

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 489**

51 Int. Cl.:

**B64D 39/06** (2006.01)

**B64D 39/00** (2006.01)

**G05D 1/02** (2006.01)

**G05D 1/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.05.2016 PCT/GB2016/051314**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.11.2016 WO16181117**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.05.2016 E 16721908 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.07.2019 EP 3294629**

54 Título: **Método y sistema de acoplamiento de aeronave**

30 Prioridad:

**11.05.2015 GB 201507987**  
**11.05.2015 EP 15167162**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**19.02.2020**

73 Titular/es:

**BAE SYSTEMS PLC (100.0%)**  
**6 Carlton Gardens**  
**London SW1Y 5AD, GB**

72 Inventor/es:

**CROCKETT, ROBERT, MARK y**  
**COUSINS, GARY, ALEXANDER**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 743 489 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**

Método y sistema de acoplamiento de aeronave

5 La presente invención se relaciona con el acoplamiento físico entre sí de una aeronave en vuelo, por ejemplo, con el propósito de reabastecimiento de combustible aire a aire.

Antecedentes

10 El reabastecimiento de combustible aire a aire, también conocido como reabastecimiento de combustible aéreo y reabastecimiento de combustible en vuelo, es el proceso de transferir combustible de una aeronave (una aeronave cisterna) a otra aeronave durante el vuelo.

15 Normalmente, el uso de comunicaciones de radiofrecuencia (RF) durante las operaciones de reabastecimiento de combustible aire a aire no está permitido debido al riesgo de ignición del combustible.

Para aeronaves tripuladas, se implementa la comunicación a través de luces y señales manuales. Sin embargo, dichos métodos de comunicación tienden a no ser utilizables para aeronaves no tripuladas.

20 En un campo separado del campo de reabastecimiento de combustible de una aeronave, a menudo es deseable transferir datos, por ejemplo datos de misión, a partir de una aeronave no tripulada a una entidad diferente (por ejemplo, una aeronave diferente).

25 El documento US8010287 describe un sistema preciso de navegación relativa entre un vehículo aéreo no tripulado (UAV) y una aeronave cisterna. El UAV transmite una señal la cual es recibida por un conjunto de antenas en la aeronave cisterna.

Resumen de la invención

30 Los presentes inventores se han dado cuenta de que, para el reabastecimiento de combustible aire a aire de una aeronave, es deseable tener uno o más enlaces de datos operativos entre una aeronave cisterna y la aeronave receptora con fines de navegación, mantenimiento de la formación de vuelo, y/o control del proceso de reabastecimiento de combustible.

35 Los presentes inventores se han dado cuenta de que a medida que aumenta la frecuencia de las comunicaciones, el riesgo de ignición del combustible tiende a disminuir. Además, los presentes inventores se han dado cuenta de que las frecuencias de comunicación en el rango de 57GHz a 66GHz, por ejemplo alrededor de 60GHz, proporcionan un menor riesgo de ignición del combustible, por ejemplo, debido a la mayor absorción de oxígeno de esas señales de comunicación. Además, los presentes inventores se han dado cuenta de que las frecuencias de comunicación en el  
40 rango de 57GHz a 66GHz tienden a ser relativamente cubiertas, por ejemplo, debido al aumento de la absorción de oxígeno de esas señales de comunicación. Los inventores se han dado cuenta además de que se pueden usar antenas de ancho de haz estrecho para mejorar aún más la cobertura de las comunicaciones.

45 Los presentes inventores se han dado cuenta de que las propiedades de las frecuencias de comunicación en el rango de 57GHz a 66GHz que típicamente se consideran desventajosas (por ejemplo, la absorción relativamente alta por oxígeno de esas señales) proporcionan una serie de ventajas cuando se implementan durante las operaciones de reabastecimiento de combustible de la aeronave.

50 Los presentes inventores se han dado cuenta de que las operaciones de reabastecimiento de combustible aire a aire brindan la oportunidad de implementar enlaces de comunicación de corto alcance y alto ancho de banda para la transferencia de datos entre una aeronave cisterna y una aeronave receptora.

55 En un primer aspecto, la presente invención proporciona un método de acoplamiento físico entre una primera aeronave y una segunda aeronave. La primera aeronave puede ser una aeronave en vuelo. La segunda aeronave puede ser una aeronave en vuelo. El método comprende: enviar, a partir de un transmisor ubicado en la primera aeronave, una señal electromagnética (por ejemplo, una frecuencia de radio o una señal óptica); recibir, por un receptor ubicado en la segunda aeronave, la señal; y controlar, mediante uno o más procesadores, utilizando la señal recibida por la segunda aeronave, al menos una de la primera y segunda aeronave de modo que la primera y la segunda aeronave estén en una configuración predeterminada en la cual la primera y segunda aeronave están físicamente acopladas.

60 El método puede comprender proporcionar que el transmisor y el receptor sean configurables para operar en un modo de rango mediante el cual la señal electromagnética se comunica de acuerdo con un primer esquema de modulación, siendo el primer esquema de modulación adecuado para el rango. El primer esquema de modulación puede ser un esquema de modulación de banda ultra ancha.

65

El método puede comprender proporcionar que el transmisor y el receptor sean configurables para operar en un modo de enlace de datos mediante el cual la señal electromagnética se comunica de acuerdo con un segundo esquema de modulación, siendo el segundo esquema de modulación adecuado para la transferencia de datos y diferente al primer esquema de modulación.

5 El método puede comprender conmutar al menos una vez entre operar en el modo de rango y operar en el modo de enlace de datos. En particular, el transmisor y el receptor pueden configurarse para funcionar en el modo de rango a medida que la aeronave se manobra en la configuración predeterminada, y cambia a configurarse en el modo de enlace de datos una vez que se establece la configuración predeterminada.

10 El método puede comprender determinar, por uno o más procesadores, usando la señal recibida por la segunda aeronave, las posiciones relativas de la primera y segunda aeronave. La etapa de controlar puede incluir controlar, mediante uno o más procesadores, usando las posiciones relativas determinadas, al menos una de las aeronaves primera y segunda de modo que la primera y segunda aeronave estén en la configuración predeterminada.

15 La configuración predeterminada puede ser tal que la primera y la segunda aeronave estén físicamente unidas entre sí.

20 Al menos una de la primera y segunda aeronave puede ser una aeronave no tripulada.

El método puede comprender además realizar un proceso de reabastecimiento de combustible aire a aire. El proceso de reabastecimiento de combustible aire a aire puede incluir, cuando la primera y la segunda aeronave están acopladas, hacer que el combustible de la aeronave fluya entre la primera y la segunda aeronave a través de un acoplamiento entre ellas.

25 El transmisor en la primera aeronave puede estar ubicado en la posición de la primera aeronave seleccionada de un grupo de posiciones que consiste en: una manga de reabastecimiento de combustible de la primera aeronave a través de la cual el combustible de la aeronave puede transferirse a partir de la primera aeronave a la segunda aeronave; y una sonda de la primera aeronave a través de la cual la primera aeronave puede recibir combustible de la segunda aeronave.

30 La señal puede ser una señal de radiofrecuencia (RF). La señal puede tener una frecuencia dentro de una banda de frecuencia seleccionada del grupo de bandas de frecuencia que consiste en: una banda de frecuencia de 2GHz a 5GHz, una banda de frecuencia de 3GHz a 5GHz, una banda de frecuencia de 50GHz a 70GHz, una banda de frecuencia de 57GHz a 66GHz y una banda de frecuencia de 60GHz a 61GHz. La señal puede tener una frecuencia de 60GHz o 60.5GHz.

35 El envío o la transmisión de la señal de una aeronave a la otra aeronave puede realizarse en respuesta a que la aeronave esté dentro de una distancia de separación predeterminada entre sí. La distancia de separación predeterminada puede ser, por ejemplo, 1km, 400m, 300m, 100m, o alguna función de la envergadura de una aeronave (por ejemplo, 2 veces la envergadura de una aeronave).

40 La etapa de controlar puede comprender, usando la señal recibida por la segunda aeronave, determinar la posición de una aeronave en relación con la otra aeronave.

45 El método puede comprender además: enviar, a partir de la primera aeronave, al menos una señal adicional, y recibir, por la segunda aeronave, cada señal adicional. La etapa de control puede realizarse usando cada una de las señales adicionales recibidas por la segunda aeronave.

50 La señal y cada una de las señales adicionales pueden enviarse a partir de un transmisor respectivo en la primera aeronave. Cada uno de los transmisores puede tener una posición diferente en la primera aeronave. La señal y cada una de las señales adicionales pueden incluir un identificador respectivo que indica a partir de qué transmisor se envió esa señal.

55 Cada uno de los transmisores puede tener una posición en la primera aeronave seleccionada del grupo de posiciones que consiste en: una posición en o cerca de una primer ala de la primera aeronave; una posición en o cerca de una segunda ala de la primera aeronave, siendo la segunda ala opuesta a la primer ala; una posición en o cerca de un primer estabilizador horizontal de un empenaje de la primera aeronave; una posición en o cerca de un segundo estabilizador horizontal de un empenaje de la primera aeronave, siendo el segundo estabilizador horizontal opuesto al primer estabilizador horizontal; y una posición en o cerca de un estabilizador vertical de un empenaje de la primera aeronave.

60 El método puede comprender además enviar, a partir de la segunda aeronave a la primera aeronave, una señal inicial, y recibir, por la primera aeronave, la señal inicial. Cada una de las señales enviadas a partir de la primera aeronave a la segunda aeronave puede enviarse en respuesta a la señal inicial que recibe la primera aeronave.

65

El uno o más procesadores pueden estar ubicados en la segunda aeronave. La etapa de controlar puede comprender controlar, mediante uno o más procesadores, la segunda aeronave de modo que la segunda aeronave se mueva para acoplarse a la primera aeronave.

5 La señal electromagnética puede ser una señal de radiofrecuencia. La señal electromagnética puede ser una señal óptica.

