

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 010 660**

51 Int. Cl.:

B64D 11/00 (2006.01)

B64D 45/00 (2006.01)

G05D 1/00 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.10.2016 PCT/GB2016/053225**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.04.2017 WO17068335**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.10.2016 E 16787519 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2025 EP 3365228**

54 Título: **Control de emergencia de una aeronave**

30 Prioridad:

19.10.2015 GB 201518435

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

04.04.2025

73 Titular/es:

**BAE SYSTEMS PLC (100.00%)
6 Carlton Gardens
London SW1Y 5AD, GB**

72 Inventor/es:

**OFFREDI, MATTHEW, FRANK y
GOODCHILD, CLIVE, DAVID**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 3 010 660 T3

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

DESCRIPCIÓN

Control de emergencia de una aeronave

5 La presente invención se refiere al control de emergencia de una aeronave en caso de incapacitación de la tripulación.

10 En un entorno de aeronave con tripulación múltiple, la incapacitación por parte de uno de los miembros de la tripulación puede ser evidente para los demás miembros de inmediato y puede hacerse cada vez más evidente. Alternativamente, la incapacitación podría pasar desapercibida hasta que haya una respuesta inexplicable o hasta que otro miembro de la tripulación tome medidas. Sin embargo, si todos los pilotos de una aeronave con tripulación múltiple o única quedan incapacitados, la seguridad del vuelo se verá gravemente comprometida y es probable que se pierda el control.

15 Una incapacitación sutil de uno de los dos pilotos también podría presentar un riesgo similar, especialmente a bajo nivel y particularmente si se produce durante una aproximación de precisión en procedimientos de baja visibilidad. Otra consideración en el caso de la incapacitación total de la tripulación es perder la separación en el espacio aéreo, así como volar contra terrenos u obstáculos.

20 Los trabajos anteriores en esta área han considerado principalmente el caso donde se ha producido un secuestro de una aeronave, por ejemplo, la patente estadounidense n.º 7.142.971, que se refiere a un sistema y un método para controlar automáticamente el trayecto de un vehículo. Sin embargo, esta y otras soluciones no tienen en cuenta el caso de la incapacitación total de la tripulación ni la forma en que la aeronave navegaría de forma segura por una ruta segura y aterrizaría.

25 El documento US-2012.116.610 A1 se refiere a un método para el control automático de una aeronave en caso de incapacitación de la tripulación de vuelo, que puede incluir determinar cualquier incapacitación de la tripulación de vuelo. El método también puede incluir proporcionar un mensaje que requiera el acuse de recibo de la tripulación de vuelo en respuesta a la determinación de la incapacitación de la tripulación de vuelo. El método puede incluir, además, ordenar a un piloto automático que controle la aeronave en respuesta a no recibir el acuse de recibo de la tripulación de vuelo. El documento US-2010/0.004.803 A1 describe un sistema de recuperación inteligente a bordo de una aeronave que detecta una emergencia, evalúa la situación y luego actúa sobre la situación de una manera predeterminada.

35 Las realizaciones de la presente invención pretenden abordar al menos algunos de los problemas técnicos anteriores. Las realizaciones de la solución descrita en la presente memoria pueden proporcionar un piloto electrónico de reserva que gestionará las funciones de la aeronave para permitir un vuelo y un aterrizaje seguros en caso de incapacitación total de la tripulación en todas las condiciones meteorológicas.

40 Según un aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema de control de emergencia de aeronaves tal como se define en la reivindicación 1 de las reivindicaciones adjuntas a la presente.

45 Un sensor puede proporcionar dicha señal electrónica que representa la operación de al menos un controlador de la aeronave por parte del al menos un miembro de la tripulación. El procesador puede configurarse para determinar que se debe tomar la acción de emergencia si las señales electrónicas indican que al menos un controlador no se ha operado durante un período de tiempo predeterminado.

50 El procesador puede configurarse para generar una ruta de emergencia para volar la aeronave a un aeropuerto de destino de emergencia. El sistema puede, durante el uso, transferir datos relacionados con la ruta de emergencia a un sistema de gestión de vuelo de la aeronave. El sistema puede, durante el uso, usar un sistema de piloto automático de la aeronave para implementar la ruta de emergencia.

El sistema puede comprender además una interfaz de comunicaciones configurada para establecer un enlace de comunicaciones autenticado con una estación remota. El sistema puede, durante el uso, transferir datos relacionados con la ruta de emergencia a la estación remota. El sistema puede funcionar en:

55 un primer modo en donde el sistema puede generar o modificar la ruta de emergencia sin el apoyo de la estación remota y controla la aeronave para implementar la ruta de emergencia, y/o el sistema puede permitir que un miembro de la tripulación de a bordo autenticado recupere el control manual de la aeronave desde el sistema, o

60 un segundo modo en donde se requiere la entrada desde la estación remota para generar o modificar la ruta de emergencia y para permitir que el sistema implemente la ruta de emergencia, y/o se requiere la entrada desde la estación remota para permitir que un miembro de la tripulación de a bordo autenticado recupere el control manual de la aeronave desde el sistema.

65 Si el enlace entre el sistema y la estación terrestre está activo durante el uso, después se puede impedir que el sistema modifique la ruta de emergencia cargada. Si el enlace entre el sistema y la estación terrestre se pierde durante el uso,

después el sistema puede estar habilitado para modificar la ruta de emergencia cargada, por ejemplo, tras la expiración de un temporizador de agotado de seguridad.

El sistema (y/o la estación terrestre) puede configurarse para generar la ruta de emergencia al:

- 5 generar una pluralidad de posibles rutas de emergencia;
- asignar puntuaciones a cada una de la pluralidad de posibles rutas de emergencia, y
- 10 seleccionar una de la pluralidad de posibles rutas de emergencia para su implementación basándose en las puntuaciones asignadas.

La etapa de asignar las puntuaciones a las rutas de emergencia puede comprender:

- 15 aplicar un factor de degradación o ascenso a al menos una sección de dicha ruta basándose en al menos un factor, en donde el al menos un factor se selecciona de un conjunto que comprende: distancia; restricciones de altitud de vuelo; condiciones climáticas; adecuación en términos de los niveles de combustible de las aeronaves; riesgo de colisión; características del aeropuerto de destino y/o características de la pista del aeropuerto de destino.

20 Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método de control de emergencia de una aeronave implementado por ordenador tal como se define en la reivindicación 10 de las reivindicaciones adjuntas a la presente.

Si el procesamiento determina que se debe tomar una acción de emergencia, después el método puede comprender además iniciar un temporizador para recibir una entrada del usuario para evitar el envío de la señal de control al sistema aeronáutico. La duración del temporizador puede estar relacionada con la altitud de la aeronave.

25 El método puede comprender deshabilitar el control manual de la aeronave mientras se determina que al menos un miembro de la tripulación está incapacitado.

30 Según un aspecto adicional de la presente invención se proporciona una aeronave que incluye un sistema substancialmente como se ha descrito en la presente memoria.

35 Según otros aspectos de la presente invención, se proporcionan medios de almacenamiento legibles por ordenador que incluyen instrucciones que, cuando se ejecutan en un procesador, hacen que el procesador lleve a cabo los métodos sustancialmente como se ha descrito en la presente memoria.

Breve descripción de las figuras

40 Para una mejor comprensión de la invención y para mostrar cómo pueden llevarse a la práctica sus realizaciones, se hará referencia, a modo de ejemplo, a los dibujos esquemáticos adjuntos, en donde:

la Figura 1 ilustra esquemáticamente una aeronave que incluye una realización del sistema de control de emergencia en comunicación con una estación terrestre;

45 la Figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de funcionamiento del sistema de control de emergencia;

la Figura 3 detalla un modo de activación completa del sistema de control de emergencia;

50 la Figura 4 ilustra gráficamente una operación de planificación de rutas del sistema de control de emergencia, y

la Figura 5 ilustra además gráficamente una operación de planificación de rutas del sistema de control de emergencia.

Descripción detallada de las figuras

55 La Figura 1 muestra esquemáticamente parte de un ejemplo de aeronave 100. La aeronave comprenderá normalmente un avión, aunque no se excluyen otros tipos de aeronaves tripuladas, tales como helicópteros. El ejemplo de aeronave incluye una cabina 102, donde normalmente hay al menos un miembro de la tripulación para controlar y/o supervisar el vuelo/funcionamiento de la aeronave. En el ejemplo de una aeronave, la cabina está ocupada normalmente por dos pilotos.

