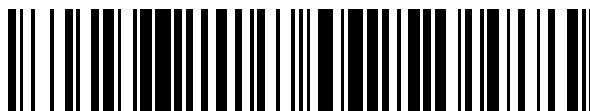


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 941 804**

51 Int. Cl.:

**B64C 39/02** (2006.01)

**H04B 7/185** (2006.01)

**H01Q 1/28** (2006.01)

**G05D 1/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.05.2018 PCT/US2018/031084**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.11.2018 WO18204783**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.05.2018 E 18794684 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.01.2023 EP 3619112**

54 Título: **Método de dron de retransmisión**

30 Prioridad:

**05.05.2017 US 201715588313**

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

**25.05.2023**

73 Titular/es:

**SHANGHAI AUTOFLIGHT CO., LTD. (100.0%)  
288 Jinge Road, Jinshan District  
Shanghai, CN**

72 Inventor/es:

**TU, HAOFENG**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 941 804 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 de dron de retransmisión

## 5 CAMPO

La presente solicitud se refiere en general a dispositivos no tripulados tales como drones, y más específicamente a un sistema de drones de retransmisión que transmiten datos entre una estación base y un dron de trabajo.

## ANTECEDENTES

10 Los drones son dispositivos no tripulados y pueden ser utilizados por las comunidades militar, policial, de rescate, científica y comercial. Un ejemplo de un dron es un dispositivo no tripulado capaz de un movimiento controlado, sostenido y motorizado. Como tal, los diseños de drones pueden consistir en vehículos, aeronaves, embarcaciones, submarinos o naves espaciales de varios tamaños, capacidades y pesos. Un dron típico consta de un dispositivo de propulsión, como un motor, un sistema de navegación, uno o más sensores y posiblemente carga. Para una  
15 aeronave o un dron aéreo, los sensores pueden proporcionar información a un observador en tierra sobre el terreno que sobrevuela el dron, como información de video sobre un excursionista perdido en una aplicación de rescate, información de sensores láser y/o biológicos sobre las condiciones ambientales en una aplicación de seguridad o científica, o una combinación de sensores de video, láser, biológicos y otros relacionados con las condiciones del campo de batalla en una aplicación militar. La carga puede ser municiones, alimentos, medicinas y/u otros bienes dependiendo de la misión del dron.

Como el dron no está tripulado, el software informático que se ejecuta en uno o más procesadores a bordo del dron controla parcial o completamente el dron. El software informático puede controlar las diversas funciones realizadas por el dron, quizás con la ayuda de un observador. El documento US 2016/ 241 326 A1 se refiere a un sistema de  
25 comunicación, que comprende una estación terrestre, uno o más dispositivos de medición aerotransportados y un dispositivo aerotransportado, que está conectado a la estación terrestre y operable para comunicarse con uno o más dispositivos de medición aerotransportados. Michael Dille *et al.*: "Air-Ground Collaborative Surveillance with Human-Portable Hardware", The Robotics Institute, Universidad de Carnegie Mellon, Proceedings of AUVSI's Unmanned Systems North America 2011, agosto de 2011, páginas 826 - 845, se refiere a un sistema de  
30 colaboración de múltiples robots, que presenta una interfaz unificada para controlar múltiples vehículos no tripulados. El documento US 9 477 226 B2 se refiere al control de un vehículo aéreo no tripulado (UAV) mediante el uso de un dispositivo inalámbrico (por ejemplo, un teléfono celular) para enviar un mensaje de control a un receptor en el UAV a través de una red de telecomunicaciones inalámbrica (por ejemplo, una red celular existente configurada principalmente para la comunicación telefónica móvil). Sigue existiendo la necesidad de usos más  
35 amplios y eficientes de los drones no tripulados.

## SUMARIO

En particular, se proporciona un método para ser realizado por un dron de retransmisión que tiene las características definidas en la reivindicación 1. Otras realizaciones preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes.  
40 Varias implementaciones de sistemas, métodos y dispositivos dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas tienen cada una varios aspectos, ninguno de los cuales es el único responsable de los atributos deseables descritos en el presente documento. Sin limitar el alcance de las reivindicaciones adjuntas, en el presente documento se describen algunas características destacadas.

45 Los detalles de una o más implementaciones del objeto de esta memoria descriptiva se exponen en los dibujos adjuntos y en la siguiente descripción. Otras características, aspectos y ventajas serán evidentes a partir de la descripción, los dibujos y las reivindicaciones. Obsérvese que las dimensiones relativas de las siguientes figuras pueden no estar dibujadas a escala.

50 En una realización particular, un sistema incluye al menos un dron de retransmisión configurado para: permanecer dentro de la línea de visión de una estación base; permanecer dentro de la línea de visión de un dron de trabajo; pasar una señal de control recibida desde la estación base al dron de trabajo, y pasar una señal de datos recibida desde el dron de trabajo a la estación base.

55 En otra realización particular, el al menos un dron de retransmisión comprende: un primer dron de retransmisión configurado para permanecer dentro de la línea de visión de la estación base; y un segundo dron de retransmisión configurado para permanecer dentro de la línea de visión del dron de trabajo, estando el primer dron de retransmisión configurado para permanecer dentro de la línea de visión del segundo dron de retransmisión.

60 En otra realización particular, la línea de visión del dron de trabajo comprende una relación lineal sin obstrucciones suficiente para la comunicación inalámbrica unidireccional entre el al menos un dron de retransmisión y el dron de trabajo.

65 En otra realización particular, la línea de visión de la estación base comprende una relación lineal sin obstrucciones suficiente para amarrar un cable entre el al menos un dron de retransmisión y la estación base.

En otra realización particular, una primera distancia entre el al menos un dron de retransmisión y el dron de trabajo es un orden de magnitud mayor que una segunda distancia entre el al menos un dron de retransmisión y la estación base.

5 En otra realización particular, el al menos un dron de retransmisión está configurado para moverse en respuesta al movimiento de la estación base para permanecer dentro de la línea de visión de la estación base.

En otra realización particular, el al menos un dron de retransmisión está configurado para recibir una señal de control del dron de retransmisión, desde la estación base, que controla el dron de retransmisión.

10 En otra realización particular, la señal de control del dron de retransmisión no se transmite al dron de trabajo.

En otra realización particular, la señal de control del dron de retransmisión configura el al menos un dron de retransmisión para adoptar un patrón de vuelo autónomo dentro de una distancia establecida desde la estación base.

15 En otra realización particular, el al menos un dron de retransmisión incluye: una antena omnidireccional configurada para recibir una señal de ubicación del dron de trabajo; una primera antena direccional configurada para recibir la señal de control; y una segunda antena direccional configurada para enviar la señal de control.

20 En otra realización particular, la antena omnidireccional se encuentra en un extremo opuesto del al menos un dron de retransmisión con respecto a la primera antena direccional.

En otra realización particular, la estación base no está dentro de la línea de visión del dron de trabajo.

25 En otra realización particular, el al menos un dron de retransmisión no es un dron de ala fija.

En otra realización particular, el al menos un dron de retransmisión es un dron multihelicóptero.

30 En otra realización particular, el al menos un dron de retransmisión es un planeador conectado a la estación base.

En otra realización particular, el al menos un dron de retransmisión está configurado para recibir una señal de localización del dron de trabajo. La señal de ubicación incluye coordenadas GPS y una altitud.

35 En otra realización particular, el al menos un dron de retransmisión está configurado para: permanecer dentro de la línea de visión de un segundo dron de trabajo; pasar una segunda señal de control recibida desde la estación base al segundo dron de trabajo; y pasar una segunda señal de datos recibida del segundo dron de trabajo a la estación base.

40 En otra realización particular, el al menos un dron de retransmisión comprende un único dron configurado para: pasar la señal de control recibida desde la estación base al dron de trabajo a través de una primera antena direccional en el único dron; y pasar la segunda señal de control desde la estación base al segundo dron de trabajo a través de una segunda antena direccional en el único dron.

45 En otra realización particular, el dron de trabajo está configurado para vuelo autónomo.

En otra realización particular, el dron de trabajo está configurado para movimiento autónomo en tierra.

50 En otra realización particular, el dron de trabajo es un dispositivo de comunicación.

En otra realización particular, el al menos un dron de retransmisión comprende una antena direccional que apunta hacia abajo a la estación base.

55 En otra realización particular, la antena direccional se orienta con un cardán.

En otra realización particular, el al menos un dron de retransmisión comprende una segunda antena direccional que apunta al dron de trabajo.

60 En otra realización particular, la segunda antena direccional está orientada con un segundo cardán.

En otra realización particular, la señal es la señal de control o la señal de datos.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

65 Los aspectos anteriores y muchas de las ventajas correspondientes se apreciarán más fácilmente a medida que se entiendan mejor con referencia a la siguiente descripción detallada, cuando se toma junto con los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 ilustra un ejemplo de un dron de retransmisión que interactúa con un dron de trabajo.  
 La figura 2 ilustra un ejemplo de un dron de retransmisión aéreo que interactúa con un dron de trabajo vehicular terrestre.  
 5 La figura 3 ilustra un ejemplo de un sistema de múltiples drones de retransmisión.  
 La figura 4 ilustra un dron de retransmisión de ejemplo que interactúa con un dron de trabajo que utiliza antenas direccionales y omnidireccionales.  
 Las figuras 5A y 5B ilustran un ejemplo de un dron de retransmisión que ejecuta un comando de navegación con una estación base en movimiento.  
 10 La figura 6 ilustra un ejemplo de un dron de retransmisión que interactúa con una estación base portátil.  
 La figura 7 ilustra un ejemplo de un dron de retransmisión conectado a una estación base.  
 La figura 8 ilustra un ejemplo de un dron de retransmisión que interactúa con múltiples drones de trabajo.  
 La figura 9 ilustra un ejemplo de un dron de retransmisión que rastrea un dron de trabajo a lo largo de un eje de guiñada.  
 15 La figura 10 ilustra un ejemplo de un dron de retransmisión que rastrea un dron de trabajo a lo largo de un eje de cabeceo.  
 La figura 11 es un diagrama de bloques de sistemas de ejemplo utilizados en un sistema de drones de retransmisión.  
 La figura 12 es un diagrama de flujo de un proceso de ejemplo para la operación de un dron de retransmisión.  
 20 La figura 13 es un diagrama de flujo de un proceso de ejemplo para establecer un enlace de comunicación de dron de trabajo.  
 La figura 14 es un diagrama de flujo de un proceso de ejemplo para establecer un enlace de comunicación de estación base.  
 La figura 15 es un diagrama de flujo de un proceso de ejemplo para establecer un enlace de comunicación de dron de retransmisión.  
 25 La figura 16 ilustra un diagrama de bloques de una arquitectura de sistema de ejemplo para un dron.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA

30 Descritos en general, los aspectos de la presente divulgación se refieren a sistemas y métodos de al menos un dron de retransmisión utilizado para retransmitir información entre al menos una estación base y al menos un dron de trabajo. Si bien la memoria descriptiva describe ejemplos específicos de estaciones base, drones de retransmisión y drones de trabajo, el sistema y los métodos pueden modificarse para cualquier configuración de drones de retransmisión que puedan controlarse individualmente o en grupo, y pasar información entre una estación base y un dron de trabajo.

35 En esta memoria descriptiva, los drones incluyen cualquier vehículo no tripulado, como vehículos aéreos no tripulados (UAV), vehículos aéreos sin piloto, aeronaves pilotadas a distancia, sistemas de aeronaves no tripuladas, cualquier aeronave cubierta por la Circular 328 AN/190 clasificada por la Organización de Aviación Civil Internacional, y así sucesivamente. Como ejemplo, el dron puede tener la forma de un helicóptero de uno o varios rotores (por ejemplo, un helicóptero cuádruple) o una aeronave de ala fija. Además, ciertos aspectos de la divulgación se pueden utilizar con drones en forma de otros tipos de vehículos no tripulados (por ejemplo, vehículos con ruedas, orugas y/o acuáticos).

45 Como se ha descrito, una red de drones de retransmisión se puede utilizar como un conjunto de retransmisiones o enlaces entre una estación base y un dron de trabajo controlado por la estación base. Los drones de retransmisión en la red pueden aumentar un enlace de comunicación o una señal de comunicación entre la estación base y el dron de trabajo. En ciertas realizaciones, los drones de retransmisión pueden aumentar el enlace de comunicación actuando como nodos que retransmiten la comunicación entre la estación base y el dron de trabajo aumentando la señal de comunicación en cada nodo para compensar la pérdida de potencia de la señal en una distancia recorrida y/o proporcionando una trayectoria con una línea de visión directa entre la estación base y el dron de trabajo. Las antenas direccionales se pueden utilizar cuando se establece una línea de visión directa, lo que puede mejorar la eficacia de la señal de comunicación en comparación con las antenas omnidireccionales.

55 Además, las estaciones base y/o los drones de retransmisión pueden utilizar un protocolo de comunicación para inicializar la interacción con los drones de retransmisión y/o los drones de trabajo disponibles. Por ejemplo, en ciertas realizaciones, los drones de retransmisión y/o los drones de trabajo disponibles pueden transmitir información de ubicación. Esta información de ubicación puede transmitirse a través de una antena omnidireccional; una antena direccional calibrada para la ubicación de una estación base, un dron de trabajo o un dron de retransmisión; o una antena direccional que ejecuta un patrón de barrido a través de un espacio. Ejemplos de antenas omnidireccionales pueden incluir antenas dipolo o antenas monopolo. Ejemplos de antenas direccionales pueden incluir antenas paraboloidales, antenas parabólicas, antenas yagi, antenas cuádruples, antenas de cartelera, antenas láser o helicoidales. Las estaciones base y/o los drones de retransmisión que buscan utilizar los drones de retransmisión y/o drones de trabajo disponibles pueden recibir la información de ubicación y transmitir señales a la ubicación de los drones de retransmisión y/o los drones de trabajo disponibles. Estas señales pueden ser señales de control que controlan una estación base y/o un dron de retransmisión o señales de datos que indican un estado operativo o contenido captado por un dron de trabajo o un dron de retransmisión. Estas señales de control pueden transmitirse a  
 65

través de una antena omnidireccional o una antena direccional calibrada para la ubicación de los drones de retransmisión y/o drones de trabajo disponibles. Además, las señales de datos de los drones de retransmisión y/o drones de trabajo disponibles pueden recibirse desde la antena omnidireccional o una antena direccional calibrada. Las señales de datos pueden generarse en respuesta a una señal de control y/o pueden estar destinadas a ser recibidas por una estación base. Además, los drones de retransmisión y/o los drones de trabajo disponibles pueden interactuar con las estaciones base y/u otros drones de retransmisión mediante la transmisión de información de ubicación para que la estación base y/u otros drones de retransmisión puedan enviar al dron de retransmisión y/o al dron de trabajo disponible una señal de control o señal de datos. En ciertas realizaciones, un dron se puede utilizar como un dron de retransmisión (al retransmitir comunicación) o como un dron de trabajo (recopilando datos para devolverlos a una estación base). En ciertas realizaciones, una señal de control puede incluir una señal de ubicación que incluye información de ubicación que se puede utilizar para establecer un enlace de comunicación, como ubicaciones de un nodo (por ejemplo, estaciones base, drones de retransmisión, drones de trabajo) o una antena de un nodo de la red de drones de retransmisión.

Los drones de retransmisión se pueden utilizar para mantener una conexión de comunicación de banda ancha entre una estación base y al menos un dron de trabajo, incluso si la estación base, el dron de trabajo y/o el dron de retransmisión se están moviendo. Esto también es posible cuando la estación base y el dron de trabajo están separados, como cuando no hay línea de visión entre la estación base y el dron de trabajo. Aunque la estación base y el dron de trabajo pueden estar separados, se puede mantener un enlace entre los dos a través de al menos un dron de retransmisión. El dron de retransmisión puede ser estacionario o estar en movimiento siempre y cuando el dron de retransmisión mantenga una línea de visión con la estación base y/o el dron de trabajo. Mantener una línea de visión entre cada uno de los nodos de la red de drones de retransmisión (como entre al menos una estación base, un dron de retransmisión y un dron de trabajo) permite ventajosamente una comunicación más efectiva y eficiente utilizando antenas direccionales en lugar de antenas omnidireccionales que pueden desperdiciar energía y fuerza de la señal a través de la propagación de la señal en una dirección que se sabe que no tiene una estación base, un dron de retransmisión y/o un dron de trabajo. Esta ventaja es importante cuando se desea una comunicación que requiere una alta tasa de bits, como la transmisión de video en vivo 4K+ (por ejemplo, una resolución de más de 8,3 megapíxeles). Además, una estación base que se comunica con un dron de trabajo a través de un dron de retransmisión puede aumentar ventajosamente el rango operativo del dron de trabajo a altitudes más altas o distancias mayores mientras mantiene un fuerte enlace de conexión (a través de antenas direccionales o una línea de visión directa entre cada una de las estaciones bases, drones de retransmisión y drones de trabajo). El funcionamiento a tales altitudes más altas o distancias más grandes puede superar las limitaciones presentadas por factores ambientales (como la pérdida de una línea de visión debido a la curvatura de la tierra como se ilustra en la figura 1). En ciertas realizaciones, dichos enlaces de comunicación pueden ser inalámbricos, mientras que en otras realizaciones, dichos enlaces de comunicación pueden ser por cable, mientras que en otras realizaciones tales enlaces de comunicación pueden ser una combinación de enlaces inalámbricos y por cable. En determinadas realizaciones, los enlaces de comunicación pueden enviar y/o recibir información de forma continua, por ejemplo, actualizándose varias veces por segundo.

En ciertas realizaciones, se puede mantener una línea de visión controlando el dron de retransmisión para que permanezca dentro de una distancia de un nodo de la red de drones de retransmisión (por ejemplo, estaciones base, drones de retransmisión, drones de trabajo) cuando se conoce que el espacio aéreo o la línea de visión entre el dron de retransmisión a otro nodo de la red de drones de retransmisión está despejado (en lugar de tener que mover el dron de retransmisión más allá del horizonte desde otro nodo de la red de drones de retransmisión). Además, se puede mantener una línea de visión controlando el dron de retransmisión para evitar obstáculos conocidos entre el dron de retransmisión y otro nodo en la red de drones de retransmisión, como cuando se evita la navegación hacia una región que se sabe que no tiene línea de visión con otro nodo en la red de drones de retransmisión. Estos obstáculos conocidos pueden ser detectados sobre la marcha por los nodos de la red de drones de retransmisión utilizando sensores que pueden detectar los alrededores de los nodos o a partir de información predeterminada sobre los alrededores de los nodos, como mapas u otra información geoespacial.

