

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 705 436**

51 Int. Cl.:

H04B 7/185 (2006.01)

H01Q 1/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.02.2016 PCT/EP2016/052681**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.08.2016 WO16128373**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.02.2016 E 16704565 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.10.2018 EP 3257168**

54 Título: **Método para crear una constelación de dispositivos electrónicos para proporcionar operaciones ópticas o de radiofrecuencia en un área geográfica predeterminada y sistema de dicha constelación de dispositivos electrónicos**

30 Prioridad:

09.02.2015 EP 15154371

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

25.03.2019

73 Titular/es:

**EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA) (100.0%)
8-10 rue Mario-Nikis
75738 Paris Cedex 15, FR**

72 Inventor/es:

RAMMOS, EMMANUEL

74 Agente/Representante:

TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 705 436 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 para crear una constelación de dispositivos electrónicos para proporcionar operaciones ópticas o de radiofrecuencia en un área geográfica predeterminada y sistema de dicha constelación de dispositivos electrónicos

Campo de la invención

[0001] La presente invención se refiere a un método para crear una constelación de dispositivos electrónicos para proporcionar operaciones ópticas o de radiofrecuencia relacionadas con aplicaciones de recopilación de datos de la superficie terrestre en un área geográfica predeterminada. Además, la invención se refiere a una clase de dispositivos electrónicos y a un sistema de tal constelación de dispositivos electrónicos.

Estado de la técnica

[0002] Recientemente ha habido un gran interés y trabajo en satélites pequeños con una masa tan baja como de 1 hasta 50 kg. Se han propuesto/desarrollado varios satélites "pequeños" o Smallsats (Nanosats, Cubesats, Microsats) y constelaciones de ellos.

[0003] Varias empresas ofrecen soluciones basadas, por ejemplo, en el estándar Cubesat. Un Cubesat es un nanosatélite cuyo diseño es conforme con el estándar CubeSat y cuyo volumen es un múltiplo de una única unidad de CubeSat (10x10x10 cm³; <1,33 kg) que varía desde 2 unidades hasta 6 unidades. Un pequeño satélite 3U (compuesto por 3 unidades Cubesat estándar) puede proporcionar hasta 25 vatios de potencia y acomodar aproximadamente 3 kg de carga útil.

[0004] Las constelaciones basadas en satélites pequeños y la tecnología relacionada han sido desarrolladas por varias partes. Por ejemplo, un módem Iridium/Orbcomm de AAC Microtec se ha desarrollado y está volando en TechEdSat. GomSpace ha desarrollado enlaces entre satélites basados en UHF para la misión ArduSat-1 con el fin de permitir las comunicaciones entre dos CubeSat utilizando su protocolo CubeSat Space Protocol.

[0005] Tales desarrollos llevan a la amplia disponibilidad de cada vez más cargas útiles pequeñas, fiables y de bajo costo para aplicaciones de comunicaciones y observación de la Tierra (EO). Se han desarrollado varias cargas útiles de radiofrecuencia (RF), calificadas e integradas en plataformas CubeSat, así como también cargas ópticas para aplicaciones de EO. Además, se han desarrollado cargas útiles de VHF/UHF/banda S. Se considera la posibilidad de utilizar frecuencias reguladas de banda L para comunicaciones aire-tierra (utilizando, por ejemplo, tecnología Inmarsat o Thuraya) o incluso el uso de tecnología/frecuencias de telefonía GSM.

[0006] El interés comercial en los satélites pequeños y sus constelaciones se basa, entre otras cosas, en una gama de posibles aplicaciones que incluyen, en el campo de las telecomunicaciones, servicios regulares de comunicación de datos (por ejemplo, como lo demuestra TACSAT-4, almacenamiento y envío), comunicaciones M2M (máquina a máquina) (por ejemplo, Orbcomm, AprizeSat), servicios que se basan en comunicaciones por satélite de "solo recepción" (por ejemplo, ADS-B por satélite) o servicios que se basan en comunicaciones de "solo transmisión" (por ejemplo, un servicio de diseminación/difusión de datos, AIS por satélite en general, sistemas de intercambio de datos VHF (VDES)). También se puede considerar una gama de aplicaciones de EO, y hay varias empresas que construyen constelaciones de satélites de observación de la Tierra. Por ejemplo, Satellogic prevé lanzar una constelación de 300 satélites, cada uno con un peso aproximado de 25 kilogramos, para proporcionar imágenes globales de la Tierra, Planet Labs Inc. y Spire, ambas de San Francisco, así como Dauria Aerospace, con sede en Munich, también han anunciado planes para vender imágenes capturadas por naves espaciales que orbitan la Tierra.