60 Las realizaciones del sistema de control de emergencia pueden comprender una pluralidad de sensores que proporcionan una señal electrónica a un dispositivo 106 de piloto electrónico de reserva (ESP). El dispositivo ESP 106 puede comprender un dispositivo informático que incluye un procesador 108, una memoria 110, una interfaz 112 de comunicación y una unidad 114 de control. En algunos casos, el dispositivo 106 puede ser un dispositivo informático independiente/de propósito especial, o puede ser parte de al menos otro componente de la aeronave, por ejemplo,

parcialmente integrado en un sistema de piloto automático de la aeronave. La interfaz de comunicaciones puede intercambiar datos con dispositivos remotos a través de varios tipos de enlaces cableados o inalámbricos.

La unidad 114 de control del dispositivo ESP 106 puede estar en comunicación con los componentes aeronáuticos 115 de la aeronave 100, tales como un sistema 117 de gestión de vuelo (FMS) y un sistema 116 de piloto automático (estos son ejemplos no limitativos). El dispositivo ESP puede transferir señales de control a dichos componentes y también puede recibir datos/señales de los mismos. El sistema de piloto automático puede controlar el sistema 118 de control de vuelo de la aeronave, que normalmente incluye componentes/subsistemas tales como aletas, 118A, engranajes 118B, frenos 118C, etc. El funcionamiento y la construcción de los componentes de la aeronave, tales como el piloto automático y el sistema de control de vuelo, serán conocidos por el experto en la técnica y no es necesario describirlos en detalle en la presente memoria. También se apreciará que el posicionamiento y la disposición ilustrados de los componentes del sistema de control de emergencia en relación con otros sistemas/componentes de la aeronave son solo ilustrativos y son posibles muchas variaciones, según el alcance de las reivindicaciones adjuntas. En la práctica, los componentes del sistema de control de emergencia pueden instalarse en una aeronave (o en los componentes de la aeronave) durante la fabricación, o pueden adaptarse posteriormente a las aeronaves/componentes existentes.

Un primer ejemplo de sensor 104A comprende un dispositivo de obtención de imágenes, que comprende una cámara fija o de vídeo. Un segundo ejemplo de sensor 104B comprende un dispositivo de audio, que comprende un dispositivo de grabación o un micrófono. Como otro ejemplo, un sensor 104C puede estar ubicado en (o estar en comunicación con) un controlador, por ejemplo, la palanca 105 de mando o cualquier otro componente con el que interactúe un miembro de la tripulación. Este sensor puede generar una señal electrónica cada vez que el controlador es operado por un miembro de la tripulación. Aunque los sensores se muestran posicionados dentro de la cabina 102 en el ejemplo, se entenderá que este no tiene por qué ser necesariamente el caso. Hay al menos dos sensores independientes y funcionalmente diferentes, que pueden mejorar la precisión de la detección y evitar falsas alarmas.

La interfaz 112 de comunicaciones del dispositivo ESP 106 se muestra en comunicación con una estación remota 113. La estación remota estará normalmente en una ubicación terrestre fija, aunque es posible que haya variaciones, por ejemplo, podría estar ubicada a bordo de otra aeronave, o de un vehículo marítimo o terrestre, o puede ser un dispositivo portátil llevado por un usuario. Sus componentes también podrían estar distribuidos geográficamente. La estación remota incluye un dispositivo informático 120 que incluye un procesador 122, una memoria 124 y una interfaz 126 de comunicaciones. La interfaz de comunicaciones es capaz de establecer un enlace confiable 130 para la comunicación con la interfaz de comunicaciones del dispositivo ESP, y también puede comunicarse a través de otros enlaces de comunicaciones con otros dispositivos o almacenes de datos locales o remotos (no mostrados). El sistema de estación terrestre normalmente será operado por un piloto de línea aérea u otra persona que tenga la experiencia requerida para comprender la situación de emergencia y comunicarse con el dispositivo ESP.

En funcionamiento, las realizaciones del sistema de control de emergencia de la aeronave están destinadas a controlar el vuelo y el aterrizaje seguro de la aeronave 100 en caso de incapacitación de la tripulación. Si la aeronave se encuentra en una actitud insegura, puede iniciar la recuperación automática a una actitud segura. El dispositivo ESP 106 recibe señales electrónicas de una pluralidad de sensores 104A-104B y las procesa para determinar si al menos un miembro de la tripulación (normalmente todos los miembros de la tripulación relevantes/cruciales, como el piloto o los pilotos estacionados en la cabina 102) ha quedado incapacitado por alguna razón. Las señales electrónicas pueden tener cualquier formato y contenido adecuados, y pueden transferirse a través de canales cableados o inalámbricos utilizando cualquier protocolo o protocolos, red o redes apropiados.

La Figura 2 es un diagrama de flujo que muestra una visión general de un ejemplo de funcionamiento del sistema. Las operaciones pueden implementarse al menos parcialmente mediante la ejecución de código en al menos un dispositivo informático, tal como el dispositivo ESP 106 de la Figura 1. Se apreciará que los diagramas de flujo/diagramas que se muestran en la presente memoria son solo a modo de ejemplo y que al menos algunas de las etapas ilustradas pueden reordenarse u omitirse, según el alcance de las reivindicaciones adjuntas. También, se pueden realizar etapas adicionales, según el alcance de las reivindicaciones adjuntas. Además, aunque se muestra que las etapas se realizan en secuencia, algunas podrían ejecutarse simultáneamente en realizaciones alternativas, según el alcance de las reivindicaciones adjuntas. Las etapas pueden ser realizadas por los mismos procesadores/dispositivos o por diferentes. El experto en la técnica también apreciará que las operaciones descritas en la presente memoria pueden implementarse usando cualquier lenguaje/medio de programación y estructura de datos adecuados.

En la etapa 202, el dispositivo ESP 106 está en modo de espera, donde tiene lugar el control normal de la aeronave 100, por ejemplo, mediante el piloto o los pilotos y/o el sistema 116 de piloto automático. Durante este modo de espera, el dispositivo ESP determina de forma continua (o intermitente, por eventos o bajo demanda) si al menos un miembro de la tripulación está incapacitado. Esta determinación se basará en la información de procesamiento proporcionada por la pluralidad de sensores 104A-104B. El dispositivo ESP solo puede cambiar a un modo cebado si las señales recibidas de al menos dos sensores (funcionalmente diferentes) indican que se ha producido una incapacitación. La ponderación o la priorización se puede aplicar a algunos de los sensores o a ciertas combinaciones de sensores/señales electrónicas.

5 Por ejemplo, con respecto al sensor 104A del dispositivo de obtención de imágenes, el dispositivo ESP 106 analiza las imágenes codificadas en las señales electrónicas del dispositivo de obtención de imágenes para detectar el movimiento de al menos un miembro de la tripulación, por ejemplo, utilizando técnicas conocidas de procesamiento/comparación de imágenes. El procesador del dispositivo ESP determina que necesita cambiar del modo de espera al modo preparado si no se detecta ningún movimiento, por ejemplo, si no se detecta ningún cambio sustancial en una parte de la imagen reconocida como miembro de la tripulación, durante un período de tiempo predeterminado. El experto en la técnica apreciará que el período de tiempo puede variar, por ejemplo, de un minuto a varios minutos. Además, el período de tiempo predeterminado puede cambiar basándose en diversos factores; por ejemplo, puede ser más corto cuando se espera que un piloto se mueva con más frecuencia, por ejemplo, cuando se prepara para una operación de aterrizaje.

15 Con respecto al sensor 104B del dispositivo de audio/micrófono, el dispositivo ESP 106 analiza los datos de audio codificados en las señales electrónicas y determina que es necesario cambiar del modo de espera al modo preparado si no se detectan dichos datos de audio que indiquen el habla y el movimiento de al menos un miembro de la tripulación durante un período de tiempo predeterminado. De nuevo, se entenderá que los detalles de esta determinación/procesamiento pueden variar; por ejemplo, el proceso puede distinguir la voz que se origina en la cabina de la voz que se recibe desde otro lugar (por ejemplo, a través de un enlace de radio); el proceso puede anular el ruido del motor u otros sonidos ambientales; puede activarse (o aumentar su sensibilidad y/o reducir el período de tiempo predeterminado) cuando se le informa de que no ha habido respuesta a un intento de comunicación externa, etc.

