

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 771 456**

51 Int. Cl.:

G05D 1/10 (2006.01)

G08G 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.09.2014** E **14290265 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2019** EP **2993545**

54 Título: **Sistema de seguimiento para aeronaves no tripuladas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.07.2020

73 Titular/es:

AIRBUS DEFENCE AND SPACE GMBH (100.0%)
Willy-Messerschmitt-Strasse 1
85521 Ottobrunn , DE

72 Inventor/es:

BOUSQUET, JOY y
VITTE, THOMAS

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 771 456 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de seguimiento para aeronaves no tripuladas

5 **Campo de la invención**

La invención se refiere, en general, sistemas de navegación para aviones. En particular, la invención se refiere a un sistema de navegación para un avión y a un método de navegación para un avión.

10 **Antecedentes de la invención**

Actualmente, los sistemas de aviones no tripulados (UAS) son controlados remotamente desde estaciones en tierra. Por lo tanto, un piloto remoto en tierra controla maniobras de vuelo del sistema de avión no tripulado. Es posible que exista también una comunicación entre el piloto remoto en tierra y un control de tráfico aéreo (ATC), pero esta comunicación depende a menudo de la disponibilidad de enlace de datos. Debido a este aspecto y a otros ciertos requerimientos, no se permite que sistemas de aviones no tripulados vuelen dentro de ciertos espacios aéreos, tales como espacios aéreos civiles. Por lo tanto, los espacios aéreos en los que se permite volar a un avión no tripulado están limitados en la mayoría de los casos. Los espacios aéreos, en los que se permite volar un avión no tripulado están limitados a espacios aéreos segregados militares u otros espacios aéreos, donde no existe operación de avión civil. Por lo tanto, el uso de avión no tripulado, especialmente en Europa, es extremadamente difícil y no flexible. En la mayoría de los casos, las regulaciones gubernamentales restringen el uso de sistemas de aviones no tripulados en ciertos espacios aéreos.

25 El documento CA 2836870 (A1) describe un método y un sistema para dirigir un vehículo aéreo no tripulado (UAV). El plan de vuelo del vehículo aéreo no tripulado se basa en la trayectoria del objetivo al que ha de seguir la pista. Por lo tanto, diferentes sensores están integrados en el vehículo aéreo no tripulado, cuyos sensores están adaptados para calcular la trayectoria del vehículo aéreo no tripulado.

30 El documento US 2009/030566 (A1) describe la navegación de vehículos aéreos no tripulados en una formación., Se describe un algoritmo de navegación para controlar un vuelo en formación de vehículos aéreos no tripulados.

El documento US 2005/0230563 A1 describe un sistema automático de control de vuelo en formación.

35 El documento US 7 272 472 B1 describe un sistema y un método para mejorar la exactitud y la integridad del vuelo de aviones en formación.

El documento US 2009/319101 A1 describe un método para controlar el vuelo en formación de al menos dos aviones.

40 **Sumario de la invención**

Un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de navegación mejorado para avión.

45 Este objeto se consigue por el sistema de navegación de avión de acuerdo con la reivindicación 1 y el método de navegación de aviones de la reivindicación 10. Otras formas de realización ejemplares son evidentes a partir de las reivindicaciones dependientes y la descripción siguiente.

50 Por medio de la primera unidad de comunicación y la segunda unidad de comunicación, se puede establecer el contacto entre el primer avión y el segundo avión. Las coordenadas de la posición del punto de referencia pueden describir un punto distinto en el espacio aéreo. Por lo tanto, las coordenadas espaciales se pueden determinar con respecto a diferentes sistemas de referencia por un primer elemento de cálculo, que puede integrarse también en el primer avión. El primer avión puede comprender, además, un radar que puede trabajar en un modo activo o pasivo y una pantalla de piloto. La pantalla de piloto puede proporcionar información para el piloto como por ejemplo datos de vuelo operativo del primer avión y del segundo avión. El sistema de referencia, en el que se definen las coordenadas de la posición del punto de referencia puede ser un sistema geodésico mundial 1984 (WGS84) que es un sistema fijo en tierra centrado en tierra, un sistema inercial y/o un sistema de coordenadas del avión. La primera unidad de comunicaciones y la segunda unidad de comunicaciones pueden ser sistemas de comunicaciones bidireccionales. Con un sistema de comunicaciones bidireccional es posible tanto recibir como también transmitir o enviar datos. Por ejemplo, el primer sistema de cálculo del primer avión determina las coordenadas de la posición de un punto de referencia que es un punto distinto en el espacio aéreo y transmite estas coordenadas de la posición del punto de referencia a través de la primera unidad de comunicaciones hasta la segunda unidad de comunicaciones y, por lo tanto, hasta el segundo avión. Un segundo elemento de cálculo en el segundo avión puede procesar las coordenadas de la posición del punto de referencia después de que han sido recibidas por la segunda unidad de comunicación. Después de procesar las coordenadas de la posición del punto de referencia, el segundo avión puede

navegar automáticamente hasta la posición de este punto de referencia. Es posible que el punto de referencia sea un punto en el espacio aéreo a través del cual el primer avión voló en un cierto punto de tiempo. En otras palabras, el primer avión vuela a través de un punto distinto en el espacio aéreo, determina las coordenadas de la posición de ese punto distinto que se llama punto de referencia y entonces transmite las coordenadas de este punto de referencia, de tal manera que el segundo avión puede navegar hasta este punto de referencia para volar a través de este punto de referencia como hizo el primer avión en un punto de tiempo anterior. Por lo tanto, esta maniobra de vuelo se puede llamar un proceso de seguimiento. En esta maniobra de vuelo, el primer avión puede comprender un segmento de cabecera y el segundo avión puede comprender un segmento de seguimiento. El primer avión puede estar localizado físicamente delante del segundo avión con respecto a la dirección de vuelo. El primer avión puede estar también por encima, por debajo o detrás del segundo avión o en cualquier lugar durante el proceso de seguimiento. En otras palabras, puede no ser necesario que el segundo avión navegue hasta un punto de referencia a través del cual voló el primer avión. El punto de referencia al que navega el segundo avión se puede determinar, por lo tanto, por una traslación espacial de otro punto de referencia determinado a través del cual voló el primer avión. No obstante, tanto el primer avión como también el segundo avión pueden volar a una distancia predeterminada entre sí cuando el segundo avión sigue al primer avión. Es posible que, además de las coordenadas de la posición del punto de referencia, se determina un valor de tiempo para este punto de referencia por el primer elemento de cálculo del primer avión. Por ejemplo, este valor de tiempo puede ser el punto en el tiempo en el que el primer avión vuela a través del punto de referencia. Puesto que el punto de referencia puede comprender tres coordenadas espaciales que describen la posición del punto de referencia y un valor de tiempo, este punto de referencia se puede caracterizar también como un punto de referencia 4-D (punto de referencia de cuatro dimensiones). El primer avión puede adaptarse para determinar coordenadas de posiciones de varios puntos de referencia. Cada uno de los puntos de referencia se define entonces por tres coordenadas espaciales y un valor de tiempo. De esta manera, se puede obtener una información de la velocidad del primer avión a partir de al menos dos puntos de referencia diferentes a través de los cuales vuela el primer avión. Esta información de la velocidad del primer avión se puede transmitir al segundo avión, que puede adaptar entonces su velocidad a la velocidad del primer avión. No obstante, es posible que el primer avión adapte su velocidad a la velocidad del segundo avión y, por lo tanto, también a las capacidades del segundo avión. Esto es debido al hecho de que la velocidad del segundo avión depende de sus capacidades de vuelo, por ejemplo, envolvente de vuelo. En otras palabras, el segundo avión puede ser accionado por un plan de vuelo 4-D que se define por varios puntos de referencia 4-D. El primer avión puede ser un avión con un ala fija o un ala giratoria. El primer avión puede ser, además, un avión civil o un avión militar como por ejemplo un avión táctico, un avión de transporte o un caza de reacción. El segundo avión puede ser un vehículo aéreo no tripulado (UAV), un sistema de avión no tripulado (UAS) o un sistema de avión pilotado remoto (RPAS). También es posible que el segundo avión sea un avión tripulado. No obstante, el primer avión está adaptado para determinar coordenadas de una posición de un punto de referencia o coordenadas de posiciones de varios puntos de referencia y para transmitir estas coordenadas hasta el segundo avión. El primer avión puede estar adaptado también para recibir información desde el segundo avión como por ejemplo información sobre la posición, la orientación y/o la velocidad del segundo avión. No obstante, el segundo avión puede estar adaptado para navegar hasta la posición del punto de referencia o hasta las posiciones de varios puntos de referencia para seguir al primer avión.