En un aspecto adicional, la presente invención proporciona un aparato para acoplar físicamente una primera aeronave y una segunda aeronave. La primera aeronave puede ser una aeronave en vuelo. La segunda aeronave puede ser una aeronave en vuelo. El aparato comprende: un transmisor ubicado en la primera aeronave y configurado para enviar, a partir de la primera aeronave a la segunda aeronave, una señal electromagnética; un receptor ubicado en la segunda aeronave y configurado para recibir la señal enviada por el transmisor; y uno o más procesadores configurados para, utilizando la señal recibida por la segunda aeronave, controlar al menos una de las aeronaves primera y segunda de modo que la primera y la segunda aeronave estén en una configuración predeterminada en la cual la primera y segunda aeronave están físicamente acopladas.

En un aspecto adicional, la presente invención proporciona una aeronave no tripulada que comprende: un receptor configurado para recibir una señal transmitida por otra aeronave; uno o más procesadores configurados para, usando la señal recibida, controlar la aeronave no tripulada para mover la aeronave no tripulada a una configuración predeterminada con la otra aeronave y hacer que la aeronave no tripulada se acople físicamente a la otra aeronave; y medios para acoplarse físicamente a la otra aeronave.

En dichos aspectos adicionales, el receptor y/o el transmisor pueden funcionar en un modo de rango por el cual la señal electromagnética se comunica de acuerdo con un primer esquema de modulación, siendo el primer esquema de modulación adecuado para el rango o un modo de enlace de datos por el cual la señal electromagnética se comunica de acuerdo con un segundo esquema de modulación, siendo el segundo esquema de modulación adecuado para la transferencia de datos y diferente al primer esquema de modulación.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una ilustración esquemática (no a escala) que muestra un escenario en el cual se implementa una realización de un sistema de posicionamiento de aeronaves y transferencia de datos;

La Figura 2 es un diagrama de flujo del proceso que muestra ciertas etapas de un proceso de reabastecimiento de combustible autónomo; y

La Figura 3 es un diagrama de flujo del proceso que muestra ciertas etapas de un proceso para determinar una posición y la orientación de una aeronave en relación con una aeronave diferente, tal como se realiza durante el proceso de la Figura 2.

Descripción detallada

La Figura 1 es una ilustración esquemática (no a escala) que muestra un escenario 101 en el cual se implementa una realización de un sistema de posicionamiento de aeronaves y transferencia de datos.

El escenario 101 comprende una aeronave 102 cisterna de combustible, en lo sucesivo denominada "la aeronave cisterna", y un vehículo 104 aéreo no tripulado (UAV). En esta realización, el sistema de posicionamiento y transferencia de datos de la aeronave se implementa para permitir el reabastecimiento de combustible aire a aire autónomo del UAV 104 a partir de la aeronave 102 cisterna.

En esta realización, la aeronave 102 cisterna es una aeronave tripulada de transporte de combustible. La aeronave 102 cisterna comprende una cápsula 106 de reabastecimiento de combustible debajo del ala, una manguera 108 de reabastecimiento de combustible, una manga 110, un primer transceptor 112, un segundo transceptor 114 y un tercer transceptor 116.

La cápsula 106 de reabastecimiento de combustible es una cápsula externa unida a un punto rígido de la aeronave 102 cisterna. La cápsula 106 de reabastecimiento de combustible contiene combustible de aeronave el cual, como se describe con más detalle más adelante con referencia a la Figura 2, debe transferirse al UAV 104 durante una operación de reabastecimiento de combustible. La cápsula 106 de reabastecimiento de combustible puede incluir una bomba para bombear combustible de aeronave almacenado en la cápsula 106 de reabastecimiento de combustible al UAV 104.

La manguera 108 de reabastecimiento de combustible es una manguera flexible que está conectada a la cápsula 106 de reabastecimiento de combustible de tal manera que, en funcionamiento, el combustible de la aeronave puede transferirse a partir de la cápsula 106 de reabastecimiento de combustible a través de la manguera 108. En funcionamiento, como se muestra en la Figura 1, la manguera 108 es arrastrada detrás de la aeronave 102 cisterna.

La manga 110 está unida al extremo libre de la manguera 108, es decir, el extremo opuesto de la manguera 108 al extremo de la manguera 108 que está unida a la cápsula 106 de reabastecimiento de combustible. En esta realización, la manga 110 es un dispositivo en forma de embudo o en forma de cono, que en funcionamiento, como se describe con más detalle más adelante, se conecta al UAV 104 de modo que se pueda reabastecer de combustible el UAV 104. La manga 110 tiende a estabilizar la manguera 108 en vuelo. En esta realización, la manga 110 incluye una válvula para impedir que el combustible de la aeronave fluya fuera de la manguera 108 hasta que el UAV 104 esté correctamente acoplado con la manguera 108 y la manga 110. En esta realización, el diámetro de la manga 110 en su extremo libre es aproximadamente 1m.

La aeronave 102 cisterna comprende además una unidad de tambor de manguera (no se muestra en las figuras) que está acoplada a la manguera 108 y a la manga 110 y es operable para enrollar completamente la manguera 108 en la aeronave 102 cisterna cuando la manguera 108 y la manga 110 no están en uso.

Cada uno de los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero se puede cambiar independientemente entre dos modos de operación, es decir, un “modo de rango” y un “modo de enlace de datos”.

Cuando operan en modo de rango, los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero usan un primer esquema de modulación, el cual es adecuado para el rango. Por ejemplo, una modulación de banda ultra ancha (UWB). La modulación de banda ultra ancha puede tener las siguientes características: un ancho de banda de pulso de 2.7GHz; una frecuencia central dentro del rango de 57GHz a 66GHz; y un alcance máximo de 100m.

Ventajosamente, el espectro de 57GHz a 66GHz tiende a soportar tres canales de 2.7GHz con bandas de guarda.

Cuando se opera en modo de enlace de datos, los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero usan un segundo esquema de modulación, el cual es adecuado para la transferencia de datos. Por ejemplo, una modulación digital de ancho de banda variable y modulación digital de la Modulación de Desplazamiento de Fase en Cuadratura (QPSK) de velocidad de datos. En esta realización, el modo de enlace de datos tiene una velocidad de datos variable que está inversamente relacionada con la distancia entre la aeronave 102 cisterna y el UAV 104 y opera en un rango de hasta 1 km. En otras palabras, el módem QPSK de velocidad variable aumenta la velocidad de datos a medida que se reduce el rango entre el UAV 104 y la aeronave 102 cisterna. En un rango de 1 km entre el UAV 104 y la aeronave 102 cisterna, el enlace de datos se puede usar para intercambiar, por ejemplo, datos de posición GPS entre el UAV 104 y la aeronave 102 cisterna. Una vez que el UAV 104 está acoplado con la aeronave 102 cisterna, el enlace de datos podría usarse para intercambiar, por ejemplo, datos de misión a una velocidad de datos más alta.

Como se describe con más detalle más adelante, los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero están configurados cada uno para recibir una transmisión de señal a partir del UAV 104. Además, los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero están configurados para enviar señales respectivas al UAV 104 en respuesta a recibir una señal emitida a partir del UAV 104. En esta realización, las señales transmitidas por los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero incluyen identificadores respectivos que identifican el transceptor del cual se originó esa señal transmitida, es decir, una señal transmitida por el primer transceptor 112 incluye un identificador para el primer transceptor 112, y así sucesivamente.

En esta realización, los transceptores 112, 114 primero y segundo están montados en las respectivas alas de la aeronave 102 cisterna. En particular, el primer transceptor 112 está ubicado en o cerca de un extremo libre del ala izquierda de la aeronave 102 cisterna (cuando se ve a partir de arriba como se muestra en la Figura 1). Además, el segundo transceptor 114 está ubicado en o cerca de un extremo libre del ala derecha de la aeronave 102 cisterna (cuando se ve a partir de arriba como se muestra en la Figura 1). La ubicación del primer y segundo transceptores 112, 114 en las respectivas puntas de las alas de la aeronave cisterna tiende a proporcionar una separación sustancialmente máxima entre el primer y el segundo transceptor 112, 114 a bordo de la aeronave 102 cisterna. El tercer transceptor 116 se encuentra en la cola de la aeronave.

Los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero son transceptores de radiofrecuencia (RF) configurados para enviar y recibir señales a través de un enlace de RF de 60GHz. Como se describe con más detalle más adelante, los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero están configurados para transmitir señales de RF de 60GHz al UAV 104. Además, los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero están configurados para recibir señales de RF de 60GHz transmitidas a partir del UAV 104.

En esta realización, los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero están configurados para, cuando funcionan en el modo de rango, tener anchos de haz de aproximadamente 90°. Más preferiblemente, los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero tienen anchos de haz mayores de 90°, por ejemplo 180°. Además, estos haces de los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero se dirigen detrás de la aeronave 102 cisterna a lo largo del eje longitudinal de la aeronave 102 cisterna.

En esta realización, los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero comprenden antenas de matriz en fase respectivas configuradas para, cuando operan en el modo de enlace de datos, proporcionar un ancho de haz de

aproximadamente 15° que puede escanearse +/- 60° tanto en acimut como en elevación. Cuando se opera en el modo de enlace de datos, las antenas tienden a proporcionar una ganancia más alta que admitirá una operación de enlace de datos de mayor alcance. Además, los haces dirigidos electrónicamente de los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero se dirigen detrás de la aeronave 102 cisterna en la dirección del UAV 104.

5 En algunas realizaciones, los anchos de haz de los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y/o tercero son los mismos en ambos modos de rango y de enlace de datos.

10 En esta realización, el UAV 104 comprende un cuarto transceptor 118, un procesador 120, un controlador 122 de UAV, un transceptor 126 del sistema de posicionamiento global (GPS) y una sonda 128.