20 Con respecto al sensor de operación del controlador 104C, el dispositivo ESP 106 puede determinar que necesita cambiar del modo de espera al modo preparado si, por ejemplo, no ha recibido una señal que indique que el controlador ha estado en funcionamiento durante un período de tiempo predeterminado. De nuevo, se entenderá que los detalles de esta determinación/procesamiento pueden variar; por ejemplo, es posible que no se lleve a cabo si se sabe que el piloto automático está funcionando actualmente, etc.

25 Normalmente, el dispositivo ESP 106 procesará las señales electrónicas recibidas del al menos un sensor 104 para realizar la determinación, aunque en algunas realizaciones, los sensores pueden incluir (o estar en comunicación con) un procesador que realiza la determinación y, a continuación, pueden transferir una señal electrónica que indique la incapacitación (o no incapacitación) al dispositivo ESP, que realiza un procesamiento adicional basándose en esa señal recibida.

30 Si el dispositivo ESP 106 entra en el modo preparado (etapa 204), después puede iniciar un temporizador para dar a los miembros de la tripulación la oportunidad de evitar que entre en un modo de activación inicial. Durante el modo preparado, la operación normal de la aeronave 100 continuará teniendo lugar. Sin embargo, el sistema puede emitir una señal de advertencia interna (en la cabina 102 y/o en cualquier otro lugar de la aeronave) para alertar a cualquier miembro de la tripulación disponible de que se ha detectado una incapacitación, y se puede iniciar un temporizador para permitir que cualquier miembro de la tripulación evite que entre en un modo de activación inicial. La duración del temporizador puede oscilar entre, digamos, 30 segundos y varios minutos. En algunos casos, la duración del temporizador puede basarse en al menos un factor, tal como la altitud de la aeronave (por ejemplo, cuanto mayor es la altitud, mayor es la duración), la velocidad de la aeronave, etc.

35 Por motivos de seguridad, el sistema puede incluir un tipo especial de control para permitir al miembro de la tripulación evitar que entre en el modo de activación inicial o para ayudar a evitar que el modo de espera vuelva a entrar accidentalmente en el modo de espera. Por ejemplo, el control puede comprender un botón/interruptor protegido del tipo “rompa un cristal para acceder”; un interruptor activado con llave, o que requiere la introducción de un código de seguridad apropiado en un terminal informático. Si se toma la acción de prevención, el dispositivo ESP 106 puede volver al modo de espera 202. Si no se toma la acción de prevención y el temporizador alcanza el período de tiempo de espera predeterminado, después el sistema entra en el modo de activación inicial. La información relativa a los cambios de modo puede ser almacenada por el sistema y/o transferida a un dispositivo remoto para su análisis (futuro). Además, si durante cualquier modo, se recibe una señal que indica que al menos un miembro de la tripulación ya no está incapacitado (o se ha reemplazado de forma segura), después el sistema puede volver a entrar en el modo de espera.

40 Si el dispositivo ESP 106 entra en el modo de activación inicial (etapa 206), después comienza el proceso de control de la operación de vuelo de la aeronave 100. Puede dar a cualquier miembro de la tripulación no incapacitado un período de tiempo predeterminado para anularlo antes de que se lleve a cabo cualquier acción estratégica (por ejemplo, un cambio de ruta). El dispositivo ESP también puede ofrecer un período de tiempo (normalmente corto) para que una estación terrestre y/o un controlador de tráfico aéreo se den cuenta de la situación, por ejemplo, transmitiendo señales de advertencia. Otras acciones que pueden tener lugar bajo el control del dispositivo ESP en este modo incluyen la estabilización de la aeronave (si es necesario) y/o la evasión de emergencia de cualquier peligro a corto plazo (por ejemplo, tráfico, clima y/o terreno). Si no se toma ninguna medida preventiva a tiempo, el sistema de control de emergencia puede entrar en el modo de activación total (etapa 208).

45 En el modo de activación completa, el dispositivo ESP 106 puede transmitir una señal de auxilio que indique que la tripulación ha quedado incapacitada, por ejemplo, utilizando una radio u otra unidad de comunicación de la aeronave

100. El sistema puede desactivar cualquier control manual de la aeronave mientras se determine que la tripulación aún se encuentra en estado incapacitado. Las realizaciones también pueden ser capaces de evitar las inclemencias meteorológicas. Las realizaciones del sistema tienen como objetivo controlar la operación de vuelo de la aeronave y aterrizar en un aeropuerto. El aeropuerto seleccionado se puede negociar con el sistema de estación terrestre 113 y se puede implementar un plan de vuelo revisado. El dispositivo ESP también puede detener la aeronave en la pista después del aterrizaje. El sistema de aterrizaje por instrumentos y/o las señales visuales de los sensores de la aeronave pueden usarse para mantener la aeronave en la pista hasta que la aeronave se detenga. También puede controlar el apagado de los motores después de que la aeronave se haya detenido.

Se puede establecer un enlace confiable 130 entre el dispositivo ESP 106 y la estación terrestre 113. Se requiere un alto nivel de seguridad para este enlace de comunicaciones porque los datos que se transfieren a través del mismo se pueden usar para controlar directa/indirectamente la aeronave 100. El enlace puede basarse en los protocolos de comunicación autenticados existentes, tales como los utilizados para comunicarse con el control del tráfico aéreo, por ejemplo, las comunicaciones de enlace de datos del piloto del controlador (CPDLC). Se entenderá que se pueden implementar varias medidas de seguridad, por ejemplo, el cifrado, la prevención de la interceptación, las sumas de verificación, etc. en relación con el enlace confiable. También se apreciará que las realizaciones de este enlace confiable se pueden usar en situaciones que no sean de emergencia para la transferencia segura de datos.

En algunas realizaciones, el dispositivo ESP 106 puede generar una ruta de emergencia a un aeropuerto para el aterrizaje de emergencia de la aeronave 100. En algunas realizaciones, el dispositivo ESP puede (alternativa o adicionalmente) negociar con, o recibir datos relacionados con una ruta/aeropuerto desde, la estación terrestre 113. Sin embargo, se puede permitir que el dispositivo ESP desvíe la aeronave a su aeropuerto seleccionado y aterrice en ausencia de confirmación o instrucciones adicionales de la estación terrestre, por ejemplo, debido a la pérdida del enlace confiable 130 debido a las condiciones atmosféricas, un fallo técnico u otro motivo.

Las rutas generadas por el dispositivo ESP 106 y/o la estación terrestre 113 pueden restringirse para seguir las vías aéreas reconocidas oficialmente, por ejemplo, las almacenadas en el sistema de navegación de la aeronave 100, y también seguirán normalmente las restricciones de altitud y velocidad de las vías aéreas. Esto restringe el dispositivo ESP (y/o la estación terrestre) para evitar rutas arbitrarias que podrían enviar a la aeronave a un espacio aéreo no controlado, lo que reduce la posibilidad de que la aeronave abandone el espacio aéreo controlado. En realizaciones alternativas, algunas etapas (por ejemplo, establecer el enlace confiable y/o calcular una ruta propuesta) del modo de activación completa tal como se describe en la presente memoria pueden realizarse (o al menos prepararse) en el modo de activación inicial. El orden de las etapas realizadas en los diversos modos también puede variar con respecto a la descripción de la presente memoria.

La Figura 3 ilustra esquemáticamente cómo las realizaciones del dispositivo ESP 106 pueden operar/operarse en uno de los tres modos de control durante el modo de activación completa: Control total 302 del ESP; Apoyo 304 de la estación terrestre del ESP o control estratégico 306 de la estación terrestre del ESP. Los modos 304 y 306 normalmente necesitan ser iniciados por el usuario en la estación terrestre 113. El usuario tendrá que estar autenticado y tener la autoridad para cambiar el modo.