Esto proporciona la oportunidad de cumplir los requerimientos de que un sistema de avión no tripulado puede operar más allá de los espacios aéreos militares segregados. Esto es debido al hecho de que un sistema de avión no tripulado, que está controlado desde tierra, puede ser recuperado en un escenario de emergencia. Un escenario de emergencia puede ser una pérdida del enlace de datos entre el sistema de avión no tripulado y el piloto remoto en tierra o un fallo de navegación que da como resultado un vuelo no controlado del sistema de avión no tripulado. Puesto que el sistema de avión no tripulado puede seguir automáticamente el avión tripulado por medio de los puntos de referencia determinados, es posible que el avión tripulado funcione como un avión de cabecera que guía al avión no tripulado, de tal manera que el avión no tripulado abandona un espacio aéreo en el que no se permite volar o en un escenario de emergencia que requiere un aterrizaje de emergencia. El sistema de navegación descrito para aviones puede aplicarse a todos los aviones que no tienen permitido volar dentro de ciertos espacios aéreos, por ejemplo, avión sin sistemas de navegación y de vigilancia como el Transpondedor Modo S o Sistemas de Alerta de Tráfico y de Prevención de Colisión. Por lo tanto, el sistema de avión no tripulado puede estar integrado en todos los espacios aéreos, como por ejemplo espacios aéreos civiles y, por lo tanto, no está limitado a espacios aéreos militares segregados. Esto puede proporcionar también la oportunidad para permitir que sistemas de aviones no tripulados vuelen dentro de espacios aéreos no controlados con avión no-cooperativo, como por ejemplo espacios aéreos E, F y G. Otra ventaja es que la parte principal de la carga de pago se instala sobre el primer avión, mientras que no se requieren o sólo modificaciones pequeñas de sistemas de aviones no tripulados existentes.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se describe un sistema para navegación de un avión. El sistema comprende un primer avión con una primera unidad de comunicación y un segundo avión con una segunda unidad de comunicación. El primer avión está adaptado para transmitir una señal de identificación al segundo avión. El segundo avión está adaptado para seguir al primer avión de la señal de identificación. La señal de identificación puede ser una señal de baliza.

De esta manera, el segundo avión puede comprender un sistema de radar que está adaptado para recibir la señal de identificación enviada desde o emitida por el primer avión con el fin de verificar la identidad del primer avión. La señal de identificación puede enviarse desde o emitirse por la primera unidad de comunicación del primer avión. Después de verificar la identidad del primer avión, el segundo avión sigue al primer avión, por ejemplo en un escenario de emergencia. El sistema de radar puede ser una parte de la segunda unidad de comunicación, pero también puede estar separado físicamente desde y conectado a la segunda unidad de comunicación, de tal manera que tanto la segunda unidad de comunicación como también el sistema de radas están integrados dentro del segundo avión. No obstante, el segundo avión puede seguir al primer avión sobre la base de su propio sistema de radar, de manera que no es necesaria una determinación de puntos de referencia por el primer avión para navegar el segundo avión hasta una localización predeterminada. El segundo avión puede comprender una función de seguimiento que determina la posición actual del primer avión por medio de la señal de identificación. El sistema de radar del segundo avión puede determinar, por ejemplo, una localización o posición angular del primer avión en un modo pasivo siguiendo la señal de identificación. El sistema de radar puede adaptarse también para realizar la localización angular del primer avión por medio de un eco de la cubierta que se refleja en el primer avión y que puede ser recibido entonces por el sistema de radar del segundo avión en un modo activo. No obstante, el modo activo del radar, por ejemplo, utilizando un eco de la cubierta, se puede aplicar para determinar un rango o distancia entre el primer avión y una vía de vuelo o trayectoria futura del avión del segundo avión pueden determinarse por un elemento de cálculo del segundo avión.

De acuerdo con una realización de la invención, el primer avión es un avión tripulado. Por lo tanto, el primer avión puede ser accionado por un piloto que navega el primer avión con el fin de ajustar los puntos de referencia que se determinan por el primer elemento de cálculo.

De acuerdo con otra realización de la invención, el segundo avión es un avión no tripulado. El segundo avión puede ser un vehículo aéreo no tripulado, un sistema de avión no tripulado o un sistema de avión pilotado remotamente. El segundo avión puede ser un avión militar que está adaptado para ser accionado por un piloto remoto en tierra. Por lo tanto, el segundo avión proporciona un enlace de comunicaciones a una unidad de comunicaciones en tierra. El segundo avión puede comprender un segundo elemento de cálculo que recibe información desde la unidad de comunicaciones en tierra a través de la segunda unidad de comunicaciones con el fin de navegar el segundo avión. El segundo elemento de cálculo del segundo avión puede recibir tal información desde la primera unidad de comunicaciones del primer avión. Esta información comprende al menos las coordenadas de una posición de un punto de referencia. En una realización preferida, esta información comprende coordenadas de las posiciones de varios puntos de referencia. Puesto que estos puntos de referencia pueden describir una trayectoria de vuelo del primer avión, el segundo elemento de cálculo del segundo avión puede navegar el segundo avión para seguir al primer avión.

De acuerdo con otra realización de la invención, el primer avión está adaptado para determinar coordenadas de posiciones de una pluralidad de puntos de referencia, cuyos puntos de referencia están determinados con respecto a un sistema de referencia, Allí cada uno de la pluralidad de puntos de referencia definen juntos una trayectoria de vuelo del primer avión.

La distancia relativa entre cada uno de los puntos de referencia puede ser la misma. Pero también puede ser posible que cambie la distancia relativa entre cada uno de los puntos de referencia. La trayectoria de vuelo del primer avión se puede describir por un número arbitrario de puntos de referencia. La exactitud con la que se describe la trayectoria de vuelo del primer avión más elevada cuantos más puntos de referencia se utilizan para definir a trayectoria de vuelo del primer avión. No obstante, la trayectoria de vuelo puede ser la trayectoria a lo largo de la cual el segundo avión vuela cuando se navega de punto de referencia a punto de referencia. El sistema de referencia puede ser un sistema WGS 84, un sistema de coordenadas del avión o un sistema inercial.

De acuerdo con otra realización de la invención, el primer avión está adaptado para determinar un valor de tiempo para cada uno de la pluralidad de puntos de referencia.

De esta manera, el primer avión, por ejemplo, el primer elemento de cálculo del primer avión, determina cuatro dimensiones que describen la posición de un punto de referencia en un punto distinto de tiempo. Conociendo el tiempo, en el que el primer avión ha volado a través de los diferentes puntos de referencia, es posible determinar la velocidad del primer avión. A medida que se transmiten las coordenadas de las posiciones de los varios puntos de referencia, con los valores de tiempo apropiados hasta la segunda unidad de comunicación, el segundo elemento de cálculo del segundo avión puede procesar estos datos para navegar hasta las posiciones de los varios puntos de referencia y para adaptar la velocidad del segundo avión a la velocidad del primer avión. No obstante, en la mayoría de los casos, la velocidad del primer avión se puede adaptar a la velocidad del segundo avión que puede ser necesaria si las capacidades o la actuación del segundo avión están limitadas.

De acuerdo con todavía otra realización de la presente invención, el segundo avión está adaptado para seguir la trayectoria de vuelo del primer avión durante la operación de vuelo del primer avión y del segundo avión.

Por lo tanto, es posible navegar el segundo avión si el enlace de datos o una comunicación con el piloto de tierra se interrumpe o se pierde durante la operación de vuelo del segundo avión. El primer avión puede estar también en operación en vuelo cuando navega el segundo avión hasta los puntos de referencia determinados. Puesto que la distancia entre el primer avión y el segundo avión se puede adaptar arbitrariamente durante la operación en vuelo de ambos aviones, es posible utilizar enlaces de datos o medios de comunicación entre el primer avión y el segundo avión que están limitados a comunicación de distancia corta. En otras palabras, se pueden utilizar medios de comunicaciones con un alcance máximo debido a que el primer avión se puede aproximar al segundo avión hasta que ambos aviones están tan suficientemente próximos que un medio de comunicación seleccionado trabaja adecuadamente.

De acuerdo con otra realización de la invención, el primer avión comprende, además, una primera unidad de procesamiento. La primera unidad de procesamiento puede comprender un elemento de cálculo, por ejemplo el primer elemento de cálculo. La primera unidad de procesamiento está adaptada para determinar una posición del segundo avión basado en una señal enviada desde la segunda unidad de comunicación hasta la primera unidad de comunicación.

