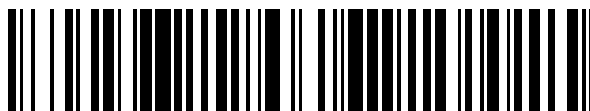


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 796 748**

51 Int. Cl.:

G01C 23/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.08.2016** **E 16020309 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2020** **EP 3287748**

54 Título: **Un sistema de navegación aérea de operación autónoma**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
30.11.2020

73 Titular/es:

DEUTSCHE TELEKOM AG (100.0%)
Friedrich-Ebert-Allee 140
53113 Bonn, DE

72 Inventor/es:

SBEITI, MOHAMAD

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 796 748 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

Un sistema de navegación aérea de operación autónoma

- 5 La invención presente se refiere a un sistema de navegación aérea de operación autónoma que está configurado para derivar y actualizar automáticamente, basado en una operación dada de un dron o aeronave no tripulada, en tiempo real una ruta 3D para al menos un dron, de tal manera que son cumplidos todo tipo de requisitos de operación.
- 10 Una nueva generación de sistemas de aeronaves ligeras (<150 kg) pilotadas a distancia (RPAS, también denominadas vehículos aéreos no tripulados - UAV) permite el diseño de sistemas robóticos aéreos en red para una amplia gama de aplicaciones. Éstos incluyen RPAS que actúan como puntos de acceso aéreo WLAN o LTE en escenarios de emergencia. Además, los RPAS puede estar equipados con sensores para la exploración cooperativa de emisiones no controladas de contaminantes líquidos o gaseosos. Las aplicaciones asistidas por los RPAS incluyen también extensión/densificación de cobertura, agricultura de precisión, monitorización del clima polar, inspecciones, realidad virtual 3D y otros. Sin embargo, para que dichas aplicaciones se conviertan en una realidad, se necesita todavía una red fiable para interconectar los RPAS y proporcionar una conexión en tiempo real a su estación de control en tierra, especialmente, más allá del campo visual, que se espera que sea compatible con el punto de vista de la reglamentación de 2018.
- 15 20 La invención presente aborda el problema técnico de los drones voladores más allá del campo visual (BVLOS) en el espacio aéreo civil. Este problema técnico es considerado, según la comunidad de la aviación, como uno de los principales habilitadores de la tecnología disruptiva de drones 30 (véase http://www.uavdach.org/Home/uav_dach.htm).
- 25 Debido a los problemas siguientes, los drones civiles voladores BVLOS aún no han sido resueltos.
- El problema principal es el hecho de que no existe una tecnología con equipos relativamente baratos y pequeños que puedan cumplir con los requisitos específicos de comando y control de comunicación en cualquier lugar en cualquier momento más allá del campo visual.
- 30 Para el Comando y Control (C&C), existen dos opciones de tecnología: comunicación satelital y comunicación celular.
- La comunicación satelital (usada para drones militares) no es del todo factible para los RPAS (muy) livianos, debido a restricciones de peso, y es relativamente cara. Además, es cuestionable que las comunicaciones civiles vía satélite cumplan con los requisitos de latencia y de seguridad del C&C.
- 35 Las redes celulares están diseñadas para comunicaciones en tierra, la cobertura y los problemas de interferencia surgen en el espacio aéreo (inferior). Sin embargo, en caso de que exista una solución adecuada que sea el objetivo de la invención presente, la comunicación celular es una solución atractiva ya que cumple en el mejor de los casos (es decir, no en cualquier momento ni en cualquier lugar) todos los requisitos del C&C, además del requisito de peso ligero de los RPAS.
- 40 Para muchos casos de uso de negocios habilitados para drones, no es factible tener un piloto para cada dron (por ejemplo, DHL, Amazon), es decir, solo hay un operador que define los objetivos de macro movilidad, es decir, donde debe ir el dron, y el dron vuela de forma autónoma hasta su objetivo. Es decir, el dron debe definir por sí mismo sus objetivos de micromovilidad, es decir, cómo moverse (dirección, velocidad) en el siguiente segundo, etc. Aquí, la reglamentación impone que siempre debe ser posible que el operador se haga cargo del control del piloto automático, lo que todavía no es posible más allá del campo visual, siempre y cuando el problema principal mencionado anteriormente no haya sido resuelto. También debe tenerse en cuenta que el piloto automático del dron (en el modo autónomo) necesita obtener información sobre el entorno, lo que tampoco es posible sin haber resuelto el problema principal mencionado anteriormente.
- 45 50 El segundo problema es el hecho de que los requisitos de comunicación de comando y control y también los requisitos de comunicación de la carga útil, así como los requisitos reglamentarios, dependen en gran medida del tipo de operación: tamaño del dron, zona donde está volando el dron, propósito de la operación (si se usan cámaras, etc.). Por ejemplo, los requisitos para la agricultura de precisión en zonas rurales (requisitos relajados) son bastante diferentes de la carga sobre zonas urbanas (requisitos estrictos de comando y control y desde el punto de vista reglamentario) o de la filmación de animales vivos en el desierto (requisito de carga útil/video fuerte, es decir, se requieren altas tasas de datos para la carga útil). Muchos casos de utilización no tienen sentido si no se cumplen los requisitos de comunicación de la carga útil, por ejemplo, si los drones están destinados a ser usados para la transmisión de video en tiempo real y la red no admite las velocidades de datos correspondientes. Por tanto, el uso de los drones no tiene sentido.
- 55 60 Idealmente, un enfoque de solución técnica debe ser capaz de cumplir todos los diferentes requisitos para ser ampliamente adoptado, solo entonces vale la pena invertir en una solución técnica de este tipo. Aparte de esto, hasta
- 65

ahora volar con BVLOS estaba prohibido (todavía está en general), sin embargo, este hecho está cambiando y se permitirá volar con BVLOS en los próximos años. Para operaciones específicas, la asignación ya ha sido concedida. En esta memoria, los requisitos para obtener una asignación en el futuro dependerán (muy probablemente) del tipo de operación (ver http://ec.europa.eu/growth/sectors/aeronautics/rpas/index_en.htm).