15 El cuarto transceptor 118 tiene sustancialmente las mismas características que los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero descritos con más detalle anteriormente. El cuarto transceptor 118 puede conmutarse entre operar en el modo de rango y el modo de enlace de datos.

20 El cuarto transceptor 118 es un transceptor de radiofrecuencia (RF) configurado para enviar y recibir señales a través de un enlace de RF de 60GHz. Como se describe con más detalle más adelante, el cuarto transceptor 118 está configurado para transmitir señales de RF de 60GHz a uno o más de los transceptores 112, 114, 116 a bordo de la aeronave 102 cisterna. Además, el cuarto transceptor 118 está configurado para recibir señales de RF de 60GHz emitidas a partir de los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero.

25 En esta realización, cuando funciona en modo de rango, el cuarto transceptor 118 tiene un ancho de haz de aproximadamente 90°. Más preferiblemente, el cuarto transceptor 118 tiene un ancho de haz mayor de 90°, por ejemplo 180°. Además, este haz del cuarto transceptor 118 se dirige hacia adelante a partir del UAV 104 a lo largo del eje longitudinal del UAV 104 hacia la aeronave 102 cisterna.

30 Como se describe con más detalle más adelante, el cuarto transceptor 118 está configurado para, cuando funciona en modo de rango, transmitir una señal (en lo sucesivo denominada "señal de posicionamiento") a partir del UAV 104 que recibe cada uno de los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero. Además, el cuarto transceptor 118 está configurado para, cuando funciona en modo de rango, recibir "señales de respuesta" enviadas a partir de los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero (es decir, señales enviadas a partir de los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero en respuesta a los transceptores 112, 114, 116 que reciben la señal transmitida por el cuarto transceptor 118). Las señales enviadas entre el cuarto transceptor 118 y el primer transceptor 112 se indican en la Figura 1 mediante una flecha punteada de doble punta y el número de referencia 130. Las señales enviadas entre el cuarto transceptor 118 y el segundo transceptor 114 se indican en la Figura 1 mediante una flecha punteada de doble punta y el número de referencia 132. Las señales enviadas entre el cuarto transceptor 118 y el tercer transceptor 116 se indican en la Figura 1 mediante una flecha punteada de doble punta y el número de referencia 133.

40 En esta realización, el cuarto transceptor 118 comprende una antena de matriz en fase configurada para, cuando funciona en el modo de enlace de datos, proporcionar un ancho de haz de aproximadamente 15° que puede escanearse +/- 60° tanto en acimut como en elevación. Cuando se opera en el modo de enlace de datos, la antena del cuarto transceptor 118 tiende a proporcionar una ganancia mayor que soportará una operación de enlace de datos de mayor alcance. Además, el haz dirigido electrónicamente del cuarto transceptor 118 se dirige delante del UAV 104 en la dirección de la aeronave 102 cisterna.

45 El cuarto transceptor 118 está conectado al procesador 120 de manera que el procesador 120 puede recibir información del cuarto transceptor 118. El procesador 120 puede controlar el funcionamiento del cuarto transceptor 118.

50 El receptor 126 GPS está configurado para recibir señales GPS de una pluralidad de satélites GPS. El receptor 126 GPS está conectado al procesador 120 de modo que el procesador 120 puede recibir información del receptor 126 GPS. El procesador 120 puede controlar el funcionamiento del receptor 126 GPS.

55 Como se describe con más detalle más adelante con referencia a la Figura 2, el procesador 120 está configurado para procesar la información recibida a partir del cuarto transceptor 118 y el receptor 126 GPS.

60 Además de estar conectado al cuarto transceptor 118 y al receptor 126 GPS, el procesador 120 también está conectado al controlador 122 de UAV de modo que la información, tal como una señal de control, puede enviarse a partir del procesador 120 al controlador 122 de UAV.

El controlador 122 de UAV está configurado para recibir información del procesador 120 y controlar el UAV 104 de acuerdo con esa información recibida.

65 En esta realización, la sonda 128 a bordo del UAV 104 es un brazo rígido que sobresale ubicado en o cerca de la nariz del UAV 104. Preferiblemente, la sonda 128 es retráctil y se retrae cuando no está en uso. La sonda 128 es un tubo

huevo el cual incluye una válvula. La válvula de la sonda 128 permanece cerrada hasta que la sonda se acopla con (es decir, se conecta o se une a) un receptáculo interno delantero de la manga 110. Al conectar la sonda 128 a la manga 110, la válvula de la sonda 128 (y la válvula de la manga 110) se abren para permitir que el combustible de la aeronave pase de la aeronave 102 cisterna al UAV 104.

5 Preferentemente, las válvulas en la sonda 128 y la manga 110 se ajustan a un estándar apropiado.

La Figura 2 es un diagrama de flujo del proceso que muestra ciertas etapas de un proceso de reabastecimiento de combustible realizado por las entidades que se muestran en la Figura 1 y descritas con más detalle anteriormente.

10 En la etapa s2, la aeronave 102 cisterna vuela en línea recta y nivelada. En algunas realizaciones, la aeronave 102 cisterna puede adoptar un patrón de retención de circuito de carreras.

15 En la etapa s4, el procesador 120 procesa las señales GPS recibidas por el receptor 126 GPS a partir de una pluralidad de satélites GPS. Usando las señales GPS procesadas, el procesador 120 controla, a través del controlador 122 de UAV, el UAV 104 para acercarse a la aeronave 102 cisterna a partir de detrás de la aeronave 102 cisterna.

20 El procesador 120 también puede usar una ubicación GPS de la aeronave 102 cisterna para posicionar el UAV 104. Dicha posición GPS de la aeronave 102 cisterna puede enviarse al procesador 120 a partir de la aeronave 102 cisterna, por ejemplo, usando cualquier enlace de comunicación apropiado entre la aeronave 102 cisterna y el UAV 104, por ejemplo un enlace de comunicación de RF convencional tal como un enlace de comunicación Enlace-16, un enlace Satcomms, un enlace UHF o un enlace de comunicación de RF que opera dentro de una banda de frecuencia de 1.5 a 5GHz. En algunas realizaciones, la posición GPS de la aeronave 102 cisterna puede enviarse al procesador 120 a través del enlace de datos de 60GHz entre un transceptor 112, 114, 116 a bordo de la aeronave 102 cisterna y el cuarto transceptor 118.

25 En esta realización, el UAV 104 se controla para acercarse a la parte posterior de la aeronave 102 cisterna a una velocidad y altitud constantes.

30 En esta realización, el UAV 104 es controlado por el procesador 120 usando las señales GPS hasta que el UAV 104 esté a una distancia predeterminada de la aeronave 102 cisterna. Esta distancia predeterminada puede ser, por ejemplo, 100m o una distancia apropiada diferente.

35 En algunas realizaciones, una vez que el UAV 104 está dentro de la distancia predeterminada de la aeronave 102 cisterna (o se cumple(n) un(os) criterio(s) apropiado(s) diferente(s)), los enlaces de comunicación de RF por los cuales la aeronave 102 cisterna y el UAV 104 pueden comunicarse en operaciones normales en distancias relativamente grandes, por ejemplo puede desconectarse un enlace de comunicación Enlace-16 o un enlace de comunicación de RF que opera dentro de una banda de frecuencia de 1.5 a 5GHz. Esta desconexión o no uso de los enlaces de comunicación de RF "normales" tiende a reducir o eliminar la probabilidad de ignición de combustible causada por la comunicación de RF entre la aeronave 102 cisterna y el UAV 104.

40 En la etapa s6, una vez que el UAV 104 está dentro de la distancia predeterminada (por ejemplo, a 100m de la aeronave 102 cisterna, el cuarto transceptor 118, que funciona en modo de rango, transmite una señal de posicionamiento a partir del UAV 104. En esta realización, la señal de posicionamiento transmitida por el cuarto transceptor 118 tiene una frecuencia de 60GHz. En otras realizaciones, la señal de posicionamiento transmitida por el cuarto transceptor 118 tiene una frecuencia diferente. Preferiblemente, la señal de posicionamiento tiene una frecuencia dentro de una banda de frecuencia de 57GHz a 66GHz.

45 Por lo tanto, en esta realización, las señales de GPS intercambiadas entre el UAV 104 y la aeronave 102 cisterna permiten que el UAV 104 navegue dentro de, por ejemplo, una separación de 100m de la aeronave 102 cisterna. Cuando el UAV 104 está dentro de los 100m de la aeronave 102 cisterna, los transceptores 112-118 funcionan en modo de rango, es decir, el posicionamiento UWB se hace cargo del posicionamiento GPS. En el modo de rango, las señales transmitidas entre los transceptores 112-118 pueden ser de ancho de banda amplio y ancho de haz amplio, por lo tanto, el rango de señal tiende a ser limitado. Por ejemplo, aumentar el ancho del haz de navegación a 90° o 180° puede reducir el rango de las señales de 60GHz a, por ejemplo, aproximadamente 100m.

50 En la etapa s8, los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero reciben cada uno la señal de posicionamiento transmitida por el cuarto transceptor 118.

60 En la etapa s10, en respuesta a la recepción de la señal de posicionamiento, los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero transmiten cada uno una señal de respuesta respectiva al cuarto transceptor 118. En esta realización, las señales de respuesta transmitidas por los transceptores 112, 114, 116 incluyen identificadores respectivos que identifican a partir de qué transceptor 112, 114, 116 se transmitió esa señal.

65 En algunas realizaciones, el proceso de determinación de distancia se realiza secuencialmente, con el cuarto transceptor 118 (UAV) interrogando y determinando un rango a cada uno de los transceptores 112, 114, 116 primero,

segundo y tercero (aeronave cisterna) a su vez. Sin embargo, en algunas realizaciones, el cuarto transceptor 118 emite una única señal común a la cual responden todos los transceptores 112, 114, 116 receptores.