La posición del segundo avión puede determinarse con respecto a cualquier coordenada o sistema de referencia, como por ejemplo un WGS 84, sistemas inerciales o sistemas de aviones. La señal enviada desde la segunda unidad de comunicaciones puede comprender un radar que es capaz de operar en un modo activo y/o pasivo. El radar puede comprender una antena controlable electrónicamente. El radar del primer avión puede recibir información desde el segundo avión. Por lo tanto, el radar del primer avión puede estar adaptado para cubrir un cierto sector angular en la dirección delantera del primer avión. La orientación del radar puede ajustarse, por ejemplo, dentro de 50 grados en una dirección vertical y/u horizontal. Por lo tanto, el radar puede estar montado rotatorio en el primer avión.

De acuerdo con todavía otra realización de la invención, la señal es una señal codificada. La primera unidad de procesamiento del primer avión está adaptada para descodificar la señal codificada enviada desde la segunda unidad de comunicación hasta la primera unidad de comunicación.

La codificación de la señal puede prevenir el suministro de información del segundo avión, por ejemplo, el avión no tripulado, a acceso no autorizado. En otras palabras, el primer avión tiene que verificar primero su identidad antes de iniciar la comunicación con el segundo avión. Después de verificar la identidad del primer avión, la primera unidad de comunicación puede recibir la señal enviada desde la segunda unidad de comunicación del segundo avión, cuya señal puede comprender información sobre la posición del segundo avión. También es posible que, después de la verificación, la primera unidad de comunicación solicite la identidad del segundo avión, de tal manera que se puede asegurar de que es el avión correcto el primer avión al que sigue la pista o con el que se comunicación.

La provisión de una señal codificada requiere códigos de codificación que son necesarios para establecer el enlace entre el primer avión y el segundo avión. Los códigos de codificación pueden ser relevantes para la seguridad y pueden requerir el establecimiento de un proceso específico para proporcionar el suministro de información entre el primer avión y el segundo avión.

De acuerdo con otra realización de la invención, la primera unidad de procesamiento está adaptada para determinar datos operativos del segundo avión, que se seleccionan del grupo que comprende velocidad, altitud y factor de carga.

Con estos datos, se puede determinar la envolvente de vuelo del segundo avión. Sin embargo, la envolvente de vuelo se puede conocer también con antelación, sobre la base del tipo de avión y una degradación o reducción posible de la actuación del segundo avión transmitida a través de un estado de supervisión de la salud, que se explicará más adelante. La primera envolvente es proporcionada al piloto del primer avión a través de una pantalla del piloto. La envolvente de vuelo es proporcionada al piloto del primer avión a través de una pantalla del piloto. El piloto del primer avión puede adaptar entonces los datos operativos del primer avión a los datos operativos del segundo avión. En otras palabras, la actuación del primer avión se puede adaptar a la actuación del segundo avión, por ejemplo, el avión no tripulado. La velocidad del primer avión puede adaptarse, por ejemplo, a la velocidad del segundo avión, de tal manera que el segundo avión es capaz de seguir al primer avión. Por lo tanto, es posible que el piloto del primer avión adapte manualmente las características de vuelo o los datos operativos del primer avión a las características de vuelo o datos operativos del segundo avión. También es posible que este proceso de adaptación pueda realizarse automáticamente, por ejemplo, por el primer elemento de cálculo del primer avión. Los datos operativos pueden comprender, por ejemplo, velocidad y altitud de un avión.

De acuerdo con todavía otra realización de la invención, el primer avión comprende, además, una pantalla en la que la pantalla está adaptada para representar al menos los datos operativos del segundo avión.

Por lo tanto, la altitud, el rango entre el primer avión y el segundo avión, la velocidad y la envolvente de vuelo del primer avión y del segundo avión se pueden representar en la pantalla del primer avión. De esta manera, la

información representada sobre las características de vuelo, por ejemplo los datos operativos del primero y/o del segundo avión, puede ayudar al piloto a adaptar las características de vuelo, por ejemplo datos operativos, del primer avión a las características de vuelo del segundo avión.

5 De acuerdo con otra realización de la invención, la posición del segundo avión se determina con respecto a un sistema de referencia de Tierra. Por ejemplo, la posición del segundo avión se determina con respecto a un sistema WGS 84. También puede ser posible determinar la posición del segundo avión con respecto a un sistema de avión o con respecto a un sistema inercial. La posición se puede determinar por medio de coordenadas cartesianas, coordenadas esféricas o coordenadas cilíndricas. No obstante, el segundo avión está localizado con un radar en un modo activo y pasivo o como una alternativa por cualquier otro dispositivo para medir una dirección angular y un alcance. Por ejemplo, el segundo avión puede estar localizado en un bastidor de referencia local, como por ejemplo un sistema de avión o un sistema inercial, en donde los sistemas de referencia locales pueden utilizarse como una etapa intermedia en el cálculo de la localización. Tales etapas intermedias pueden ir seguidas por una localización final del segundo avión, cuya localización final se realiza con respecto a un sistema de posicionamiento global, como por ejemplo un sistema geodésico mundial 1984 (WGS 84).

De acuerdo con otra realización de la invención, la primera unidad de comunicación comprende un radar que está adaptado para recibir una señal de baliza enviada desde la segunda unidad de comunicación en un modo pasivo, de tal manera que se puede determinar una posición angular del segundo avión con respecto al primer avión.

La primera unidad de comunicación y el radar pueden ser también componentes separados que se pueden conectar entre sí o al primer elemento de cálculo; por ejemplo, el radar está separado en el espacio desde la primera unidad de comunicación. El radar puede estar dispuesto rotatorio dentro del primer avión, de tal manera que una señal desde el segundo avión puede ser recibida por el radar. El radar puede ser una parte de la primera unidad de comunicación del primer avión. Para recibir la señal desde la segunda unidad de comunicación, el radar que está montado rotatorio dentro del primer avión puede dirigirse en diferentes direcciones. En el modo pasivo, el radar detecta y sigue la pista de una señal cooperativa, por ejemplo, una señal de baliza, enviada por el segundo avión para determinar una dirección angular del segundo avión del segundo avión con relación al primer avión. Una señal cooperativa es enviada intencionadamente por el avión de seguimiento, por ejemplo, el segundo avión. Una posición angular del segundo avión con respecto al primer avión puede definirse por la posición del segundo avión con respecto a un sistema de coordenadas del primer avión. La posición angular del segundo avión con respecto al primer avión se puede determinar también con respecto a un sistema de referencia de Tierra, por ejemplo, WGS 84. La posición o localización angular del segundo avión puede determinarse también por un eco de cubierta en lugar del seguimiento de la señal de baliza. Por lo tanto, el radar puede trabajar en un modo activo.

De acuerdo con todavía otra realización de la invención, la primera unidad de comunicación comprende un radar que está adaptado para recibir una señal enviada desde la segunda unidad de comunicación o reflejada en el segundo avión en un modo activo, de tal manera que se puede determinar un alcance entre el primer avión y el segundo avión. La señal recibida por el radar en un modo activo puede ser un eco de la cubierta. Cuando el segundo avión es iluminado por el radar el primer avión en un modo activo, el eco de la cubierta del segundo avión puede ser una señal no-cooperativa. El eco de la cubierta puede ser una señal que es reflejada desde el segundo avión hacia el primer avión.

El alcance describe la distancia entre el primer avión y el segundo avión. Por medio del alcance y de la dirección angular del segundo avión con relación al primer avión se puede realizar una localización del segundo avión. Por lo tanto, la posición actual del segundo avión que está siguiendo al primer avión se puede determinar durante la operación de vuelo de ambos aviones. El eco de la cubierta puede ser una señal que comienza en el radar del primer avión, viaja hasta el segundo avión, donde es reflejada y entonces viaja de retorno al radar del primer avión. El tiempo de viaje de la señal se puede determinar para calcular la distancia entre el primer avión y el segundo avión. La señal puede ser reflejada sobre la cubierta exterior del segundo avión, por ejemplo. No obstante, el eco de la cubierta se puede utilizar también para determinar una localización angular del segundo avión cuando el radar trabaja en un modo activo. De la misma manera, puede ser posible que el segundo avión pueda determinar la posición o localización angular del primer avión por el eco de la cubierta. Por lo tanto, el segundo avión puede ser capaz de emitir una señal que es desviada sobre la superficie del primer avión y entonces retorna como un eco de la cubierta al segundo avión, de tal manera que se puede determinar una posición angular del primer avión con respecto al segundo avión, por ejemplo, por medio de un radar que está integrado dentro del segundo avión. En otras palabras, un radar para determinar la localización angular y el alcance con respecto a otro avión puede integrarse sobre el primero o sobre el segundo avión. Además, cualquier localización angular o dispositivo de alcance puede integrarse o instalarse sobre el primero o sobre el segundo avión, como por ejemplo sistemas electro-ópticos (EO) y/o sistemas infrarrojos (IR). También se pueden aplicar otros sistemas, como por ejemplo detección y alcance de luz (LIDAR) y/o sistemas de guía similares a los de sistemas de misiles.