El documento de patente US2015/066248 A1 describe un método para planificar una ruta de vuelo para una búsqueda basada en los pasos de: recibir una indicación de un límite de zona de búsqueda, recibir una indicación de un patrón de búsqueda seleccionado y transmitir una ruta de vuelo basada en los límites de la zona de búsqueda y el patrón de búsqueda seleccionado para un vehículo aéreo no tripulado.

En el documento de patente US2016/140851 A1, un sistema para la navegación de un dron que comprende un servidor de control de drones configurado para evaluar los datos de vuelo de un dron o basado en un mapa de riesgo de vuelo que incluye una pluralidad de zonas, en las que cada zona está asociada a una evaluación de seguridad de vuelo determinada.

El documento de patente US2005/0090972 A1 describe un método para navegar un vehículo aéreo no tripulado mediante el uso de una coordenada terrestre determinada por un píxel seleccionado por el usuario mediante una interfaz gráfica de usuario.

Un método para determinar una ruta de vuelo para un dron basado en una solicitud y basado en uno o más informes meteorológicos, información de tráfico aéreo, información de obstáculos, información reglamentaria o información histórica asociada con una región en particular se describe en el documento de patente US 2015/0379874 A1.

Es un objetivo de la invención presente proporcionar un sistema y un método para resolver los problemas mencionados anteriormente.

Los problemas son resueltos mediante un sistema y un método con las características de las reivindicaciones independientes. Se describen realizaciones adicionales del sistema reivindicado en las reivindicaciones dependientes y la descripción siguiente.

La invención presente proporciona un sistema de navegación aérea de operación autónoma que comprende como módulos al menos un servidor de navegación, al menos un agente de navegación y al menos un cliente de navegación, cada módulo comprende varios submódulos. El servidor de navegación está configurado para agregar y correlacionar múltiples datos recibidos de diferentes fuentes de datos relevantes y de al menos un cliente de navegación, y para proporcionar dinámicamente a un usuario, es decir, a un operador de drones, un mapa zonificado geográficamente basado en el agregado y datos correlacionados. El al menos un agente de navegación da servicio al menos a un dron respectivo y está configurado para controlar la dirección del dron. El operador de drones da servicio localmente al menos a un cliente de navegación y actúa como interfaz entre el operador de drones, el servidor de navegación y las fuentes de datos exteriores y el agente de navegación que es ejecutado en el dron y está configurado para calcular y actualizar una ruta para el dron que está involucrado en la operación, basada en el mapa, en la realimentación del agente de navegación y en una entrada inicial del operador de drones.

En el caso de que haya más de un dron involucrado en la operación que se está considerando, el cliente de navegación es la interfaz entre el operador del dron, el servidor de navegación y las fuentes de datos exteriores y los agentes de navegación que son ejecutados en los respectivos drones, y está configurado para calcular y actualizar una ruta respectiva para cada uno de los drones que están involucrados en la operación, basada en el mapa en color y 3D zonificado geográficamente y la entrada inicial del operador de drones, es decir, en el número de drones involucrados, el macroobjetivo de la operación, las preferencias del operador de drones y otros.

Según una realización de la invención presente, el mapa provisto por el servidor de navegación es un mapa en color 3D y zonificado geográficamente.

Según una realización adicional, el servidor de navegación comprende como submódulos un administrador de navegación, un despachador de información de navegación y un almacén de navegación en donde el despachador de información de navegación está configurado para recoger y enviar información de navegación internamente, es decir, entre los submódulos y externamente, es decir, entre submódulos y fuentes de datos, y el almacén de navegación está configurado para almacenar información relevante, tal como mapas y registros (en formato sin procesar) para su reutilización y para problemas de no rechazo y análisis histórico.

En general, el administrador de navegación se compone de tres submódulos:

- a) un motor de agregación, que está configurado para ordenar/categorizar la información recibida del despachador de información de navegación basada en criterios predefinidos,
- b) un motor de correlación, que está configurado para analizar información agregada y utilizar mecanismos de ponderación (basados en reglas) para correlacionar la información, y

c) un generador de mapas, en donde el generador de mapas está configurado para generar según la entrada del motor de correlación, basándose en la información del mapa local y según la información proporcionada por el despachador de información de navegación, el mapa zonificado geográficamente, particularmente el mapa 3D en color y zonificado geográficamente.

El servidor de navegación puede ser usado centralmente por un proveedor de sistemas de navegación o localmente por los respectivos operadores de drones. En el caso de que el servidor de navegación sea administrado por un proveedor de sistemas de navegación, el servidor de navegación es ofrecido como un servicio para uno o más operadores de drones.

Según una realización adicional, el servidor de navegación está configurado para servir a varios clientes de navegación que pertenecen a diferentes operadores de drones.

La invención presente proporciona un sistema de navegación aérea de operación autónoma que, basado en una operación del dron dada (caso práctico), deriva y actualiza automáticamente en tiempo real una ruta 3D, que es seguida al menos por un dron, normalmente por una pluralidad de drones, que están involucrados en la operación de drones, de tal manera que se cumplen todos los requisitos (regulación, comunicación, vuelo/clima y otros). Es decir, cuando se usa el sistema reivindicado, los drones solo vuelan (automáticamente) en zonas verdes/amarillas, es decir, en zonas donde se cumplen los requisitos de comunicación o donde están por encima de un umbral determinado, es decir, no en cualquier momento ni en cualquier lugar, y en donde está permitido volar por ley, etc. En este caso, no surgen problemas técnicos respecto a volar los BVLOS e incluso en VLOS (campo visual) ya no se necesita ningún piloto para seguir al dron respectivo todo el tiempo como es actualmente el caso para asegurarse de que el operador siempre tenga control sobre el dron o los drones. En la actualidad, para cada dron, se necesita un piloto, además del operador que tiene una visión general de todos los drones. Con el sistema reivindicado, solo se necesita el operador. Además, con el sistema reivindicado, se garantiza (en gran medida) que se respetan las leyes de aviación, lo que no es actualmente el caso.