En ciertas realizaciones, la red de drones de retransmisión puede cambiar dinámicamente una trayectoria de línea de visión desde una estación base a un dron de trabajo. Por ejemplo, una estación base puede comunicarse con un dron de trabajo a través de un primer dron de trabajo. Sin embargo, el primer dron de trabajo puede tener un tiempo operativo limitado o sufrir dificultades técnicas y quedar fuera de servicio. Por lo tanto, un segundo dron de retransmisión puede incorporarse a la red de drones de retransmisión para que la estación base pueda comunicarse con el dron de trabajo a través del segundo dron de retransmisión en lugar del primer dron de retransmisión. Además, la recepción desde o hacia los drones de retransmisión puede fallar, por ejemplo, debido a factores ambientales u obstáculos que se interponen entre los nodos de la red de drones de retransmisión, y otros drones de retransmisión pueden ocupar el lugar del dron de retransmisión que falla en la red de drones de retransmisión para comunicación de retransmisión entre una estación base y un dron de trabajo.

Además, el dron de retransmisión puede mantener de forma autónoma un patrón de navegación en relación con la estación base, otro dron de retransmisión y/o un dron de trabajo, de modo que la línea de visión entre estos nodos en la red de drones de retransmisión se conserva y cada nodo puede controlar de forma constante y sencilla otro nodo. Por ejemplo, al mantener una línea de visión o proximidad entre los nodos de la red de drones de

retransmisión, la falla en cualquier nodo de la red de drones de retransmisión se puede reconocer y abordar más rápidamente, por ejemplo, enviando un dron de reemplazo que funcione y/o un dron de retransmisión para reemplazar un dron de trabajo y/o un dron de retransmisión con fallos. Además, un dron de retransmisión puede mantener una distancia relativamente cercana con una estación base mientras mantiene contacto con un dron de trabajo relativamente distante. En ciertas realizaciones, la distancia a la que un dron de retransmisión puede operar desde una estación base puede establecerse para que sea lo más cercana posible o lo más cercana razonable dadas las restricciones ambientales u operativas, como para mantener una distancia operativa segura desde la estación base para evitar chocar contra la estación base. Ventajosamente, mantener un dron de retransmisión a la distancia más cercana posible puede permitir que la sustitución de un dron de retransmisión también sea lo más conveniente posible.

En ciertas realizaciones, un dron de retransmisión puede ser una plataforma de múltiples rotores capaz de despegar y aterrizar verticalmente (VTOL). En consecuencia, el dron de retransmisión con capacidades VTOL puede funcionar sin necesidad de una pista y puede lanzarse más fácilmente desde una estación base, o una ubicación próxima a una estación base, sin pista. Los drones de retransmisión VTOL también pueden estar más cerca de una estación base terrestre que un dron de retransmisión de ala fija.

En ciertas realizaciones, una antena direccional se puede unir a un dron y moverse a lo largo de un solo eje, a diferencia de otras realizaciones donde la antena direccional se puede mover a lo largo de múltiples ejes. Un dron con una antena móvil a lo largo de un solo eje reduce ventajosamente la cantidad de hardware (como motores, engranajes y componentes de transmisión) que opera la antena direccional, reduciendo ventajosamente el peso, el consumo de energía y/o la complejidad del dron mientras la antena se calibra con respecto a otro nodo en la red de drones de retransmisión (como una estación base, un dron de retransmisión o un dron de trabajo) incluso mientras se mueve. Esto puede resultar en un aumento o mejora del tiempo operativo debido a la conservación del uso de energía. En ciertas realizaciones, el eje único a lo largo del cual se puede mover una antena direccional puede ser un eje de cabeceo y el movimiento a lo largo de otro eje, como un eje de guiñada, puede lograrse moviendo un dron completo a lo largo del eje de guiñada, en lugar de solo la antena direccional. En consecuencia, esta combinación de movimiento a lo largo del eje de guiñada y el eje de cabeceo proporciona un grado suficiente de libertad para que una antena direccional apunte a cualquier ubicación espacial lejos de un dron. Además, tal combinación de movimiento ofrece un enlace de datos estable al no inclinar el dron y mantener una posición paralela a la horizontal. Al no inclinar el dron o afectar de otro modo la orientación horizontal del dron, el dron puede ser menos sensible a los desplazamientos ambientales, como los causados por el viento, la lluvia o la fricción del aire. Estas características pueden proporcionar ventajas adicionales, como el funcionamiento a altitudes más altas o una mayor cobertura de distancia de comunicación mientras se mantiene la estabilidad operativa del dron.

En ciertas realizaciones, los drones (tales como drones de retransmisión o drones de trabajo) pueden incluir un pararrayos.

La figura 1 ilustra un ejemplo de un dron 102 de retransmisión que interactúa con un dron 104 de trabajo y una estación 106 base. El dron 102 de retransmisión puede ser controlado activamente por la estación base o configurado de forma autónoma para permanecer dentro de una línea de visión de la estación 106 base. El dron 102 de retransmisión puede estar en un modo Sígueme en el que el dron 102 de retransmisión supervisa la ubicación de la estación 106 base y mantiene una ubicación dentro de una distancia ya sea por encima de la ubicación de la estación base o detrás de la estación 106 base a medida que la estación 106 base se mueve. Por ejemplo, la estación 106 base puede transmitir información de ubicación (una señal de ubicación GPS u otra señal) al dron 102 de retransmisión. Un procesador accesible para el dron de retransmisión puede utilizar la información de ubicación recibida para construir de forma autónoma una ruta para que el dron 102 de retransmisión siga por encima o por detrás de la estación 106 base.

En ciertas realizaciones, el dron 102 de retransmisión puede detectar de manera autónoma la ubicación de la estación 106 base cuando se involucra en un modo Sígueme sin necesidad de que la estación 106 base transmita activamente su ubicación. Por ejemplo, el dron 102 de retransmisión puede depender de sensores en el dron 102 de retransmisión para ubicar la estación 106 base (por ejemplo, mediante la detección de bordes de imagen después de identificar una estación base en una imagen) o puede seguir una firma detectable desde la estación 106 base (como una forma o color único y rastreado en el dron de retransmisión).

El dron 102 de retransmisión puede estar conectado a la estación 106 base y al dron 104 de trabajo a través de enlaces de comunicación, como un enlace 108B de comunicación de estación base y un enlace 108A de comunicación de dron de trabajo. En ciertas realizaciones, los enlaces de comunicación pueden incluir una señal de control y/o una señal de datos que se pasan entre la estación 106 base, el dron 102 de retransmisión y el dron 104 de trabajo. Por ejemplo, se puede pasar una señal de control desde la estación 106 base al dron 102 de retransmisión, o entre el dron 102 de retransmisión y el dron 104 de trabajo, que controla un aspecto (como un patrón de vuelo o navegación, uso de instrumentación o uso de protocolo de comunicación) del dron 102 de retransmisión o el dron 104 de trabajo. Además, una señal de datos (como una señal de video, una notificación de estado del dron o una señal de audio) puede pasar desde el dron 104 de trabajo y/o el dron 102 de retransmisión a la estación base. El enlace de comunicación puede estar compuesto por cualquier tipo de protocolo de comunicación

a partir del cual los dispositivos puedan comunicarse entre sí, como uno o combinaciones de comunicación inalámbrica por infrarrojos (IR), radiodifusión, comunicación por satélite, comunicación inalámbrica por microondas, radio por microondas, radiofrecuencia, Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, GPC, GSM, RFID, OFDM o similares.

5 Los enlaces 108A, 108B de comunicación pueden efectuarse mediante antenas direccionales o antenas omnidireccionales. Como el dron 102 de retransmisión puede mantener una línea de visión entre la estación 106 base y el dron 104 de trabajo, se pueden utilizar antenas direccionales en los extremos del enlace 108B de comunicación de estación base entre el dron 102 de retransmisión y la estación 106 base (a través de una antena direccional en el dron 102 de retransmisión que apunta a la estación 106 base y/o una antena direccional en la  
10 estación 106 base que apunta al dron 102 de retransmisión). Además, las antenas direccionales se pueden utilizar en los extremos del enlace 108A de comunicación de dron de trabajo entre el dron 102 de retransmisión y el dron 104 de trabajo (a través de una antena direccional en el dron 102 de retransmisión que apunta al dron 104 de trabajo y/o una antena direccional en el dron 104 de trabajo que apunta al dron 102 de retransmisión). El uso de antenas  
15 direccionales en el extremo del enlace 108B, 108A de comunicación puede aumentar el uso efectivo de la intensidad de la señal y comunicarse con una mayor intensidad de la señal a la misma distancia o con la misma intensidad de la señal a mayores distancias en comparación con un sistema que utiliza antenas omnidireccionales sin antenas direccionales.

Aunque una sola antena puede estar en el extremo de un enlace de comunicación, también se pueden utilizar  
20 múltiples antenas y/o múltiples tipos de antenas en los extremos de un enlace de comunicación. Por ejemplo, tanto las antenas omnidireccionales como las direccionales se pueden utilizar en un extremo de un enlace de comunicación, como cuando ciertos tipos de señales de datos o señales de control pasan usando la antena omnidireccional mientras que otros tipos de señales de datos o señales de control pasan usando la antena  
25 direccional. En ciertas realizaciones, tanto las antenas direccionales como las omnidireccionales se pueden utilizar en diferentes extremos de un enlace de comunicación, como cuando el dron 102 de retransmisión utiliza una antena 110A direccional que apunta a la estación 106 base para comunicarse con la estación 106 base, pero la estación 106 base utiliza una antena omnidireccional para comunicarse con el dron 102 de retransmisión y/o cuando el dron 102 de retransmisión utiliza una antena 110B direccional que apunta al dron 104 de trabajo para comunicarse con el  
30 dron 104 de trabajo pero el dron 104 de trabajo utiliza una antena omnidireccional para comunicarse con el dron 102 de retransmisión. El uso tanto de antenas direccionales como omnidireccionales en el extremo del enlace 108B, 108A de comunicación puede aumentar el uso efectivo de la intensidad de la señal para los recursos limitados del dron 102 de retransmisión, donde el dron 102 de retransmisión puede comunicarse con mayor intensidad de señal a la misma distancia o con la misma intensidad de señal a mayores distancias en comparación con un dron de retransmisión que utiliza antenas omnidireccionales sin antenas direccionales. En realizaciones adicionales, el dron de retransmisión puede utilizar una combinación de antenas direccionales y omnidireccionales, como cuando el dron  
35 102 de retransmisión utiliza una antena omnidireccional para detectar una señal que indica la ubicación del dron 104 de trabajo (y/o una antena en el dron 104 de trabajo) y/o una señal que indica la ubicación de la estación 106 base (y/o una antena en el dron 106 de trabajo). Además, la distancia a través del enlace 108A, 108B de comunicación puede ser más cercana que un enlace de comunicación a través de un satélite en el espacio, lo que permite ventajosamente que el sistema de drones de retransmisión transmita de manera más efectiva grandes cantidades de datos, como a través de una comunicación de banda ancha, en comparación con comunicación mediante satélites en el espacio.

En ciertas realizaciones, se pueden utilizar antenas omnidireccionales en ambos extremos del enlace 108A, 108B de  
45 comunicación. Estas antenas omnidireccionales pueden transmitir datos de control con una tasa de bits más baja en comparación con una señal de datos que incluye contenido, como contenido de audio y/o video. Además, las antenas omnidireccionales pueden utilizar una señal de banda estrecha para los datos de control (en contraste con una señal de banda ancha que puede utilizarse para una señal de datos que incluye contenido). En ciertas realizaciones, las transmisiones de señales de control que usan antenas omnidireccionales pueden incluir datos de ubicación para el dron 104 de trabajo (y/o una antena en el dron 104 de trabajo), el dron 102 de retransmisión (y/o una antena en el dron 102 de retransmisión), y/o la estación 106 base (y/o una antena en la estación 106 base). Después de recibir los datos de ubicación, se puede calibrar una antena direccional a la ubicación para una transmisión de datos más efectiva a la ubicación. Por ejemplo, después de que el dron 102 de retransmisión haya recibido los datos de ubicación del dron 104 de trabajo, el dron 102 de retransmisión puede ajustar la dirección de su  
50 antena 110B direccional hacia el dron 104 de trabajo para recibir una señal de datos mucho mayor (por ejemplo, datos de vídeo enviados desde el dron 104 de trabajo) a través de una conexión de banda ancha.

El dron 104 de trabajo puede configurarse para estar operativo durante un período prolongado, como durante 6-10  
60 horas o más de 8 horas, para realizar una variedad de tareas según comandos de la estación 106 base. Las tareas pueden ser realizadas por el dron 104 de trabajo ejecutando un comando o tarea en una señal de control enviada desde la estación 106 base y retransmitida a través del dron 102 de retransmisión a través del enlace 108A, 108B de comunicación. En ciertas realizaciones, el dron 104 de trabajo se puede retirar al final del período operativo y se puede instalar un nuevo dron de trabajo en su lugar. El dron de trabajo retirado puede regresar a la estación 106 base u otras estaciones móviles o estacionarias para su mantenimiento (por ejemplo, para recargar baterías y realizar reparaciones) y el nuevo dron de trabajo puede lanzarse desde la estación 106 base u otras estaciones móviles o estacionarias.

En ciertas realizaciones, el dron de trabajo puede tener la tarea de proporcionar una visión por delante de hacia dónde se dirige un objeto en movimiento (por ejemplo, una embarcación, un automóvil, una bicicleta, un helicóptero). El objeto en movimiento puede ser la estación 106 base o un objeto en movimiento diferente a la estación 106 base.

5 En ciertas realizaciones, el dron 104 de trabajo puede tener la tarea de proporcionar una imagen de una ubicación y enviar datos con la imagen de vuelta a la estación 106 base. La imagen puede ser de posibles rocas o icebergs en el agua, caminos dañados o arrasados, naufragios, refugiados en el agua o en tierra, objetos flotantes, manadas de animales salvajes, carga o escombros flotantes, derrames de petróleo, condiciones climáticas, manifestaciones visuales de cambios de temperatura, personas que necesitan rescate, otros objetos en movimiento y similares. En la  
10 realización ilustrada, el dron 104 de trabajo puede tener la tarea de visualizar un área que abarca una embarcación 112.

En ciertas realizaciones, el dron 104 de trabajo puede tener la tarea de realizar un papel activo en una ubicación. La ubicación puede ser local o distante de la estación 106 base. Esta función activa puede ser la entrega de carga o una carga útil, como dejar caer suministros médicos, alimentos y/o un salvavidas. Este papel activo también puede ser participar en la búsqueda de un objeto (como una embarcación, un banco de peces o una persona desaparecida) o realizar una misión de rescate. Estos roles activos se pueden realizar automáticamente a través de un protocolo de tareas predeterminado identificado en una señal de control de dron de trabajo (como mantener un patrón de espera sobre un objeto mientras se visualiza un objeto seleccionado o dejar caer la carga en una  
15 ubicación próxima al objeto de forma automatizada) o controlado directamente por la estación 106 base (como mantener un patrón de espera sobre un objeto mientras se visualiza el objeto o dejar caer carga en una ubicación próxima al objeto bajo el control en tiempo real de la estación 106 base). En la realización ilustrada, el dron 104 de trabajo puede tener la tarea de dejar caer un salvavidas para la embarcación 112 que se encuentra en una ubicación distante de la estación 106 base y más allá de la línea de visión de la estación 106 base.

25 Las antenas direccionales pueden estabilizarse en un cardán. En ciertas realizaciones, al menos una antena 110A, 110B direccional en el dron 102 de retransmisión puede estar en un cardán de 2 ejes para la estabilidad en la recepción y el envío de señales, como hacia y desde el dron 104 de trabajo o la estación 106 base. Otros tipos de cardán, como un cardán de 1 eje, un cardán de 3 ejes u otros tipos de dispositivos conocidos para compensar el movimiento (como el movimiento de un dron) se pueden usar para la estabilidad en la recepción y el envío de  
30 señales. Además, cualquier antena direccional, ya sea en el dron 102 de retransmisión, el dron 104 de trabajo o en la estación 106 base, se puede configurar en un cardán de 1 eje, cardán de 2 ejes o cardán de 3 ejes para la estabilidad en la recepción y el envío de señales. Se pueden usar otros tipos de dispositivos conocidos para compensar el movimiento para la estabilidad en la recepción y el envío de señales, tales como resortes o espuma de  
35 amortiguación de vibraciones.

En ciertas realizaciones, el dron 102 de retransmisión puede aterrizar en la estación 106 base. El dron 102 de retransmisión puede aterrizar en la estación 106 base para servicio, recarga, almacenamiento y/o mantenimiento periódicos. Además, el dron 104 de trabajo puede aterrizar en la estación 106 base. El dron 104 de trabajo puede  
40 aterrizar en la estación 106 base para servicio, recarga, descarga de datos, almacenamiento y/o mantenimiento periódicos. Opcionalmente, el dron 104 de trabajo y/o el dron 102 de retransmisión se pueden lanzar desde la estación 106 base. La estación 106 base puede tener varios drones 102 de retransmisión y/o drones 104 de trabajo a bordo de modo que incluso si cada dron 102 de retransmisión y /o dron 104 de trabajo tiene un tiempo de vuelo limitado, la estación 106 base puede rotar diferentes drones 102 de retransmisión y/o drones 104 de trabajo para  
45 operar de modo que siempre haya un dron 104 de trabajo y/o un dron 102 de retransmisión operativo o en el aire mientras que otros son atendidos o almacenados.

Aunque la figura 1 ilustra solo un dron 102 de retransmisión, como se discutirá más adelante, se pueden utilizar múltiples dron 102 de retransmisión para crear una red de drones 102 de retransmisión que proporciona una trayectoria, a través de la red de drones 102 de retransmisión, con una línea de visión directa entre una estación 106  
50 base y un dron 104 de trabajo. Además, una o más estaciones 106 base pueden utilizar al menos un dron 102 de retransmisión para comunicarse con uno o más drones 104 de trabajo. Además, uno o más drones 104 de trabajo pueden utilizar al menos un dron 102 de retransmisión para comunicarse con una o más estaciones 106 base. Además, un dron puede funcionar como un dron 102 de retransmisión para una estación 106 base al mismo tiempo  
55 (para comunicarse con un dron de trabajo) y puede funcionar como un dron 104 de trabajo en un momento diferente (para ejecutar un comando y no retransmitir el comando a un dron diferente). Además, un dron puede interactuar con múltiples estaciones 106 base para funcionar como un dron 102 de retransmisión para una estación 106 base y un dron 104 de trabajo para otra estación 106 base. Este tipo de red puede hacer que la transmisión de datos y/o la ejecución de tareas sea tanto más rápida como más fácil que sin tal red.

60 Generalmente, tanto el dron 102 de retransmisión como el dron 104 de trabajo se contemplan como no tripulados y autónomos (que no requieren control constante y/o en tiempo real).