De acuerdo con otra realización de la invención, la señal enviada desde la segunda unidad de comunicación a la primera unidad de comunicación comprende información sobre la identidad del segundo avión.

Utilizando una señal de baliza que es enviada al primer avión, por ejemplo, el avión pilotado, permite el uso de una antena relativamente pequeña del radar para recibir y seguir la pista de la señal de baliza. La señal de baliza puede ser suficientemente fuerte para asegurar un seguimiento de monopulso exacto del segundo avión con la antena pequeña del radar del avión. Por medio de la señal de baliza se pueden enviar diferentes datos al primer avión, como por ejemplo la posición actual del segundo avión o un estado de supervisión de la salud del segundo avión. El estado de supervisión de la salud puede comprender información sobre un fallo de sistemas del segundo avión, cuyo fallo reduce la actuación de vuelo del segundo avión. Tal fallo puede ser el resultado de un motor inoperativo, por ejemplo. Se puede producir congelación en sistemas del avión, que reduce la actuación del avión.

En otra realización, el primer avión puede enviar la señal de baliza al segundo avión y el segundo avión está equipado con un sistema de seguimiento, de tal manera que el segundo avión sigue al primer avión por medio de la señal de baliza enviada desde la primera unidad de comunicación hasta la segunda unidad de comunicación.

Debería entenderse que tanto la dirección angular como también la distancia se determinan para localizar el segundo avión con relación al primer avión. La localización requiere dos modos de radar diferentes. La dirección angular del segundo avión con relación al primer avión se puede determinar en un modo pasivo del radar, cuyo radar sigue la señal de baliza potente con un modo de seguimiento monopulso. La distancia del segundo avión con respecto al primer avión se determina en un modo activo del radar, de tal manera que la distancia se determina midiendo el tiempo que una señal o eco de cubierta que parte desde el primer avión necesita para viajar hasta el segundo avión y de retorno desde el segundo avión hasta el primer avión. La señal puede ser reflejada en la cubierta exterior del segundo avión, de tal manera que la señal se puede llamar eco de cubierta. El eco de cubierta puede ser recibido por la primera unidad de comunicación, por ejemplo, después de que ha sido reflejada en la cubierta exterior del segundo avión.

Otros dispositivos de localización angular y de alcance, con los que se puede determinar la posición y la orientación de otro avión, se pueden integrar alternativamente en el primero y/o en el segundo avión. Tales dispositivos pueden utilizar sistemas electro-ópticos (EO) y/o infrarrojos (IR). Se pueden aplicar otros sistemas, como por ejemplo sistemas de detección de la luz y sistemas de alcance (LIDAR) y/o de guía similares a los sistemas de misiles. Tales sistemas pueden utilizarse, por ejemplo, en lugar de o de manera alternativa a un radar que trabaja en un modo pasivo y activo.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se describe un método para navegar un avión que comprende diferentes etapas. En una etapa del método, se determinan coordenadas de una posición de un punto de referencia por un primer avión. En otra etapa del método, se transmiten las coordenadas de la posición del primer punto de referencia desde una primera unidad de comunicación del primer avión hasta una segunda unidad de comunicación de un segundo avión. En otra etapa del método, el segundo avión navega hasta la posición del punto de referencia. La navegación del segundo avión hasta la posición del punto de referencia se puede basar en las coordenadas transmitidas de la posición del punto de referencia, que fueron determinadas por el primer avión. El método puede comprender otras etapas, como por ejemplo la determinación de coordenadas de una posición de un segundo punto de referencia por el primer avión. Las coordenadas de la posición del segundo punto de referencia se pueden transmitir entonces desde la primera unidad de comunicación del primer avión hasta la segunda unidad de comunicación del segundo avión. En otra etapa, el segundo avión es navegado hasta la posición del segundo punto de referencia. El mismo procedimiento se puede repetir para un número arbitrario de puntos de referencia, de tal manera que se puede proporcionar una trayectoria de vuelo basada en una pluralidad de puntos de referencia para el segundo avión. Con este método, es posible que el segundo avión pueda seguir al primer avión, por ejemplo, en un escenario de emergencia.

Si son posibles técnicamente, pero no se mencionan explícitamente, también se pueden realizar combinaciones de cualquiera de las reivindicaciones de la invención como se ha descrito anteriormente y a continuación del sistema de navegación de avión.

Éstos y otros aspectos de la presente invención serán evidentes y se explicarán con referencia a las realizaciones descritas a continuación.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra un primer avión con una primera unidad de comunicación, una primera unidad de procesamiento, una pantalla y un radar de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 2 muestra un segundo avión con una segunda unidad de comunicación y una segunda unidad de procesamiento de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 3 muestra el primer avión que navega el segundo avión en base de puntos de referencia determinados de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 4 muestra una trayectoria de vuelo circular del primer avión y del segundo avión de acuerdo con una realización de la invención.

5 La figura 5 muestra la recepción de una señal de comunicación enviada desde el segundo avión hasta el primer avión de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 6 muestra puntos de referencia determinados por el primer avión para navegar el segundo avión de acuerdo con una realización de la invención.

10 La figura 7 muestra una pantalla del primer avión que muestra información sobre datos operativos del primer avión y del segundo avión de acuerdo con una realización de la invención.

15 La figura 8 muestra un diagrama de flujo para un método para navegar un avión de acuerdo con una realización de la realización del avión.

Descripción detallada de los dibujos

20 La figura 1 muestra un primer avión 10 que comprende diferentes componentes o cargas de pago, tales como una primera unidad de procesamiento 11, una primera unidad de comunicación 12, un radar 13 y una pantalla 14. La primera unidad de comunicación 12 puede ser un sistema de comunicación bidireccional, que es capaz de enviar y de recibir datos y/o información.

25 Estos componentes pueden estar integrados o instalados dentro del primer avión 10. La primera unidad de procesamiento 11 puede comprender un primer elemento de cálculo, que está adaptado para procesar datos recibidos desde otro avión o desde tierra, por ejemplo, control de tráfico aéreo (ATC). El primer avión puede ser un avión tripulado o no tripulado. Con preferencia, el primer avión es un avión tripulado, como ejemplo un avión de transporte o un avión de alas giratorias, por ejemplo, un helicóptero. El radar 13 del primer avión 10 puede ser una parte de la primera unidad de comunicación 12. El radar 13 comprende una antena controlable electrónicamente con la que se puede adaptar de forma flexible el área de cobertura del radar 13. Por lo tanto, el radar 13 puede estar dispuesto de tal forma que se puede cubrir un área alrededor de la parte trasera del primer avión 10. Por ejemplo, el radar 13 puede ser giratorio en una dirección vertical y/u horizontal hasta 50 grados. El radar 13 puede operar en un modo pasivo, en el que se puede detectar y/o seguir una señal enviada desde otro avión. El radar 13 puede operar también en un modo activo, en el que se puede determinar el alcance entre el primer avión 10 y otro avión. De esta manera, se puede determinar la posición de otro avión con relación a la posición del primer avión 10, por ejemplo, durante la operación de vuelo. La primera unidad de comunicación 12, por ejemplo, el radar 13, puede adaptarse para determinar el alcance entre el primer avión 10 y el otro avión para distancias relativamente cortas, como por ejemplo 500 metros a 2000 metros.