5 En algunas realizaciones, se puede implementar la modulación de espectro propagado donde se asigna un código respectivo diferente a cada uno de los tres transceptores 112, 114, 116 de aeronave cisterna. Se pueden usar tres filtros coincidentes en el UAV 104 para facilitar el procesamiento simultáneo de las tres señales recibidas por el cuarto transceptor 118.

10 En la etapa s12, el cuarto transceptor 118 recibe las señales de respuesta transmitidas por los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero. Las señales de respuesta recibidas se transmiten a partir del cuarto transceptor 118 al procesador 120.

15 En la etapa s14, el procesador 120 procesa las señales de respuesta recibidas por el cuarto transceptor 118 para determinar una posición y orientación del UAV 104 con respecto a la aeronave 102 cisterna.

20 La Figura 3 es un diagrama de flujo del proceso que muestra ciertas etapas de un proceso para determinar la posición y la orientación del UAV 104 con respecto a la aeronave 102 cisterna, como se realizó en la etapa s14. Las etapas s16 a s24 del proceso de la Figura 2 se describirán con más detalle más adelante, después de la descripción del proceso de la Figura 3.

25 En la etapa s26, el procesador 120 determina el período de tiempo entre la transmisión de la señal de posicionamiento a partir del cuarto transceptor 118 (realizada en la etapa s6) y la recepción de una señal de respuesta en el cuarto transceptor 118 a partir del primer transceptor 112. En otras palabras, el procesador 120 determina el tiempo necesario (o "tiempo de inactividad") para una señal que viaja a partir del cuarto transceptor 118 al primer transceptor 112 y de regreso (a lo largo del enlace 130 de comunicación). Este período de tiempo determinado se denominará en lo sucesivo la "primera duración".

30 En la etapa s28, el procesador 120 determina el período de tiempo entre la transmisión de la señal de posicionamiento a partir del cuarto transceptor 118 (realizada en la etapa s6) y la recepción de una señal de respuesta en el cuarto transceptor 118 a partir del segundo transceptor 114. En otras palabras, el procesador 120 determina el tiempo necesario (o "tiempo de inactividad") para una señal que viaja a partir del cuarto transceptor 118 al segundo transceptor 114 y de regreso (a lo largo del enlace 132 de comunicación). Este período de tiempo determinado se denominará en lo sucesivo la "segunda duración".

35 En la etapa s30, el procesador 120 determina el período de tiempo entre la transmisión de la señal de posicionamiento a partir del cuarto transceptor 118 (realizada en la etapa s6) y la recepción de una señal de respuesta en el cuarto transceptor 118 a partir del tercer transceptor 116. En otras palabras, el procesador 120 determina el tiempo necesario (o "tiempo de inactividad") para una señal que viaja a partir del cuarto transceptor 118 al tercer transceptor 116 y de regreso (a lo largo del enlace 133 de comunicación). Este período de tiempo determinado se denominará en lo sucesivo la "tercera duración".

45 En la etapa s32, usando las duraciones primera, segunda y tercera determinadas, la velocidad de la luz y las posiciones conocidas de los transceptores 112, 114, 116 en un marco de coordenadas fijas en la aeronave 102 cisterna, el procesador 120 determina el rango a partir de los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero hasta el cuarto transceptor 118, y subsecuentemente la posición del cuarto transceptor 118 en el marco de coordenadas fijas en la aeronave 102 cisterna.

50 En esta realización, el procesador 120 determina entonces la posición del UAV 104 con respecto a la aeronave 102 cisterna, por ejemplo, utilizando datos adicionales (es decir, además de las duraciones determinadas y las posiciones conocidas de los transceptores 112, 114, 116 en el marco de coordenadas fijas en la aeronave 102 cisterna). Por ejemplo, el procesador 120 puede usar datos adquiridos de un sistema de navegación inercial (INS) del UAV 104 (por ejemplo, mediciones de balanceo, inclinación y guiñada del UAV 104). También, por ejemplo, el procesador 120 puede usar datos adquiridos de la aeronave 102 cisterna, por ejemplo a partir de un INS en la aeronave 102 cisterna y/o mediciones GPS de la aeronave 102 cisterna. Dichos datos pueden enviarse a partir de la aeronave 102 cisterna al procesador 120 a bordo del UAV 104 a través del enlace de comunicación de 60GHz establecido entre los transceptores 112, 114, 116, 118. También, por ejemplo, el procesador 120 puede usar mediciones de GPS del UAV 104. También, por ejemplo, el procesador 120 puede usar mediciones de un ángulo en el cual la señal fue transmitida por el cuarto transceptor 118 a la aeronave cisterna en la etapa s6. También, por ejemplo, el procesador 120 puede usar mediciones de los ángulos en los cuales una o más de las señales de respuesta fueron transmitidas por los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero al UAV 104 en la etapa s10.

60 En algunas realizaciones, el procesador 120 usa un proceso de trilateración para determinar las posiciones relativas de los transceptores 112-118. En algunas realizaciones, el procesador 120 usa un proceso de triangulación para determinar las posiciones relativas de los transceptores 112-118.

65

En algunas realizaciones, la orientación del UAV 104 se determina, por ejemplo, siguiendo el movimiento del UAV en el marco de coordenadas fijas en la aeronave 102 cisterna para determinar el rumbo promediado en el tiempo del UAV 104, y por lo tanto su orientación.

5 En algunas realizaciones, las posiciones relativas de los transceptores montados en las alas de la aeronave 102 cisterna (es decir, el primer y segundo transceptor 112, 114) se determinan dinámicamente. Esto ventajosamente tiende a tomar en cuenta la flexión de las alas. En algunas realizaciones, se monta un mayor número de transceptores en la aeronave 102 cisterna para facilitar dicho proceso. En algunas realizaciones, los medidores de tensión se incorporan en las alas de la aeronave cisterna y pueden usarse para determinar un grado de flexión de las alas.  
10 Usando dichas mediciones de medidores de tensión, se puede determinar la posición de los transceptores montados en el ala en el marco de coordenadas centradas en la aeronave cisterna.

Volviendo ahora a la descripción de la Figura 2, en la etapa s16, usando la posición y orientación determinadas del UAV 104 con respecto a la aeronave 102 cisterna determinada por el procesador 120, el controlador del UAV 122 controla el UAV 104 para volar en tal forma en que la sonda 128 se une al receptáculo interno delantero de la manga 110.  
15

En esta realización, el procesador 120 envía señales de control al controlador 122 de UAV especificando cómo se debe mover el UAV 104, y el controlador 122 de UAV controla el UAV 104 de acuerdo con esas señales de control recibidas.  
20

En esta realización, el procesador 120 usa el tamaño/forma conocida de la aeronave 102 cisterna, que incluye la ubicación de la manga 110 con respecto a los transceptores 112, 114, 116 primero, segundo y tercero para controlar el UAV 104 con el fin de conectar la sonda 128 a la manga 110.  
25

En esta realización, durante el control del UAV 104 para acoplarse con la manga 110, se actualizan las mediciones de la posición y orientación del UAV 104 con respecto a la aeronave 102 cisterna, es decir, se envían más señales de posicionamiento y respuesta entre los transceptores. 112-118 de la misma manera que la descrita anteriormente para proporcionar mediciones actualizadas de posición/orientación. En esta realización, la velocidad de actualización en la cual las mediciones de la posición y la orientación del UAV 104 con respecto a la aeronave 102 cisterna es de 4Hz, la cual tiende a ser mayor que la velocidad de actualización que se puede lograr usando un GPS la cual puede ser de alrededor de 1Hz. Las mediciones actualizadas de la posición y orientación del UAV 104 con respecto a la aeronave 102 cisterna se utilizan para navegar el UAV 104 para acoplarse con la manga 110.  
30

Una velocidad de actualización de 4Hz tiende a ser útil en rangos relativamente grandes (~1km) entre la aeronave 102 cisterna y el UAV 104. Una velocidad de actualización de 4Hz tiende a ser útil cuando la velocidad de aproximación del UAV a la aeronave 102 cisterna es relativamente lenta. Se pueden implementar velocidades de actualización mayores (>100Hz) en rangos más pequeños entre la aeronave 102 cisterna y el UAV 104, por ejemplo, durante un proceso de reabastecimiento de combustible. Esto tiende ventajosamente a permitir una respuesta rápida del sistema de control autónomo a cualquier cambio en las posiciones relativas de la aeronave 102 cisterna y el UAV 104.  
35  
40

En la etapa s18, una vez que la sonda 128 está unida a la manga 110, las válvulas de la sonda 128 y la manga 110 se abren, y hacen que el combustible fluya a partir de la cápsula 106 de reabastecimiento de combustible, a lo largo de la manguera 108 y la sonda 128, y dentro de un tanque de combustible del UAV 104. Por lo tanto, el UAV 104 se reabastece de combustible.  
45

En la etapa s20, durante el reabastecimiento de combustible del UAV 104, el controlador 122 de UAV mantiene la posición y orientación del UAV 104 con respecto a la aeronave 102 cisterna de modo que la sonda 128 permanece conectada a la manga 110.  
50

En esta realización, el mantenimiento de la posición y orientación del UAV 104 con respecto a la aeronave 102 cisterna incluye la actualización continua de las mediciones de la posición y orientación del UAV 104 con respecto a la aeronave 102 cisterna, y el uso de esas mediciones actualizadas para controlar el UAV 104. Las mediciones de la posición y orientación del UAV 104 en relación con la aeronave 102 cisterna se actualizan como se describe anteriormente, es decir, transfiriendo señales de posicionamiento/respuesta entre los transceptores ubicados en el UAV 104 y la aeronave 102 cisterna, y procesando esas señales para determinar mediciones actualizadas de posición/orientación.  
55

En la etapa s22, durante el reabastecimiento de combustible del UAV 104 a la vez que el UAV 104 y la aeronave 102 cisterna se mantienen en una proximidad relativamente cercana, los datos de la misión se cargan a partir del UAV 104 a la aeronave 102 cisterna. En esta realización, los datos de la misión se envían a partir del cuarto transceptor 118 en el UAV 104 hasta uno o más de los transceptores 112, 114, 116 en la aeronave 102 cisterna a través de uno o más de los enlaces 130, 132, 133 de comunicación de 60GHz establecidos entre el cuarto transceptor 118 y cada uno de los primeros, segundo y tercer transceptores 112, 114, 116. Por lo tanto, en esta realización, los datos de la misión se transfieren a partir del UAV 104 a la aeronave 102 cisterna como una señal de RF de 60GHz.  
60  
65

## ES 2 743 489 T3

En algunas realizaciones, los datos de la misión se descargan a partir de la aeronave 102 cisterna al UAV 104 a través de uno o más de los enlaces de comunicación de datos de 60GHz establecidos entre el UAV 104 y la aeronave 102 cisterna en lugar de o además de los datos de la misión que se cargan en la aeronave 102 cisterna.