Cabe señalar en particular que la ilustración de la silueta de los drones y la estación base en la figura 1 no pretende  
65 limitar el tipo de dron y/o estación base o modelo de dron y/o estación base en las realizaciones contempladas. Por ejemplo, aunque el dron 102 de retransmisión se ilustra como un dron de múltiples helicópteros, el dron 104 de

trabajo se ilustra como un dron de ala fija y la estación 106 base se ilustra como una embarcación, cada uno del dron 102 de retransmisión, dron 104 de trabajo, y/o la estación 106 base puede presentar un factor de forma de cualquier objeto estacionario o en movimiento, como una embarcación flotante o sumergida, un vehículo terrestre, un dispositivo electrónico de consumo o un vehículo aéreo (por ejemplo, un avión, un helicóptero, un dirigible).  
 5 Además, el método y el dispositivo contemplados se pueden usar para transmitir datos hasta y desde (o entre) un objeto en movimiento o un objeto estacionario (tal como un edificio).

La figura 2 ilustra un ejemplo del dron 102 de retransmisión interactuando con un dron 214 de trabajo vehicular terrestre y una estación 216 base vehicular terrestre. La estación 216 base no tiene línea de visión al dron 214 de trabajo debido a un obstáculo 220 entre el dron 214 de trabajo y la estación 216 base. Sin embargo, el dron 102 de retransmisión tiene una línea de visión tanto para el dron 214 de trabajo como para la estación 216 base. En consecuencia, la estación 216 base puede utilizar el dron 102 de retransmisión para establecer un enlace 108A, 108B de comunicación a lo largo de una trayectoria con una línea de visión directa entre la estación 216 base y el dron 214 de trabajo.  
 10

La figura 3 ilustra un ejemplo de un sistema de múltiples drones 102A, 102B de retransmisión. En la realización ilustrada, un obstáculo 312 entre la estación 216 base y el dron 214 de trabajo impide el establecimiento de una trayectoria con una línea de visión directa entre la estación 216 base y el dron 214 de trabajo con un dron de retransmisión. Por lo tanto, se pueden utilizar varios drones 102A, 102B de retransmisión para establecer una trayectoria con una línea de visión directa entre la estación 216 base y el dron 214 de trabajo.  
 15

Se puede establecer un enlace 310 de comunicación de dron de retransmisión adicional entre los dos drones 102A, 102B de retransmisión además del enlace 108A de comunicación entre el dron 102A de retransmisión y la estación 216 base y el enlace 108B de comunicación entre el dron 102B de retransmisión y el dron 214 de trabajo. El enlace 310 de comunicación de dron de retransmisión se puede establecer utilizando protocolos de comunicación iguales o diferentes que el enlace 108A de comunicación o el enlace 108B de comunicación. El enlace 310 de comunicación de dron de retransmisión puede tener antenas 314, 316 direccionales en ambos extremos, con una combinación de antenas direccionales y antenas omnidireccionales o con antenas omnidireccionales en ambos extremos. La calibración de las antenas direccionales en un dron de retransmisión se puede establecer identificando primero la ubicación del otro dron de retransmisión (o la ubicación de una antena del otro dron de retransmisión) mediante la recepción de una señal de ubicación (para el otro dron de retransmisión o una antena del otro dron de retransmisión) usando una antena omnidireccional. Posteriormente, el dron de retransmisión puede calibrar la antena direccional del dron de retransmisión a la ubicación del otro dron de retransmisión (o la antena del otro dron de retransmisión). Cada dron 102A, 102B de retransmisión puede transmitir su ubicación (o la ubicación de al menos una de sus antenas) a través de una antena omnidireccional o una antena direccional (como una antena direccional que transmite la información de ubicación en un patrón de barrido que cubre diferentes áreas en tiempos diferentes). En ciertas realizaciones, un dron 102A, 102B de retransmisión puede transmitir una señal de ubicación que es recibida por una estación 216 base y/o un dron 214 de trabajo y utilizada por la estación 216 base y/o el dron 214 de trabajo para determinar la ubicación del dron 102A, 102B de retransmisión (o la(s) antena(s) del dron 214 de retransmisión) para el establecimiento de un enlace de comunicación con el dron 102A, 102B de retransmisión.  
 20

En ciertas realizaciones, los enlaces de comunicación entre dos nodos pueden utilizar un protocolo de comunicación que es igual o diferente a los protocolos de comunicación usados en los enlaces de comunicación entre otros nodos de la red de drones de retransmisión. Por ejemplo, un enlace de comunicación de estación base puede utilizar un protocolo de comunicación por cable, mientras que un enlace de comunicación de dron de trabajo puede utilizar un protocolo de comunicación inalámbrico (por ejemplo, Wi-Fi), al tiempo que un enlace de comunicación de dron de retransmisión puede utilizar un protocolo de comunicación inalámbrico (por ejemplo, ZigBee) que es diferente al protocolo de comunicación por cable utilizado por el enlace de comunicación de dron de trabajo.  
 25

En ciertas realizaciones, cualquiera de los nodos de la red de drones de retransmisión (por ejemplo, estación base, dron de trabajo o dron de retransmisión de vehículo terrestre; estación base, dron de trabajo o dron de retransmisión de embarcación; estación base, dron de trabajo o dron de retransmisión estacionarios; estación base, dron de trabajo o dron de retransmisión aéreos; o estación base, dron de trabajo o dron de retransmisión portátiles) puede tener opcionalmente un módulo de comunicación que usa LTE, satélite o cualquier capacidad de comunicación inalámbrica (hardware y/o software) actualmente conocida o por desarrollarse en el futuro. Tener esta conectividad opcional puede garantizar adicionalmente una conectividad en tiempo real óptima, fiable y oportuna de cualquiera de estos puntos de comunicación, o nodos, entre sí dentro de su red de drones de retransmisión, o con otras redes (por ejemplo, Internet) fuera de esta red de drones de retransmisión.  
 30

En determinadas realizaciones, cualquiera de los puntos o nodos de comunicación anteriores de la red de drones de retransmisión puede seleccionar (ya sea de forma autónoma o no autónoma), en tiempo real, diferentes tipos o protocolos de comunicación. Esta selección puede basarse en criterios tales como el coste de transmisión, la fiabilidad de la transmisión, la velocidad de transmisión, la recepción de la transmisión o la seguridad de la transmisión. Por ejemplo, el sistema de la estación base, el dron de retransmisión y el dron de trabajo pueden comunicarse directamente entre sí sin utilizar un nodo externo (como una torre de telefonía móvil o un satélite orbital fuera de los nodos de la red de drones de retransmisión) y/o comunicarse indirectamente entre sí utilizando nodos  
 35

externos (como una torre de telefonía móvil o un satélite orbital). Además, a medida que la estación base, el dron de retransmisión y/o el dron de trabajo se desplaza a través de regiones compatibles con ciertos tipos de protocolos de comunicación (como LTE), el dron de retransmisión y/o el dron de trabajo de la estación base operarían con diferentes protocolos de comunicación (como LTE), como por ejemplo para un menor coste de comunicación y/o una mayor fiabilidad en un espacio aéreo de baja altitud.

En ciertas realizaciones, un sistema de estación base, dron de retransmisión y dron de trabajo pueden comunicarse entre sí directamente pero también estar en comunicación con un actor externo (como un puesto de mando, cuartel general, estación de policía u otra estación base). Esta comunicación con un actor externo puede ser en tiempo real mientras la estación base, el dron de retransmisión y/o el dron de trabajo se comunican entre sí. Esta comunicación también puede ser directa y/o indirecta con los mismos o diferentes protocolos de comunicación utilizados entre la estación base, el dron de retransmisión y/o el dron de trabajo.

Además, aunque se han descrito en el presente documento varios tipos específicos de antenas, otras realizaciones pueden incluir una combinación de antenas con diferentes niveles de potencia para proporcionar una variedad de distancias de transmisión que son las más óptimas para la distancia y el tipo de datos que van a transmitirse.

La figura 4 ilustra un dron 402 de retransmisión de ejemplo que interactúa con un dron 404 de trabajo que usa antenas direccionales y omnidireccionales. En la realización ilustrada, el dron 402 de retransmisión está conectado en red con el dron 404 de trabajo y una estación 406 base. El dron 402 de retransmisión está configurado para seguir a la estación 406 base y mantener una posición por encima de la estación 406 base y dentro de una línea de visión de la estación 406 base cuando la estación 406 base está en movimiento o cuando el dron 402 de retransmisión está en movimiento. Los enlaces 426, 422, 420 de comunicación pueden ser suficientes para la transferencia de datos de alta tasa de bits, como para la retransmisión de video 4K+ de un objetivo (como la manada 424 de delfines) generada en el dron 404 de trabajo y entregada a la estación 406 base. La estación 406 base puede estar en movimiento y/o conectada a un cuerpo en movimiento tal como una embarcación en la realización ilustrada. La estación 406 base puede compartir un enlace 426 de comunicación de estación base con el dron de retransmisión donde las señales de control se envían al dron 402 de retransmisión y se recibe una señal de datos del dron 402 de retransmisión. Además de mantener una línea de visión con la estación 406 base, el dron 402 de retransmisión puede mantener una distancia establecida desde la estación 406 base y/o permanecer dentro de una línea de visión del dron 404 de trabajo.

Como se ilustra, el dron 402 de retransmisión puede incluir una unidad 410 de sistema de posicionamiento global (GPS). Aunque se utiliza una unidad 410 de GPS en la realización ilustrada, se puede utilizar cualquier tipo de unidad de ubicación capaz de determinar una ubicación en lugar de o junto con la unidad 410 de GPS, como un sensor de ubicación, altímetro, brújula, sistema de navegación inercial (INS), sensores de movimiento (como un acelerómetro), sensores de rotación (como giroscopios). Por ejemplo, una ubicación puede ser una coordenada GPS con una altitud determinada a partir de un altímetro. El dron 402 de retransmisión también puede incluir una antena 410 omnidireccional y una antena 414 direccional. El dron 404 de trabajo puede incluir una antena 416 omnidireccional y una unidad 418 de GPS. Los enlaces 420, 422 de comunicación con el dron 404 de trabajo que usa la antena 410 omnidireccional (enlace de comunicación de dron omnidireccional) y la antena 414 direccional (enlace de comunicación de dron direccional) pueden ser parte de un enlace de comunicación de dron de trabajo, presentado anteriormente y comentado más adelante.

En el dron 404 de trabajo, la unidad 410 de GPS puede determinar una ubicación para el dron de trabajo. Esa ubicación, codificada como información 420 de ubicación en una señal de ubicación, puede transmitirse a través de la antena 416 omnidireccional del dron 404 de trabajo y recibirse por la antena 410 omnidireccional del dron 402 de retransmisión. El dron 402 de retransmisión puede entonces determinar la ubicación del dron 404 de trabajo, descodificando la ubicación de la señal de ubicación, y calibrar la antena 414 direccional para apuntar al dron 404 de trabajo. El dron 402 de retransmisión puede comunicarse entonces con el dron 404 de trabajo usando la antena 414 direccional calibrada, como al recibir una señal 422 de datos de alta tasa de bits (por ejemplo, un flujo de video 4K+).

En ciertas realizaciones, la antena 410 omnidireccional se puede utilizar para comunicar información de control a la antena 416 omnidireccional del dron 404 de trabajo, como al retransmitir información de control para el dron 404 de trabajo recibida de la estación 406 base que asigna una tarea o controla un aspecto (por ejemplo, un patrón de vuelo o una operación de instrumento) del dron 404 de trabajo, mientras que la antena 414 direccional recibe la señal de datos (que puede ser de una tasa de bits más alta que la señal de control). En otras realizaciones, la antena 414 direccional también se puede utilizar para comunicar información de control con el dron 404 de trabajo.

En ciertas realizaciones, la antena 410 omnidireccional del dron 402 de retransmisión recibe la información de ubicación del dron de trabajo pero se comunica con el dron 404 de trabajo usando la antena 414 direccional.

En ciertas realizaciones, el dron 404 de trabajo puede incluir una antena direccional (no se muestra) y puede recibir información de ubicación del dron 402 de retransmisión a través de la antena 416 omnidireccional y luego calibrar una antena direccional (no se muestra) en el dron 404 de trabajo a la ubicación del dron 402 de retransmisión para

la comunicación con el dron de retransmisión, por ejemplo mediante la transmisión de una señal de datos de alta tasa de bits.

En ciertas realizaciones, el único dron 402 de retransmisión puede comunicarse con múltiples drones de trabajo y recibir información de ubicación de cada dron de trabajo en la antena 410 omnidireccional y calibrar la antena 414 direccional para apuntar a cada uno de los drones de trabajo en diferentes momentos (por ejemplo, para realizar comunicación multiplexada por división de tiempo) o calibrando diferentes antenas direccionales en cada ubicación para comunicarse con cada uno de los drones de trabajo. En ciertas realizaciones, las comunicaciones multiplexadas pueden ser ventajosas sobre las comunicaciones no multiplexadas para reducir el número de antenas (y el peso asociado) en un dron.

En ciertas realizaciones, un dron de retransmisión puede incluir al menos una antena para comunicarse con otros drones (por ejemplo, otros drones de retransmisión y/o drones de trabajo) en un lado del dron de retransmisión y al menos una antena para comunicarse con una estación base en un lado opuesto del dron de retransmisión. Por ejemplo, en la realización ilustrada, las antenas 410, 414 para comunicarse con el dron 404 de trabajo están en la parte superior del dron 402 de retransmisión, mientras que la antena 426 para comunicarse con la estación 406 base está en el lado inferior del dron 402 de retransmisión. En una realización particular, la antena 426 es una antena direccional que apunta hacia la estación 406 base. De manera ventajosa, ubicar estas diferentes antenas en diferentes lados del dron 402 de retransmisión puede reducir la interferencia entre las antenas y proporcionar más espacio para el movimiento o la rotación de la antena en comparación con la colocación de varias antenas en un mismo lugar.

Las figuras 5A y 5B ilustran un ejemplo de un dron de retransmisión que ejecuta un comando de navegación con una estación base en movimiento. El dron 402A de retransmisión de las figuras 5A y 5B es el mismo que el dron 402 de retransmisión en la figura 4 excepto en que ahora se ilustra un emisor 540 de luz y un detector 542 de luz con el dron 402A de retransmisión. La estación 406A base en las figuras 5A y 5B es la misma que la estación 406 base en la figura 4 excepto que ahora se ilustran la unidad 510 de GPS, una antena 512 y una unidad 544 reflectora para la estación 406A base. El movimiento del dron 402A de retransmisión a una posición posterior y el movimiento de la estación 406A base a una posición posterior se ilustra con una silueta de línea discontinua del dron 402A de retransmisión o la estación 406A base.

La figura 5A ilustra un ejemplo de un dron 402A de retransmisión que ejecuta un comando de navegación con una estación 406A base móvil para permanecer cerca de la estación 406A base. Como se ilustra en la figura 5A, el dron 402A de retransmisión está configurado para colocarse sobre la estación 406A base (en forma de embarcación). El dron 402A de retransmisión incluye una unidad 514 de GPS, una antena 516 omnidireccional, una antena 518 direccional orientada hacia el dron y una antena 520 direccional orientada hacia la estación base.

El dron 402A de retransmisión está en comunicación con la estación 406A base y recibe una señal de ubicación que codifica las coordenadas GPS determinadas por una unidad 510 de GPS en la estación 406 base. En respuesta a la recepción y decodificación de la señal de ubicación para determinar las coordenadas GPS, el dron 402A de retransmisión puede moverse desde una ubicación actual (que se muestra como el dron 402A de retransmisión a la derecha en la figura 5A) a una nueva ubicación (que se muestra como el dron 402A de retransmisión a la izquierda en la figura 5A) que está sustancialmente por encima de las coordenadas GPS recibidas. En consecuencia, el dron 402A de retransmisión puede permanecer sustancialmente por encima o por detrás (siguiendo) a la estación base cambiando de ubicación a medida que se mueve la estación base.

En ciertas realizaciones, el dron 402A de retransmisión puede incluir un emisor 540 de luz y un detector 542 de luz. El emisor de luz puede ser un LED o un láser. El detector de luz puede detectar la luz del emisor de luz reflejada desde la unidad 544 reflectante de la estación 406 base. El detector de luz puede ser un fotodiodo y/o un conjunto de fotodiodos. La unidad reflectante puede ser un espejo (por ejemplo, un espejo plano o un espejo curvo). El dron 402A de retransmisión puede detectar la luz reflejada desde la unidad 544 reflectante para determinar la ubicación de la estación 406A base y/o confirmar la información de ubicación recibida desde la estación 406A base.

La figura 5B ilustra un ejemplo del dron 402A de retransmisión que ejecuta un comando de navegación con una estación 406A base móvil mientras también se comunica con un dron 530 de trabajo. El dron de trabajo puede incluir una antena 550 omnidireccional de dron de trabajo y una unidad 515 de GPS. Como se presentó anteriormente, el dron 402A de retransmisión puede utilizar la antena 516 omnidireccional para recibir una señal de ubicación de dron de trabajo a través de un enlace 532 de comunicación omnidireccional de dron desde el cual el dron 402A de retransmisión puede recibir información o determinar una ubicación para el dron 530 de trabajo. El dron 402A de retransmisión puede entonces calibrar la antena 518 direccional orientada hacia el dron a la ubicación del dron 530 de trabajo y comunicarse con el dron de trabajo a través de una señal de alta tasa de bits a través de un enlace 534 de comunicación direccional de dron (por ejemplo, al recibir transmisión de contenido de video 4K+).

La estación 406 base puede transmitir una señal de control a través de un enlace 522 de comunicación de estación base para controlar el dron 530 de trabajo en comunicación con el dron 402A de retransmisión. El dron 402A de retransmisión puede entonces retransmitir la señal de control a través del enlace 534 de comunicación direccional de

## ES 2 941 804 T3

dron al dron de trabajo a través de la antena 518 direccional orientada hacia el dron (y/o a través de la antena omnidireccional a través del enlace 532 de comunicación omnidireccional de dron en otras realizaciones).

5 A medida que la estación 406A base se mueve, la estación 406A base puede transmitir una señal de control a través del enlace 522 de comunicación de estación base que incluye tanto una señal de ubicación de estación base con una ubicación actual de la estación 406 base como un comando que controla el dron 530 de trabajo. En respuesta a la recepción de la señal de control, el dron 402A de retransmisión puede moverse (como muestra la flecha en la figura 5B) hasta las inmediaciones de la ubicación actual de la estación 406A base. Además, a medida que se mueve el dron 402A de retransmisión, el dron 402A de retransmisión puede calibrar continuamente la antena 520  
10 direccional orientada hacia la estación base a la ubicación actual de la estación 406A base (en relación con la propia ubicación del dron de retransmisión determinada a partir de la unidad 514 de GPS del dron de retransmisión) y también calibrar continuamente la antena 518 direccional orientada hacia el dron a la ubicación del dron 530 de trabajo según se determina a partir de la señal de ubicación del dron de trabajo. En ciertas realizaciones, el dron 402A de retransmisión puede utilizar una antena omnidireccional (no mostrada) para comunicarse con la estación  
15 406A base a través del enlace 522 de comunicación de estación base.