En compendio, se puede afirmar que con este enfoque de solución, en lugar de desarrollar una nueva tecnología desde cero para permitir los vuelos de drones con BVLOS en cualquier lugar en cualquier momento y para cumplir con los diferentes requisitos para todos los casos de uso relevantes (operaciones de drones), es posible seleccionar cualquier tecnología de comunicación y garantizar automáticamente que los drones solamente vuelen allí donde se cumplen los requisitos de comunicación (velocidades de datos, latencia, sacudidas, etc.). Ésta es una de las ventajas principales. Otra ventaja importante es que este enfoque de solución garantiza además que los reglamentos, las condiciones climáticas y otros parámetros relevantes sean tenidos también en cuenta en el cálculo y la actualización de la ruta.

La expresión "tiempo real" indica que el mapa zonificado geográficamente es generado y actualizado continuamente, por lo que se garantiza que los requisitos para un comando y control más allá del campo visual de RPAS se cumplen en cualquier momento y en cualquier lugar. El sistema según la invención presente controla un entorno respectivo al recibir datos, procesarlos y devolver un mapa geográfico zonificado 3D respectivo y rutas respectivas para los drones lo suficientemente rápido como para afectar el entorno en ese momento.

A continuación, se describe la generación del mapa en color en 3D y zonificado geográficamente como resultado del servidor de navegación.

El espacio aéreo se divide dinámicamente en zonas 3D. Una zona está caracterizada por varios KPI (indicador clave de rendimiento).

- Para un proveedor de red, los KPI están relacionados con la red, como umbrales de cobertura, velocidad de datos y latencia garantizados (por ejemplo, con una probabilidad del 99%). Por ejemplo, si el dron vuela desde $x = 10$, $y = 10$, $z = 10$ a $x = 50$, $y = 50$, $z = 50$, y el operador del dron ha especificado en el cliente de navegación que para su caso práctico se necesita una cobertura del 100%, una velocidad de datos superior a 1 Mbit/s y una latencia inferior a 10 ms, pueden ocurrir los ejemplos siguientes:

- Si el operador de red sabe que se cumplen los KPI durante toda la ruta, solo habrá una zona verde.

- Si el operador de red sabe que los KPI definitivamente no se cumplen en algunos casos, habrá zonas verdes y rojas, por ejemplo, $x = 10$, $y = 10$, $z = 10$ a $x = 25$, $y = 25$, $z = 25$ es una zona verde, el resto de la ruta es una zona roja.

->La zona puede cambiar en tiempo real dependiendo de los cambios en el entorno y la carga en la red, por tanto, es necesaria una participación en tiempo real del proveedor de la red en el sistema de navegación.

- De manera similar al proveedor de la red, los KPI para la agencia legal están relacionados con la ley, las zonas están definidas según la ley y el caso práctico, por ejemplo, si un gran dron es usado y una cámara es

montada y usada durante la operación del dron, debido a la ley de privacidad, es posible que el dron no pueda volar sobre algunas zonas urbanas, etc. Esto también es válido para la agencia meteorológica y otras agencias, es decir, las zonas siempre se basan en el caso práctico y los KPI específicos de la agencia respectiva.

->El proveedor de red y todas las demás agencias relevantes, es decir, las fuentes de datos están conectadas al servidor de navegación, que es la interfaz para el usuario del sistema, es decir, la información sobre las zonas que el servidor de navegación recibe de las diferentes agencias es multiplicada por una puntuación/peso (dependiendo de la importancia de la agencia y de las necesidades de los usuarios; los usuarios pueden poner pesos para esa información en la interfaz del sistema (el cliente de navegación) en general, son aplicados valores predeterminados inteligentes, pero también se admiten las decisiones del usuario).

->En compendio, el servidor de navegación proporciona en tiempo real al usuario un mapa 3D en color y dividido en zonas (verde, amarillo, rojo) basado en la agregación y correlación de la información diferente que el servidor recibe de las diferentes agencias y los pesos de esa información. así como la configuración del usuario.

Las expresiones "usuario", "operador" y "dron operador" son usadas como sinónimos y son intercambiables en la descripción presente.

Las expresiones "operación" y "operación de drones" se usan también como sinónimos.

El sistema de navegación aérea de operación autónoma según la invención presente comprende tres tipos de módulos, consistiendo cada uno de ellos en varios submódulos. Los tipos de módulos son: servidor de navegación, cliente de navegación y agente de navegación. El sistema debe comprender al menos un módulo de cada tipo, pero puede tener más.

Servidor de navegación: el servidor de navegación proporciona dinámicamente al usuario/operador de drones un mapa 3D en color y zonificado geográficamente basado en la agregación y correlación de la información múltiple recibida de diferentes fuentes de datos relevantes y del cliente de navegación, por ejemplo, el macroobjetivo de la operación y otros datos relevantes.

El servidor de navegación comprende, como ya se ha mencionado anteriormente, los siguientes submódulos:

Administrador de navegación: el administrador de navegación es la unidad central o el cerebro del servidor de navegación. El administrador de navegación obtiene información del despachador de información. Es posible que los recursos de datos exteriores proporcionen información sobre una visión general estática sobre la calidad (cobertura, latencia, etc.) de las redes respectivas en una zona específica respectiva o en una coordenada específica (x, y, z) o para un enlace 3D, por ejemplo, entre una primera coordenada (x₁, y₁, z₁) y una segunda coordenada (x₂, y₂, z₂). Basándose en una descripción general de red 3D estática, se puede generar una descripción dinámica que además considera el tiempo como un parámetro adicional. Tal resumen dinámico puede ser utilizado aún más, probablemente filtrado debido a restricciones adicionales, por el administrador de navegación para generar dinámicamente el mapa zonificado geográficamente 3D.

Despachador de información de navegación: El despachador de información de navegación es responsable de recopilar y enviar información de navegación internamente (entre los submódulos) y externamente (entre submódulos y fuentes de datos).