5 En esta realización, los enlaces de comunicación de datos de 60GHz están restringidos a un ancho de banda de RF máximo de 900 MHz por canal. Esto tiende a producir una velocidad de datos sin procesar de 1.5 Gbits/s. En algunas realizaciones, el ancho de banda completo solo se usa cuando el UAV 104 y la aeronave 102 cisterna están suficientemente cerca. A distancias más largas entre el UAV 104 y la aeronave 102 cisterna, se puede usar un filtro relativamente más estrecho para lograr características mejoradas de señal a ruido.

10 En la etapa s24, después de que el UAV 104 ha sido reabastecido de combustible, el controlador del UAV 122 controla el UAV 104 para desconectarse de la manga 110 y alejarse de la aeronave 102 cisterna.

15 Por lo tanto, se proporciona un proceso de reabastecimiento de combustible.

El sistema y método descritos anteriormente tienden ventajosamente a proporcionar un reabastecimiento de combustible autónomo aire a aire de un UAV.

20 El sistema de posicionamiento de RF descrito anteriormente tiende ventajosamente a permitir el posicionamiento preciso del UAV con respecto a la aeronave cisterna. Por ejemplo, un rango de error inferior a  $\pm 0.44$  m (por ejemplo,  $\pm 0.17$  m) en la posición del UAV con respecto a la aeronave cisterna tiende a ser posible cuando el UAV está dentro de los 20m de la manga de reabastecimiento de combustible. Esto tiende a compararse favorably con los sistemas de navegación convencionales con base en GPS que pueden proporcionar precisiones típicas de  $\pm 3$  m en la posición de una aeronave y, por lo tanto, un rango de precisión de  $\pm 6$ m en la posición del UAV en relación con la aeronave cisterna.

25 Además, la velocidad de actualización del sistema de posicionamiento de RF descrito anteriormente es ventajosamente alta en comparación con la de los sistemas convencionales, por ejemplo, la velocidad de actualización del sistema de posicionamiento de RF descrito anteriormente puede ser de alrededor de 4Hz (o mayor, por ejemplo, >100Hz) en comparación con una velocidad actualizada de 1Hz de un sistema de posicionamiento con base en GPS.

30 El sistema y método descritos anteriormente tienden ventajosamente a facilitar el acoplamiento de una aeronave que se va a reabastecer de combustible con el sistema de reabastecimiento de combustible de una aeronave diferente.

35 Ventajosamente, la separación entre el primer y el segundo transceptores en la aeronave cisterna es sustancialmente máxima. Esto tiende a aumentar la precisión de la posición y orientación determinadas del UAV en relación con la aeronave cisterna.

40 Ventajosamente, los enlaces de comunicación de 60GHz descritos anteriormente establecidos entre el UAV y la aeronave cisterna tienden a permitir la transferencia de datos de misión oportunista a la vez que el UAV y la aeronave cisterna están relativamente cerca, por ejemplo durante el proceso de reabastecimiento de combustible. Además, los datos del sistema de misión pueden cargarse a partir del UAV a la aeronave cisterna, y la aeronave cisterna puede transmitir esa información a un tercero, por ejemplo, a través de un enlace de comunicación satelital. Por lo tanto, un sistema de comunicación satelital puede omitirse ventajosamente del UAV, reduciendo así el peso del UAV.

45 El uso de una frecuencia relativamente alta (es decir, 60GHz) para el sistema de posicionamiento y el sistema de transferencia de datos de la misión tiende a reducir ventajosamente el riesgo de ignición del combustible en comparación con si se usaran frecuencias más bajas. Además, la absorción por el oxígeno de las frecuencias de RF a 60GHz tiende a ser relativamente alta en comparación con la absorción por el oxígeno de las señales de RF que tienen frecuencias más altas o más bajas. Por lo tanto, los enlaces de comunicación de 60GHz descritos anteriormente entre el UAV y la aeronave cisterna tienden a ser relativamente cubiertos.

50 Ventajosamente, durante el acercamiento final del UAV a la aeronave cisterna, a la vez que el UAV está conectado a la manga de reabastecimiento de combustible, y durante la salida inicial del UAV de la cercanía de la aeronave cisterna, el rango del enlace de comunicación de 60GHz tiende a ser suficientemente corto para soportar una velocidad de datos alta. En particular, en corto alcance (por ejemplo, menos de 300m), las velocidades de transferencia de datos dúplex completo de 1134Mbit/s tienden a ser compatibles. Por lo tanto, el enlace de comunicación de 60GHz descrito anteriormente tiende ventajosamente a proporcionar una transferencia de datos rápida, sin contacto y de corto alcance. Además, en rangos relativamente más largos entre el UAV y la aeronave cisterna (por ejemplo, entre 300m y 1km), las velocidades de datos de al menos 10 Mbit/s tienden a ser alcanzables.

55 Ventajosamente, el enlace de comunicación de 60GHz establecido entre la aeronave cisterna y el UAV puede usarse para controlar la transferencia de combustible.

65 Ventajosamente, el enlace de comunicación de 60GHz establecido entre la aeronave cisterna y el UAV puede usar un módem QPSK de velocidad variable. Esto tiende a aumentar la velocidad de datos a medida que se reduce el rango

entre el UAV y la aeronave cisterna. Por lo tanto, a distancias relativamente grandes, por ejemplo 1km, el enlace de comunicación/datos se puede usar para intercambiar datos, tales como datos de posición GPS, entre el UAV y la aeronave cisterna a una velocidad de datos baja. A distancias relativamente pequeñas, por ejemplo, cuando el UAV está acoplado con la aeronave cisterna, el enlace de comunicación/datos puede usarse para intercambiar datos, por ejemplo, datos de misión, etc., a una velocidad de datos más alta.

El aparato, que incluye el procesador, para implementar la disposición anterior, y realizar las etapas del método que se describirán más adelante, se puede proporcionar configurando o adaptando cualquier aparato adecuado, por ejemplo, uno o más ordenadores u otros aparatos o procesadores de procesamiento, y/o proporcionar módulos adicionales. El aparato puede comprender un ordenador, una red de ordenadores, o uno o más procesadores, para implementar instrucciones y usar datos, que incluyen instrucciones y datos en forma de un programa de ordenador o una pluralidad de programas de ordenador almacenados en un medio de almacenamiento legible por máquina tal como la memoria del ordenador, un disco de ordenador, ROM, PROM, etc., o cualquier combinación de estos u otros medios de almacenamiento.

Debe observarse que algunas de las etapas del proceso representadas en los diagramas de flujo de las Figuras 2 y 3 y descritas anteriormente pueden omitirse o dichas etapas del proceso pueden realizarse en un orden diferente al presentado anteriormente y que se muestra en las Figuras 2 y 3. Además, aunque todas las etapas del proceso se han representado, por conveniencia y facilidad de comprensión, como etapas secuenciales temporales discretas, sin embargo, algunas de las etapas del proceso pueden de hecho realizarse simultáneamente o al menos superponerse temporalmente.

En las realizaciones anteriores, un solo UAV es reabastecido de combustible por una sola aeronave cisterna. Sin embargo, en otras realizaciones hay un número diferente de aeronaves para reabastecer (aeronave receptora), por ejemplo UAVs múltiples. En algunas realizaciones, las aeronaves receptoras múltiples son reabastecidas de combustible por una sola aeronave cisterna, por ejemplo, una aeronave cisterna que comprende múltiples cápsulas de reabastecimiento de combustible y conjuntos de mangueras/mangas. En algunas realizaciones, hay múltiples aeronaves cisterna. En algunas realizaciones en las cuales hay múltiples aeronaves receptoras, cada aeronave receptora puede comprender un transceptor del sistema de transferencia de datos de misión respectivo y se puede establecer un enlace de comunicación (por ejemplo, un enlace de 60GHz) entre la aeronave cisterna y cada una de las aeronaves receptoras. Estos enlaces de comunicación múltiple pueden usarse para controlar la aeronave receptora de modo que mantengan una formación deseada a la vez que esperan para reabastecer. Dicha formación puede reducir la resistencia que experimentan un número de las aeronaves receptoras a la vez que esperan para reabastecerse de combustible. Los enlaces de comunicación entre la aeronave cisterna y la aeronave receptora pueden establecerse utilizando un proceso de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). También se pueden establecer enlaces de comunicación (por ejemplo, enlaces de 60GHz) entre la aeronave receptora, cuyos enlaces de comunicación pueden facilitar la colocación de esas aeronaves.

En las realizaciones anteriores, un UAV es reabastecido de combustible por una aeronave cisterna tripulada. Sin embargo, en otras realizaciones, la aeronave que se reabastece de combustible puede ser una aeronave tripulada. En dichas realizaciones, el sistema de posicionamiento de RF puede ser utilizado como guía por un piloto de una aeronave para facilitar el acoplamiento de esa aeronave con la manga de reabastecimiento de combustible de la aeronave cisterna. En algunas realizaciones, la aeronave cisterna es una aeronave no tripulada.