En ciertas realizaciones, el dron 402A de retransmisión puede permanecer sustancialmente por encima o detrás de una estación base que se mueve a una velocidad de entre 0 y 100 kilómetros (km) por hora. Ventajosamente, el dron de retransmisión puede intercambiar una señal de alta tasa de bits con la estación base debido al menos a  
20 mantener una proximidad con la estación 406A base y/o mantener una línea de visión con la estación 406A base. En ciertas realizaciones, la distancia entre el dron 402A de retransmisión y el dron 530 de trabajo puede ser de 1-400 km, generalmente menos de 300 km, mientras que la distancia entre el dron 402A de retransmisión y la estación 406A base puede ser de alrededor de 500 metros (m). En una realización, el dron 402A de retransmisión está en una posición aérea fija con respecto a la estación 406 base a más de 300 metros de altitud. En otra realización, el  
25 dron 402A de retransmisión puede estar a una altitud mayor o a una distancia mayor de la estación 406 base de más de 400 km. Estas distancias pueden ser distancia lateral, altitud o cualquier combinación de las mismas.

En ciertas realizaciones, la antena 516 omnidireccional puede detectar señales (por ejemplo, señales de ubicación) del dron 530 de trabajo a través del enlace 532 de comunicación omnidireccional del dron. El rango de detección de  
30 la antena omnidireccional puede ser de aproximadamente 1000 km, 900 km, 800 km, 700 km, 600 km, 500 km, 400 km, 300 km, 200 km, 100 km, 50 km, 30 km, 10 km, 5 km, 3 km, 1 km, 500 m, 300 m, 100 m, 50 m, o 10 metros La distancia puede ser una distancia lateral, una altitud o cualquier combinación de las mismas.

En ciertas realizaciones, la antena 518 direccional puede recibir y enviar señales de alta tasa de bits y/o banda ancha hacia y desde el dron 530 de trabajo a través del enlace 534 de comunicación direccional del dron. El rango de detección de la antena 518 direccional calibrado a la ubicación del dron 530 de trabajo puede ser alrededor de  
35 1000 km, 900 km, 800 km, 700 km, 600 km, 500 km, 400 km, 300 km, 200 km, 100 km, 50 km, 30 km, 10 km, 5 km, 3 km, 1 km, 500 m, 300 m, 100 m, 50 m o 10 m. La distancia puede ser distancia lateral, altitud o cualquier combinación de las mismas. En ciertas realizaciones, la antena 518 direccional puede configurarse para girar o  
40 buscar señales en un área. En ciertas realizaciones, la antena direccional puede ser controlada por la estación 406 base a través de una señal de control recibida a través del enlace 522 de comunicación de estación base.

Los drones pueden cambiar los patrones de navegación o altitud, como para compensar las fluctuaciones ambientales cambiantes. Estos cambios en los patrones de navegación o altitud pueden compensarse calibrando las  
45 antenas direccionales según los cambios de patrones de navegación o altitud y/o moviendo un dron para seguir los cambios de patrones de navegación o altitud. Al rastrear el movimiento del dron durante los cambios de patrones de navegación o altitud, se puede mantener una señal fuerte mediante un enlace de comunicación a través de una antena direccional. Por ejemplo, un dron de trabajo puede cambiar su altitud en menos o igual a aproximadamente 1 centímetro (cm), 3 cm, 5 cm, 10 cm, 30 cm, 50 cm, 1 m, 3 m, 5 m o 10 m dentro de un período de tiempo, como 1  
50 segundo. En consecuencia, un dron 402A de retransmisión en comunicación con el dron 530 de trabajo, o de otra manera rastreando el dron 530 de trabajo, puede rastrear el dron 530 de trabajo moviéndose por un mismo 1 cm, 3 cm, 5 cm, 10 cm, 30 cm, 50 cm, 1 m, 3 m, 5 m o 10 m dentro de un período de tiempo, como 1 segundo. Además, o en lugar del movimiento para rastrear el dron de trabajo, el dron de retransmisión puede mover una antena direccional para rastrear el movimiento del dron de trabajo. Además, al menos una antena direccional y/o todas las  
55 antenas direccionales de un dron pueden montarse en un cardán. El cardán puede dotar a la antena direccional de una plataforma de funcionamiento estable y sin perturbaciones y puede tener libertad de rotación a lo largo de cualquier eje en tres dimensiones.

En ciertas realizaciones, un dron de trabajo puede configurarse para realizar varias tareas, como entregar una carga útil o una carga a una ubicación, grabar en video actividades dentro de una ubicación o grabar en video un objeto en  
60 movimiento (como animales en migración). Cuando el dron de trabajo está realizando una tarea que rastrea un objeto en movimiento, el dron 530 de trabajo puede moverse para mantener una distancia u orientación relativa al objeto en movimiento.

65 En ciertas realizaciones, el dron 402A de retransmisión puede mantener una distancia lejos de una estación 406A base, como flotando sobre la estación 406A base. El dron 402A de retransmisión puede flotar directamente sobre la

estación 406A base o, como en una realización con un dron de ala fija, flotar dando vueltas alrededor de una estación 406A base. La distancia que un dron 402A de retransmisión puede mantener desde una estación 406A base puede ser menor o igual a aproximadamente 10 cm, 30 cm, 50 cm, 1 m, 3 m, 5 m, 10 m, 30 m, 50 m, 100 m, 300 m, 500 m, 1 km, 3 km, 5 km o 10 km. En ciertas realizaciones, un dron de ala fija puede ser preferible a un dron de múltiples helicópteros para aplicaciones que requieren un tiempo operativo más largo o una mayor distancia recorrida por el dron.

La figura 6 ilustra un ejemplo de un dron 602 de retransmisión que interactúa con una estación 606 base portátil. El dron 602 de retransmisión puede comunicarse con la estación 606 base portátil a través de un enlace 610 de comunicación de estación base. La estación base portátil puede ser cualquier tipo de dispositivo portátil capaz de comunicación con el dron 602 de retransmisión y puede tener la forma de una tableta o un teléfono inteligente. En la realización ilustrada, el enlace 610 de comunicación de estación base es inalámbrico. En ciertas realizaciones, el enlace 610 de comunicación de estación base puede ser un enlace inalámbrico Wi-Fi o Bluetooth o puede establecerse usando antenas direccionales y/u omnidireccionales.

El dron 602 de retransmisión puede configurarse para mantener una línea de visión con la estación 606 base. Por ejemplo, el dron 602 de retransmisión puede configurarse para permanecer dentro de una distancia establecida desde la estación 606 base, como dentro de una distancia umbral por encima de la estación 606 base. El dron 602 de retransmisión puede configurarse para recibir una señal de ubicación del dron de trabajo desde un dron 604 de trabajo en la antena 612 omnidireccional del dron de retransmisión del dron 602 de retransmisión. La señal de ubicación del dron de trabajo puede generarse desde una unidad 614 de GPS en el dron 604 de trabajo y se transmite desde el dron 604 de trabajo a través de un enlace 618 de comunicación omnidireccional de dron desde una antena 616 omnidireccional de dron de trabajo en el dron 604 de trabajo a la antena 612 omnidireccional en el dron 602 de retransmisión. En ciertas realizaciones, la antena omnidireccional (tal como las antenas 612, 616 omnidireccionales en el dron 602 de retransmisión o el dron 604 de trabajo utilizado para la transmisión o recepción de una señal de ubicación para el dron 604 de trabajo o el dron 602 de retransmisión) puede reemplazarse con una antena direccional que realiza un barrido de un área en particular, por ejemplo, girando 360 grados de rotación en uno o dos ejes.

El dron 602 de retransmisión puede decodificar la ubicación del dron de trabajo a partir de la señal de ubicación del dron de trabajo y calibrar una antena 622 direccional del dron de retransmisión en el dron 602 de retransmisión a la ubicación del dron de trabajo para comunicarse con el dron 604 de trabajo y establecer un enlace 620 de comunicación direccional del dron de trabajo. La antena 622 direccional del dron de retransmisión puede girar alrededor de un eje de cabeceo mientras que el dron de retransmisión al completo puede girar alrededor de un eje de guiñada. En ciertas realizaciones, la antena 622 direccional del dron de retransmisión puede girar alrededor de un eje horizontal, mientras que el dron 602 de retransmisión al completo puede girar alrededor de un eje vertical.

El dron 602 de retransmisión puede incluir una brújula 632 y un sistema 634 de navegación inercial (INS). El INS 634 puede incluir sensores de movimiento y rotación. Los sensores de movimiento pueden ser acelerómetros y los sensores de rotación pueden ser giroscopios.

En ciertas realizaciones, la distancia entre el dron 602 de retransmisión y el dron 604 de trabajo puede ser de 1-400 km, normalmente menos de 300 km, mientras que la distancia entre el dron 602 de retransmisión y la estación 606 base puede ser de unos 500 metros. En una realización, el dron 602 de retransmisión está en una posición aérea fija por encima de la estación 606 base a más de 300 metros de altitud. En otra realización, el dron 602 de retransmisión puede estar a una altitud mayor o a una distancia mayor de la estación 606 base, por ejemplo, de más de 400 km. Estas distancias pueden ser distancia lateral, altitud o cualquier combinación de las mismas.

El dron 604 de trabajo puede configurarse para varias tareas según lo dicte la estación 606 base. Por ejemplo, el dron de trabajo puede tener la tarea de entregar carga a una ubicación de un objetivo 630 o monitorear el objetivo 630 mediante el registro de datos sensoriales (por ejemplo, datos de video) del objetivo 630. La carga puede almacenarse fuera del chasis del dron 604 de trabajo o puede almacenarse internamente dentro del dron 604 de trabajo.

La figura 7 ilustra un ejemplo del dron de retransmisión de la figura 6 con una línea física que conecta el dron 602 de retransmisión a la estación 606 base. La figura 7 es igual a la figura 6 excepto que el enlace 610 de comunicación de estación base de la figura 6 es un enlace 702 de comunicación de estación base por cable en la figura 7. El enlace 702 de comunicación de la estación base por cable puede ser una conexión física, como un cable. En ciertas realizaciones, el enlace 702 de comunicación de estación base por cable también puede suministrar energía al dron 602 de retransmisión. En ciertas realizaciones, el enlace 702 de comunicación de estación base por cable puede usarse en lugar de cualquier comunicación inalámbrica entre la estación 606 base y el dron 602 de retransmisión.

En ciertas realizaciones, el dron de retransmisión puede no moverse debido a la autopropulsión, pero puede depender de la fricción del aire para ser propulsado, como en forma de planeador o cometa tirados por una estación base.

La figura 8 ilustra un ejemplo de un dron 602A de retransmisión que interactúa con múltiples drones 604A, 604B de trabajo. El dron 602 de retransmisión de las figuras 6 y 7 es el mismo que el dron 602A de retransmisión de la figura 8 excepto que el dron 602A de retransmisión incluye múltiples antenas 602A, 62213 direccionales de dron de retransmisión. El dron 602A de retransmisión está configurado para recibir señales de ubicación de dron de trabajo desde diferentes enlaces 618A, 618B de comunicación omnidireccional de dron desde múltiples drones 604A, 604B de trabajo. El dron 602A de retransmisión también está configurado para calibrar diferentes antenas 622A, 622B direccionales de dron de retransmisión, para establecer múltiples enlaces 620A, 620B de comunicación direccional de dron de retransmisión para cada dron 604A, 604B de trabajo.

Cada señal de ubicación de dron de trabajo puede generarse desde una unidad 614A, 614B de GPS en cada dron 604 A, 604B de trabajo y transmitirse desde cada dron 604 A, 604B de trabajo a través del enlace 618A, 618B de comunicación omnidireccional de dron desde cada antena 616A, 616B omnidireccional de dron de trabajo en los drones 604A, 604B de trabajo. Además, cada dron 604 A, 604B de trabajo puede configurarse para varias tareas según lo dicte la estación 606 base. Por ejemplo, cada dron 604 A, 604B de trabajo puede tener la tarea de entregar carga 802A, 802B desplegable desde cada dron 604 A, 604B de trabajo a un ubicación de diferentes objetivos 630A, 630B o para monitorear diferentes objetivos 630A, 630B mediante el registro de datos sensoriales (por ejemplo, datos de video) de cada objetivo 630A, 63013. En la realización ilustrada de la figura 8, la carga 802A, 80213 es externa al chasis de cada dron 604A, 604B de trabajo. En ciertas realizaciones, los drones 604A, 60413 de trabajo también pueden recuperar (por ejemplo, recoger) carga de las proximidades de los objetivos 630A, 630B para entregarla en las inmediaciones de la estación 606 base.

En consecuencia, la estación 606 base puede enviar una señal de control a un único dron 602A de retransmisión para el control de múltiples drones 604 A, 604B de trabajo y/o recibir señales de datos de múltiples drones 604 A, 604B de trabajo a través del único dron 602A de retransmisión.

La figura 9 ilustra un ejemplo de un dron 902 de retransmisión que rastrea un dron 904 de trabajo a lo largo de un eje de guiñada desde una vista desde arriba. El movimiento del dron 902 de retransmisión a lo largo del eje de guiñada se ilustra con la orientación posterior del dron 902 de retransmisión ilustrada con una silueta de línea discontinua.

El dron 904 de trabajo puede incluir un procesador 916, una unidad 918 de ubicación (como un GPS y/o un altímetro o barómetro) y una antena 920 omnidireccional. La unidad 918 de ubicación puede generar información de ubicación señalando una ubicación actual del dron 904 de trabajo. El procesador puede codificar la información de ubicación y enviar la información de ubicación como una señal de ubicación desde el dron 904 de trabajo usando la antena 920 omnidireccional a través del enlace 914 de comunicación omnidireccional del dron. La información de ubicación puede actualizarse a medida que el dron 904 de trabajo se mueve y la información de ubicación puede enviarse desde el dron 904 de trabajo para ubicaciones actualizadas del dron 904 de trabajo a medida que el dron 904 de trabajo se mueve cambiando de ubicación a lo largo del tiempo.

El dron 902 de retransmisión puede incluir un procesador 912, unidad 922 de ubicación, brújula 924, INS 926 y antena 910 omnidireccional del dron de retransmisión. La antena 910 omnidireccional del dron de retransmisión puede recibir la información de ubicación del dron 904 de trabajo a través del enlace 914 de comunicación omnidireccional del dron. El procesador 912 en el dron 902 de retransmisión puede configurarse para calcular una posición del dron 904 de trabajo en función de la señal de ubicación del dron de trabajo recibida. El procesador 921 también puede configurarse para calcular una diferencia entre la orientación actual del dron 902 de retransmisión y una posible orientación del dron de retransmisión que rastrea el movimiento del dron 904 de trabajo. El procesador 912 en el dron de retransmisión puede configurar el dron 902 de retransmisión para girar alrededor del eje de guiñada para rastrear el movimiento del dron de trabajo a lo largo del eje de guiñada según la posible orientación del dron 902 de retransmisión. El procesador puede utilizar información generada por la unidad 922 de ubicación, la brújula 924 y el INS 926 para configurar el dron de retransmisión para que gire alrededor del eje de guiñada. Por ejemplo, la brújula 924, como un magnetómetro digital triaxial, y/o el INS 926 pueden proporcionar una posición y orientación aproximadas del dron 902 de retransmisión usando un giroscopio triaxial y un acelerómetro triaxial. La posición y orientación aproximadas proporcionadas por el INS 926 puede compararse con la posición y orientación absolutas proporcionadas por la unidad 922 de ubicación y utilizarse por el proceso para ejecutar una secuencia de control para el movimiento del dron 902 de retransmisión. La rotación alrededor del eje de guiñada se indica con flechas 930 de dos puntas. A medida que el dron de trabajo envía información de ubicación actualizada para reflejar el movimiento del dron de trabajo, el dron de retransmisión puede recibir la información de ubicación actualizada y seguir girando a lo largo del eje de guiñada para rastrear el movimiento del dron de trabajo. En ciertas realizaciones, el dron 902 de retransmisión puede tener múltiples antenas direccionales (como las que se muestran en la figura 8) para establecer un enlace de comunicación direccional del dron con múltiples drones de trabajo.

La figura 10 ilustra un ejemplo del dron 902 de retransmisión que rastrea al dron 904 de trabajo a lo largo de un eje de cabeceo desde una vista lateral. El movimiento del dron 902 de retransmisión y la antena 1002 direccional del dron de retransmisión a lo largo del eje de cabeceo se ilustra con una silueta de línea discontinua.

A medida que el dron 904 de trabajo cambia de elevación, o se mueve de otro modo a lo largo del eje de cabeceo del dron 902 de retransmisión, la antena 1002 direccional del dron de retransmisión en el dron 902 de retransmisión que rastrea al dron 904 de trabajo puede moverse (por ejemplo, inclinarse) a lo largo del eje de cabeceo del dron 902 de retransmisión. Este movimiento de la antena 1002 direccional del dron de retransmisión se puede realizar para mantener un enlace 1004 de comunicación direccional del dron sin movimiento de otras partes del dron 902 de retransmisión. El movimiento de la antena 1002 direccional del dron de retransmisión se puede realizar controlando un árbol en el que se monta la antena 1002 direccional del dron de retransmisión. El control del árbol puede ser realizado por un controlador PID (proporcional-integral-derivativo). En ciertas realizaciones, la antena direccional también puede montarse en una serie de árboles (como un árbol cerámico de una cerámica mecanizable con resistencia a la intemperie y cambios térmicos) con un motor paso a paso. El motor puede ser un motor piezoeléctrico con un codificador óptico.

Alternativa o adicionalmente, la antena 1002 direccional se puede estabilizar en un cardán, tal como un cardán de 1 eje, un cardán de 2 ejes o un cardán de 3 ejes.

En ciertas realizaciones, el dron 904 de trabajo puede estar a 300 km del dron 902 de retransmisión. El dron 902 de retransmisión también puede tener una altitud de al menos 500 metros para lograr una línea de visión con el dron 904 de trabajo. En ciertas realizaciones, el dron 902 de retransmisión y/o el dron 904 de trabajo puede ser un dron de larga distancia que tenga alas fijas capaz de funcionar de forma continua durante 6-10 horas.

La figura 11 es un diagrama 1100 de bloques de sistemas de ejemplo utilizados en un sistema de drones de retransmisión. El diagrama 1100 de bloques incluye al menos una estación 1106 base en comunicación con al menos un dron 1102 de retransmisión y al menos un dron 1104 de trabajo. El sistema de las estaciones 1106 base, los drones 1102 de retransmisión y los drones 1104 de trabajo puede denominarse res de drones de retransmisión. Opcionalmente, los nodos de la red de drones de retransmisión pueden interactuar externamente con un 1110 sistema de red y un centro 1130 de comandos sobre una red 1132, como Internet, LTE, red celular o cualquier red de comunicación conocida. En la realización ilustrada de la figura 11, cada uno de la estación 1106 base, el dron 1102 de retransmisión y el dron 1104 de trabajo se ilustran con recuadros en retroceso para señalar que puede haber múltiples estaciones 1106 base, drones 1102 de retransmisión y/o drones 1104 de trabajo conectados en red y funcionando en conjunto.