Almacén de navegación: el almacén de navegación es responsable de almacenar toda la información relevante, tal como mapas y registros (en formato sin procesar) para su reutilización y para problemas de no rechazo y análisis histórico, entre otros.

Según otra forma de realización del sistema reivindicado, el administrador de navegación está compuesto de tres submódulos:

- Un motor de agregación: que clasifica/categoriza la información recibida del despachador de información de navegación según criterios predefinidos.
- Un motor de correlación: que analiza la información agregada y utiliza mecanismos de ponderación (basados en reglas) para correlacionar la información. Los pesos están basados en la relevancia de la información, es decir, la fuente de datos correspondiente y las preferencias del usuario. El motor de correlación puede implementar además un método sin reglas, es decir, el motor de correlación se informa sobre lo que es importante para una operación segura y calcula dinámicamente los pesos de la información recibida.

- Un generador de mapas: genera, basándose en la entrada del motor de correlación, basándose en la información del mapa local y basándose en la información proporcionada por el despachador, un mapa tridimensional en color y zonificado geográficamente.

5 El servidor puede ser usado centralmente por un proveedor de sistemas de navegación, pero también puede ser usado localmente por operadores de drones (medianos y grandes). Un servidor de navegación puede servir a varios clientes de navegación (pertenecientes a diferentes operadores).

10 Según una realización adicional, el sistema comprende una pluralidad de agentes de navegación, cada uno de ellos es ejecutado en un dron respectivo, en donde el cliente de navegación está configurado además para calcular una ruta para todos los drones que están involucrados en la operación.

15 A diferencia del servidor de navegación, que debe/puede ser ejecutado por un proveedor de sistemas de navegación y ofrecido como servicio para los operadores de drones, el cliente de navegación es ejecutado localmente por un operador de drones respectivo. Es la interfaz entre el operador de drones, el servidor de navegación, las fuentes de datos exteriores y los agentes de navegación que se ejecutan en los drones. El operador de drones utiliza el cliente de navegación para introducir la información sobre la operación. El cliente de navegación deriva y envía los parámetros necesarios al servidor de navegación y recibe, basándose en los parámetros/caso práctico, un mapa 3D en color y zonificado geográficamente. A continuación, el cliente de navegación calcula mediante el uso de algoritmos de optimización, por ejemplo, optimización no lineal de enteros mixtos, una ruta para cada uno de los drones que participan en la operación, basada en el mapa 3D en color y zonificado geográficamente y la entrada inicial del usuario, es decir, el número de drones involucrados, el macroobjetivo de la operación, las preferencias del usuario (en caso de que alcancen el objetivo con un tiempo mínimo o granularidad máxima, etc.) y otros. Es decir, las rutas para los drones pueden variar si solo 2 drones deben alcanzar el objetivo o si, por ejemplo, están involucrados 10 drones. Ha de tenerse en cuenta también que si hay una zona amarilla debido a un KPI de comunicación débil (indicador clave de rendimiento) en la zona geográfica correspondiente a la zona, sin embargo, el macroobjetivo del operador se encuentra en esa zona, el cliente de navegación puede calcular las rutas de tal manera que algunos drones actúan como transmisores de comunicación para mejorar el enlace de comunicación en la zona objeto. El cliente de navegación reenvía las rutas y otra información relacionada a los drones. Durante la operación, el cliente de navegación puede recibir actualizaciones del servidor de navegación o realimentación de los drones, como resultado, el cliente de navegación puede actualizar las rutas para los drones. En general, cada dron es asignado a una ruta que es principalmente diferente a las rutas de los otros drones que están involucrados en la operación.

35 Según otra realización más, el cliente de navegación comprende los siguientes submódulos:

- C1) Una interfaz de operador para introducir una entrada de un usuario/operador de dron y para visualizar el mapa, la ruta o las rutas y la movilidad del dron o drones;
- C2) Un analizador de información de navegación que está configurado para derivar parámetros relevantes de la información proporcionada por el usuario, el agente de navegación y el servidor de navegación;
- 40 C3) Un generador de rutas que está configurado para generar y actualizar las rutas de los drones basándose en el mapa recibido del servidor, la entrada del usuario y los comentarios de los agentes de navegación;
- C4) Un comunicador de navegación que está configurado para monitorizar un enlace de comunicación entre el cliente de navegación y el agente de navegación, para transferir eficientemente entre diferentes tecnologías de comunicación y para comunicarse con el servidor de navegación y el agente o agentes de navegación, así como con los otros submódulos del cliente de navegación.

50 El agente de navegación como un módulo del sistema reivindicado es ejecutado en un dron respectivo. El agente de navegación es responsable de la dirección automática del dron o de proporcionar la información para un motor de dirección exterior del dron respectivo.

Según otra realización, el agente de navegación comprende los siguientes submódulos:

- B1) Un servicio de comunicación que está configurado para monitorizar y controlar la comunicación con el cliente de navegación y/o con otros drones;
- 55 B2) Un servicio de micromovilidad que está configurado para derivar de la ruta proporcionada por el cliente de navegación y de la información local una micromovilidad del dron, la micromovilidad es utilizada para dirigir el dron;
- B3) Un servicio de monitorización del sistema que está configurado para monitorizar el estado de diferentes componentes críticos del dron;
- 60 B4) Una detección de proximidad que está configurada para detectar e informar de, si es necesario, la proximidad del dron.

65 En compendio, debe establecerse que el sistema reivindicado tiene como entrada del usuario el objetivo de macromovilidad del dron o de los drones y los requisitos de operación (o información que permite al sistema derivar los requisitos, por ejemplo, el tipo de dron y el tipo de una aplicación respectiva). Los requisitos de operación deben

incluir requisitos de comunicación, y pueden incluir otros, tales como el tiempo máximo de operación, etc. Basándose en la información del usuario, la información local en el nivel del dron (sensores relevantes: GPS, batería e información de proximidad: de obstáculos y drones cercanos), e información relevante sobre las condiciones de vuelo proporcionada por un proveedor de sistemas de navegación en cooperación con proveedores de red, el sistema define dinámicamente (en tiempo real) la macro y micromovilidad de los drones para cumplir siempre con los requisitos de operación o para ir en un modo de emergencia.