40 La figura 2 muestra un segundo avión 20 que comprende una segunda unidad de procesamiento 21 y una segunda unidad de comunicación 22. La segunda unidad de comunicación 22 puede ser un sistema de comunicación bidireccional que es capaz tanto de enviar como de recibir datos y/o información. Estos componentes pueden estar integrados e instalados dentro del segundo avión 20. La segunda unidad de comunicación 22 puede estar adaptada para intercambiar información y/o datos con la primera unidad de comunicación 12 del primer avión 10. La segunda unidad de comunicación 22 puede enviar una señal de baliza al primer avión 10, por ejemplo, el avión pilotado. Esta señal de baliza puede ser recibida por el radar 13, de manera que la primera unidad de procesamiento 11 es capaz de determinar la localización angular del segundo avión 20 por medio de la señal de baliza enviada. La señal de baliza puede ser suficientemente fuerte para asegurar un seguimiento monopolso exacto del segundo avión 20 con la antena pequeña del radar del avión 13. Seguimiento monopolso significa que se puede determinar una dirección o posición angular del segundo avión 20 con relación al primer avión 10, que cambia durante la operación de vuelo por un sólo pulso de la señal de baliza. El radar 13 puede ser, por lo tanto, un radar monopolso. No obstante, además, puede ser posible que se puedan enviar datos desde la segunda unidad de comunicación 22 hasta la primera unidad de comunicación 12, por ejemplo, el radar 13, a través de la señal de baliza. Por medio de la señal de baliza y de un eco de cubierta se puede calcular y/o determinar la posición actual del segundo avión 20. Otros datos enviados por la señal de baliza pueden comprender un estado de supervisión de la salud que da, por ejemplo, una indicación de defectos y fallos del sistema dentro del segundo avión 20. La segunda unidad de comunicación 22 puede recibir también información y/o datos desde la primera unidad de comunicación 12 del primer avión 10. De esta manera, puede ser posible que el segundo avión 20 navegue hasta puntos de referencia predeterminados sobre la base de la información y/o datos recibidos.

60 La posición de los puntos de referencia se puede determinar por la primera unidad de procesamiento 11 del primer avión 10. Después de enviar la información de la posición de los puntos de referencia desde la primera unidad de comunicación 12 hasta la segunda unidad de comunicación 22, se pueden analizar y procesar las posiciones de los puntos de referencia por la segunda unidad de procesamiento 21, de tal manera que el segundo avión 20 se dirige y

se navega hacia los puntos de referencia determinados. Puesto que los puntos de referencia determinados pueden describir posiciones en el espacio aéreo a través de las cuales vuela el primer avión 10 y posteriormente vuela también el segundo avión 20, el proceso de navegación del segundo avión 20 hasta los puntos de referencia ajustados por el primer avión 10 se pueden imaginar como un proceso de seguimiento. Un segundo elemento de cálculo, que puede ser una parte de la segunda unidad de procesamiento 21, puede determinar o calcular las posiciones de estos puntos de referencia. Las posiciones de los puntos de referencia se pueden determinar, por lo tanto, por la primera unidad de procesamiento 11, por ejemplo, el primer elemento de cálculo, cuando el primer avión pasa por este punto de referencia. Puesto que el primer avión 10 se mueve durante la operación de vuelo, la primera unidad de procesamiento 11 puede determinar consecutivamente varios puntos de referencia que juntos describen una trayectoria de vuelo del primer avión 10. En otras palabras, los puntos de referencia se determinan uno después de otro. La determinación de los puntos de referencia significa que se calculan las posiciones de estos puntos de referencia. Las posiciones se describen por tres coordenadas espaciales y un valor de tiempo, de tal manera que son necesarias 4 dimensiones para determinar de forma distintiva un punto de referencia. El valor de tiempo puede describir el punto de tiempo en el que el primer avión 10 pasa por un cierto punto de referencia y la primera unidad de procesamiento 11 determina la posición de este punto de referencia. El segundo elemento de cálculo puede enviar órdenes a un sistema de gestión de vuelo y a un sistema de control de vuelo del segundo avión 20, de tal manera que el segundo avión 20 puede ser navegado automáticamente hasta los puntos de referencia determinados. Por lo tanto, las órdenes pueden comprender información sobre las posiciones de los puntos de referencia determinados. El segundo avión 20 puede ser un sistema de avión no tripulado y/o un sistema de avión pilotado.

Antes de que se permite a la primera unidad de comunicación 12 y a la segunda unidad de comunicación 22 intercambiar información, el primer avión 10 puede ser mandado por el segundo avión 20 o por un control de tráfico aéreo que está localizado en tierra. Por ejemplo, un número de registro del segundo avión 20 es introducido por el piloto del primer avión 10 para permitir un enlace entre la primera unidad de comunicación 12 y la segunda unidad de comunicación 22. Después de que el número de registro del segundo avión 20 ha sido introducido a través de una interfaz en la primera unidad de procesamiento 11, es necesario un código de encriptado para establecer el enlace entre ambas unidades de comunicación 12, 22 y, por lo tanto, se pueden calcular ambos aviones 10, 20. El código de encriptado puede ser relevante para la seguridad y se puede establecer un proceso específico para generar y/o suministrar el código de encriptado. La entrada del número de registro puede proporcionar o revelar también información sobre una envolvente de vuelo del segundo avión 20, de tal manera que se puede adaptar la actuación de vuelo del primer avión 10 a la actuación de vuelo del segundo avión 20.

La figura 3 muestra el primer avión 10 navegando un segundo avión 20 sobre la base de puntos de referencia 40 determinados. Como se puede ver en la figura 3, los puntos de referencia 40 definen la vía o trayectoria de vuelo 41 del primer avión 10. Los puntos de referencia 40 y, por lo tanto, la trayectoria de vuelo 41 del primer avión 10 se pueden seguir de esta manera por el segundo avión 20. El primer avión 10 puede enviar información sobre las posiciones de los puntos de referencia 40 determinados por medio de una primera señal de comunicación 43 al segundo avión 20. De acuerdo con ello, el segundo avión 20 puede enviar información sobre su posición a través de una segunda señal de comunicación 42 hasta el primer avión 10 para reforzar la fiabilidad de los cálculos de localización relativa. Debería mencionarse que la información enviada a través de las señales de comunicación 42, 43 pueden comprender también otra información, además de la posición de los puntos de referencia 40 y la posición del segundo avión 20.

La figura 4 muestra una primera etapa de inicio del proceso de seguimiento. Allí se puede identificar una trayectoria de vuelo del primer avión 10 y del segundo avión 20. Por ejemplo, el segundo avión 20, por ejemplo, el sistema de avión no tripulado, está merodeando en una cierta localización a una altitud conocida. El merodeo 50 puede ser un merodeo circular con un cierto radio. La localización, la altitud y el radio del segundo avión 20 son proporcionados y/o controlados por un piloto remoto en tierra o por el control de tráfico aéreo. El primer avión 10, por ejemplo, el avión pilotado o tripulado inicia otro merodeo circular 51 a una cierta altitud y distancia del segundo avión 20. La altitud y distancia se pueden seleccionar de tal manera que no existe ningún riesgo de una colisión entre el primer avión 10 y el segundo avión 20, por ejemplo, predeterminando y manteniendo una distancia mínima. Una distancia máxima entre el primer avión 10 y el segundo avión 20 pueden predeterminarse también para asegurar una transferencia correcta de la señal y de la información entre la primera unidad de comunicación 12 y la segunda unidad de comunicación 22. El primer avión 10 puede informar al segundo avión 20 a través de una primera señal de comunicación 43 de que inicia el proceso de seguimiento. En otras palabras, la segunda unidad de procesamiento 21, por ejemplo, el segundo elemento de cálculo, espera el suministro de determinados puntos de referencia 40 de tal manera que la segunda unidad de procesamiento 21 puede navegar el segundo avión 20 hasta los puntos de referencia 40 para seguir la trayectoria de vuelo 41 del primer avión 10.

La figura 5 muestra una segunda etapa de inicio del proceso de seguimiento. Allí, la segunda señal de comunicación 42 desde el segundo avión 20 es recibida por el primer avión 10. El radar 13 comprende una antena controlable electrónicamente, de tal manera que el área de cobertura 60 del radar 13 puede ser ajustada de manera flexible. La antena puede ajustarse para cubrir un área 60 en una dirección trasera del primer avión 10, en donde la dirección