Un ejemplo contemplado de un centro 1130 de comandos es un cuartel general de policía ubicado estacionariamente en una ciudad distante. Por lo general, el cuartel general de la policía no podría comunicarse directamente en tiempo real con el dron 1104 de trabajo y/o el dron 1102 de retransmisión. A través de las realizaciones contempladas descritas en el presente documento, el cuartel general de policía ahora puede recibir y enviar datos, incluidos comandos, al dron 1104 de trabajo y/o el dron 1102 de retransmisión en tiempo real.

El dron 1102 de retransmisión puede estar en comunicación con al menos un dron 1104 de trabajo, al menos una estación 1106 base y/o con otros drones 1102 de retransmisión. Además, el dron 1102 de retransmisión y/o el dron 1104 de trabajo pueden estar opcionalmente en comunicación con el sistema 1110 de red o el centro 1130 de comandos (por ejemplo, a través de una red 1132, como Internet, LTE, red celular, cualquier red de comunicación conocida, o a través de un sistema intermedio). El sistema 1110 de red, el centro 1130 de comandos y/o la estación 1106 base pueden determinar la información de control del dron de trabajo, codificada en una señal de control del dron de trabajo, que describe una o más tareas para que las realice el dron 1104 de trabajo (como la entrega de carga útil). El sistema 1110 de red, el centro 1130 de comandos y/o la estación 1106 base también pueden determinar la información de control del dron de retransmisión, codificada en una señal de control del dron de retransmisión, que describe una o más tareas (como un patrón de navegación) para que las realice el dron 1102 de retransmisión.

El sistema 1110 de red y/o la estación 1106 base pueden incluir un motor 1112A, 1112B de determinación de trabajo que puede recibir u obtener información que describe trabajos o tareas y determinar información de tareas. En ciertas realizaciones, el motor de determinación de trabajo puede incluir un repositorio, como un almacén de datos, que incluye varios trabajos o tareas que puede realizar un dron 1102 de retransmisión o un dron 1104 de trabajo, junto con metadatos asociados para los trabajos o tareas.

El motor 1112A, 1112B de determinación de trabajo puede comunicarse con el motor de aplicación para generar interfaces de usuario interactivas (por ejemplo, páginas web que una estación base va a representar) para su presentación en una estación base (por ejemplo, en la interfaz de usuario de la estación base). A través de la interfaz de usuario, un usuario de la estación base puede asignar tareas al dron 1102 de retransmisión y/o al dron 1104 de trabajo y proporcionar información, como parámetros, asociada con la tarea.

En ciertas realizaciones, una estación 1106 base no se comunica con el sistema 1110 de red y utiliza un motor 1112B de determinación de trabajo localmente en lugar de un motor 1112A de determinación de trabajo remoto alojado en el sistema de red para generar una señal de control.

Por ejemplo, un usuario, a través de la interfaz de usuario del motor de aplicación en la estación 1106 base, puede asignar una tarea a un dron 1104 de trabajo en relación con una propiedad o ubicación específica. El usuario también puede incluir información o parámetros para la realización de la tarea, como los límites de la propiedad de la ubicación para la carga útil o la entrega de la carga (o hacer referencia a una base de datos o sistema que almacene o pueda acceder a la información de los límites de la propiedad), imágenes geo-rectificadas (por ejemplo, imágenes satelitales) de la ubicación, etc.

El motor 1114 de aplicación puede procesar la información del trabajo y generar señales de control que pueden enviarse al dron de retransmisión como comandos que realizan tareas para el dron 1102 de retransmisión y/o el dron 1104 de trabajo. Por ejemplo, la señal de control puede codificar información de control que especifica qué dron 1104 de trabajo realizará una tarea o qué dron 1102 de retransmisión transmitirá una señal de control a un dron 1104 de trabajo. La información de control también puede incluir una trayectoria de navegación para el dron 1102 de retransmisión y/o el dron 1104 de trabajo. Por ejemplo, la información de control puede ordenar que el dron 1104 de trabajo navegue según un patrón en zigzag basado en una altitud segura seleccionada en la estación 1106 base. Esto puede basarse en la distancia focal particular, la resolución del sensor, etc., de una cámara incluida en el dron 1104 de trabajo, de modo que la distancia entre cada pata del patrón en zig-zag debe estar a una distancia particular para que no haya orificios en la cobertura de la cámara de una ubicación de un objetivo.

El dron 1102 de retransmisión puede recibir la señal de control de la estación 1106 base a través de un enlace 1118 de comunicación de estación base, comentado anteriormente. Este enlace 1118 de comunicación de estación base puede ser a través de una conexión inalámbrica o por cable, y puede efectuarse utilizando todas las antenas direccionales, todas las antenas omnidireccionales o una combinación de antenas omnidireccionales y direccionales. La señal de control puede incluir información de control del dron 1102 de retransmisión que controla un aspecto del dron 1102 de retransmisión o encarga al dron 1102 de retransmisión realizar una tarea, como permanecer a una distancia y/o una línea de visión de la estación 1106 base.

El dron 1102 de retransmisión puede incluir un motor 1120 de aplicación de dron de retransmisión que puede configurar el dron de retransmisión para ejecutar la tarea identificable a partir de la señal de control del dron de retransmisión. Al ejecutar la tarea, el dron 1102 de retransmisión puede ascender a la altitud segura (por ejemplo, identificada en la información de control del dron de retransmisión) y mantener una ubicación relativa a la estación 1106 base. La señal de control del dron de retransmisión también puede incluir una señal de control de dron de trabajo, donde el dron 1102 de retransmisión se puede configurar para pasar la información de control del dron de trabajo al dron 1104 de trabajo a través de un enlace 1124 de comunicación de dron de trabajo (que puede incluir un enlace de comunicación omnidireccional de dron y un enlace de comunicación direccional de dron, como se presentó anteriormente).

El dron 1102 de retransmisión puede incluir un motor 1112 de control de navegación que puede gestionar los mecanismos de propulsión (por ejemplo, motores, rotores, hélices, etc.) incluidos en el dron 1102 de retransmisión para efectuar la tarea identificada en la información de control del dron de retransmisión. Opcionalmente, el motor de aplicación de dron 102 de retransmisión puede proporcionar comandos (por ejemplo, comandos de alto nivel) al motor 1112 de control de navegación, que puede interpretar o anular la información de control de dron de retransmisión de la señal de control de dron de retransmisión. Por ejemplo, el motor 1120 de aplicación del dron de retransmisión puede indicar que el dron 1102 de retransmisión debe descender en una ubicación debido a que el dron 1102 de retransmisión está dañado, y el motor 1122 de control de navegación puede garantizar que el dron 1102 de retransmisión descienda en una dirección sustancialmente vertical.

El dron 1102 de trabajo puede incluir un motor 1120 de aplicación de dron de trabajo que puede configurar el dron de trabajo para ejecutar la tarea identificada en la información de control del dron de trabajo recibida a través del enlace 1124 de comunicación del dron de trabajo. Al ejecutar la tarea, el dron 1102 de retransmisión puede ascender al altitud segura (por ejemplo, identificada en la información de control del dron de trabajo), mantener una ubicación relativa al dron 1102 de retransmisión y activar una carga útil (por ejemplo, sensores incluidos en el dron 1104 de trabajo para obtener información del mundo real que describe un área objetivo).

El dron 1104 de trabajo puede incluir un motor 1126 de control de navegación que puede gestionar los mecanismos de propulsión (por ejemplo, motores, rotores, hélices, etc.) incluidos en el dron 1126 de trabajo para realizar la tarea identificada en la información de control del dron de trabajo. Opcionalmente, el motor 1128 de aplicación del dron de trabajo puede proporcionar comandos (por ejemplo, comandos de alto nivel) al motor 1126 de control de navegación, que pueden interpretar o anular la información de control del dron de trabajo. Por ejemplo, el motor 1128 de aplicación del dron de trabajo puede indicar que el dron 1126 de trabajo debe descender en una ubicación debido a que el dron 1104 de trabajo está dañado, y el motor 1126 de control de navegación puede garantizar que el dron 1104 de trabajo descienda en una dirección sustancialmente vertical.

Después de ejecutar, o como parte de la ejecución de la tarea detallada en la información de control del dron de trabajo, el dron 1104 de trabajo puede enviar una señal de datos para que el dron 1102 de retransmisión la retransmita a la estación 1106 base. Este proceso puede ser iterativo, como cuando la estación 1106 base envía información adicional de control del dron de trabajo al dron 1104 de trabajo, retransmitida a través del dron 1104 de

retransmisión, después de recibir la señal de datos. Por ejemplo, el dron 1104 de trabajo puede proporcionar información del sensor para la estación 1106 base. La estación 1106 base puede combinar la información del sensor recibida (por ejemplo, unir imágenes, generar un modelo 3D de la propiedad, etc.). Basándose en la información del sensor recibida combinada, la estación base puede enviar información actualizada de control del dron de trabajo al dron 1104 de trabajo, a través del dron 1102 de retransmisión, para una inspección más detallada de un área identificada en la información del sensor.

Opcionalmente, el dron 1104 de trabajo y/o el dron 1102 de retransmisión pueden estar en comunicación con un centro 1130 de comandos a través de la red 1132. El centro 1130 de comandos puede enviar directamente información de control del dron de trabajo a un dron de trabajo y/o dron de retransmisión o información de control de dron de retransmisión a un dron de retransmisión que anula la información de control enviada desde una estación 1106 base.

La figura 12 es un diagrama de flujo de un proceso 1200 de ejemplo para el funcionamiento de un dron de retransmisión. El proceso 1200 puede ser realizado por un dron de retransmisión, que puede utilizar uno o más ordenadores o procesadores.

El dron de retransmisión puede obtener una señal de control de dron de retransmisión (bloque 1202) desde una estación base. La señal de control del dron de retransmisión puede recibirse a través de un enlace de comunicación de la estación base con la estación base.

El dron de retransmisión puede ejecutar el comando desde la señal de control del dron de retransmisión (bloque 1204). Como se describió anteriormente, la señal de control del dron de retransmisión puede controlar el dron de retransmisión para realizar una tarea. Por ejemplo, la señal de control del dron de retransmisión puede instruir al dron de retransmisión para que realice una tarea de navegación, como permanecer dentro de una cierta distancia de la estación base, permanecer dentro de una trayectoria con una línea de visión de una estación base o asumir un patrón de espera alrededor de una estación base. En determinadas realizaciones, la señal de control del dron de retransmisión puede instruir al dron de retransmisión que permanezca a una distancia de la estación base y dentro de la línea de visión de la estación base, incluso cuando la estación base está en movimiento.

El dron de retransmisión puede obtener una señal de control de dron de trabajo (bloque 1206). La señal de control del dron de trabajo puede incluir una designación de un dron de trabajo para que se transmita la señal de control del dron de trabajo. La señal de control del dron de trabajo puede incluir un comando para el dron de trabajo y/o instruir al dron de trabajo para que realice una tarea.

El dron de retransmisión puede retransmitir la señal de control del dron de trabajo para el dron de trabajo (bloque 1208). La señal de control del dron de trabajo también puede incluir un comando al dron de retransmisión para que transmita la señal de control del dron de trabajo al dron de trabajo adecuado (por ejemplo, mediante el establecimiento de parámetros para la retransmisión, como el momento en que se transmitirá la señal de control del dron de trabajo). En ciertas realizaciones, el dron de retransmisión puede retransmitir automáticamente la señal de control del dron de trabajo al dron de trabajo apropiado en respuesta a la recepción de la señal de control del dron de trabajo sin requerir un componente adicional en la señal de control del dron de trabajo dirigida al dron de retransmisión. El dron de retransmisión puede transmitir la señal de control del dron de trabajo directamente al dron de trabajo a través de un enlace de comunicación de dron de trabajo establecido entre el dron de trabajo y el dron de retransmisión.

En ciertas realizaciones, el dron de retransmisión puede transmitir indirectamente la señal de control del dron de trabajo al dron de trabajo a través de al menos otro dron de retransmisión. En esta situación, el dron de retransmisión puede enviar la señal de control del dron de trabajo al otro dron de retransmisión a través de un enlace de comunicación de dron de retransmisión entre drones de retransmisión.

El dron de retransmisión puede recibir una señal de datos de dron de trabajo generada por un dron de trabajo (bloque 1210). La señal de datos del dron de trabajo puede ser generada por el dron de trabajo en respuesta a la recepción de la señal de control del dron de trabajo. La señal de datos del dron de trabajo puede incluir datos y/o retroalimentación del dron de trabajo para una estación base designada. La señal de datos del dron de trabajo se puede recibir a través de un enlace de comunicación de dron de trabajo si el dron de retransmisión está en comunicación directa con el dron de trabajo, o se puede recibir a través de un enlace de comunicación de dron si el dron de retransmisión está en comunicación indirecta con el dron de trabajo a través de otro dron de retransmisión.

El dron de retransmisión puede enviar la señal de datos del dron de trabajo (bloque 1212). La señal de datos del dron de trabajo puede incluir un comando al dron de retransmisión para que transmita la señal de datos del dron de trabajo a la estación base adecuada (por ejemplo, mediante el establecimiento de parámetros para la retransmisión, como el momento en que se retransmitirá la señal de datos del dron de trabajo). En ciertas realizaciones, el dron de retransmisión puede retransmitir automáticamente la señal de datos del dron de trabajo a la estación base apropiada en respuesta a la recepción de la señal de datos del dron de trabajo sin requerir un componente adicional en la señal de datos dirigido al dron de retransmisión. Si el dron de retransmisión está en comunicación directa con la estación

base, el dron de retransmisión puede transmitir la señal de datos del dron de trabajo directamente a la estación base a través de un enlace de comunicación de estación base establecido entre el dron de trabajo y la estación base.

5 En ciertas realizaciones, el dron de retransmisión puede transmitir indirectamente la señal de datos del dron de trabajo a la estación base a través de al menos otro dron de retransmisión. En esta situación, el dron de retransmisión puede enviar la señal de datos del dron de trabajo al otro dron de retransmisión a través de un enlace de comunicación de dron de retransmisión entre drones de retransmisión para su transmisión a la estación base.

10 La figura 13 es un diagrama de flujo de un proceso de ejemplo para establecer un enlace de comunicación de drones de trabajo. El proceso 1300 puede ser realizado por un dron de retransmisión, que puede utilizar uno o más ordenadores o procesadores.

15 El dron de retransmisión puede obtener una ubicación de dron de trabajo (bloque 1202) a partir de un dron de trabajo. La ubicación del dron de trabajo puede ser una ubicación de un dron de trabajo y/o una ubicación de la antena de un dron de trabajo desde la que se puede establecer el enlace de comunicación del dron de trabajo. La ubicación del dron de trabajo puede transmitirse en un momento determinado o periódicamente desde un dron de trabajo. En consecuencia, la ubicación del dron de trabajo puede actualizarse periódicamente para reflejar cómo una estación base permanece en el mismo lugar a lo largo del tiempo o se mueve a lo largo del tiempo. La ubicación del dron de trabajo se puede transmitir a través de una antena omnidireccional de dron de trabajo o a través de una  
20 antena direccional de dron de trabajo, por ejemplo, a través de una antena direccional de dron de trabajo dirigida a la ubicación del dron de retransmisión o una antena direccional de dron de trabajo en un movimiento de barrido que abarca una área amplia que incluye el dron de retransmisión.

25 El dron de retransmisión puede calibrar una antena direccional del dron de retransmisión en el dron de retransmisión a la ubicación del dron de trabajo (bloque 1302). El dron de retransmisión puede designar una antena direccional de dron de retransmisión para un solo dron de trabajo o puede compartir una antena direccional de dron de retransmisión entre muchos drones de trabajo (por ejemplo, realizando multiplexación basada en tiempo o código).

30 El dron de retransmisión puede establecer un enlace de comunicación de dron de trabajo con el dron de trabajo (bloque 1306).

35 El enlace de comunicación del dron de trabajo se puede establecer con el dron de trabajo inicializando primero un apretón de manos de comunicación con el dron de trabajo para que el dron de trabajo inicialice o acepte la comunicación con el dron de retransmisión. Después del apretón de manos, el dron de retransmisión puede comunicarse con el dron de trabajo a través de la antena direccional del dron de retransmisión. La comunicación puede ocurrir haciendo que el dron de retransmisión transmita datos o señales y/o reciba datos o señales del dron de trabajo usando la antena direccional del dron de retransmisión. Los datos o señales transferidos pueden incluir una señal de control de dron de trabajo y/o una señal de datos de dron de trabajo.

40 En ciertas realizaciones, el apretón de manos incluye transmitir una ubicación de dron de retransmisión al dron de trabajo y tener una antena direccional en el dron de trabajo calibrada para apuntar a la ubicación del dron de retransmisión. Después del apretón de manos, el enlace de comunicación del dron de trabajo puede establecerse comunicándose con el dron de retransmisión a través de una antena direccional del dron de retransmisión.

45 La figura 14 es un diagrama de flujo de un proceso de ejemplo para establecer un enlace de comunicación de estación base. El proceso 1400 puede ser realizado por un dron de retransmisión, que puede utilizar uno o más ordenadores o procesadores.

50 El dron de retransmisión puede obtener una ubicación de estación base (bloque 1402). La ubicación de la estación base puede obtenerse de la estación base, obtenerse a través de sensores accesibles al dron de retransmisión o puede estar predeterminada y almacenarse en un almacén de datos accesible al dron de retransmisión. La ubicación de la estación base puede ser una ubicación de una estación base y/o una ubicación de la antena de una estación base desde la cual se puede establecer el enlace de comunicación de la estación base. La ubicación de la estación base puede determinarse o actualizarse periódicamente, por ejemplo, actualizando sensores accesibles al dron de retransmisión o transmitirse periódicamente desde la estación base. En consecuencia, la ubicación de la estación base puede actualizarse periódicamente para reflejar cómo una estación base permanece en el mismo lugar a lo largo del tiempo o se mueve a lo largo del tiempo.

60 Cuando se recibe y no se detecta, la ubicación de la estación base se puede recibir de forma inalámbrica a través de una antena omnidireccional o una antena direccional en el dron de retransmisión, como a través de una antena direccional de dron de retransmisión dirigida a la ubicación de la estación base o una antena direccional de dron de retransmisión en un movimiento de barrido que abarca un área amplia que incluye la estación base.

65 La ubicación de la estación base se puede enviar de forma inalámbrica desde la estación base a través de una antena omnidireccional o una antena direccional en la estación base, como a través de una antena direccional de la

estación base dirigida a la ubicación del dron de retransmisión o una antena direccional de la estación base en un movimiento de barrido que abarca un área amplia que incluye el dron de retransmisión.

5 En ciertas realizaciones, la ubicación de la estación base puede recibirse a través de un cable físico conectado con la estación base. La ubicación de la estación base puede codificarse como parte de una señal de control del dron de retransmisión recibida en el dron de retransmisión desde la estación base.