En las realizaciones anteriores, el sistema de posicionamiento utiliza transceptores comunes (es decir, el sistema para posicionar el UAV para unirse a la manga) y el sistema de misión (es decir, el sistema para transferir datos de misión entre el UAV y la aeronave cisterna). Sin embargo, en otras realizaciones, los transceptores del sistema de posicionamiento pueden estar separados de los del sistema de misión y pueden funcionar independientemente de ellos.

En las realizaciones anteriores, el combustible de la aeronave se transfiere de la aeronave cisterna al UAV. Sin embargo, en otras realizaciones, se transfiere un recurso diferente a partir de la aeronave cisterna al UAV, por ejemplo, agua o refrigerante. En algunas realizaciones, el combustible de la aeronave u otro recurso diferente se transfiere a partir del UAV a la aeronave cisterna.

En las realizaciones anteriores, el sistema de reabastecimiento de combustible de la aeronave cisterna incluye una cápsula de reabastecimiento de combustible debajo del ala, una manguera y una manga. Sin embargo, en otras realizaciones, la aeronave cisterna incluye un tipo diferente de sistema de reabastecimiento de combustible. Por ejemplo, la aeronave cisterna puede incluir una Unidad de Reabastecimiento de Fuselaje (FRU) o un Sistema Telescópico de Reabastecimiento Aéreo (ARBS). De manera similar, en algunas realizaciones, el UAV incluye un tipo diferente de sistema de reabastecimiento de combustible al descrito anteriormente con referencia a las Figuras 1 a 3. En algunas realizaciones, la aeronave cisterna puede comprender múltiples sistemas de reabastecimiento de combustible de modo que múltiples aeronaves receptoras pueden ser reabastecidas simultáneamente a partir de la aeronave cisterna.

- 5 En las realizaciones anteriores, el sistema de posicionamiento de RF se usa para realizar un proceso de reabastecimiento de combustible. Sin embargo, en otras realizaciones, el sistema de posicionamiento de RF se usa para realizar un tipo diferente de operación para acoplar físicamente dos o más aeronaves diferentes. En algunas realizaciones, el sistema de posicionamiento se usa para unir dos o más aeronaves, a la vez que en otras realizaciones, las aeronaves se acoplan físicamente de una manera diferente (por ejemplo, tocarse, pero no unirse). Por ejemplo, una operación de acoplamiento en la cual una aeronave más pequeña (por ejemplo, un UAV relativamente pequeño) aterriza en una aeronave de transporte más grande puede implementarse utilizando el sistema de posicionamiento.
- 10 En las realizaciones anteriores, las aeronaves se posicionan una respecto a la otra enviando señales de RF entre esas aeronaves. En otras palabras, el sistema de posicionamiento implementado en las realizaciones anteriores es un sistema de posicionamiento de RF. Sin embargo, en otras realizaciones se puede usar un tipo diferente de sistema de posicionamiento. Por ejemplo, en algunas realizaciones se usa un sistema de posicionamiento óptico en donde se envían señales ópticas entre la aeronave.
- 15 En las realizaciones anteriores, la posición y orientación de una aeronave con respecto a una aeronave diferente se determina usando el retraso de tiempo entre la transmisión de una señal y la recepción de una señal de respuesta correspondiente. Sin embargo, en otras realizaciones, se pueden usar uno o más parámetros adicionales en lugar de o además del retraso de tiempo mencionado anteriormente.
- 20 En las realizaciones anteriores, una señal enviada a partir del cuarto transceptor es recibida por el primer, segundo y tercer transceptores, y a cambio se transmiten las señales de respuesta. Sin embargo, en otras realizaciones, las señales de respuesta se generan de una manera diferente, por ejemplo, la señal transmitida a partir del UAV puede reflejarse mediante reflectores a bordo de la aeronave cisterna. En algunas realizaciones, una señal transmitida de una aeronave a otra puede incluir una marca de tiempo que especifica una hora en la cual se transmitió esa señal y/o una hora en la cual un transceptor particular recibió una señal. Dichas marcas de tiempo pueden usarse para calcular las posiciones y/u orientaciones relativas de la aeronave.
- 25 En algunas realizaciones, no se envía ninguna señal de respuesta en respuesta a recibir una señal de RF. Por ejemplo, en algunas realizaciones, se puede enviar una señal a partir del cuarto transceptor en el UAV a los transceptores en la aeronave cisterna. Los “tiempos de vuelo” respectivos de la señal recibida en los transceptores de la aeronave cisterna (los cuales pueden determinarse a partir de una marca de tiempo incluida en la señal transmitida) pueden usarse para calcular la posición del UAV con respecto a la aeronave cisterna.
- 30 En las realizaciones anteriores, la determinación de la posición y orientación del UAV con respecto a la aeronave cisterna está determinada por un procesador a bordo del UAV. Sin embargo, en otras realizaciones, la determinación de la posición y/u orientación del UAV con respecto a la aeronave cisterna se determina en una ubicación diferente en lugar de o además del UAV. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la posición y orientación del UAV con respecto a la aeronave cisterna está determinada por uno o más procesadores a bordo de la aeronave cisterna. En algunas realizaciones, las posiciones y/u orientación determinadas en la aeronave cisterna, y/o las señales de control correspondientes para navegar el UAV en relación con la aeronave cisterna, pueden enviarse a partir de la aeronave cisterna al UAV a través de un enlace de comunicación establecido entre un transceptor de aeronave cisterna y el cuarto transceptor.
- 35 En las realizaciones anteriores, se envía una señal de posicionamiento a partir del UAV a la aeronave cisterna y, en respuesta, se envían señales de respuesta a partir de la aeronave cisterna al UAV. Sin embargo, en otras realizaciones, se envía una señal de posicionamiento a partir de la aeronave cisterna al UAV y, en respuesta, se envían señales de respuesta a partir del UAV a la aeronave cisterna.
- 40 En las realizaciones anteriores, la aeronave cisterna comprende tres transceptores del sistema de posicionamiento (es decir, el primer, segundo y tercer transceptores). Además, el UAV comprende un solo transceptor de sistema de posicionamiento (es decir, el cuarto transceptor). Sin embargo, en otras realizaciones, la aeronave cisterna comprende un número diferente de transceptores del sistema de posicionamiento, por ejemplo, más de tres.
- 45 Preferiblemente, los transceptores del sistema de posicionamiento múltiple están unidos a cada ala de la aeronave cisterna. Esto tiende a permitir la mitigación de la flexión de las alas.
- 50 Preferiblemente, se instala un transceptor de sistema de posicionamiento en la manga de reabastecimiento de combustible. Esto tiende a permitir la mitigación de cualquier movimiento de la manga en relación con el fuselaje de la aeronave cisterna durante el vuelo, por ejemplo como resultado de la turbulencia, etc. En algunas realizaciones, se dispone un anillo de LEDs estampado en la manga (por ejemplo, alrededor del borde de la manga), y se implementa un detector CCD en el UAV para determinar la orientación.
- 55 Preferiblemente, uno o más transceptores del sistema de posicionamiento están unidos a una porción de cola de la aeronave cisterna. Por ejemplo, se puede colocar un transceptor del sistema de posicionamiento respectivo en o cerca de la punta de cada estabilizador horizontal del empenaje de la aeronave cisterna. En algunas realizaciones, un

transceptor de sistema de posicionamiento se fija a la punta del estabilizador vertical del empenaje de la aeronave cisterna. El uso de dicho transceptor de sistema de posicionamiento de estabilizador vertical tiende a proporcionar un mejor posicionamiento del eje z del sistema.

5 Además, en otras realizaciones, el UAV comprende un número diferente de transceptores del sistema de posicionamiento, por ejemplo, más de uno. Preferiblemente, el UAV comprende un transceptor de sistema de posicionamiento múltiple ubicado en las extremidades respectivas del UAV de manera que la separación entre los transceptores del sistema de posicionamiento en el UAV se maximiza sustancialmente.

10 Preferiblemente, al menos una aeronave comprende al menos tres transceptores del sistema de posicionamiento.

El uso de un mayor número de transceptores del sistema de posicionamiento tiende ventajosamente a aumentar la precisión, y hacer que el sistema sea robusto para la falla del transceptor y la pérdida de la línea de visión entre dos transceptores del sistema de posición diferentes.

15 En las realizaciones anteriores, los transceptores tienen propiedades y atributos descritos con más detalle anteriormente con referencia a la Figura 1. Sin embargo, en otras realizaciones, uno o más de los transceptores es un tipo diferente de transceptor que puede tener diferentes propiedades operativas y características a las descritas anteriormente. En algunas realizaciones, uno o más de los transceptores tienen un ancho de banda de pulso diferente.

20 En algunas realizaciones, uno o más de los transceptores tienen una frecuencia central diferente. Preferiblemente, los transceptores funcionan dentro de la banda de frecuencia de 50GHz a 70GHz. Más preferiblemente, los transceptores funcionan dentro de la banda de frecuencia de 57GHz a 66GHz, y más preferiblemente dentro de la banda de frecuencia de 60GHz a 61GHz. La absorción de oxígeno de las señales de RF tiende a alcanzar un pico dentro de este rango de frecuencias, por ejemplo, a 60.5GHz. Por lo tanto, tiende a reducirse la ignición del combustible y la comunicación tiende a ser ventajosamente de corto alcance y cubierta. En algunas realizaciones, uno o más de los transceptores pueden incluir una antena de 60GHz que comprende 52 elementos en una matriz de 15 mm por 15mm.

25 En las realizaciones anteriores, las posiciones de los transceptores a bordo de la aeronave son como se describe con más detalle anteriormente con referencia a la Figura 1. Sin embargo, en otras realizaciones, uno o más de los transceptores tienen una ubicación diferente en una aeronave a la descrita anteriormente.