La descripción detallada siguiente y los dibujos que se acompañan proporcionan una mejor comprensión de la naturaleza y las ventajas de la invención presente.

Descripción breve de los dibujos

La Figura 1 muestra una realización del sistema según la invención presente.

La Figura 2 muestra un diagrama de bloques que indica una cooperación de los diferentes componentes de una realización del sistema reivindicado.

La Figura 3 muestra un diagrama de bloques adicional que describe la funcionalidad de una realización adicional del sistema reivindicado.

Descripción detallada de los dibujos.

Las características de la invención se describen con respecto a las Figuras. Las características de la invención que pueden ser extendidas para mostrar abstracciones que pueden ser incorporadas en posibles casos de uso de la invención son explicadas también con respecto a las Figuras.

La Figura 1 muestra una realización del sistema según la invención presente. El sistema de navegación aérea de operación autónoma comprende como módulos al menos un servidor de navegación 100, al menos un agente de navegación 130 y al menos un cliente de navegación 120, cada módulo 100, 120 y 130 comprende varios submódulos.

El servidor de navegación 100 está configurado para agregar y correlacionar múltiples datos recibidos por medio del enlace de diferentes fuentes de datos relevantes 150 y por medio del enlace 11 desde el cliente de navegación 120. Además, el servidor de navegación 100 está configurado para proporcionar dinámicamente a un usuario/operador de dron un mapa 3D en color y zonificado geográficamente basado en los datos agregados y correlacionados. El agente de navegación 130 es ejecutado en un dron y está configurado para controlar la dirección del dron. El cliente de navegación 120 es ejecutado localmente por el operador de drones y actúa como interfaz a través de los enlaces 11, 12 y 15 entre el operador de drones, el servidor de navegación 100 y las fuentes de datos exteriores 150 y el agente de navegación 130. El agente de navegación 130 es ejecutado en el dron y está configurado para derivar de una ruta proporcionada por el cliente de navegación 120 y de la información local (de proximidad, batería, viento, etc.) una micromovilidad del dron (velocidad, dirección, siguiente posición, etc.) que a continuación es utilizada para dirigir el dron.

El servidor de navegación 100 comprende como submódulos un administrador de navegación 110, un despachador de información de navegación 116 y un almacén de navegación 118. El despachador de información de navegación 116 está configurado para recoger y enviar información de navegación internamente, es decir, entre los submódulos y exteriormente, es decir, entre submódulos y fuentes de datos 150, y el almacén de navegación 118 está configurado para almacenar información relevante, tal como mapas y registros (en formato sin procesar) para reutilizar y para cuestiones de no rechazo y análisis histórico.

Generalmente, el administrador de navegación 110 comprende como submódulos un motor de agregación 111, que está configurado para ordenar/categorizar la información recibida del despachador de información de navegación 116 basada en criterios predefinidos, un motor de correlación 112, que está configurado para analizar información agregada y para usar mecanismos de ponderación (basados en reglas) para correlacionar la información, y un generador de mapas 113, en donde el generador de mapas 113 está configurado para generar basándose en la entrada del motor de correlación 112, basándose en la información de mapas local y basándose en la información proporcionada por el despachador de información de navegación 116 el mapa 3D en color y zonificado geográficamente.

El servidor de navegación 100 puede ser usado centralmente por un proveedor de sistemas de navegación o localmente por los respectivos operadores de drones.

Las fuentes de datos 150 son un proveedor de mapas 151, una agencia meteorológica 152, una agencia legal 153, un operador de red 154 y/u otras fuentes 155.

El cliente de navegación 120 es ejecutado localmente por un operador. Es la interfaz entre el operador, el servidor de navegación 100 y las fuentes de datos exteriores 150 y los agentes de navegación 130 que son ejecutados en los drones. El operador usa el cliente de navegación 120 para introducir la información sobre la operación. El cliente 120 deriva y envía los parámetros necesarios al servidor de navegación 100 y recibe, basándose en los parámetros/caso práctico, un mapa 3D en color y zonificado geográficamente desde el servidor de navegación 100. El cliente de

navegación 120 calcula a continuación mediante algoritmos de optimización una ruta para los drones que están involucrados en la operación, basándose en el mapa 3D en color y zonificado geográficamente y la entrada inicial del usuario, es decir, el número de drones involucrados, el macroobjetivo de la operación, las preferencias del usuario y otros. Es decir, las rutas pueden variar si solo 2 drones deben alcanzar el objetivo o si, por ejemplo, están involucrados 10 drones. Debe tenerse en cuenta además que si hay una zona amarilla debido a KPIs de comunicación débil (indicador clave de rendimiento) en la zona geográfica correspondiente a la zona, y sin embargo, el macroobjetivo del operador se encuentra en esa zona, el cliente de navegación 120 puede calcular la ruta de tal manera que algunos drones actúan como retransmisores de comunicación para mejorar el enlace de comunicación en la zona objeto. El cliente de navegación 120 envía las rutas y otra información relacionada a los drones respectivos. Durante la operación, el cliente de navegación 120 puede recibir actualizaciones del servidor de navegación 100 o realimentación de los drones, como resultado, el cliente de navegación 120 puede actualizar las rutas.

En el ejemplo que se muestra en esta memoria, el cliente de navegación 120 comprende como submódulos un comunicador de navegación 121 que está configurado para monitorizar el enlace de comunicación 15 entre el cliente de navegación 120 y el agente de navegación 130, para transferir eficientemente entre diferentes tecnologías de comunicación, y para comunicarse con el servidor de navegación 100 y el agente de navegación 130, así como con los otros submódulos del cliente de navegación 120; un generador de ruta 122 que está configurado para generar y actualizar la ruta o rutas del dron o de los drones basándose en el mapa recibido del servidor 100, la entrada del usuario y la realimentación de los agentes de navegación 130; un analizador de información de navegación 123 que está configurado para derivar parámetros relevantes de la información proporcionada por el usuario, el agente de navegación 130 y el servidor de navegación 100; y una interfaz de operador 124 para introducir una entrada de un usuario/operador de dron y para visualizar el mapa, la ruta y la movilidad del dron o de los drones.