10 Opcionalmente, como se indica con líneas de puntos, el dron de retransmisión puede ejecutar un protocolo de navegación en respuesta a la recepción de la ubicación de una estación base (bloque 1404). Por ejemplo, en función de la ubicación de la estación base, el dron de retransmisión puede ejecutar un protocolo de navegación que hace que el dron de retransmisión permanezca cerca de la estación base o se mueva a lo largo de una trayectoria con una línea de visión directa con la estación base. En ciertas realizaciones, el dron de retransmisión puede haber recibido una señal de control de la estación base que configura el dron de retransmisión para (o estar preprogramado sin recibir primero la señal de control para) permanecer cerca de la estación base o moverse a lo largo de una trayectoria con una línea de visión directa con la estación base

15 El dron de retransmisión puede calibrar una antena en el dron de retransmisión para comunicarse con la estación base (bloque 1406). La antena se puede calibrar adoptando un protocolo de comunicación específico para comunicarse con la estación base, por ejemplo, adoptando un protocolo de codificación de datos específico para la comunicación con la estación base y/o calibrando una antena direccional orientada hacia la estación base para que apunte directamente a la ubicación de la estación base. En ciertas realizaciones, el dron de retransmisión puede designar una antena direccional para una sola estación base o puede compartir una antena direccional entre muchas estaciones base (por ejemplo, realizando multiplexación basada en tiempo o código).

25 El dron de retransmisión puede establecer un enlace de comunicación de estación base con la estación base (bloque 1408). El enlace de comunicación del dron de retransmisión se puede establecer con la estación base inicializando un apretón de manos de comunicación con la estación base para que la estación base inicialice, o acepte, la comunicación con el dron de retransmisión. Después del apretón de manos, el dron de retransmisión puede comunicarse con la estación base a través del protocolo de comunicación específico para comunicarse con la estación base. La comunicación puede tener lugar haciendo que el dron de retransmisión transmita datos o señales y/o reciba datos o señales de la estación base utilizando la antena direccional del dron de retransmisión. Los datos o señales transferidos pueden incluir una señal de control de dron de retransmisión y/o una señal de datos de dron de trabajo.

35 En ciertas realizaciones, el apretón de manos incluye transmitir una ubicación de dron de retransmisión a la estación base para que una antena direccional en la estación base se calibre y apunte a la ubicación del dron de retransmisión. Después del apretón de manos, el enlace de comunicación de la estación base puede establecerse comunicándose con el dron de retransmisión a través de una antena direccional de la estación base.

40 La figura 15 es un diagrama de flujo de un proceso de ejemplo para establecer un enlace de comunicación de drones de retransmisión. El proceso 1500 puede ser realizado por un dron de retransmisión, que puede utilizar uno o más ordenadores o procesadores.

45 El dron de retransmisión puede obtener una ubicación de dron de retransmisión secundario (bloque 1502) para un dron de retransmisión secundario. El dron de retransmisión secundario es un dron de retransmisión remoto con el que el dron de retransmisión está configurado para establecer comunicación. La ubicación del dron de retransmisión secundario puede ser una ubicación del dron de retransmisión secundario y/o una ubicación de la antena del dron de retransmisión secundario desde la que se puede establecer el enlace de comunicación del dron de retransmisión. La ubicación del dron de retransmisión secundario puede detectarse a través de sensores accesibles al dron de retransmisión y/o transmitirse en un momento particular o periódicamente desde el dron de retransmisión secundario. Alternativamente, la ubicación del dron de retransmisión secundario puede transmitirse desde una estación base o desde cualquier fuente accesible al dron de retransmisión a través de una red. En ciertas realizaciones, la ubicación del dron de retransmisión secundario se puede codificar como parte de una señal de control del dron de retransmisión recibida desde la estación base.

55 La ubicación del dron de retransmisión secundario se puede recibir de forma inalámbrica a través de una antena omnidireccional o una antena direccional en el dron de retransmisión, como a través de una antena direccional del dron de retransmisión dirigida a la ubicación del dron de retransmisión secundario o una antena direccional del dron de retransmisión en un movimiento de barrido que abarca un área que incluye el dron de retransmisión secundario.

60 La ubicación del dron de retransmisión secundario se puede enviar de forma inalámbrica desde el dron de retransmisión secundario a través de una antena omnidireccional o una antena direccional en el dron de retransmisión secundario, como a través de una antena direccional del dron de retransmisión secundario dirigida a la ubicación del dron de retransmisión o una antena direccional del dron de retransmisión secundario en un movimiento de barrido que abarca un área que incluye el dron de retransmisión.

65

El dron de retransmisión puede calibrar una antena direccional en el dron de retransmisión a la ubicación del dron de retransmisión secundario (bloque 1504). El dron de retransmisión puede designar una antena direccional en el dron de retransmisión a un único dron de retransmisión secundario o puede compartir una antena direccional en el dron de retransmisión entre muchos drones de retransmisión secundarios (por ejemplo, realizando multiplexación basada en tiempo o código).

El dron de retransmisión puede establecer un enlace de comunicación de dron de retransmisión con el dron de retransmisión secundario (bloque 1408). Al establecer el enlace de comunicación del dron de retransmisión con el dron de retransmisión secundario, el dron de retransmisión puede inicializar un apretón de manos de comunicación con el dron de retransmisión secundario para que el dron de retransmisión secundario inicialice o acepte el protocolo de comunicación con el dron de retransmisión. Después del apretón de manos, el dron de retransmisión puede comunicarse con el dron de retransmisión secundario a través de un protocolo de comunicación específico para comunicarse con el dron de retransmisión secundario. El protocolo de comunicación puede incluir que el dron de retransmisión transmita datos o señales y/o reciba datos o señales del dron de retransmisión secundario utilizando la antena direccional del dron de retransmisión (y, opcionalmente, la antena direccional del dron de retransmisión secundario en el otro extremo del enlace de comunicación). El protocolo de comunicación para que el dron de retransmisión secundario se comunique con el dron de retransmisión puede incluir la transmisión de una ubicación de dron de retransmisión al dron de retransmisión secundario y hacer que el dron de retransmisión secundario calibre una antena direccional en el dron de retransmisión secundario a la ubicación del dron de retransmisión. Los datos o señales transferidos pueden incluir una señal de control de dron de retransmisión, una señal de control de dron de trabajo y/o una señal de datos de dron de trabajo.

La figura 16 ilustra un diagrama de bloques de una arquitectura de sistema de ejemplo para un dron para implementar las características y procesos descritos en el presente documento. El dron puede ser un dron de retransmisión o un dron de trabajo.

Un sistema 1600 de procesamiento primario de drones puede ser un sistema de uno o más ordenadores, o software que se ejecuta en un sistema de uno o más ordenadores, que está en comunicación con, o mantiene, una o más bases de datos. El sistema 1600 de procesamiento primario de drones puede ser un sistema de uno o más procesadores 1635, procesadores 1636 de gráficos, subsistema 1634 de I/O, circuitos lógicos, circuitos analógicos, memoria volátil y/o no volátil asociada, puertos de datos de entrada/salida asociados, puertos de alimentación, etc., y/o uno o más procesamientos de software que ejecutan uno o más procesadores u ordenadores. El sistema 1630 de piloto automático incluye la unidad 1632 de medición inercial (IMU), el procesador 1635, el subsistema 1634 de I/O, la GPU 1636 y varios sistemas 1620 operativos y módulos 1620-1629. La memoria 1618 puede incluir memoria no volátil, como uno o más dispositivos de almacenamiento de disco magnético, discos duros de estado sólido o memoria flash. Se puede usar otra memoria volátil, como RAM, DRAM, SRAM, para el almacenamiento temporal de datos mientras el dron está operativo. Las bases de datos pueden almacenar información que describe las operaciones de navegación de drones, planes de navegación, eventos de contingencia, información de geocercas, información de componentes y otra información.

El sistema de procesamiento de drones puede acoplarse a uno o más sensores, como receptores 1650 GNSS (por ejemplo, un sistema GPS, GLONASS, Galileo o Beidou), giroscopios 1656, acelerómetros 1658, sensores 1654 de temperatura, sensores 1652 de presión (estática o diferencial), sensores de corriente, sensores de voltaje, magnetómetro, hidrómetro y sensores de motor. El dron puede usar una unidad 1632 de medida inercial (IMU) para uso en la navegación del dron. Los sensores se pueden acoplar al sistema de procesamiento o a las placas controladoras acopladas al sistema de procesamiento del dron. Uno o más buses de comunicación, como un bus CAN o líneas de señal, pueden acoplar los diversos sensores y componentes.

Se pueden interconectar varios sensores, dispositivos, firmware y otros sistemas para admitir múltiples funciones y operaciones del dron. Por ejemplo, el sistema 1600 de procesamiento primario de drones puede usar varios sensores para determinar la ubicación geoespacial actual del vehículo, actitud, altitud, velocidad, dirección, cabeceo, balanceo, guiñada y/o velocidad aerodinámica y para pilotar el vehículo a lo largo de una ruta específica y/o a una ubicación específica y/o para controlar la actitud, la velocidad, la altitud y/o la velocidad aerodinámica del vehículo (opcionalmente, incluso cuando no se conduce el vehículo a lo largo de una trayectoria específica o hacia una ubicación específica).

El módulo 1622 de control de navegación (también denominado motor de control de navegación) maneja las operaciones de control de navegación del dron. El módulo interactúa con uno o más controladores 1640 que controlan el funcionamiento de los motores 1642 y/o los actuadores 1644. Por ejemplo, los motores se pueden usar para la rotación de las hélices y los actuadores se pueden usar para el control de la superficie de navegación, como alerones, timones, flaps, tren de aterrizaje y despliegue de paracaídas.

El módulo 1624 de contingencia monitorea y maneja eventos de contingencia. Por ejemplo, el módulo de contingencia puede detectar que el dron ha cruzado el borde de una geocerca y luego instruir al módulo de control de navegación para que regrese a una ubicación de aterrizaje predeterminada. Otros criterios de contingencia pueden ser la detección de un estado de batería o combustible bajo, o el mal funcionamiento de un sensor a bordo,

motor o una desviación del plan de navegación. Lo anterior no pretende ser limitativo, ya que se pueden detectar otros eventos de contingencia. En algunos casos, si está incluido en el dron, se puede desplegar un paracaídas si los motores o actuadores fallan.

5 El módulo 1629 de misión procesa el plan de navegación, los puntos de ruta y otra información asociada con el plan de navegación. El módulo 1629 de misión funciona en conjunto con el módulo de control de navegación. Por ejemplo, el módulo de misión puede enviar información sobre el plan de navegación al módulo de control de navegación, por ejemplo, puntos de ruta de latitud/longitud, altitud, velocidad de navegación, para que el módulo de control de navegación pueda pilotar automáticamente el dron.

10 El dron puede tener varios dispositivos conectados al mismo para la recopilación de datos. Por ejemplo, cámara 1649 fotográfica, cámaras de video, cámara de infrarrojos, cámara multiespectral y Lidar, transceptor de radio, sonar, TCAS (sistema de prevención de colisiones de tráfico). Los datos recopilados por los dispositivos pueden almacenarse en el dispositivo que recopila los datos, o los datos pueden almacenarse en la memoria 1618 no volátil del sistema 1600 de procesamiento de drones.

15 El sistema 1600 de procesamiento de drones puede acoplarse a varias antenas, radios y transmisores 1659 para el control manual del dron y para la transmisión de datos inalámbrica o por cable hacia y desde el sistema 1600 de procesamiento primario de drones y, opcionalmente, el sistema 1602 de procesamiento secundario de drones. El dron puede utilizar uno o más subsistemas de comunicaciones, como un subsistema de comunicaciones inalámbricas o por cable, para facilitar la comunicación hacia y desde el dron. Los subsistemas de comunicación inalámbrica pueden incluir antenas, transceptores de radio y dispositivos infrarrojos, ultrasónicos ópticos y electromagnéticos. Los sistemas de comunicación por cable pueden incluir puertos como Ethernet, puertos USB, puertos serie u otros tipos de puertos para establecer una conexión por cable al dron con otros dispositivos, como un sistema de control terrestre, un sistema basado en la nube u otros dispositivos, por ejemplo, un teléfono móvil, tableta, ordenador personal, monitor de visualización, otros dispositivos habilitados para la red. El dron puede usar un cable conectado ligero a una estación base terrestre para comunicarse con el dron. El cable conectado se puede fijar de forma extraíble al dron, por ejemplo mediante un acoplador magnético.

20 Los registros de datos de navegación se pueden generar leyendo información diversa de los sensores del dron y el sistema operativo y almacenando la información en una memoria no volátil. Los registros de datos pueden incluir una combinación de varios datos, como la hora, la altitud, el rumbo, la temperatura ambiente, las temperaturas del procesador, la presión, el nivel de la batería, el nivel de combustible, la posición absoluta o relativa, las coordenadas GPS, cabeceo, balanceo, guiñada, velocidad respecto al suelo, nivel de humedad, velocidad, aceleración e información de contingencia. Lo anterior no pretende ser limitativo, y se pueden captar y almacenar otros datos en los registros de datos de navegación. Los registros de datos de navegación pueden almacenarse en un medio extraíble y el medio puede instalarse en el sistema de control terrestre. Alternativamente, los registros de datos pueden transmitirse a la estación base, un dron de retransmisión secundario, un centro de comandos o al sistema de red.

30 Con el sistema operativo se podrán realizar módulos, programas o instrucciones para realizar operaciones de navegación, maniobras de contingencia y otras funciones. En algunas implementaciones, el sistema 1620 operativo puede ser un sistema operativo en tiempo real (RTOS), UNIX, LINUX, OS X, WINDOWS, ANDROID u otro sistema operativo. Además, otros módulos de software y aplicaciones pueden ejecutarse en el sistema operativo, como un módulo 1622 de control de navegación, un módulo 1624 de contingencia, un módulo 1626 de aplicación y un módulo 1628 de base de datos. Por lo general, las funciones críticas de navegación se realizarán utilizando el sistema 1600 de procesamiento de drones. El sistema 1620 operativo puede incluir instrucciones para manejar los servicios básicos del sistema y para realizar tareas dependientes del hardware.

40 Además del sistema 1600 de procesamiento primario del dron, se puede usar un sistema 1602 de procesamiento secundario para ejecutar otro sistema operativo para realizar otras funciones. Un sistema 1602 de procesamiento secundario de drones puede ser un sistema de uno o más ordenadores, o software que se ejecuta en un sistema de uno o más ordenadores, que está en comunicación con, o mantiene, una o más bases de datos. El sistema 1602 de procesamiento secundario de drones puede ser un sistema de uno o más procesadores 1694, procesadores 1692 de gráficos, subsistema 1693 de I/O, circuitos lógicos, circuitos analógicos, memoria volátil y/o no volátil asociada, puertos de datos de entrada/salida asociados, puertos de alimentación, etc., y/o uno o más procesamientos de software que ejecutan uno o más procesadores u ordenadores. La memoria 1670 puede incluir memoria no volátil, como uno o más dispositivos de almacenamiento de disco magnético, discos duros de estado sólido, memoria flash. Se puede usar otra memoria volátil, como RAM, DRAM, SRAM, para almacenar datos mientras el dron está operativo.

50 Idealmente, los módulos, las aplicaciones y otras funciones que se ejecutan en el sistema 1602 de procesamiento secundario serán funciones no críticas por naturaleza, es decir, si la función falla, el dron aún podrá operar de manera segura. En algunas implementaciones, el sistema 1672 operativo puede estar basado en un sistema operativo en tiempo real (RTOS), UNIX, LINUX, OS X, WINDOWS, ANDROID u otro sistema operativo. Además, otros módulos de software y aplicaciones pueden ejecutarse en el sistema 1672 operativo, como un módulo 1678 de

aplicación, un módulo 1680 de base de datos, etc., (por ejemplo, los módulos 1672-1680). El sistema 1602 operativo puede incluir instrucciones para manejar los servicios básicos del sistema y para realizar tareas dependientes del hardware.

5 Además, los controladores 1646 pueden usarse para interactuar y operar un dispositivo 1648 o sensor de carga útil y otros sensores o dispositivos tales como una cámara 1649 fotográfica, cámara de video, cámara de infrarrojos, cámara multispectral, par de cámaras estéreo, Lidar, transceptor de radio, sonar, radar de láser, altímetro, TCAS (sistema de prevención de colisiones de tráfico), transpondedor ADS-B (vigilancia-transmisión dependiente automática). Opcionalmente, el sistema 1602 de procesamiento secundario puede tener controladores acoplados  
10 para controlar sensores o dispositivos de carga útil.

Cada uno de los procesos, métodos y algoritmos descritos en las secciones anteriores puede incorporarse y automatizarse total o parcialmente mediante módulos de código ejecutados por uno o más sistemas informáticos o procesadores informáticos que comprenden hardware informático. Los módulos de código (o "motores") pueden  
15 almacenarse en cualquier tipo de medio no transitorio legible por ordenador o dispositivo de almacenamiento informático, como discos duros, memoria de estado sólido, disco óptico y/o similares. Los sistemas y módulos también pueden transmitirse como señales de datos generadas (por ejemplo, como parte de una onda portadora u otra señal propagada analógica o digital) en una variedad de medios de transmisión legibles por ordenador, incluidos los inalámbricos y los cableados y puede tomar una variedad de formas (por ejemplo, como parte de una única señal  
20 analógica sencilla o multiplexada, o como múltiples paquetes o marcos digitales discretos). Los procesos y algoritmos pueden implementarse parcial o totalmente en circuitos específicos de la aplicación. Los resultados de los procesos y etapas de proceso divulgados pueden almacenarse, de forma persistente o no, en cualquier tipo de almacenamiento informático no transitorio, como, por ejemplo, almacenamiento volátil o no volátil.

25 En general, los términos "motor" y "módulo", tal como se utilizan en el presente documento, se refieren a la lógica incorporada en el hardware o firmware, o a un conjunto de instrucciones de software, posiblemente con puntos de entrada y salida, escritas en un lenguaje de programación, como, por ejemplo, Java, Lua, C o C++. Un módulo de software puede compilarse y vincularse a un programa ejecutable, instalarse en una biblioteca de enlaces dinámicos o puede escribirse en un lenguaje de programación interpretado como, por ejemplo, BASIC, Perl o Python. Se  
30 apreciará que los módulos de software pueden llamarse desde otros módulos o desde ellos mismos, y/o pueden invocarse en respuesta a eventos o interrupciones detectados. Los módulos de software configurados para ejecutarse en dispositivos informáticos pueden proporcionarse en uno o más medios legibles por ordenador, como discos compactos, discos de video digitales, unidades flash o cualquier otro medio tangible. Dicho código de software puede almacenarse, parcial o totalmente, en un dispositivo de memoria del dispositivo informático de  
35 ejecución. Las instrucciones del software pueden estar integradas en el firmware, como una EPROM. Se apreciará además que los módulos de hardware pueden estar compuestos por unidades lógicas conectadas, como puertas y biestables, y/o pueden estar compuestos por unidades programables, como procesadores o matrices de puertas programables. Los módulos descritos en el presente documento se implementan preferiblemente como módulos de software, pero pueden representarse en hardware o firmware. Generalmente, los módulos descritos en el presente  
40 documento se refieren a módulos lógicos que pueden combinarse con otros módulos o dividirse en submódulos a pesar de su organización física o almacenamiento. Las fuentes de datos electrónicos pueden incluir bases de datos, memoria volátil/no volátil y cualquier sistema o subsistema de memoria que mantenga información.