En el modo 302 de control total del ESP, el dispositivo ESP 106 puede calcular una nueva ruta sin el apoyo de la estación terrestre 113 y puede activar/implementar esta ruta por sí mismo. Sin embargo, si el enlace confiable 130 con la estación terrestre 113 pasa a estar activo, o está, activo, después se puede ingresar al modo 304 o 306. En el modo de control total, un miembro de la tripulación puede recuperar el control manual de la aeronave 100 usando un sistema de menús, o similar, del ESP 106. Sin embargo, si el sistema está en el modo 304 o 306, donde el dispositivo ESP funciona en colaboración con la estación terrestre, la recuperación del control por parte de un miembro de la tripulación de a bordo será una transferencia controlada, por ejemplo, similar en metodología a la forma en que un piloto transfiere los controles al copiloto o al piloto en reposo.

En el modo 304 de apoyo de estación terrestre, el software de planificación de rutas que se ejecuta en la estación terrestre 113 (y/o en un usuario de la estación terrestre) puede generar una ruta para que la utilice la aeronave, incluido el control del acceso a puntos de referencia, pistas y vías aéreas. La ruta generada puede basarse inicialmente en una ruta proporcionada a la estación terrestre por el dispositivo ESP 106. La estación terrestre puede añadir un punto de referencia de “vía” para controlar la forma en que se recorre una ruta. También puede degradar las vías aéreas y pistas en el proceso de generación de rutas al aumentar el costo de viajar en las mismas, como se describirá a continuación.

En el modo 306 de control estratégico de la estación terrestre del ESP, la estación terrestre 113 puede cargar una ruta en el FMS 117 de la aeronave 100 a través del dispositivo ESP 106. El dispositivo ESP puede después comprobar si esta ruta es aceptable (dentro de las limitaciones de la base de datos de navegación del FMS). Cuando el enlace confiable 130 esté presente, el dispositivo ESP no podrá anular una ruta que se haya cargado desde la estación terrestre. Sin embargo, si se pierde el enlace confiable, el dispositivo ESP iniciará un temporizador de “enlace perdido”. Si este temporizador caduca, el dispositivo ESP volverá al modo 302 de control total del ESP. En algunos casos, cualquier ruta calculada por el dispositivo ESP deberá considerarse una mejora con respecto a una ruta cargada en el FMS por la estación terrestre (por ejemplo, las rutas se pueden puntuar y la ruta generada por el dispositivo ESP

tendría que superar la puntuación de la ruta existente en un porcentaje definido o un valor fijo). Esto puede garantizar que el dispositivo ESP no cambie continuamente la ruta. En algunas realizaciones, la aeronave también puede controlar/volar remotamente por un usuario en la estación terrestre en este modo de control.

5 A continuación se describirán ejemplos del proceso de generación de ruta/destino. Un objetivo general del proceso es hacer que la aeronave aterrice tan pronto y de la forma más segura posible, aunque se apreciará que las realizaciones del proceso de generación de ruta/destino también se pueden usar en situaciones que no sean de emergencia (por ejemplo, para calcular un desvío de una ruta planificada originalmente). Las realizaciones del proceso se implementan normalmente mediante software que se ejecuta en el dispositivo ESP 106 y/o en la estación terrestre 113. En algunos casos, estos componentes de software pueden comunicarse/negociar entre sí para generar y/o seleccionar una ruta/aeropuerto. Las realizaciones suelen implicar la selección de un aeropuerto de destino preferido (incluida una pista preferida en algunos casos) y una ruta preferida para llegar a ese aeropuerto. Se pueden generar varias rutas/destinos potenciales y se pueden asignar puntuaciones a cada uno. El dispositivo ESP 106 y/o la estación terrestre 113 pueden usar las puntuaciones para hacer selecciones. Las puntuaciones pueden tener en cuenta varios factores, como la distancia de la ruta, la seguridad (por ejemplo, basándose en las restricciones de altitud), etc., y pueden volver a calcularse debido a cambios relacionados con estos factores.

La puntuación de las rutas puede implicar la asignación de una puntuación a las secciones (por ejemplo, las secciones entre la posición actual/original de la aeronave y el destino, teniendo en cuenta cualquier punto intermedio) de la ruta. En algunos casos, esta puntuación puede promoverse para dar preferencia a la ruta y/o degradarse para reducir la probabilidad de que se seleccione la ruta. La degradación se puede realizar mediante un multiplicador y/o mediante una adición/desplazamiento fijo. El desplazamiento fijo se puede establecer en un valor alto, por lo que es muy poco probable que la aeronave tome una ruta particular. Por ejemplo, el desplazamiento fijo podría establecerse en 1024. Como la puntuación de las rutas en algunos casos se mide en una distancia de arco, esto significaría que, para volar esta ruta, el buscador de rutas consideraría que volaba casi 3 veces alrededor del mundo. La estación terrestre 113 puede cerrar rutas y enlaces a las pistas; sin embargo, una puntuación alta podría ser mejor porque esto significa que todas las rutas siguen disponibles, pero se ponderan de modo que son muy indeseables. Esto significa que la estación terrestre nunca debe bloquear el dispositivo ESP 106 con una ruta interrumpida.

La puntuación de una ruta puede ascender por un factor de 1. En algunos casos, una ruta solo se puede degradar y, por lo tanto, las rutas siempre parecerán más largas, nunca más cortas, que la distancia real de la ruta. Se puede estimar el consumo de combustible y el sistema puede calcular la hora estimada de llegada en todas las rutas calculadas posibles (en algunos casos, utilizando la información proporcionada por el FMS). Esto se puede hacer asumiendo que la dirección del viento es constante durante todo el vuelo. El sistema puede calcular una velocidad de vuelo real simplificada basándose en la velocidad de crucero de la aeronave sin viento y puede usar una tabla de consulta para aplicar un factor basándose en la dirección del viento con respecto al acimut de cada vía aérea. Esto evitará que la puntuación resumida de las vías aéreas haga que la aeronave tome una ruta que no sea adecuada basándose en los niveles de combustible. La ruta actual del FMS se considerará posible si permanece en las vías aéreas (esta puede ser la base de la ruta inicial generada/proporcionada por el dispositivo ESP). El experto en la técnica comprenderá que estas operaciones son solo ilustrativas y que son posibles variaciones, por ejemplo, se podría usar cualquier tipo de indicador o indicadores/valor o valores para indicar la probabilidad de selección de una ruta potencial.

Para reducir la posibilidad de un impacto, cuando las reglas de nivel de vuelo ofrezcan una separación vertical de 152 m (500 pies), el sistema seguiría estas reglas. En algunos casos, el dispositivo ESP puede determinar que la aeronave debe volar ofreciendo una separación vertical mínima de 76 m (250 pies) para intercalarse. Se apreciará que estos valores particulares son meramente ejemplos. Otras aeronaves pueden darse cuenta de la aeronave controlada por ESP y pueden aumentar su propia separación vertical.

Si vuela por rutas oceánicas, el sistema puede adoptar la ruta de emergencia, volando con una mayor separación horizontal. Es posible que la aeronave pueda desviarse a través de las rutas o dar la vuelta si estas ofrecen una solución mejor que continuar en la dirección actual. Se puede evaluar el riesgo para otras aeronaves y es posible que se requiera el apoyo de una estación terrestre para permitir que la aeronave cruce las pistas. Típicamente, se supone que cuando el dispositivo ESP 106 entre en el modo de activación completa, la estación terrestre 113 estará lista y responderá, por ejemplo, en 15 minutos para ayudar a guiar la aeronave.

Las realizaciones del sistema pueden ignorar algunas restricciones de vuelo, como los límites de tiempo en las rutas que impiden que las aeronaves sobrevuelen áreas por la noche. Sin embargo, las rutas generadas pueden utilizar la degradación para mantener la aeronave, siempre que sea posible, volando sobre áreas despobladas.

Las realizaciones de la estación terrestre 113 pueden controlar una base de datos de puntuación de rutas con doble búfer. Una vez que se completa la generación de rutas, la estación terrestre puede activar la carga de la ruta generada a una base de datos principal para evitar que se carguen datos incompletos en el dispositivo ESP 106. Por lo tanto, la estación terrestre no necesitará esperar hasta que se carguen todos los cambios para activar la carga. Esta es una medida de precaución en caso de que la actualización de las vías aéreas de una sola estación terrestre cause un peligro y se requieran algunas cargas. También puede dar a la estación terrestre la oportunidad de comprobar los

ES 3 010 660 T3

datos antes de transferirlos a la base de datos principal. Por motivos de seguridad, la base de datos de puntuación de las vías aéreas se puede proteger utilizando CRC o similares.