El agente de navegación 130 en calidad de un módulo del sistema reivindicado es ejecutado en un dron respectivo. El agente de navegación 130 es responsable del control de dirección automático del dron o de proporcionar la información para un motor de dirección exterior en el dron respectivo. El agente de navegación 130 comprende como submódulos un servicio de comunicación 131 que está configurado para monitorizar y gestionar la comunicación con el cliente de navegación 120 y/o con otros drones; un servicio de micromovilidad 132 que está configurado para derivar de la ruta proporcionada por el cliente de navegación 120 y de la información local una micromovilidad del dron, la micromovilidad es usada para dirigir el dron; un servicio de monitorización del sistema 133 que está configurado para monitorizar el estado de diferentes componentes críticos del dron; y un servicio de detección de proximidad 134 que está configurado para detectar e informar de, si es necesario, la proximidad del dron.

Las Figuras 2 y 3 muestran esquemáticamente, usando el ejemplo de una realización del sistema según la invención presente, un intercambio de información entre diferentes componentes del sistema reivindicado y entre componentes del sistema reivindicado y componentes exteriores relevantes.

La Figura 2 distingue entre una parte del dron 210, una parte del operador 220, una parte del proveedor del sistema de navegación 230 y una parte del proveedor de la red 240. Es posible que haya más proveedores de red y, en consecuencia, un número respectivo de partes de proveedor de red 240.

La parte del dron 210 comprende un motor de comunicación 211, un motor de detección de proximidad 212 y un motor de movilidad móvil conocedor de la operación descentralizada 213. El motor de movilidad móvil conocedor de la operación descentralizada 213 está configurado para determinar, por ejemplo, calcular y proporcionar una micromovilidad actual del dron en consideración. El motor de detección de proximidad 212 está configurado para detectar la proximidad actual del dron en consideración. El motor de comunicación 211 está configurado para proporcionar la micromovilidad determinada del dron y su proximidad actual por medio del enlace de comunicación 215 a un motor de comunicación respectivo 224 que es parte de la parte del operador 220. El enlace de comunicación 215 puede ser realizado mediante diferentes enlaces de comunicación inalámbrica o interfaces.

El motor 211 de comunicación, el motor 212 de detección de proximidad y el motor 213 de micromovilidad conocedor de la operación descentralizada están generalmente instalados en el dron respectivo, es decir, en el dron en consideración, es decir, en el dron que está involucrado en la operación en curso.

La parte del operador 220 comprende, además del motor de comunicación 224, una interfaz 221, que puede ser realizada mediante una interfaz gráfica de usuario, un motor de macromovilidad con operación autónoma 222 y un motor de micromovilidad con reconocimiento de operación central 223. La interfaz 221 se usa para la entrada de un operador del dron respectivo. El motor de movilidad macroautónomo de la operación 222 está configurado, sobre la base de la información del usuario/operador sobre un objetivo de macromovilidad del dron y los requisitos de operación recibidos por medio de la interfaz 221, la información recibida de la parte del dron 210, tales como la proximidad actual y la micromovilidad actual del dron respectivo por medio del enlace 215, la información del proveedor del sistema de navegación 230 sobre las condiciones de vuelo y la información del proveedor de red 240 sobre las condiciones actuales de la red, para calcular dinámicamente en tiempo real una macro y una micromovilidad del dron respectivo de una manera que siempre cumpla con los requisitos de operación o para operar en un modo de emergencia.

La parte 220 del operador está en conexión de comunicación con la parte 230 del proveedor del sistema de navegación y la parte del proveedor de red 240.

5 La parte 230 del proveedor del sistema de navegación comprende un motor de condición de vuelo que proporciona condiciones de vuelo actuales a la parte del operador 220.

El proveedor de red comprende un motor de condiciones de red que proporciona condiciones de red en curso a la parte del operador 220.

10 La Figura 3 muestra esquemáticamente la colaboración de las diferentes unidades que son relevantes para permitir que el sistema reivindicado defina dinámicamente la macro y micromovilidad de un dron respectivo para que se cumplan siempre los requisitos de operación. La Figura 3 muestra una interfaz de sistema de navegación 310. Por medio de la interfaz 310 que puede ser realizada mediante una interfaz gráfica de usuario, un usuario/operador 301
15 puede introducir, según se indica mediante el enlace 302, para cada dron en operación un tipo de dron respectivo, un objetivo de macro movilidad de los respectivos requisitos de drones y de operación. Los requisitos de operaciones deben incluir requisitos de comunicación. Los requisitos de operaciones pueden incluir otros requisitos, tales como el tiempo máximo de operación, etc.

20 El proveedor o proveedores de red 330 proporcionan en respuesta a una consulta sobre las condiciones de la red en zonas geográficas específicas de interés (321) condiciones medias de red por zona (322). Además, el proveedor o los proveedores de red 330 proporcionan en tiempo real cambios 324 por encima/por debajo de los umbrales predefinidos por zona.

25 El proveedor del sistema de navegación 320 recibe por medio del enlace 313 información sobre una zona geográfica x correspondiente a una posición de inicio de un dron en operación o correspondiente a un macroobjetivo del dron respectivo. Al usar la información del proveedor de la red, el proveedor del sistema de navegación 320 puede proporcionar por medio del enlace 314 (en tiempo real) las condiciones de vuelo de la zona geográfica x, tales como la red, el clima, etc.

30 El dron 340 en la zona geográfica x proporciona siempre por medio del enlace 312 información sobre su posición actual, su velocidad actual, su dirección actual y su proximidad actual.