Los diversos módulos y bloques lógicos ilustrativos descritos en relación con las realizaciones divulgadas en el  
45 presente documento pueden implementarse o realizarse mediante una máquina, como un procesador de propósito general, un procesador de señal digital (DSP), un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), una matriz de puertas programables en campo (FPGA) u otro dispositivo lógico programable, lógica de transistores o puertas discretas, componentes de hardware discretos o cualquier combinación de los mismos diseñada para realizar las funciones descritas en el presente documento. Un procesador de propósito general puede ser un microprocesador, pero como alternativa, el procesador puede ser un controlador, un microcontrolador o una máquina de estados,  
50 combinaciones de los mismos o similares. Un procesador puede incluir circuitos eléctricos configurados para procesar instrucciones ejecutables por ordenador. En otra realización, un procesador incluye un FPGA u otro dispositivo programable que realiza operaciones lógicas sin procesar instrucciones ejecutables por ordenador. Un procesador también puede implementarse como una combinación de dispositivos informáticos, por ejemplo, una  
55 combinación de DSP y microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores junto con un núcleo DSP o cualquier otra configuración similar. Aunque en el presente documento se describe principalmente con respecto a la tecnología digital, un procesador también puede incluir principalmente componentes analógicos. Por ejemplo, algunos o todos los algoritmos de procesamiento de señales descritos en el presente documento pueden implementarse en circuitos analógicos o circuitos mixtos analógicos y digitales. Un  
60 entorno informático puede incluir cualquier tipo de sistema informático, incluidos, entre otros, un sistema informático basado en un microprocesador, un ordenador central, un procesador de señales digitales, un dispositivo informático portátil, un controlador de dispositivo o un motor informático dentro de un aparato eléctrico, por nombrar algunos.

Los elementos de un método, proceso o algoritmo descritos en relación con las realizaciones descritas en el  
65 presente documento pueden incorporarse directamente en hardware, en un módulo de software almacenado en uno o más dispositivos de memoria y ejecutado por uno o más procesadores, o en una combinación de los dos. Un

módulo de software puede residir en la memoria RAM, la memoria flash, la memoria ROM, la memoria EPROM, la memoria EEPROM, los registros, el disco duro, un disco extraíble, un CD-ROM o cualquier otra forma de medio o medios de almacenamiento no transitorios legibles por ordenador o almacenamiento informático físico conocido en la técnica. Un medio de almacenamiento de ejemplo se puede acoplar al procesador de manera que el procesador pueda leer información del medio de almacenamiento y escribir información en el mismo. Como alternativa, el medio de almacenamiento puede ser parte integral del procesador. El medio de almacenamiento puede ser volátil o no volátil. El procesador y el medio de almacenamiento pueden residir en un ASIC. El ASIC puede residir en un terminal de usuario. Como alternativa, el procesador y el medio de almacenamiento pueden residir como componentes discretos en un terminal de usuario.

El lenguaje condicional utilizado en el presente documento, como, entre otros, “puede”, “podría”, “pudiese”, “por ejemplo” y similares, a menos que se indique específicamente lo contrario, o se entienda de otro modo dentro del contexto tal como se utiliza, generalmente pretende transmitir que ciertas realizaciones incluyen, mientras que otras realizaciones no incluyen, ciertas características, elementos y/o etapas. Por lo tanto, tal lenguaje condicional generalmente no pretende implicar que las características, elementos y/o etapas sean de alguna manera requeridos para una o más realizaciones o que una o más realizaciones incluyan necesariamente una lógica para decidir, con o sin aportes o indicaciones del autor, si estas características, elementos y/o etapas están incluidos o se realizarán en cualquier realización particular. Los términos “que comprende”, “que incluye”, “que tiene” y similares son sinónimos y se usan de manera inclusiva, de manera abierta, y no excluyen elementos, características, actos, operaciones adicionales, etc. Además, el término “o” se usa en su sentido inclusivo (y no en su sentido exclusivo) de modo que cuando se usa, por ejemplo, para conectar una lista de elementos, el término “o” significa uno, algunos o todos los elementos de la lista. El lenguaje conjuntivo como la frase “al menos uno de X, Y y Z”, a menos que se indique específicamente lo contrario, se entiende de otro modo con el contexto que se usa en general para transmitir que un elemento, término, etc. puede ser X, Y o Z. Por lo tanto, tal lenguaje conjuntivo generalmente no pretende implicar que ciertas realizaciones requieran que al menos uno de X, al menos uno de Y y al menos uno de Z estén presentes cada uno.

El término “un/una”, como se usa en el presente documento, debe tener una interpretación inclusiva en lugar de exclusiva. Por ejemplo, a menos que se indique específicamente, el término “un/una” no debe entenderse como “exactamente uno/una” o “uno/una y solo uno/una”; en cambio, el término “uno/una” significa “uno/una o más” o “al menos uno/una”, ya sea que se use en las reivindicaciones o en otra parte de la memoria descriptiva e independientemente de los usos de cuantificadores como “al menos uno/una”, “uno/una o más”, o “una pluralidad” en otra parte de las reivindicaciones o la memoria descriptiva.

El término “que comprende”, tal como se usa en el presente documento, debe tener una interpretación inclusiva en lugar de exclusiva. Por ejemplo, un ordenador de propósito general que comprende uno o más procesadores no debe interpretarse como excluyente de otros componentes del ordenador y posiblemente incluya componentes tales como memoria, dispositivos de entrada/salida y/o interfaces de red, entre otros.

Si bien se han descrito ciertas realizaciones a modo de ejemplo, estas realizaciones se han presentado solo a modo de ejemplo y no pretenden limitar el alcance de la divulgación.

El verdadero alcance de la invención está definido por el texto de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para ser realizado por un dron de retransmisión, que comprende las etapas de:

5 recibir, en el dron (102) de retransmisión, una señal de control del dron de retransmisión generada por una estación (106) base, estando el dron (102) de retransmisión configurado para mantener un patrón de navegación en respuesta a la recepción de la señal de control del dron de retransmisión; recibir una señal de control de dron de trabajo generada por la estación (106) base, estando la señal de control de dron de trabajo configurada para controlar un dron (104) de trabajo; 10 enviar la señal de control del dron de trabajo a una ubicación del dron de trabajo; recibir una señal de datos generada por el dron (104) de trabajo; enviar la señal de datos a una ubicación de estación base; y **caracterizado por que** comprende además la etapa de: 15 moverse desde una primera ubicación de dron de retransmisión a una segunda ubicación de dron de retransmisión con una mayor recepción de señal de control de dron de trabajo que la primera ubicación de dron de retransmisión.

2. El método según la reivindicación 1, que comprende:

20 recibir, en una antena (410) omnidireccional, la ubicación del dron de trabajo; y enviar, en una antena (414) direccional, la señal de control del dron de trabajo a la ubicación del dron de trabajo.

3. El método según la reivindicación 2, que comprende:

25 calibrar la antena (1002) direccional a la ubicación del dron de trabajo en respuesta a la recepción de la ubicación del dron de trabajo.

30 4. El método según la reivindicación 3, en el que calibrar la antena (1002) direccional comprende pivotar la antena (1002) direccional a lo largo de un eje de cabeceo y mover el dron (902) de retransmisión a lo largo de un eje de guiñada.

5. El método según la reivindicación 2, que comprende:

35 recibir, en la antena (1002) direccional, la señal de datos generada por el dron (104) de trabajo.

6. El método según la reivindicación 2, en el que la antena (414) direccional se estabiliza a través de un cardán.

7. El método según la reivindicación 1, que comprende:

40 recibir, en una antena (426; 520) direccional orientada hacia la estación base, la señal de control del dron de retransmisión y la señal de control del dron de trabajo; y enviar, en antena (426; 520) direccional orientada hacia la estación base, la señal de datos.

45 8. El método según la reivindicación 7, en el que la señal de control del dron de retransmisión incluye una indicación del movimiento de la estación base.

9. El método según la reivindicación 1, que comprende:

50 recibir una señal de comando global que anula la señal de control del dron de retransmisión y la señal de control del dron de trabajo.

55 10. El método según la reivindicación 1, en el que la señal de control del dron de retransmisión y la señal de control del dron de trabajo se reciben a través de un cable (702) entre el dron (602) de retransmisión y la estación (606) base.

11. El método según la reivindicación 1, en el que la señal de datos es una señal de vídeo con una resolución de 4K o superior.

60 12. El método según la reivindicación 1, que comprende:

enviar la señal de control del dron de trabajo a un segundo dron (102B) de retransmisión que envía la señal de control del dron de trabajo a la ubicación del dron de trabajo.

65 13. El método según la reivindicación 1, en el que el patrón de navegación comprende:

una línea de visión con la estación (106) base; y  
una línea de visión con el dron (104) de trabajo.

- 5 14. El método según la reivindicación 1, en el que el patrón de navegación comprende permanecer directamente sobre la estación (106) base a una distancia establecida.
15. El método según la reivindicación 1, en el que el patrón de navegación comprende un patrón de vuelo.
- 10 16. El método según la reivindicación 1, en el que el patrón de navegación comprende una trayectoria sobre un conjunto de caminos.
17. El método según la reivindicación 1, que comprende:
- 15 el movimiento desde una primera ubicación de dron de retransmisión a una segunda ubicación de dron de retransmisión con mayor recepción de señal de datos que la primera ubicación de dron de retransmisión.

