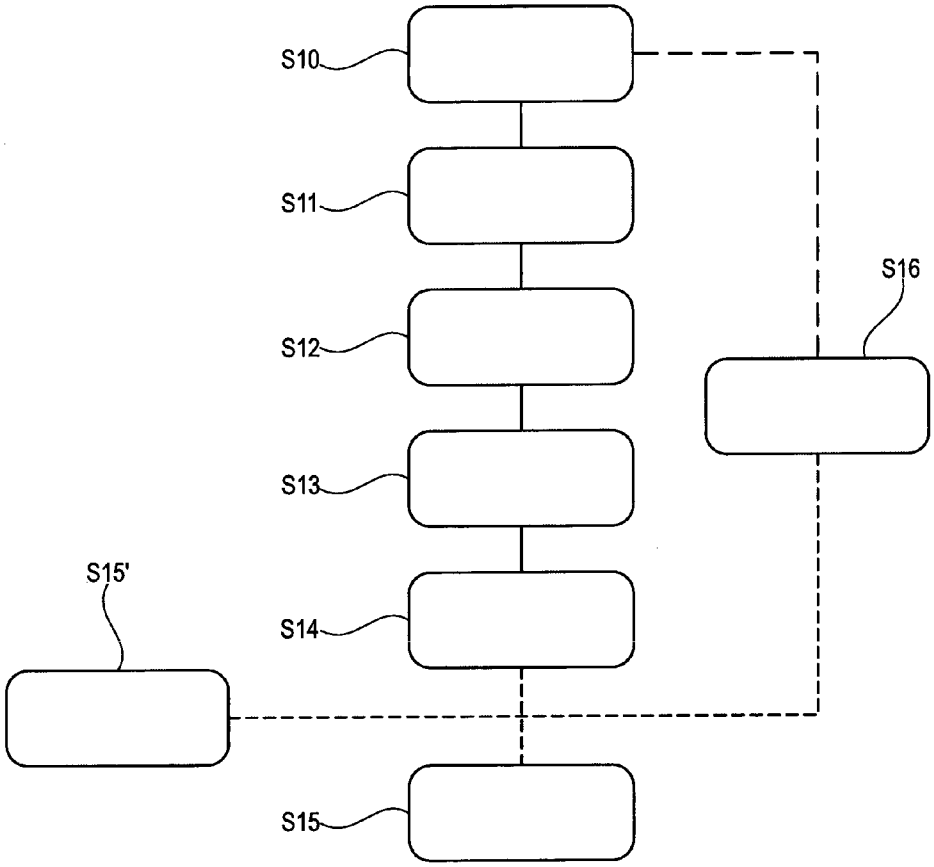


Fig. 7