35 Sobre la base de la información sobre la ruta actual, la posición y velocidad actuales y la proximidad actual del dron respectivo, el servidor de navegación (según se muestra en la Figura 1) puede calcular dinámicamente un mapa en 3D en color y zonificado geográficamente. Sobre la base de este mapa, es posible definir dinámicamente una macro y una micromovilidad adecuada del dron, la macro y la micromovilidad se adaptan a las condiciones en curso, respectivamente, de manera que siempre se cumplan los requisitos de las operaciones. El dron es dirigido dinámicamente (según indica el enlace 311) basándose en la ruta calculada.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de navegación aérea de operación autónoma comprendiendo como módulos al menos un servidor de navegación (100), al menos un agente de navegación (130) y al menos un cliente de navegación (120), comprendiendo cada módulo varios submódulos, en donde;
 - A) el servidor de navegación (100) está configurado para agregar y correlacionar múltiples datos recibidos de diferentes fuentes de datos (150) y de un cliente de navegación (120), y para proporcionar dinámicamente a un operador de drones un mapa zonificado geográficamente basado en los datos agregados y correlacionados, en donde el mapa zonificado geográficamente es un mapa de un espacio aéreo que está dividido en zonas 3D y, en donde las fuentes de datos (150) son seleccionadas del grupo que comprende al menos el operador de red de comunicación, la agencia legal, la agencia meteorológica;
 - B) el agente de navegación (130) es ejecutado en un dron y está configurado para controlar la dirección del dron;
 - C) el cliente de navegación (120) es ejecutado localmente por el operador del dron y actúa como interfaz entre el operador del dron, el servidor de navegación (100) y el agente de navegación (130) que es ejecutado en el dron;
 - D) el cliente de navegación (120) está configurado para calcular y actualizar una ruta para el dron que está involucrado en una operación de dron dada basada en el mapa zonificado geográficamente, la realimentación del agente de navegación (130) y una entrada inicial del operador de drones.
2. El sistema según la reivindicación 1, en donde el mapa zonificado geográficamente es un mapa 3D en color y zonificado geográficamente.
3. El sistema según la reivindicación 1 o 2, que comprende una pluralidad de agentes de navegación (130), corriendo cada uno sobre un dron respectivo, en donde el cliente de navegación (120) está configurado además para calcular una ruta para cada uno de los drones que están involucrados en la operación.
4. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el servidor de navegación (100) comprende como submódulos un administrador de navegación (110), un despachador de información de navegación (116) y un almacén de navegación (118) en donde el despachador de la información de navegación (116) está configurado para recoger y enviar información de navegación interna y externamente, y el almacén de navegación (118) está configurado para almacenar información relevante.
5. El sistema según la reivindicación 4, en donde el administrador de navegación (110) está compuesto por tres submódulos secundarios:
 - a) un motor de agregación (111), que está configurado para ordenar/categorizar la información recibida del despachador de información de navegación (116) basándose en criterios predefinidos,
 - b) un motor de correlación (112), que está configurado para analizar la información agregada y usar mecanismos de ponderación para correlacionar la información, en donde los pesos de los mecanismos de ponderación están basados en la relevancia de la información y,
 - c) un generador de mapas (113), en donde el generador de mapas (113) está configurado para generar basándose en la entrada del motor de correlación (112), basándose en la información del mapa local y basándose en la información proporcionada por el despachador de información de navegación (116) el mapa zonificado geográficamente.
6. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el servidor de navegación (100) es usado centralmente por un proveedor del sistema de navegación o localmente por los operadores de drones respectivos.
7. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el servidor de navegación (100) está configurado para servir a varios clientes de navegación (120) que pertenecen a diferentes operadores de drones.
8. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el cliente de navegación (120) comprende los submódulos siguientes:
 - C1) Una interfaz de operador (124) para introducir una entrada de un operador de dron y para visualizar el mapa;
 - C2) Un analizador de información de navegación (123) que está configurado para derivar parámetros relevantes de la información proporcionada por el operador de drones, el agente de navegación (130) y el servidor de navegación (100);
 - C3) Un generador de ruta (122) que está configurado para generar y actualizar la ruta del dron basándose en el mapa recibido del servidor, la entrada del usuario y la realimentación de los agentes de navegación;

C4) Un comunicador de navegación (121) que está configurado para monitorizar un enlace de comunicación entre el cliente de navegación (120) y el agente de navegación (130), para transferir efectivamente entre diferentes tecnologías de comunicación y para comunicarse con el servidor de navegación (100) y el agente de navegación (130) así como con los otros submódulos del cliente de navegación (120).

5 9. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el agente de navegación (130) comprende los submódulos siguientes:

10 B1) Un servicio de comunicación (131) que está configurado para monitorizar y controlar la comunicación con el cliente de navegación (120) y/o con otros drones;

B2) Un servicio de micromovilidad (132) que está configurado para derivar de la ruta proporcionada por el cliente de navegación (120) y de la información local una micromovilidad del dron, la micromovilidad que es usada para dirigir el dron;

15 B3) Un servicio de monitorización del sistema (133) que está configurado para monitorizar el estado de diferentes componentes críticos del dron;

B4) Una detección de proximidad (134) que está configurada para detectar e informar de, si es necesario, la proximidad del dron.

20 10. Un método para volar al menos un dron más allá del campo visual usando un sistema según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.