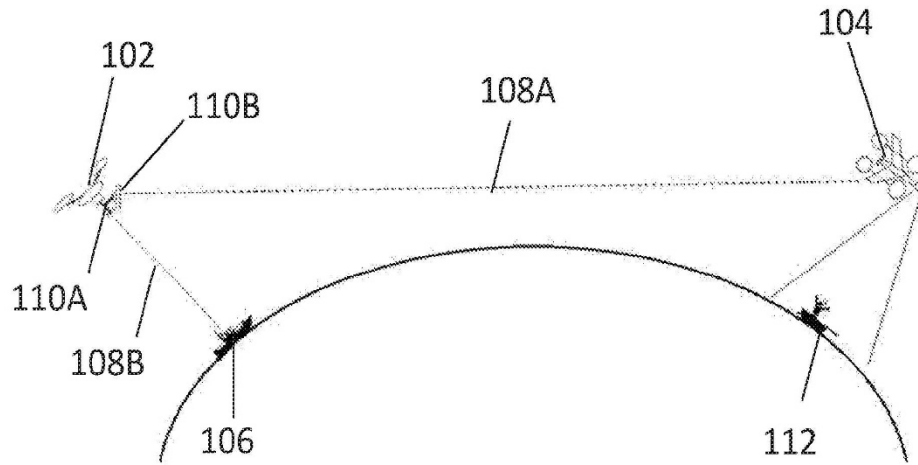


Fig. 1

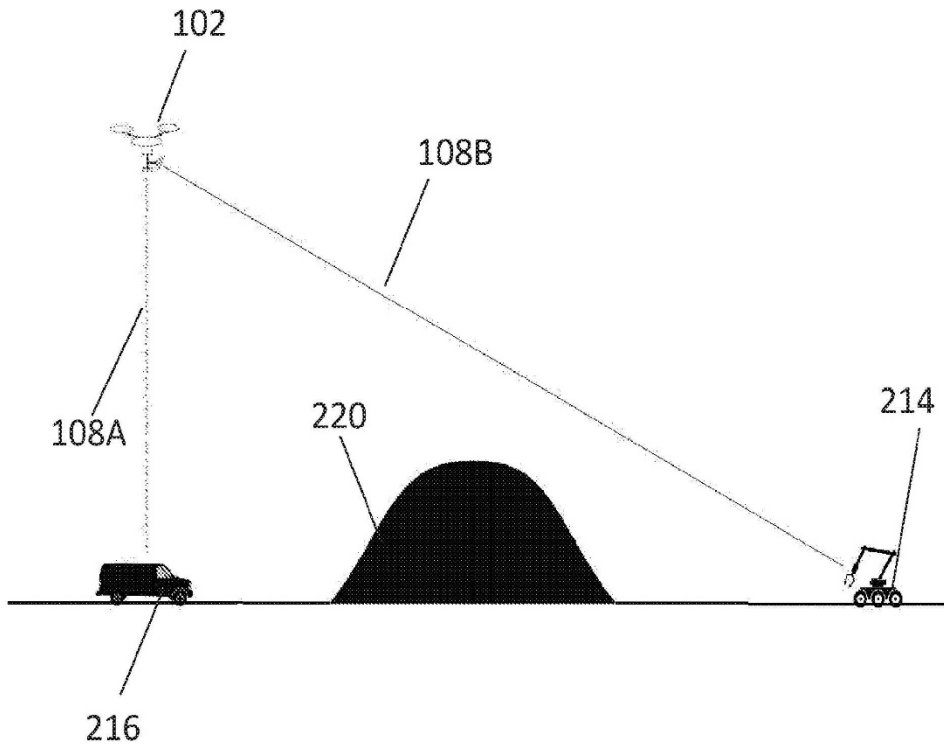


Fig. 2

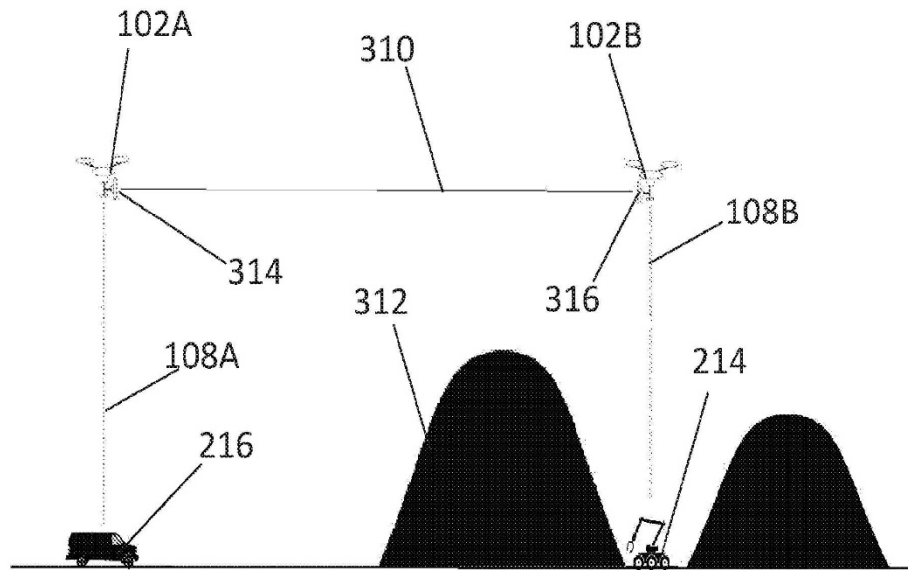


Fig. 3

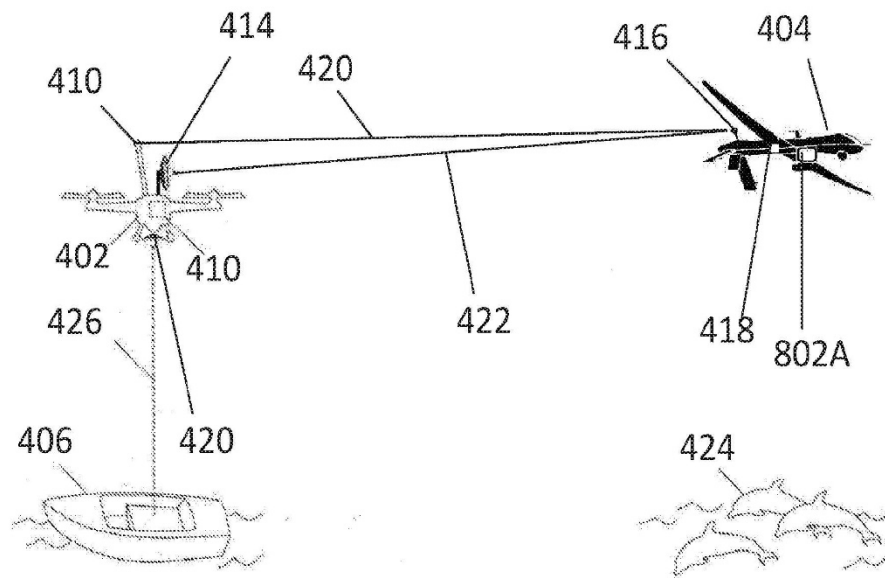


Fig. 4

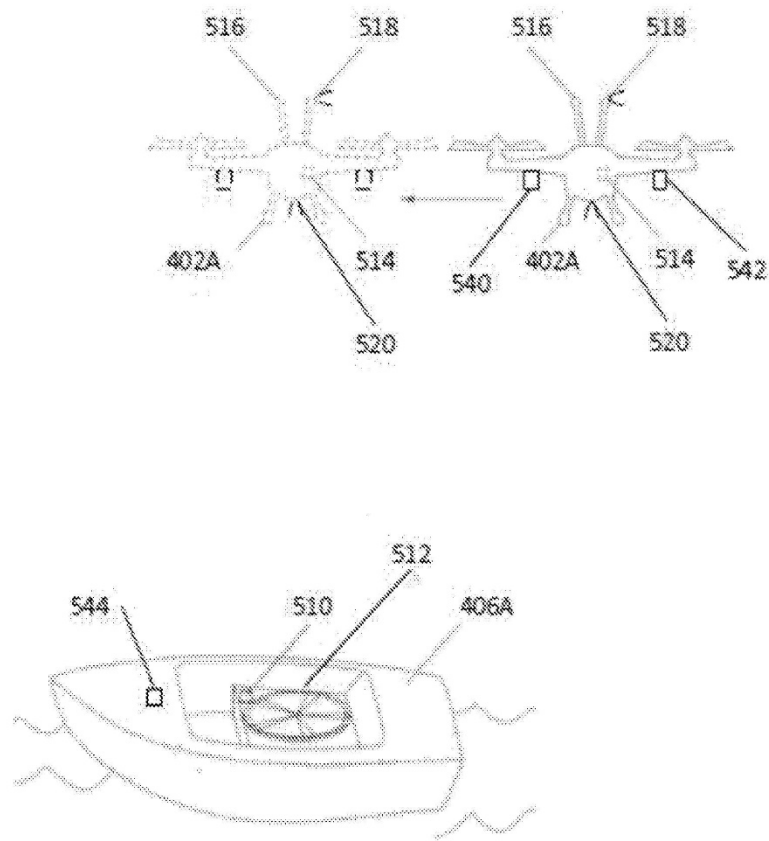


Fig. 5A



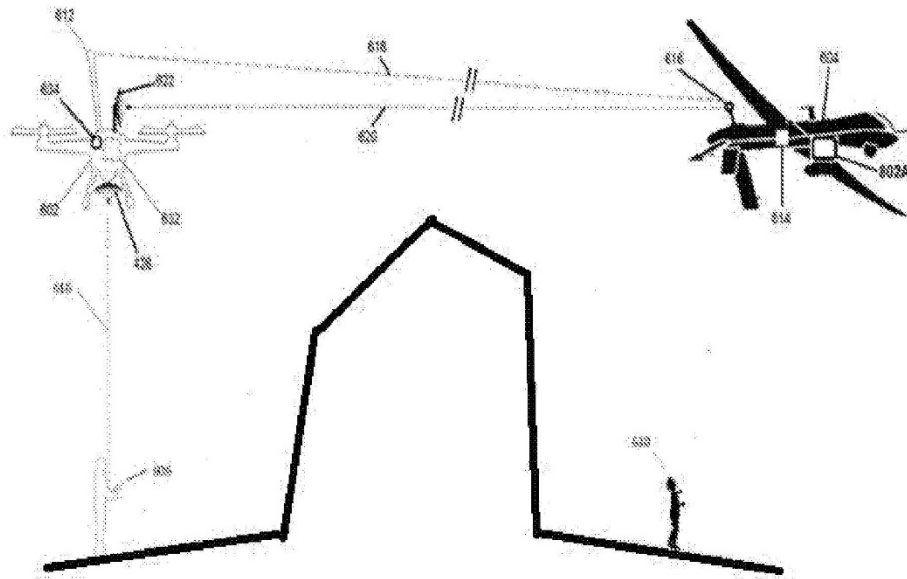


Fig. 6

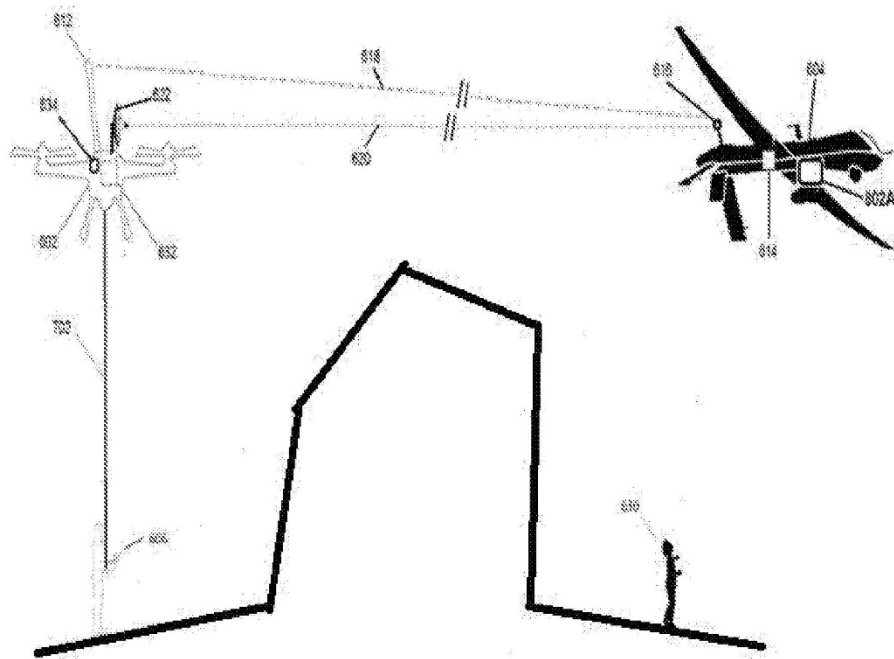


Fig. 7

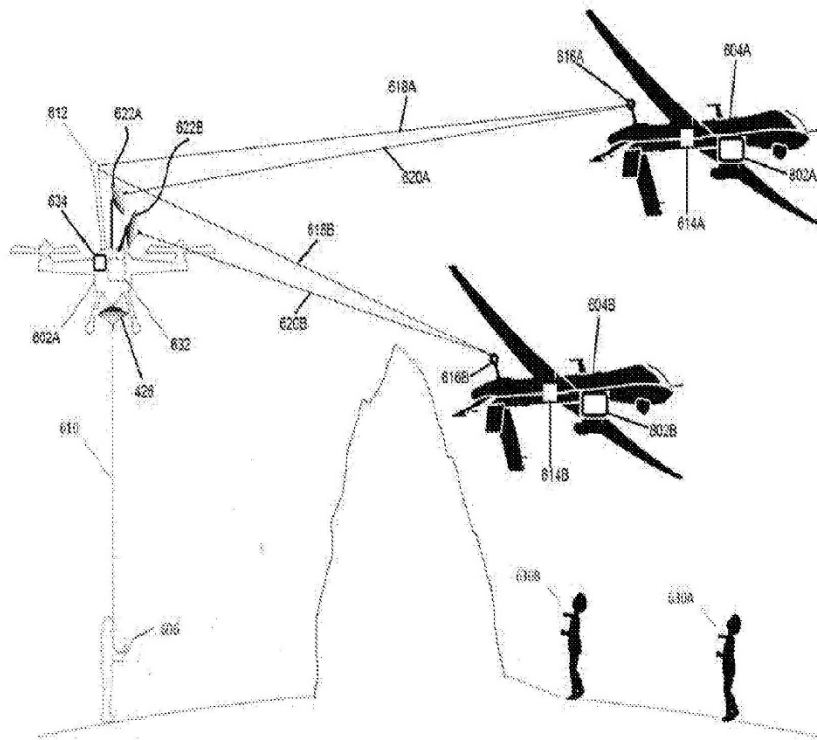


Fig. 8

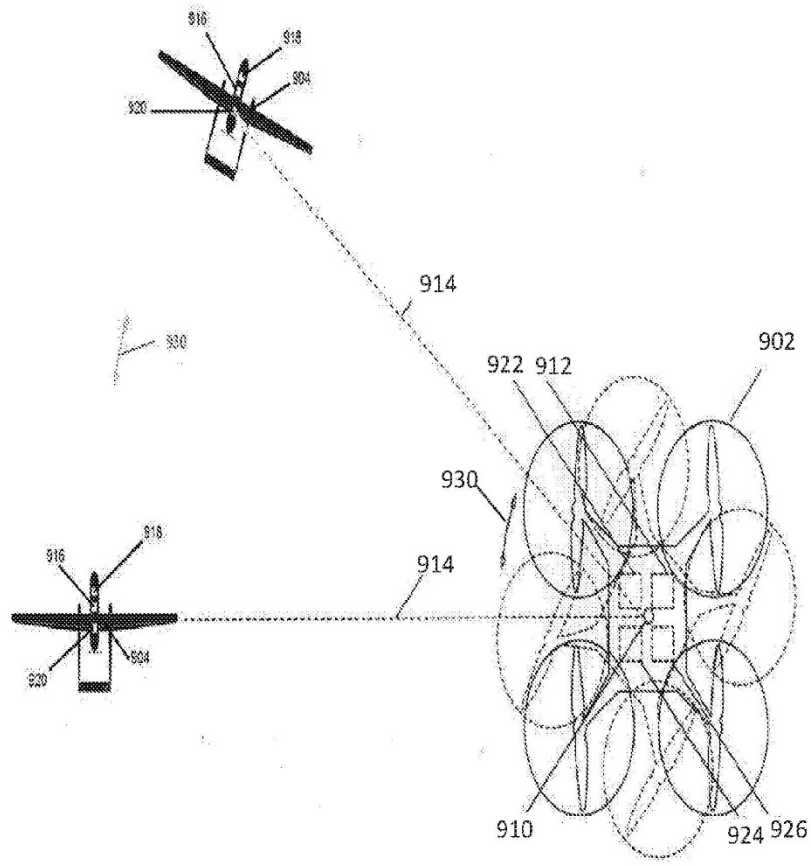


Fig. 9

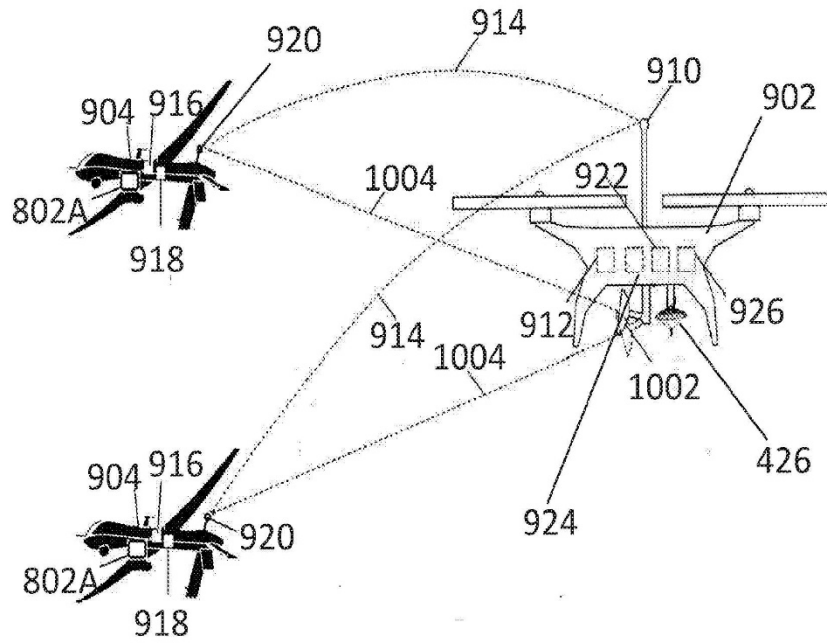


Fig. 10

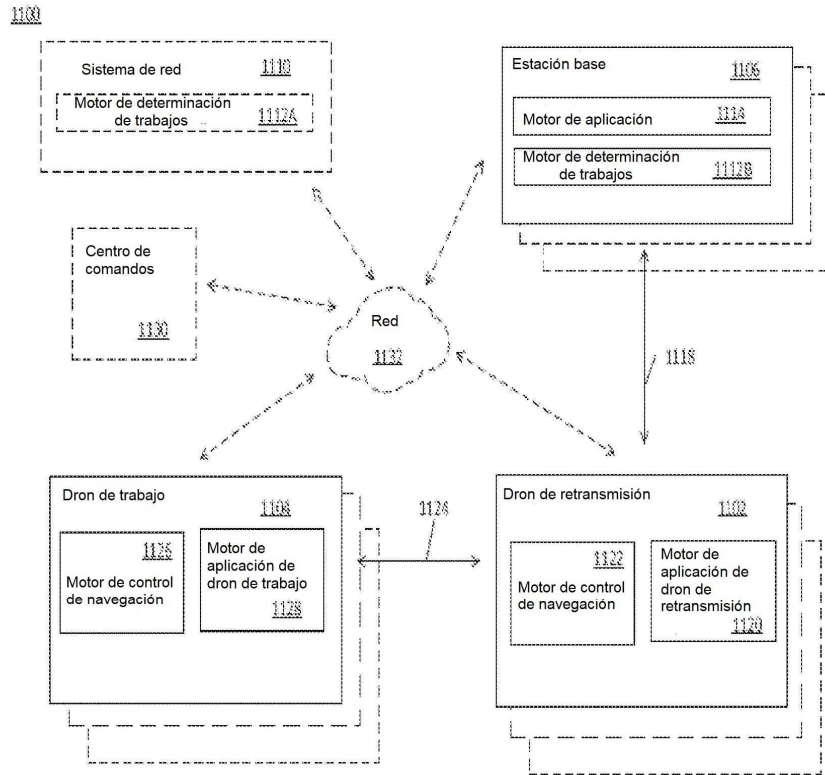


Fig. 11

1200

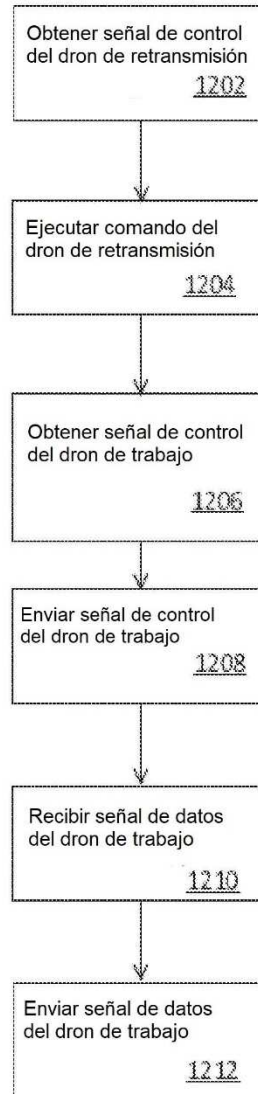


Fig. 12

1300

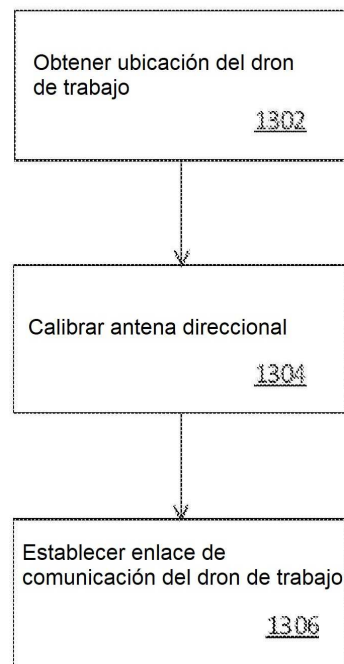


Fig. 13

1400

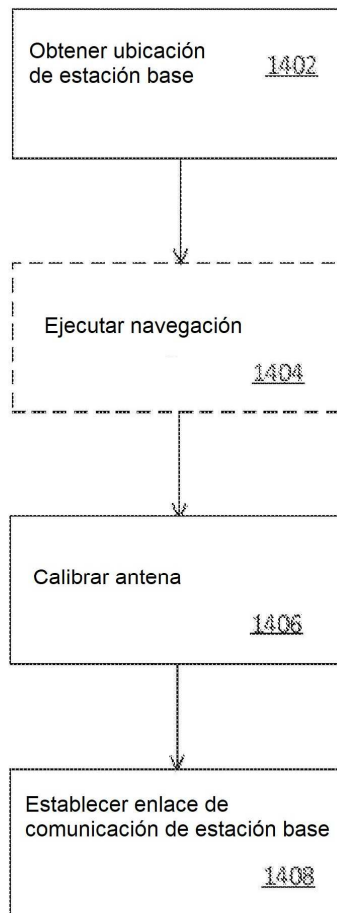


Fig. 14

1500

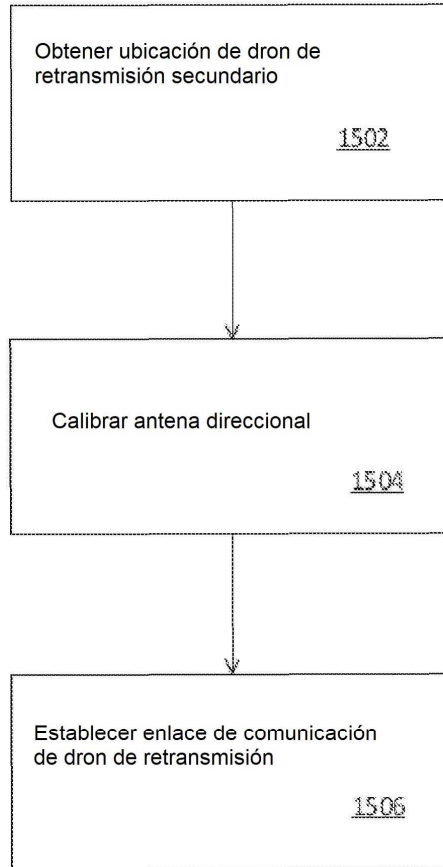


Fig. 15

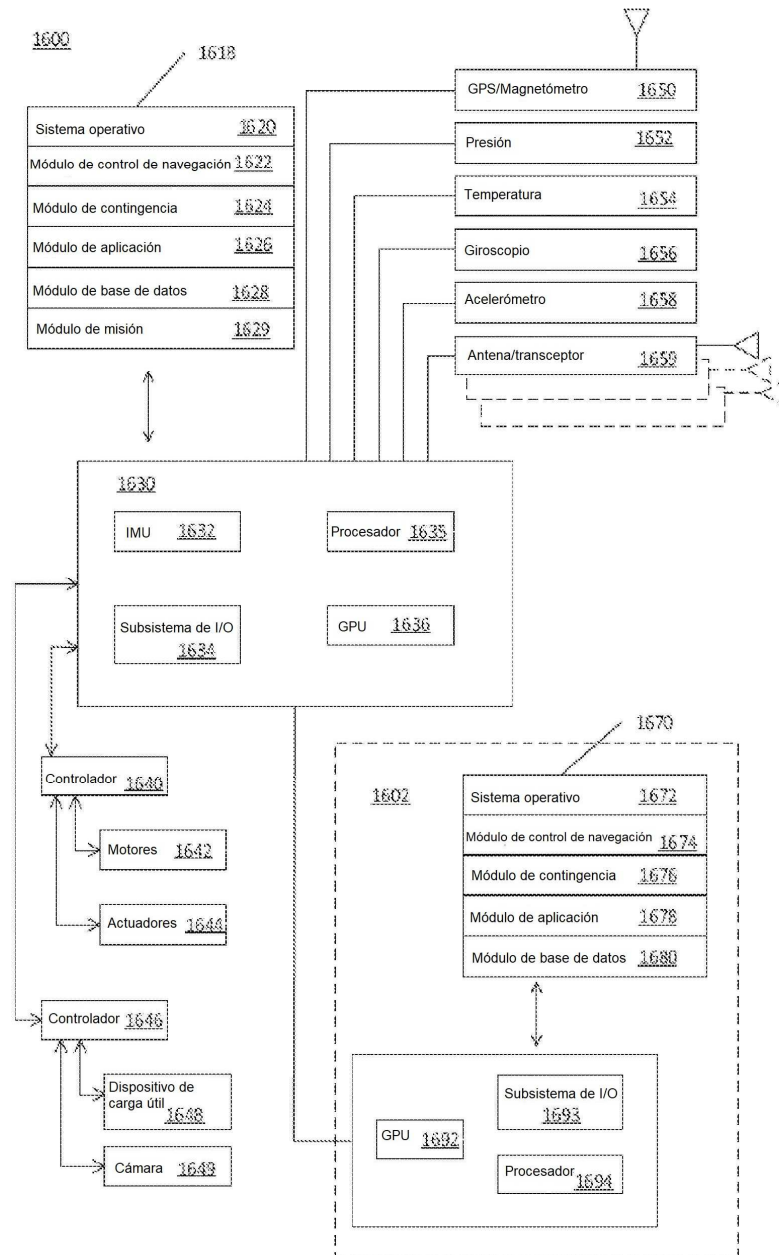


Fig. 16