- trasera se define como una dirección que está sustancialmente opuesta a la dirección de vuelo del primer avión 10, como se ve en la figura 5. El radar 13 puede estar montado de forma pivotable de tal manera que se puede cubrir un área distinta detrás del primer avión 10 en una dirección horizontal, así como vertical. Allí la dirección horizontal se puede definir por una altitud constante. La segunda señal de comunicación 42 enviada desde la segunda unidad de comunicación 22 del segundo avión 20 puede ser una señal de baliza. La señal de baliza puede ser una señal codificada, de manera que después de recibir la señal de baliza por la primera unidad de comunicación 12, la primera unidad de procesamiento 11 es capaz de asegurar se sigue el avión correcto, por ejemplo, el segundo avión 20. En otras palabras, la identidad del segundo avión 20 puede verificarse por una señal codificada enviada desde la segunda unidad de comunicación 22 hasta la primera unidad de comunicación 12. El radar 13 puede tener una característica de seguimiento monopulso integrada que permite el cálculo de la posición angular del segundo avión 20 por medio de la señal de baliza. Por lo tanto, el segundo avión 20 puede estar localizado dentro del área de cobertura 60 del radar 13. En un modo activo, el radar puede calcular entonces el alcance entre el primer avión 10 y el segundo avión 20 por medio de un eco de cubierta que puede ser una señal reflejada desde el segundo avión.
- La figura 6 muestra una tercera etapa de inicio del proceso de seguimiento. Allí la primera unidad de procesamiento 11 calcula la posición relativa del segundo avión 20, por ejemplo, el sistema de avión no tripulado, por medio de la señal de baliza recibida y el alcance activo, por ejemplo, el eco de la cubierta. Después, la información sobre la posición calculada, así como altitud determinada del segundo avión 20 se envían desde la primera unidad de comunicación 12 hasta la segunda unidad de comunicación 22 para proporcionar esta información a la segunda unidad de procesamiento 21, por ejemplo, el segundo elemento de cálculo. Esto puede ser ventajoso si el segundo avión 20 no es capaz de determinar su posición debido a un fallo del sistema de navegación, por ejemplo. También puede ser posible sincronizar los datos de navegación del segundo avión 20 con los datos de navegación del primer avión 10.
- El primer avión 10 puede adaptar su velocidad con el fin de sincronizar la fase de merodeo circular 51 del primer avión 10 a la fase del merodeo circular 50 del segundo avión 20. Como se indica por una primera flecha 70 en la figura 6, el primer avión 10 abandona el merodeo circular 51, por ejemplo, tangencialmente. Puede ser posible que el primer avión 10 informe al segundo avión 20 a través de las unidades de comunicación 12, 22 de que el primer avión 10 ha dejado el merodeo circular 51. La primera unidad de procesamiento 11 genera, además, información sobre los puntos de referencia 40 determinadas que pueden estar localizados a lo largo de la trayectoria de vuelo 41 del primer avión 10. La información sobre los puntos de referencia 40 se transmiten desde la primera unidad de comunicación 12 hasta la segunda unidad de comunicación 22 una detrás de la otra. A intervalos de tiempo arbitrarios, la primera unidad de procesamiento 11 calcula un punto de referencia 40 que es proporcionado entonces al segundo avión 20 para fines de navegación. El valor de tiempo de un punto de referencia 40 puede ser definido por el tiempo en el que el primer avión encuentra este punto de referencia 40 o vuela a través de este punto de referencia 40. El valor de tiempo de un punto de referencia 40 puede ser definido también por el tiempo en el que el primer avión 10 encuentra este punto de referencia 40 incluyendo una cierta demora de tiempo. La demora de tiempo se calcula para incluir márgenes de seguridad con el fin de evitar una colisión entre el primer avión 10 y el segundo avión 20.
- De esta manera, la segunda unidad de procesamiento 21 puede crear y actualizar un plan de vuelo que comprende cuatro dimensiones, por ejemplo, tres coordenadas espaciales que describen un punto distintivo en el espacio aéreo y el valor de tiempo. El plan de vuelo puede interpretarse de esta manera como un plan de vuelo tetradimensional plan de vuelo 4-D. La segunda unidad de procesamiento 21 puede calibrar las características de vuelo, especialmente la dirección de vuelo del segundo avión 20, de tal manera que el segundo avión 20 sigue al primer avión 10 con una demora de tiempo constante. Por lo tanto, la segunda unidad de procesamiento 21 proporciona el plan de vuelo actualizado al sistema de control de vuelo o sistema de gestión de vuelo del segundo avión 20. El segundo avión 20 abandona también de esta manera el merodeo 50 que se indica por otra flecha 71 en la figura 6.
- El primer avión 10 puede adaptarse para verificar periódicamente la posición del segundo avión 20, por ejemplo, por medio de la señal de baliza enviada desde la segunda unidad de comunicación 22 y una señal o eco de cubierta que viaja desde el primer avión hasta el segundo avión y entonces retorna al primer avión. La señal de baliza es recibida por el radar 13 en un modo pasivo de tal manera que se puede determinar una dirección angular del segundo avión con relación al primer avión. El alcance se determina por el radar en un modo activo, por ejemplo, midiendo el tiempo de viaje de la señal o eco de cubierta. En otras palabras, se envía una señal desde la primera unidad de comunicación 21 hasta el segundo avión 20, donde la señal se refleja, por ejemplo, sobre la cubierta exterior del segundo avión 20. Después de la reflexión, la señal se transmite de retorno como un eco de cubierta a la primera unidad de comunicación 21, por ejemplo, el radar. El intervalo de tiempo entre la emisión y la recepción de la señal en la primera unidad de comunicación 21 puede indicar la distancia entre el primer avión 10 y el segundo avión 20.
- Además, la información actualizada sobre la posición del segundo avión 20 se puede transmitir al segundo avión 20 a través de las unidades de comunicación 12, 22. En el caso de que no exista ningún fallo en el sistema de navegación o de posicionamiento del segundo avión 20, es posible también que el segundo avión 20 pueda calcular independientemente su posición y transmita entonces la información sobre su posición al primer avión 10 a través de

5 las unidades de comunicación 12, 22. De esta manera, se puede mejorar la fiabilidad del control de la posición. La posición actual del segundo avión 20 puede representarse en la pantalla 14 del primer avión 10, de manera que el piloto del primer avión 10 puede verificar permanentemente la posición actual del segundo avión 20 y, por lo tanto, también si el segundo avión 20 sigue al primer avión 10 correctamente. La pantalla 14 del primer avión 10 puede ser una pantalla de control del piloto, por ejemplo.

10 En el caso de un fallo o malfuncionamiento que reduce la actuación de vuelo del segundo avión 20, que ocurre, por ejemplo, como un resultado de un motor inoperativo o congelación de sistemas del avión, se puede enviar un código de supervisión de la salud al primer avión a través de las unidades de comunicación 12, 22. El código de supervisión de la salud puede comprender información sobre la limitación de la actuación de vuelo del segundo avión 20 debido al fallo. Esta información puede representarse en la pantalla de control del piloto del primer avión 10, de manera que el piloto puede adaptar la actuación de vuelo a la actuación de vuelo limitada y, por lo tanto, a la envolvente de vuelo actual del segundo avión 20.

15 La figura 7 muestra la pantalla 14 del primer avión 10 que representa información sobre datos operativos del primer avión 10 y el segundo avión 20. La pantalla 14 puede dividirse en diferentes trayectorias, cada una de las cuales indica cierta información sobre el primer avión 10 y/o el segundo avión 20. Por ejemplo, en una primera parte 80 de la pantalla 14, se representa la envolvente de vuelo que indica la actuación actual alcanzable, por ejemplo, altitud y velocidad, del segundo avión 20. En una segunda parte 81 de la pantalla 14, se puede representar una fuente de malfuncionamiento del segundo avión 20. En una tercera parte 83 de la pantalla 14, se puede representar información sobre la corrección del procedimiento de arrastre o de seguimiento, es decir, que se puede indicar si el segundo avión 20 navega hasta los puntos de referencia 40 y, por lo tanto, sigue correctamente al primer avión 10. En una cuarta trayectoria 82 de la pantalla 14, se puede representar el alcance entre el primer avión 10 y el segundo avión 20 indicando un riesgo posible de colisión.

25 Debería mencionarse que el sistema para navegación del segundo avión 20 no sólo se puede aplicar en el caso de un vuelo del segundo avión 20. Por ejemplo, también se puede aplicar si el segundo avión 20 está localizado en la pista de rodadura. En este caso, el primer avión, por ejemplo, el avión pilotado despegue e inmediatamente envía su trayectoria de vuelo 4-D al segundo avión 20, de tal manera que el segundo avión 20 puede seguir esta trayectoria de vuelo. En otras palabras, el primer avión 10 determina varios puntos de referencia 40 que juntos definen la trayectoria de vuelo a seguir por el segundo avión 20. Cuando el segundo avión 10 sigue al primer avión durante el procedimiento de seguimiento, la demora de tiempo entre el primer avión 10 y el segundo avión 20 se puede ajustar permanentemente, lo que significa que se puede adaptar la velocidad actual del segundo avión 20 a la velocidad actual del primer avión 10. No obstante, la velocidad actual del primer avión 10 se puede adaptar a la velocidad actual del segundo avión 20 y, por lo tanto, a las capacidades actuales del segundo avión 20. La adaptación de la velocidad puede ocurrir también durante las fases de despegue y de ascensor de ambos aviones 10, 20 por razones de seguridad. Se puede determinar una información de la velocidad por el primer avión 10 debido a que cada posición de punto de referencia corresponde a otro valor de tiempo, en donde el valor de tiempo define el punto de tiempo en el que el primer avión 10 vuela a través del punto de referencia 40 correspondiente.