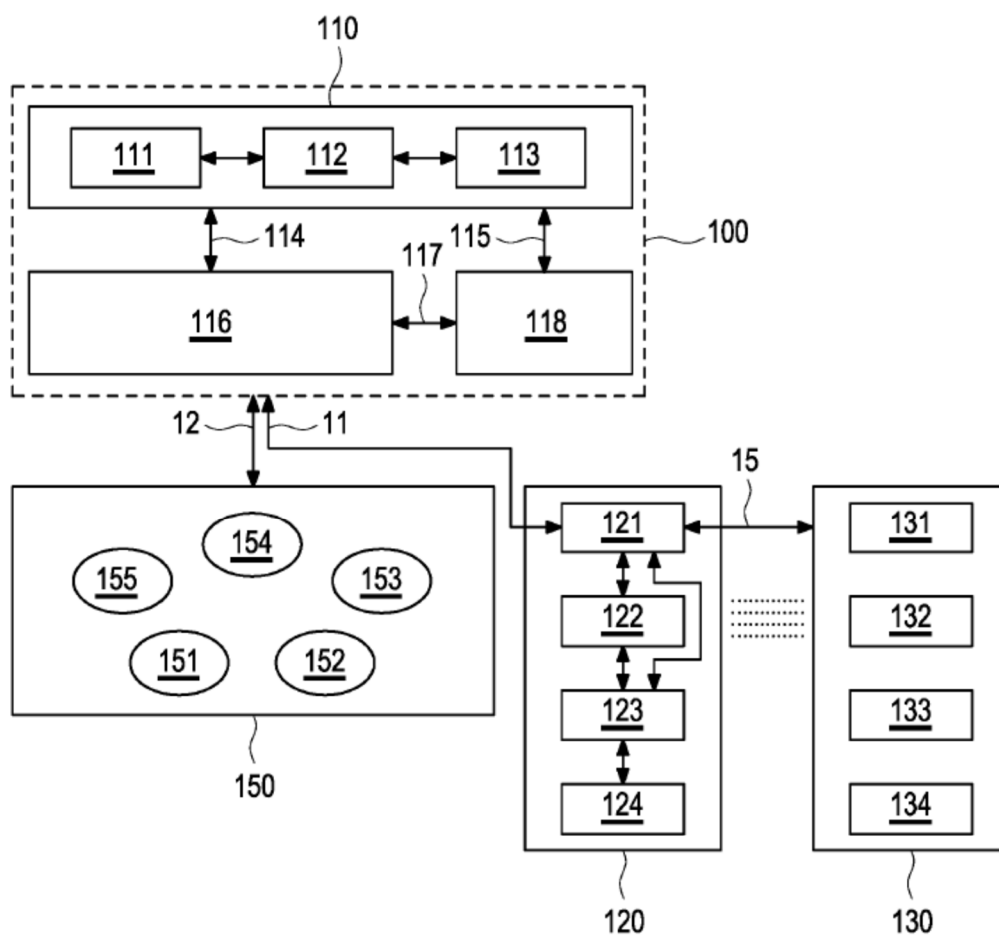


Fig. 1

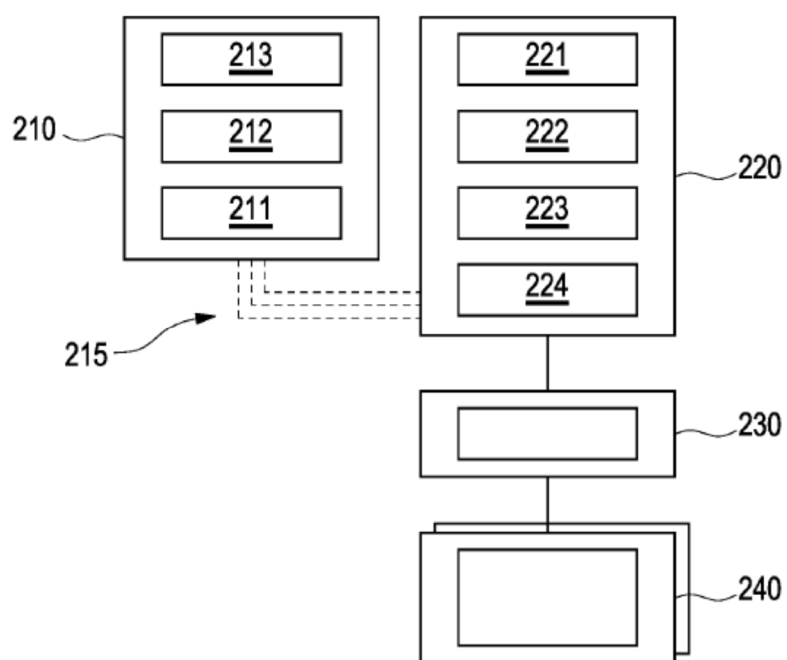


Fig. 2

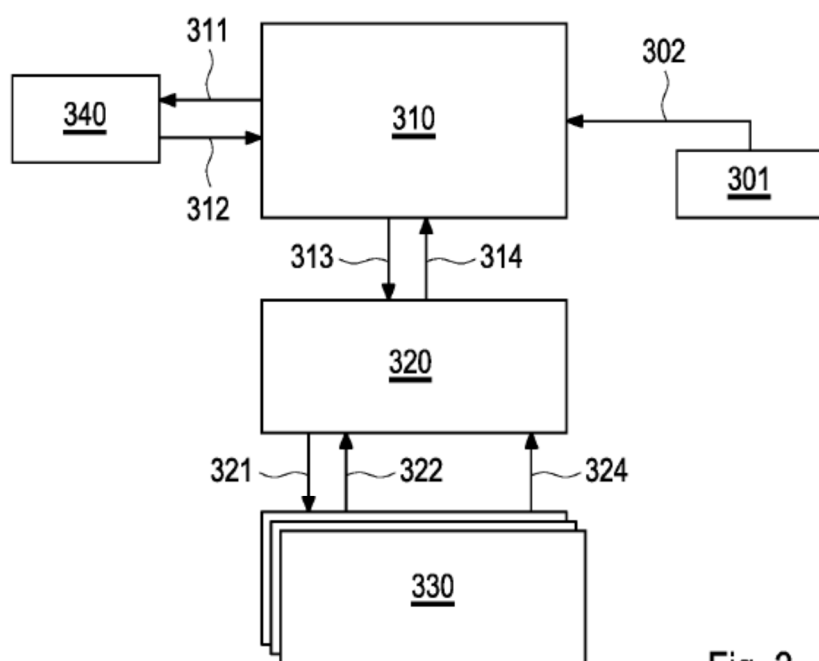


Fig. 3