5 Las rutas de aproximación a las pistas que son adecuadas, pero no preferidas, pueden degradarse para guiar al dispositivo ESP 106 para que aterrice en una pista preferida, por ejemplo, una en un aeropuerto que tenga buenos servicios de emergencia y pistas largas (pero no en los principales aeropuertos que tienen rutas de aproximación degradadas). El aeropuerto inicial que podría seleccionarse puede estar limitado a uno o más de los siguientes: CAT2 ILS o superior; pistas largas; aeropuertos grandes pero no importantes; destino original y/o buenos servicios de apoyo.

10 La degradación de ruta antes del vuelo puede restringir el uso de las pistas en los aeropuertos y controlar las rutas de aproximación para que la selección de la ruta de vuelo sea lo más determinista posible. Las rutas con restricciones de altitud más altas se degradarán para reducir su uso; en una situación típica, el sistema puede reducir la altitud a FL100 (aproximadamente 305 m (1000 pies)) para reducir el riesgo de hipoxia. Sin embargo, esto puede estar limitado por restricciones en las vías aéreas. Si la vía aérea está restringida (y dado que las vías aéreas sin restricciones no se degradan de esta manera), es muy probable que el sistema pase a una vía aérea sin restricciones y reduzca la altitud si es posible.

20 La estación terrestre 113 puede saber si los sistemas ILS no funcionan en ningún aeropuerto, y esto puede afectar a la elección del aeropuerto por parte de la estación terrestre. El dispositivo ESP 106 puede acceder a la función de sintonización del ILS para detectar también si el ILS está operativo. Se puede completar una ronda si no hay ningún ILS presente.

25 Las realizaciones pueden usar un sistema de ponderación para calificar la idoneidad del aeropuerto para el aterrizaje de emergencia. En la tabla siguiente se muestran ejemplos de factores:

| Parámetro evaluado | Comentario |
|--|---|
| Calificación ESP del aeropuerto | La calificación ESP es la puntuación del aeropuerto en caso de aterrizaje de emergencia |
| Estado de la aeronave | Dirección y velocidad |
| Distancia al aeropuerto frente a la posible autonomía de vuelo | Esto incluiría evitar peligros como el clima y áreas prohibidas para volar |
| Si es necesario evitar el clima | El movimiento del patrón climático causa más perturbaciones |
| Posible pérdida del enlace con la estación terrestre en el trayecto de vuelo | Si se pudiera perder la comunicación en la ruta |
| El clima en el aeropuerto | Buen clima: puntuación alta Baja visibilidad: puntuación reducida, aunque esto no afectaría al vuelo de la aeronave, podría estar relacionado con el clima que puede afectar al vuelo: puntuación baja |
| Se ajusta a las rutas de vuelo ESP precalculadas | Rutas de vuelo ESP preferidas generadas sin conexión basándose en la ubicación de la aeronave y, posiblemente, de las condiciones meteorológicas previstas |

50 Un equipo de evaluación podría realizar la clasificación de los aeropuertos por parte del sistema sin conexión a Internet y basándose en los datos aeroportuarios de una base de datos A424, y posiblemente volver a evaluarla de forma periódica, por ejemplo, anual. Los criterios de puntuación podrían basarse en esto y también pueden generar una pista preferida para aterrizar en cada aeropuerto. En la siguiente tabla se muestran ejemplos de factores de clasificación de aeropuertos:

| Parámetro evaluado | Comentario |
|------------------------------------|--|
| Capacidad de aterrizaje automático | Si no hay capacidad de aterrizaje automático, la puntuación sería 0; esto significaría que si en el modo ESP completamente activo, no sería posible aterrizar Se puede tener en cuenta la categoría de aterrizaje automático, por ejemplo, cat 1, cat 3 |
| El ajetreo del aeropuerto | |

| | | |
|----|---|--|
| 5 | Longitud de la pista | |
| | Servicio de emergencia disponible | |
| | Riesgo de fuertes vientos y condiciones meteorológicas cambiantes | |
| 10 | Entorno local | Conexiones por carretera, alta densidad urbana, aunque podría puntuar menos debido al riesgo de daños/tráfico en las rutas |

Se podría generar una tabla de selección de aeropuertos estimada sin conexión para recuperar el vuelo. Esto podría evaluarse mediante el dispositivo ESP a bordo de la aeronave durante el uso.

15 Las realizaciones de la selección de rutas pueden tener en cuenta el combustible restante de la aeronave. Si el nivel de combustible lo permite, el dispositivo ESP 106 puede hacer que la aeronave entre en un patrón de espera antes de intentar un aterrizaje para permitir el apoyo de la estación terrestre antes de intentar un aterrizaje. Si el combustible es bajo o se agota (todavía teniendo en cuenta algunas contingencias) y la estación terrestre no responde, el dispositivo ESP puede intentar aterrizar. Estar en espera permite a la estación terrestre responder y despejar las pistas, etc. Si es necesario, se puede monitorear un aviso a los aviadores si el enlace con la estación terrestre no está presente para ayudar a determinar si las pistas están despejadas para aterrizar, posiblemente utilizando el ILS para ayudar a guiar la aeronave controlada por el ESP.

25 La Figura 4 es un diagrama que ilustra esquemáticamente cómo las realizaciones del generador de rutas pueden hacer frente al cierre de una pista. Algunos ejemplos pueden impedir que el dispositivo ESP 106 provoque que la aeronave 100 aterrice en pistas menos adecuadas; restringir la ruta de aproximación; restringir una ruta de circunvalación y/o comunicar al dispositivo ESP que un aeropuerto (por ejemplo, el aeropuerto A de la Figura) no se puede utilizar en absoluto.

30 La Figura 5 es un diagrama que ilustra esquemáticamente cómo las realizaciones del generador de rutas pueden usar rutas poligonales de degradación de rutas. Las rutas aéreas se pueden representar mediante coordenadas 3D. También se puede representar una condición climática adversa (u otro tipo de obstáculo o peligro) mediante coordenadas 3D. El experto en la técnica estará familiarizado con el uso de polígonos 3D para modelar mapas meteorológicos aeronáuticos y mapear el espacio aéreo controlado/restringido. La probabilidad de selección de rutas puede verse afectada por las puntuaciones asignadas a las coordenadas del polígono; por ejemplo, una puntuación peor puede representar mal tiempo. La estación terrestre 113 puede afectar a las puntuaciones de ruta al afectar al multiplicador o al desplazamiento fijo basándose en la superposición de las coordenadas de una ruta y el polígono 3D. La estación terrestre no podrá reducir el multiplicador de puntuación por debajo del valor dado por el polígono. El polígono solo cambia el multiplicador por la cantidad que el polígono cubre de la sección de la ruta. Por ejemplo, para una distancia de ruta de 10, si el polígono tiene una puntuación de 2 y cubre 9,26 km (5 nm), después la puntuación efectiva con un factor de cobertura lineal sería de 15. La estación terrestre puede añadir un desplazamiento fijo para hacer que una ruta sea muy poco atractiva para el dispositivo ESP 106. El desplazamiento fijo también puede verse afectado por las restricciones de altitud de la sección de enlace/ruta. La estación terrestre no podrá ajustar esto por debajo de lo que indica el factor de restricción de altitud.

45 Al menos algunas de las realizaciones de la invención pueden construirse, parcial o totalmente, utilizando hardware específico dedicado. Términos tales como “componente”, “módulo” o “unidad” utilizados en la presente memoria pueden incluir, aunque no de forma limitativa, un dispositivo de hardware, tal como una matriz de puertas programables *in situ* (FPGA) o un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), que realice determinadas tareas. Alternativamente, los elementos de la invención pueden configurarse para residir en un medio de almacenamiento direccionable y pueden configurarse para ejecutarse en uno o más procesadores. Por lo tanto, los elementos funcionales de la invención pueden incluir, a modo de ejemplo, componentes, tales como componentes de software, componentes de software orientado a objetos, componentes de clase y componentes de tarea, procesos, funciones, atributos, procedimientos, subrutinas, segmentos de códigos de programas, controladores, firmware, microcódigo, sistema de circuitos, datos, bases de datos, estructuras de datos, tablas, matrices y variables. Además, aunque las realizaciones ilustrativas se han descrito en referencia a los componentes, módulos y unidades descritos en la presente memoria, tales elementos funcionales pueden combinarse en menos elementos o separarse en elementos adicionales.