40 La figura 8 muestra un diagrama de flujo para un método para navegar un avión. El método puede comprender varias etapas. En una etapa S1 del método, se determinan coordenadas de una posición de un punto de referencia 40 por el primer avión 10. Esto puede incluir la determinación de tres coordenadas espaciales y al menos un valor de tiempo. En otra etapa S2, las coordenadas de la posición del punto de referencia 40 se transmiten desde una primera unidad de comunicación 12 del primer avión 10 hasta una segunda unidad de comunicación 22 del segundo avión 20. Todavía en otra etapa S3 del método, el segundo avión 20 es navegado hasta la posición del punto de referencia 40. Debería mencionarse que el método no está limitado a las etapas que se describen aquí.

REIVINDICACIONES

1. Sistema para navegación de avión, que comprende:

5 un primer avión (10) con una primera unidad de comunicación (12) que comprende un radar (13);
 un segundo avión (20) con una segunda unidad de comunicación (22) diseñada para enviar una señal de
 baliza al primer avión (10);
 en donde el primer avión (10) está adaptado para determinar coordenadas de posiciones de una pluralidad
 de puntos de referencia (40);
 10 cuyos puntos de referencia (40) están determinados con respecto a un sistema de referencia;
 en donde cada uno de la pluralidad de puntos de referencia (40) juntos definen una trayectoria de vuelo (41)
 del primer avión (10);
 en donde la primera unidad de comunicación (12) está adaptada para transmitir las coordenadas de las
 posiciones de los puntos de referencia (40) a la segunda unidad de comunicación (22); y
 15 en donde el segundo avión (20) está adaptado para navegar hasta las posiciones de los puntos de
 referencia (40); y
 en donde el primer avión (10) comprende, además, una primera unidad de procesamiento (11) que está
 adaptada para determinar una posición del segundo avión (20);
 caracterizado por que la primera unidad de procesamiento (11) está adaptada para determinar la posición
 20 del segundo avión (20) sobre la base de una posición angular del segundo avión (20) con respecto al primer avión
 (10) y una distancia entre el primer avión (10) y el segundo avión (20);
 en donde la señal de baliza enviada desde la segunda unidad de comunicación (22) es recibida por el radar
 (13) en un modo pasivo del radar (13) y la posición angular del segundo avión (20) con respecto al primer avión (10)
 se determina por la primera unidad de procesamiento (11) por medio de la señal de baliza recibida; y
 25 en donde el radar (13) está adaptado para recibir una señal de cubierta (42) desde el segundo avión (22) en
 un modo activo del radar (13) y la distancia entre el primer avión (10) y el segundo avión (20) se determina por la
 primera unidad de procesamiento (11) sobre la base de un tiempo del eco de cubierta (42).

2. Sistema de acuerdo con la reivindicación 1,
 30 en donde el primer avión (10) es un avión tripulado.

3. Sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes,
 en donde el segundo avión (20) es un avión no tripulado.

35 4. Sistema de acuerdo con la reivindicación 1,
 en donde el primer avión (10) está adaptado para determinar un valor de tiempo para cada uno de la
 pluralidad de puntos de referencia (40).

40 5. Sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4,
 en donde el segundo avión (20) está adaptado para seguir la trayectoria de vuelo (41) del primer avión (10)
 durante la operación de vuelo del primer avión (10) y del segundo avión (20).

45 6. Sistema de acuerdo con la reivindicación 1,
 en donde la primera unidad de procesamiento (11) está adaptada para determinar datos operativos del
 segundo avión (20), que se selecciona del grupo que comprende factor de carga, velocidad y altitud.

7. Sistema de acuerdo con la reivindicación 6, en donde el primer avión comprende, además:
 una pantalla (14);
 50 en donde la pantalla (14) está adaptada para representar al menos los datos del segundo avión (20).

8. Sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 a 7,
 en donde la posición del segundo avión (20) con respecto a un sistema de referencia de tierra.

55 9. Sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes,
 en donde la señal de baliza comprende información sobre la identidad del segundo avión (20).

10. Método de navegación de avión, que comprende las etapas:

60 (S1) determinar coordenadas de posiciones de una pluralidad de puntos de referencia (40) por un primer avión
 (S1) con una primera unidad de comunicaciones (12) que comprende un radar (13);
 en donde los puntos de referencia (40) se determinan con respecto a un sistema de referencia; y
 en donde cada uno de la pluralidad de puntos de referencia (40) juntos define una trayectoria de vuelo (41)
 del primer avión (10);
 transmitir las coordenadas de la posición del punto de referencia (40) desde la primera unidad de

comunicación (12) del primer avión (10) hasta una segunda unidad de comunicación (22) de un segundo avión (S2) diseñada para enviar una señal de baliza al primer avión (10);

navegar el segundo avión (20) hasta la posición del punto de referencia (S3);

5 en donde una primera unidad de procesamiento (11) del primer avión (10) verifica periódicamente una posición del segundo avión (20);

caracterizado por que la posición del segundo avión (20) se determina por la primera unidad de procesamiento (11) sobre la base de una posición angular del segundo avión (20) con respecto al primer avión (10) y una distancia entre el primer avión (10) y el segundo avión (20);

10 en donde la señal de baliza enviada desde la segunda unidad de comunicación (22) es recibida por el radar (13) en un modo pasivo del radar (13) y la posición angular del segundo avión (20) con respecto al primer avión (10) se determina por la primera unidad de procesamiento (11) por medio de la señal de baliza recibida; y

en donde el radar (13) recibe un eco de cubierta (42) desde el segundo avión (22) en un modo activo del radar (13) y la distancia entre el primer avión (10) y el segundo avión (20) se determina por la primera unidad de procesamiento (11) sobre la base de un tiempo del eco de cubierta (42).