30 En algunas realizaciones, un transceptor de la aeronave cisterna está ubicado en o sobre el sistema de reabastecimiento de combustible de la aeronave cisterna, por ejemplo en la manguera o la manga. Preferiblemente, un transceptor está ubicado en o cerca de la manga. Esta ubicación para un transceptor de la aeronave cisterna tiende a proporcionar que la distancia entre ese transceptor y el UAV se reduzca o minimice para facilitar la transferencia de datos, por ejemplo durante el reabastecimiento de combustible. Además, esta ubicación para un transceptor de la aeronave cisterna tiende a proporcionar una orientación óptima de la antena durante el funcionamiento. Además, esta ubicación para un transceptor de la aeronave cisterna tiende a proporcionar, cuando ese transceptor de la aeronave cisterna no está en uso, por ejemplo cuando la manguera y la manga se enrollan en el HDU, se reduce o minimiza la sección transversal del radar (RCS) de ese transceptor de la aeronave cisterna.

35 En algunas realizaciones, el cuarto transceptor está ubicado en o sobre el sistema de reabastecimiento de combustible del UAV, por ejemplo en la sonda. Preferiblemente, el cuarto transceptor está ubicado en o cerca de la sonda. Esta ubicación para el cuarto transceptor tiende a proporcionar que la distancia entre el cuarto transceptor y la aeronave cisterna se reduzca o minimice para facilitar la transferencia de datos, por ejemplo durante el reabastecimiento de combustible. Esto tiende a permitir que se reduzca la potencia de transmisión. Además, esta ubicación para el cuarto transceptor tiende a proporcionar una orientación óptima de la antena durante el funcionamiento. Además, esta ubicación para el cuarto transceptor tiende a proporcionar, cuando el cuarto transceptor no está en uso, por ejemplo cuando la sonda está retraída o encerrada en el cuerpo del UAV, que se reduzca o minimice la sección transversal del radar (RCS) del cuarto transceptor. Por lo tanto, el sistema y método descritos anteriormente son particularmente útiles cuando el UAV es un UAV poco observable.

40 En las realizaciones anteriores, los transceptores del sistema de posicionamiento tienen un ancho de haz fijo de aproximadamente 90° y los transceptores del sistema de misión tienen un ancho de haz de aproximadamente 15° que puede escanearse +/-60° tanto en acimut como en elevación. Además, los haces del primer, segundo y tercer transceptores se dirigen detrás de la aeronave cisterna a lo largo del eje longitudinal de la aeronave cisterna. Además, el haz del cuarto transceptor se dirige frente al UAV a lo largo del eje longitudinal del UAV. Sin embargo, en otras realizaciones, uno o más de los transceptores pueden tener un ancho de haz diferente, por ejemplo, un ancho de haz de 90° o 180°, o un ancho de haz de menos de o igual a 60°. En algunas realizaciones, uno o más de los transceptores es un transceptor de haz no dirigido. En algunas realizaciones, uno o más de los transceptores es un transceptor de haz dirigido. Ventajosamente, los transceptores de haz dirigido tienden a proporcionar una potencia de transmisión reducida, ya que se pueden dirigir de acuerdo como sea necesario. En algunas realizaciones, uno o más de los transceptores es un transceptor omnidireccional, por ejemplo, un transceptor de haz dirigido que puede funcionar en un modo omnidireccional. Así, por ejemplo, un transceptor puede cambiar entre operar en un modo omnidireccional en el cual puede actuar como un transceptor de sistema posicional, y un modo de haz dirigido en el cual puede actuar como un transceptor del sistema de misión.

En las realizaciones anteriores, los vehículos con los cuales se implementan el sistema y el método son aeronaves. Sin embargo, en otras realizaciones, uno o más de los vehículos es un tipo diferente de entidad, por ejemplo, un tipo diferente de vehículo, por ejemplo un vehículo terrestre o un vehículo acuático.

5

En las realizaciones anteriores, el sistema incluye un enlace de datos del sistema de misión separado el cual es adicional a e independiente de los enlaces de comunicaciones del sistema de posicionamiento. Sin embargo, en otras realizaciones, se omite el enlace de comunicación del sistema de misión separado.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para acoplar físicamente una primera aeronave y una segunda aeronave, la primera aeronave es una aeronave en vuelo, la segunda aeronave es una aeronave en vuelo, el método comprende:
- 5 enviar, a partir de un transmisor ubicado en la primera aeronave, una señal electromagnética; recibir, mediante un receptor ubicado en la segunda aeronave, la señal;
- 10 determinar, mediante uno o más procesadores, el uso de la señal recibida por la segunda aeronave, determinar la posición de una aeronave en relación con la otra aeronave;
- 15 controlar, mediante uno o más procesadores, utilizando la posición determinada de una aeronave con respecto a la otra aeronave, al menos una de la primera y segunda aeronave de manera que la primera y la segunda aeronave estén en una configuración predeterminada en donde la primera y la segunda aeronave estén acopladas físicamente al método, caracterizado porque el método comprende además
- 20 proporcionar que el transmisor y el receptor sean configurables para operar en un modo de rango por el cual la señal electromagnética se comunica de acuerdo con un primer esquema de modulación, siendo el primer esquema de modulación adecuado para el rango; y
- 25 además comprende proporcionar que el transmisor y el receptor sean configurables para operar en un modo de enlace de datos mediante el cual la señal electromagnética se comunica de acuerdo con un segundo esquema de modulación, siendo el segundo esquema de modulación adecuado para la transferencia de datos y diferente al primer esquema de modulación.
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el primer esquema de modulación es un esquema de modulación de banda ultra ancha.
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde el transmisor ubicado en la primera aeronave es un transceptor de matriz en fase el cual, cuando opera en modo de rango, tiene un ancho de haz de aproximadamente 90° o mayor de 90° dirigido a lo largo del eje longitudinal de la primera aeronave, y en donde el receptor ubicado en la segunda aeronave es un transceptor de matriz en fase el cual, cuando se opera en modo de rango, tiene un ancho de haz de aproximadamente 90° o mayor de 90°.
- 35 4. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el receptor en la segunda aeronave es un transceptor de matriz en fase el cual, cuando opera en modo de enlace de datos, proporciona un ancho de haz de aproximadamente 15° que puede escanearse +/- 60° tanto en azimut como en elevación, y en donde el transmisor en la primera aeronave es un transceptor de matriz en fase el cual, cuando funciona en modo de enlace de datos, proporciona un ancho de haz de aproximadamente 15° que puede escanearse +/- 60° tanto en azimut como en elevación.
- 40 5. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende cambiar al menos una vez entre operar en el modo de rango y operar en el modo de enlace de datos.
- 45 6. Un método de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el transmisor y el receptor están configurados para funcionar en el modo de rango a medida que la aeronave se maniobra en la configuración predeterminada, y cambian para configurarse en el modo de enlace de datos una vez que se establece la configuración predeterminada.
- 50 7. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, el método comprende además realizar un proceso de reabastecimiento de combustible aire a aire que incluye, cuando la primera y la segunda aeronave están físicamente acopladas, hacer que el combustible de la aeronave fluya entre la primera y la segunda aeronave a través de un acoplamiento entre la primera y la segunda aeronave.
- 55 8. Un método de acuerdo con la reivindicación 7, en donde el transmisor en la primera aeronave está ubicado en la posición de la primera aeronave seleccionada de un grupo de posiciones que consiste en: una manga de reabastecimiento de combustible de la primera aeronave a través de la cual se puede transferir combustible de la aeronave a partir de la primera aeronave a la segunda aeronave; y una sonda de la primera aeronave a través de la cual la primera aeronave puede recibir combustible de la aeronave a partir de la segunda aeronave.
- 60 9. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde la señal es una señal de radiofrecuencia que tiene una frecuencia dentro de una banda de frecuencia seleccionada del grupo de bandas de frecuencia que consiste en: una banda de frecuencia de 2GHz a 5GHz, una banda de frecuencia de 3GHz a 5GHz, una banda de frecuencia de 50GHz a 70GHz, una banda de frecuencia de 57GHz a 66GHz y una banda de frecuencia de 60GHz a 61GHz.
- 65 10. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde el método comprende además:

enviar, a partir de la primera aeronave, al menos una señal adicional; y recibir, por la segunda aeronave, cada señal adicional; y

5 la etapa de control se realiza usando cada una de las señales adicionales recibidas por la segunda aeronave.

11. Un método de acuerdo con la reivindicación 10, en donde:

10 la señal y cada una de las señales adicionales se envían a partir de un transmisor respectivo en la primera aeronave; cada uno de los transmisores tiene una posición diferente en la primera aeronave; y

la señal y cada una de las señales adicionales incluyen un identificador respectivo que indica a partir de qué transmisor se envió esa señal.

15 12. Un método de acuerdo con la reivindicación 11, en donde cada uno de los transmisores tiene una posición en la primera aeronave seleccionada del grupo de posiciones que consiste en:

una posición en o cerca de una primer ala de la primera aeronave;

20 una posición en o cerca de una segunda ala de la primera aeronave, siendo la segunda ala opuesta a la primer ala;

una posición en o cerca de un primer estabilizador horizontal de un empenaje de la primera aeronave;

25 una posición en o cerca de un segundo estabilizador horizontal de un empenaje de la primera aeronave, estando el segundo estabilizador horizontal opuesto al primer estabilizador horizontal; y

una posición en o cerca de un estabilizador vertical de un empenaje de la primera aeronave.

30 13. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde:

el método comprende además enviar, a partir de la segunda aeronave a la primera aeronave, una señal inicial;

recibir, por la primera aeronave, la señal inicial;

35 y cada una de las señales enviadas a partir de la primera aeronave a la segunda aeronave se envía en respuesta a la señal inicial que recibe la primera aeronave.