60 La atención se dirige a cualquiera de los documentos que se presentan simultáneamente con o antes de esta memoria descriptiva en relación con esta solicitud y que están abiertos a la inspección pública con esta memoria descriptiva.

65 Todas las características descritas en esta memoria descriptiva (incluidas las reivindicaciones y dibujos que lo acompañan), y/o todas las etapas de cualquier método o procedimiento así descrito, pueden combinarse en cualquier combinación, excepto combinaciones donde al menos algunas de estas características y/o etapas son mutuamente excluyentes, según el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de control de emergencia de una aeronave, comprendiendo el sistema:
 - 5 una pluralidad de sensores (104A, 104B), cada uno de dichos sensores configurado para emitir una señal electrónica respectiva relacionada con la detección de la incapacitación de al menos un miembro de la tripulación de la aeronave;
 - un procesador (108) configurado para recibir y procesar las señales electrónicas para determinar si se debe tomar una acción de emergencia, y
 - 10 una unidad (114) de control configurada para comunicar, durante el uso, una señal de control a un sistema aeronáutico (116) de la aeronave (100) en relación con la acción de emergencia si el procesador determina que se debe tomar una acción de emergencia,
 - el sistema **caracterizado porque** la pluralidad de sensores comprende un dispositivo (104A) de obtención de imágenes que comprende una cámara fija o de vídeo, y un dispositivo (104B) de audio que comprende un dispositivo de grabación o un micrófono,
 - 15 el procesador (108) está configurado para analizar imágenes codificadas en las señales electrónicas del dispositivo de imágenes con el fin de detectar el movimiento de al menos un miembro de la tripulación, y analizar los datos de audio codificados en las señales electrónicas del dispositivo de audio, y
 - 20 determinar que la acción de emergencia debe tomarse si no se detecta dicho movimiento durante un período de tiempo predeterminado y si no se detectan dichos datos de audio que indican el habla del al menos un miembro de la tripulación durante el período de tiempo predeterminado.
2. Un sistema según la reivindicación 1, que comprende además un sensor (104C) configurado para proporcionar dicha señal electrónica que representa el funcionamiento de al menos un controlador (105) de la aeronave por parte del al menos un miembro de la tripulación, y el procesador (108) está configurado para determinar que la acción de emergencia debe tomarse si la señal electrónica también indica que el al menos un controlador no ha estado en funcionamiento durante un período de tiempo predeterminado.
- 25 3. Un sistema según cualquier reivindicación anterior, en donde el procesador (108) está configurado para generar una ruta de emergencia para volar la aeronave (100) a un aeropuerto de destino de emergencia.
- 30 4. Un sistema según la reivindicación 3, en donde el sistema está configurado para, durante el uso, transferir datos relacionados con la ruta de emergencia a un sistema (117) de gestión de vuelo de la aeronave y utiliza un sistema (116) de piloto automático de la aeronave para implementar la ruta de emergencia.
- 35 5. Un sistema según la reivindicación 3 o 4, en donde el sistema comprende además una interfaz (112) de comunicaciones configurada, durante el uso, para establecer un enlace de comunicaciones autenticado con una estación remota (113), y transfiere datos relacionados con la ruta de emergencia a la estación remota.
- 40 6. Un sistema según la reivindicación 5, en donde el sistema puede funcionar en:
 - 45 un primer modo en donde el sistema puede generar o modificar la ruta de emergencia sin el apoyo de la estación remota (113) y controlar la aeronave (100) para implementar la ruta de emergencia, y/o el sistema puede permitir que un miembro de la tripulación de a bordo autenticado recupere el control manual de la aeronave desde el sistema, o
 - un segundo modo en donde se requiere la entrada desde la estación remota para generar o modificar la ruta de emergencia y para permitir que el sistema implemente la ruta de emergencia, y/o se requiere la entrada desde la estación remota para permitir que un miembro de la tripulación de a bordo autenticado recupere el control manual de la aeronave desde el sistema.
- 50 7. Un sistema según la reivindicación 5 o 6, en donde si el enlace entre el sistema y la estación terrestre está activo durante su uso, el sistema no puede modificar la ruta de emergencia, y si el enlace entre el sistema y la estación terrestre se pierde durante el uso, se habilita el sistema para modificar la ruta de emergencia.
- 55 8. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 7, en donde el sistema está configurado para generar la ruta de emergencia mediante:
 - 60 generar una pluralidad de posibles rutas de emergencia;
 - asignar puntuaciones a cada una de la pluralidad de posibles rutas de emergencia, y
 - seleccionar una de la pluralidad de posibles rutas de emergencia para su implementación basándose en las puntuaciones asignadas,
 - en donde la etapa de asignar las puntuaciones a las rutas de emergencia puede comprender aplicar un factor de degradación y/o ascenso a al menos una sección de dicha ruta basándose en al menos un factor, en donde el al menos un factor se selecciona de un conjunto que comprende: distancia;
 - 65 restricciones de altitud de vuelo; condiciones climáticas; adecuación en términos de los niveles de

ES 3 010 660 T3

combustible de las aeronaves; riesgo de colisión; características del aeropuerto de destino y/o características de la pista del aeropuerto de destino.

- 5
9. Una aeronave (100) que incluye un sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.
10. Un método de control de emergencia de aeronaves implementado por ordenador, comprendiendo el método:
- 10 recibir una señal electrónica relacionada con la detección de la incapacitación de al menos un miembro de la tripulación de la aeronave;
- 10 procesar la señal electrónica para determinar si se debe tomar una acción de emergencia, y si el procesamiento determina que se debe tomar una acción de emergencia, después comunicar, durante el uso, una señal de control a un sistema aeronáutico de la aeronave en relación con la acción de emergencia,
- 15 el método **caracterizado porque** el procesamiento de la señal electrónica para determinar si se debe tomar la acción de emergencia comprende analizar imágenes codificadas en la señal electrónica de un dispositivo de imágenes que comprende una cámara fija o de vídeo para detectar el movimiento de al menos un miembro de la tripulación, y analizar los datos de audio codificados en la señal electrónica de un dispositivo de audio que comprende un dispositivo de grabación o un micrófono, y
- 20 determinar que la acción de emergencia debe tomarse si no se detecta dicho movimiento durante un período de tiempo predeterminado y si no se detectan dichos datos de audio que indican el habla del al menos un miembro de la tripulación durante el período de tiempo predeterminado.
- 25 11. Un método según la reivindicación 10, en donde si el procesamiento determina que se debe tomar una acción de emergencia, el método comprende además iniciar un temporizador para recibir una entrada del usuario relacionada con la prevención del envío de la señal de control al sistema aeronáutico.
- 30 12. Un método según la reivindicación 10 u 11, que comprende deshabilitar el control manual de la aeronave mientras se determina que al menos un miembro de la tripulación está incapacitado.
- 35 13. Un medio de almacenamiento legible por ordenador que incluye instrucciones que, cuando son ejecutadas por un ordenador, hace que el ordenador lleve a cabo un método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12.
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