15

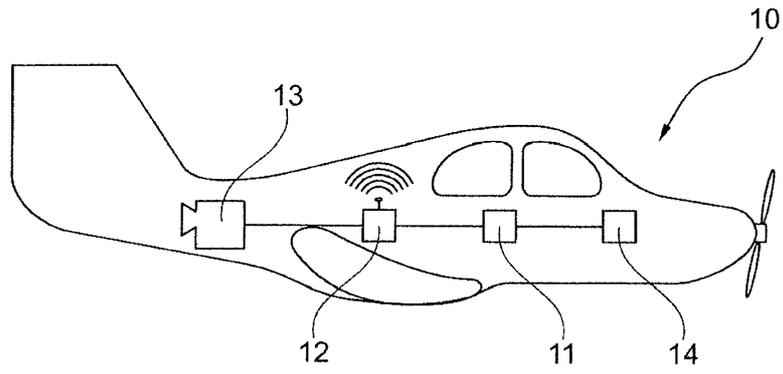


Fig. 1

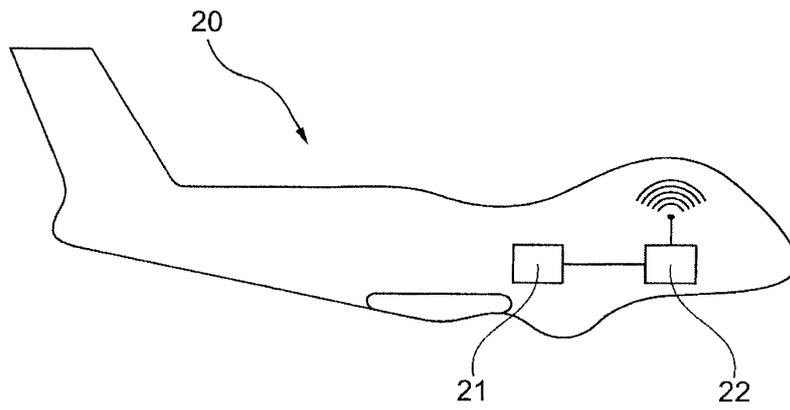


Fig. 2

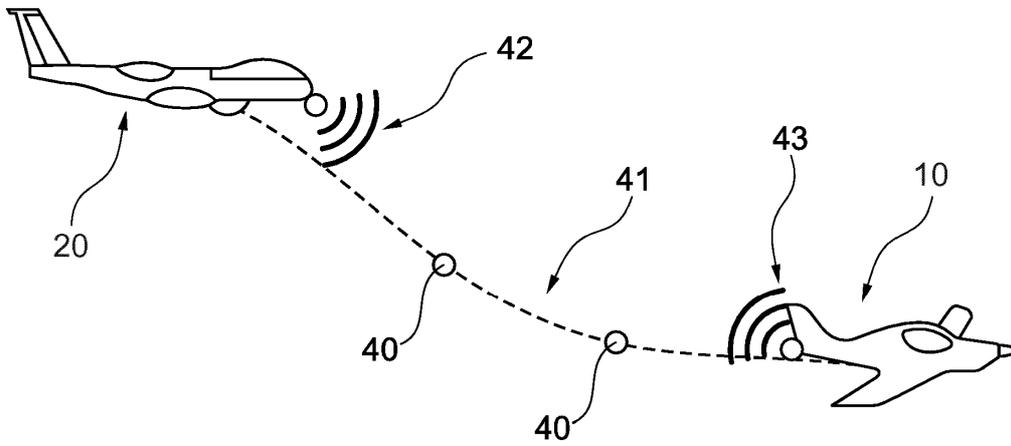


Fig. 3

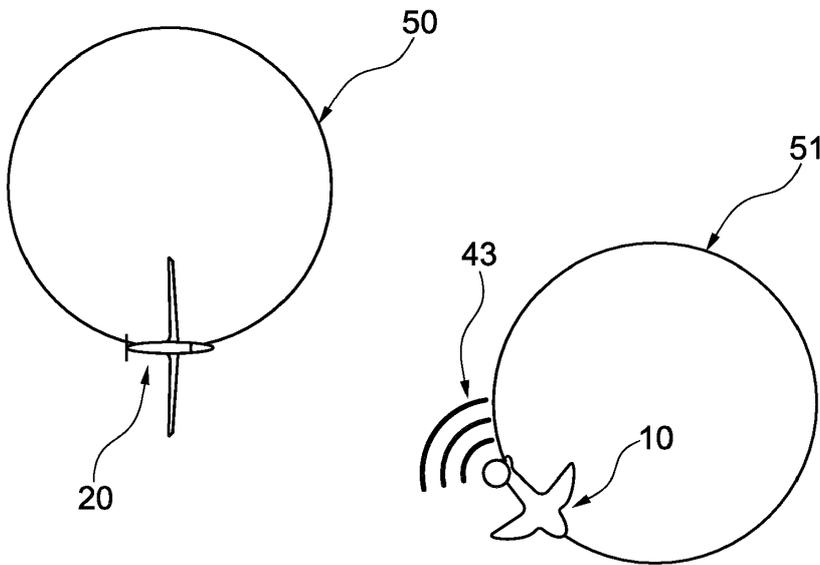


Fig. 4

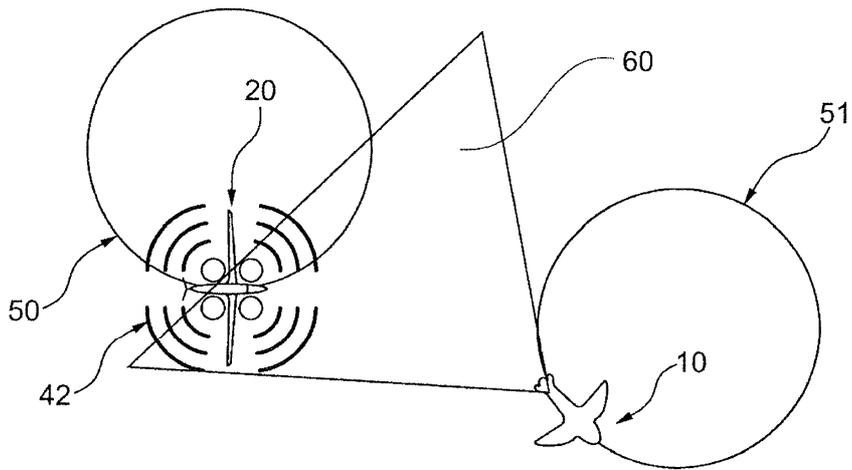


Fig. 5

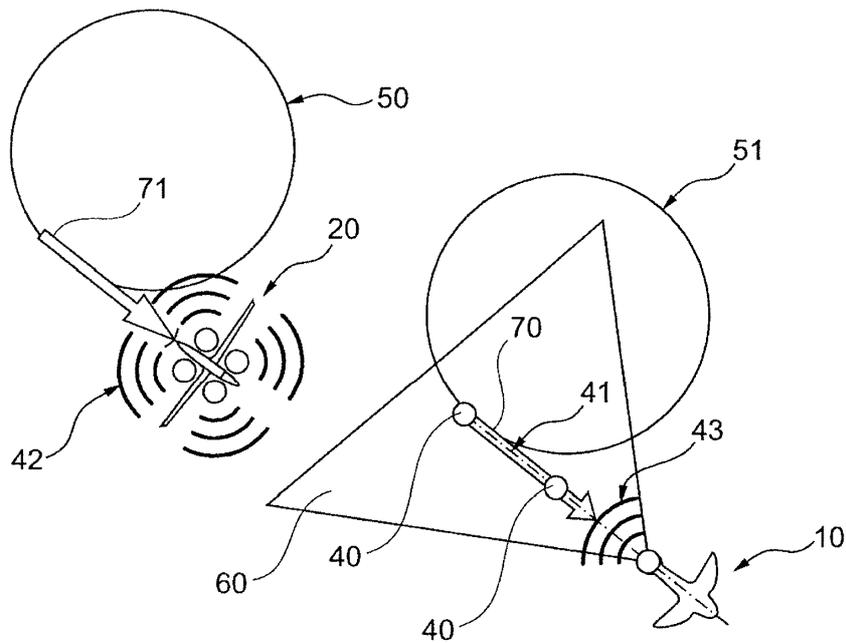


Fig. 6

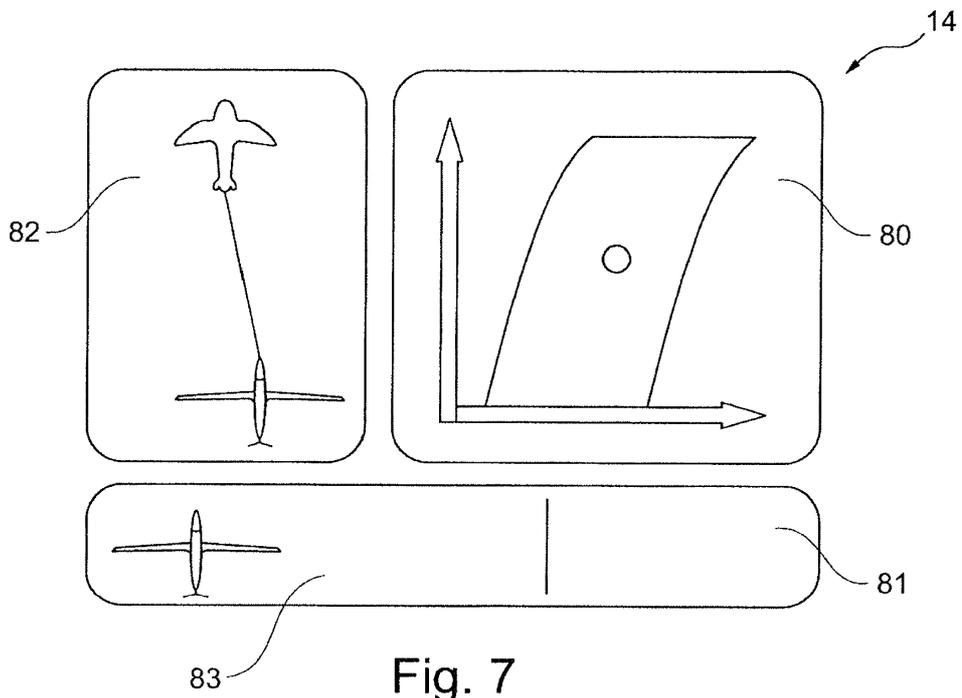


Fig. 7

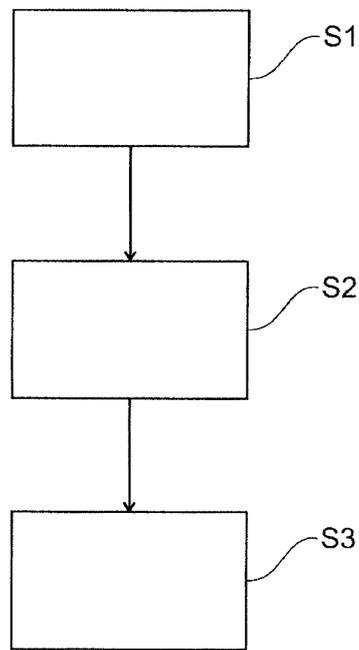


Fig. 8