14. Una aeronave no tripulada que comprende:

40 un receptor configurado para recibir una señal electromagnética transmitida por otra aeronave;

uno o más procesadores configurados para:

45 usando la señal recibida, determinar la posición de una aeronave en relación con la otra aeronave; y

usando la posición determinada de una aeronave con respecto a la otra aeronave, controlar la aeronave no tripulada para mover la aeronave no tripulada a una configuración predeterminada con la aeronave adicional y hacer que la aeronave no tripulada se acople físicamente a la aeronave adicional; y

50 medios para acoplarse físicamente a la aeronave adicional, la aeronave caracterizada porque el receptor y/o transmisor es operable en un modo de rango por el cual la señal electromagnética se comunica de acuerdo con un primer esquema de modulación, siendo el primer esquema de modulación adecuado para el rango o un modo de enlace de datos mediante el cual la señal electromagnética se comunica de acuerdo con un segundo esquema de modulación, siendo el segundo esquema de modulación adecuado para la transferencia de datos y diferente al primer esquema de modulación.

55 15. Un sistema que comprende:

una aeronave no tripulada de acuerdo con la reivindicación 14; y

60 una aeronave adicional que comprende un transmisor configurado para enviar, a partir de la aeronave adicional a la aeronave no tripulada, una señal electromagnética.

65 16. Un aparato para acoplar físicamente una primera aeronave y una segunda aeronave a la vez que la primera aeronave y la segunda aeronave están en vuelo, comprendiendo el aparato:

## ES 2 743 489 T3

un transmisor ubicado en la primera aeronave, el transmisor está configurado para enviar una señal electromagnética;

un receptor ubicado en la segunda aeronave, el receptor está configurado para recibir la señal;

5 uno o más procesadores configurados para:

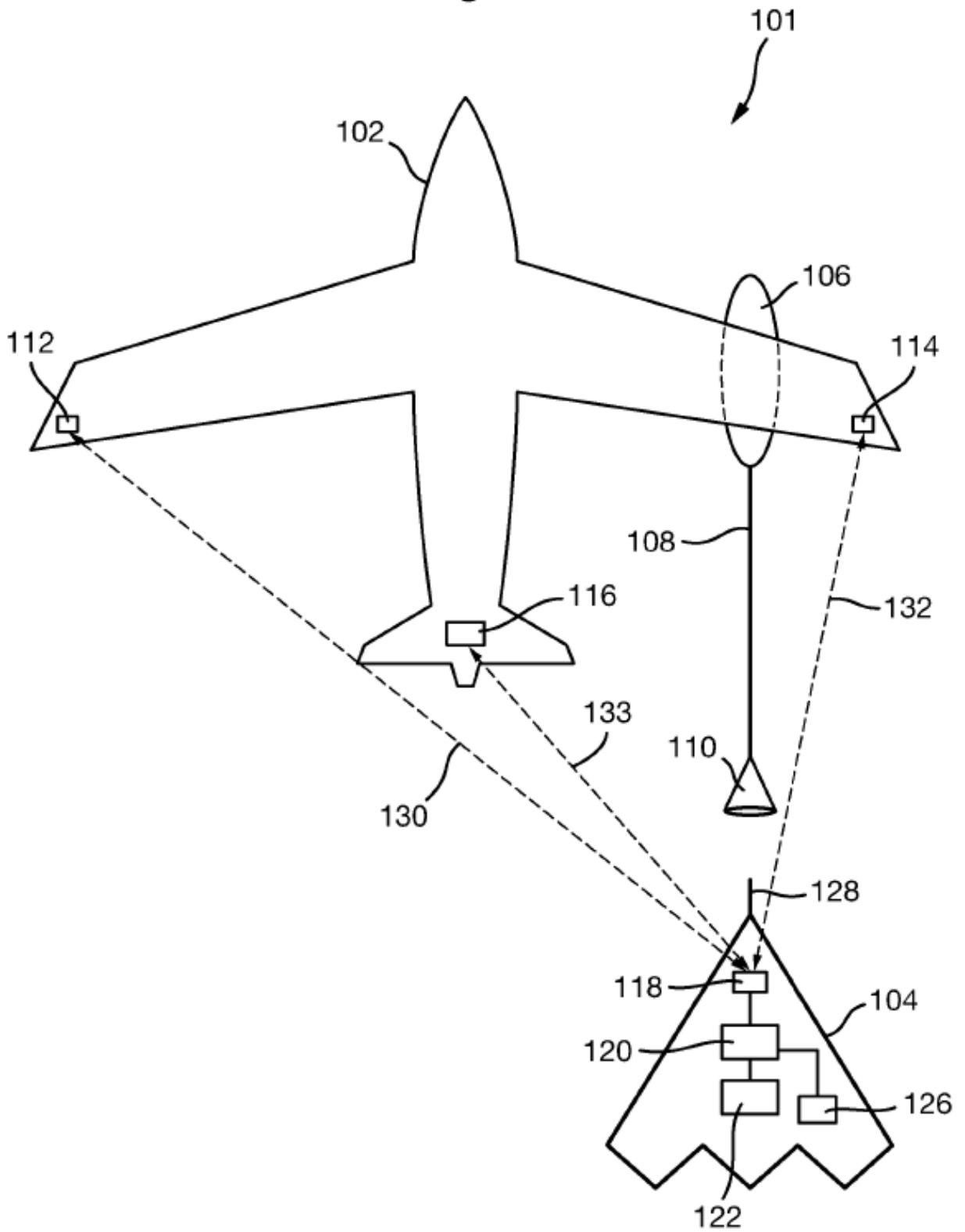
usando la señal recibida por la segunda aeronave, determinar la posición de una aeronave en relación con la otra aeronave; y

10 controlar, usando la posición determinada de una aeronave con respecto a la otra aeronave, al menos una de la primera y la segunda aeronave de manera que la primera y la segunda aeronave estén en una configuración predeterminada en donde la primera y la segunda aeronave estén físicamente acopladas, el aparato caracterizado porque

15 el receptor y/o el transmisor pueden funcionar en un modo de rango por el cual la señal electromagnética se comunica de acuerdo con un primer esquema de modulación, siendo el primer esquema de modulación adecuado para el rango o un modo de enlace de datos por el cual la señal electromagnética se comunica de acuerdo con un segundo esquema de modulación, siendo el segundo esquema de modulación adecuado para la transferencia de datos y diferente al primer esquema de modulación.

20

Fig. 1



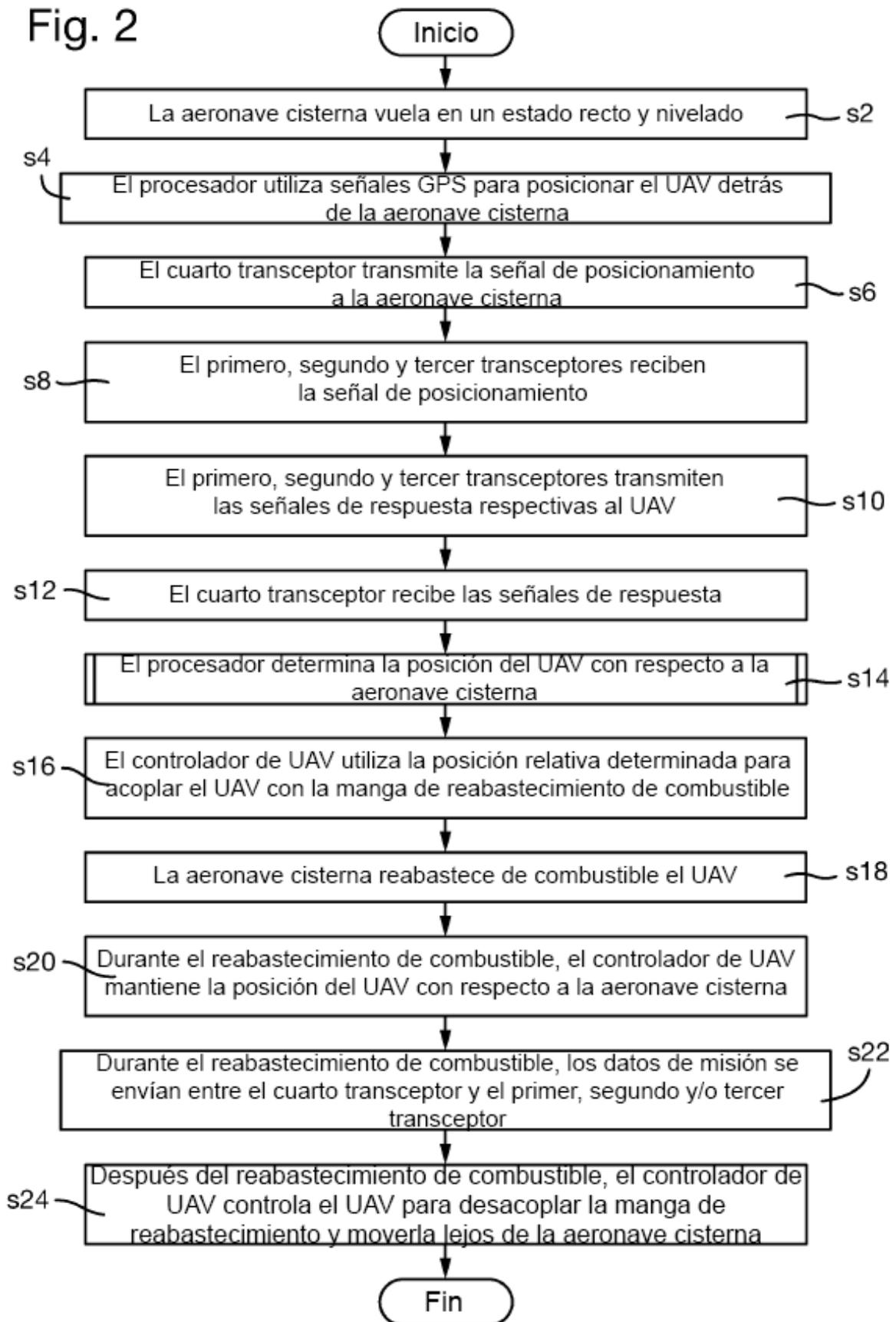


Fig. 3