Figura 1

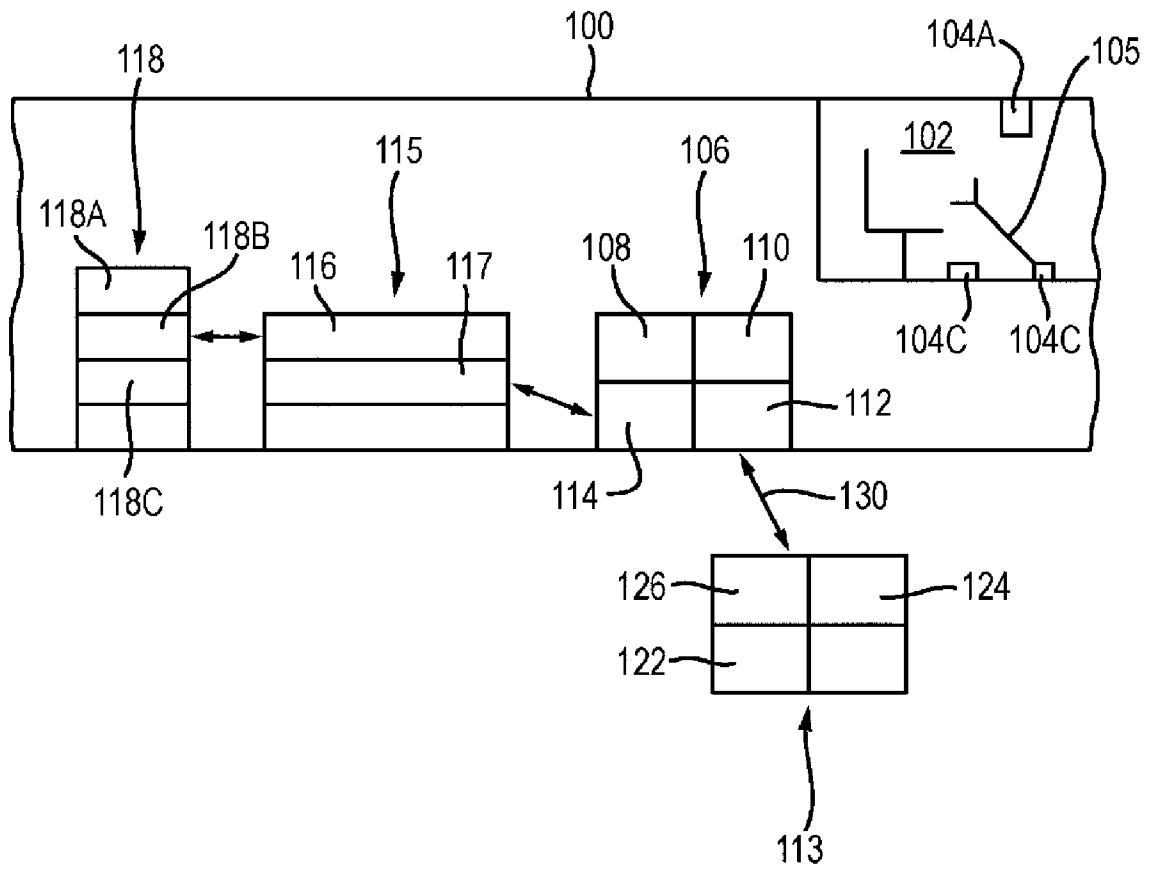


Figura 2

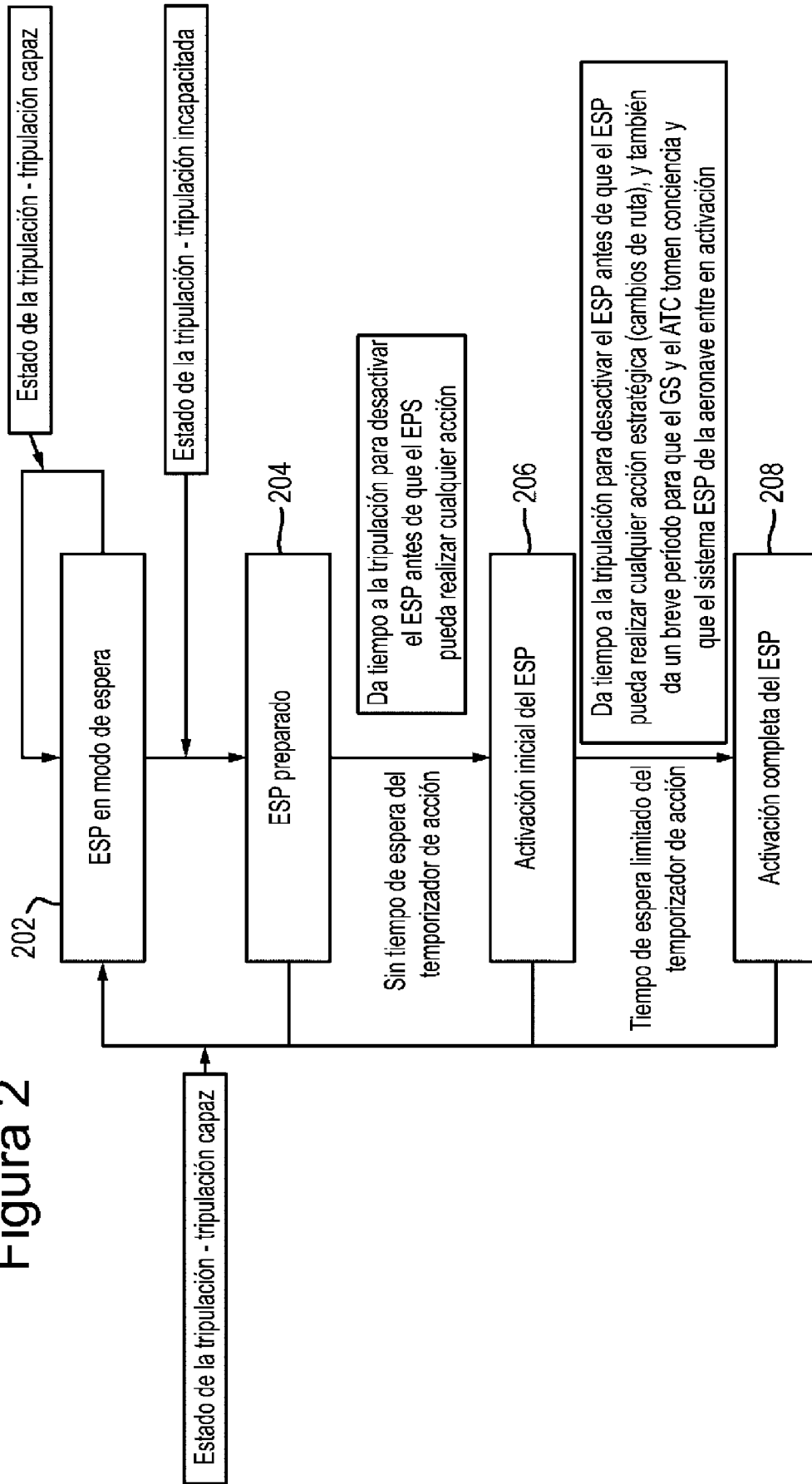


Figura 3

208 ↗

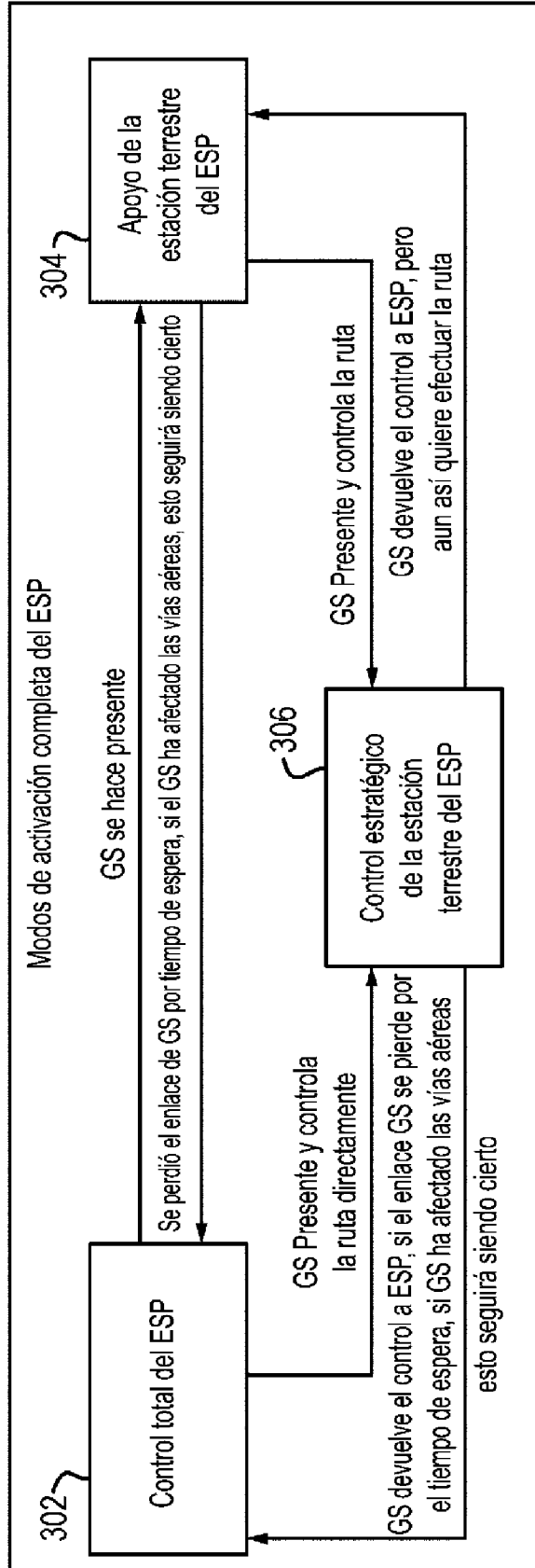


Figura 4

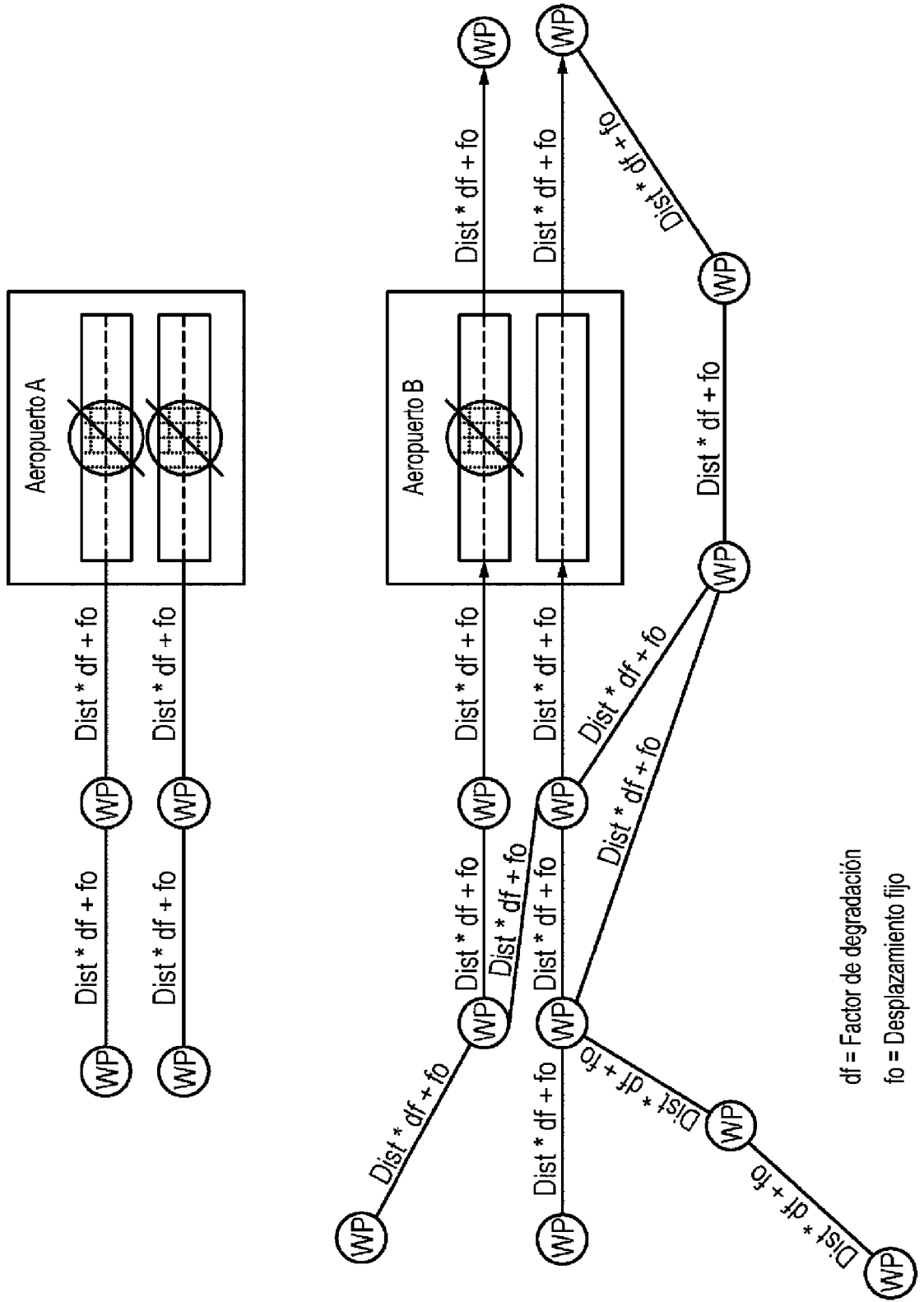
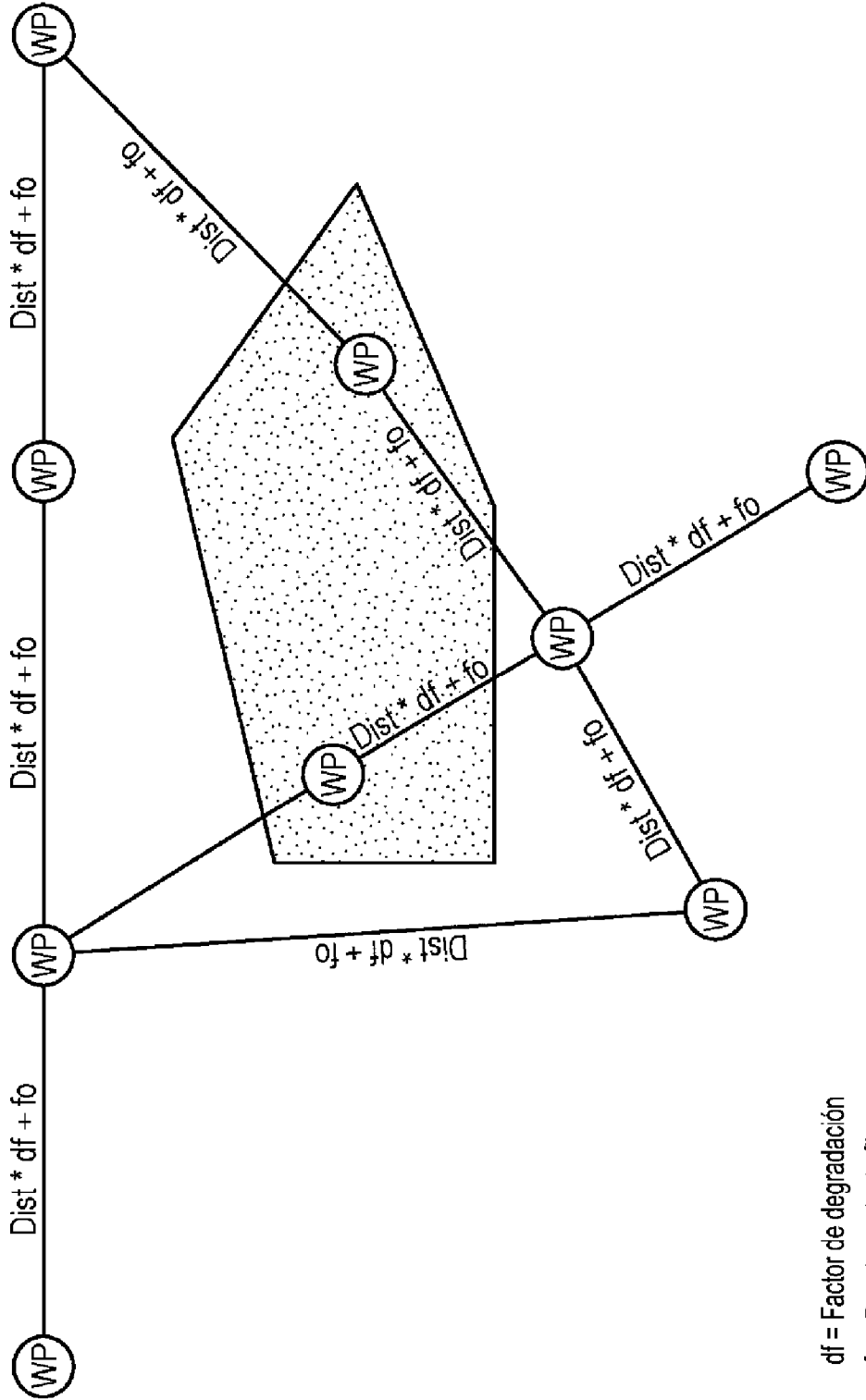


Figura 5



df = Factor de degradación
fo = Desplazamiento fijo