[0007] Además, se investiga una combinación de enlaces Cubesat con GEO (órbita geoestacionaria).

[0008] El costo de un Cubesat en órbita está compuesto aproximadamente a tres partes iguales por la plataforma, la carga útil y el costo de lanzamiento. Un tema clave es el costo de lanzamiento. Los satélites pequeños se lanzan típicamente como cargas secundarias o acopladas sobre lanzadores tradicionales. Básicamente, el costo comercial del lanzamiento depende de la masa del satélite y la órbita terrestre deseada.

[0009] Por ejemplo, el costo de lanzamiento de un Cubesat en órbita terrestre baja varía de aproximadamente 250,000, -- \$ para un peso de 5 kg a alrededor de 1,000,000,-- \$ para un peso de 20 kg. Las aplicaciones de órbitas más altas costarán aún más.

[0010] Además, la disponibilidad de la oportunidad de lanzamiento es un problema para las grandes constelaciones, es decir, un gran número de satélites que cooperan en la constelación.

[0011] El costo de lanzamiento y los problemas de disponibilidad incitaron a los desarrolladores a buscar plataformas alternativas como los vehículos aéreos no tripulados (VANT) a gran altitud o los globos estratosféricos. Se plantean varios problemas para tales sistemas.

5 [0012] Para los VANT, se debe realizar un esfuerzo para diseñar, fabricar una flota de dichos VANT y diseñar una configuración operativa para dichos VANT.

[0013] Además, los operadores de los VANT deben controlar el vuelo de los VANT desde el suelo, por lo que cada VANT debe estar a la vista de una estación terrestre de control, lo que hace que el sistema sea aún más caro de operar además de su diseño y construcción. Además, se observa que el uso de VANT en la mayoría de los países no está regulado y está prohibido.

10 [0014] La patente de EE. UU. US-B-8,897,770 revela un sistema de comunicación que usa una estación terrestre y múltiples VANT para implementar un sistema de comunicación inalámbrica en el aire usando enlaces aire-tierra y aire-aire.

15 [0015] Asimismo, para los globos estratosféricos, existen problemas regulatorios y operativos en relación con el control de las órbitas de dichos globos, en particular dentro de las corrientes de aire estratosférico que se tienen en cuenta para sus operaciones.

20 [0016] Además, los satélites pequeños tienen que ser compatibles con el entorno espacial, lo que hace que el diseño/las pruebas/la fabricación sean costosos. La plataforma que soporta la carga útil constituye la mayor parte de la masa del satélite (más de 2/3). Por ejemplo, cuando se requiere la estabilización de actitud en 3 ejes y la señalización en un satélite, el subsistema de control de actitud y órbita (AOCS) en sí mismo suele ocupar 1 unidad de un CubeSat triple. La generación de energía y el control térmico también son elementos clave para la masa.

25 [0017] Teniendo en cuenta los problemas de costes, se llega a un término medio entre la fiabilidad y la vida útil de los satélites pequeños. Normalmente, la vida útil de los satélites pequeños es de algunos meses o años, lo que hace necesaria una reposición regular de la flota para los sistemas comerciales. Además, la gran cantidad de satélites en las constelaciones de satélites pequeños LEO y la falta de políticas de salida de órbita claras para satélites pequeños al final de su vida útil son un problema para la basura espacial.

30 [0018] La publicación de patente internacional WO2009/060139 describe un sistema para la observación de la Tierra utilizando una capa espacial, una capa terrestre y una capa de telecomunicaciones. La capa espacial comprende varios satélites equipados con dispositivos de adquisición de imágenes.

35 [0019] Se observa que existen publicaciones de la técnica anterior relacionadas con la configuración de redes de telecomunicaciones utilizando aeronaves: La patente de EE. UU. US-A-6,285,878 revela un sistema de comunicación inalámbrica de banda ancha proporcionado por aerolíneas comerciales, donde cada aeronave actúa como un nodo de estación de retransmisión en un sistema de comunicación inalámbrica que utiliza equipos de estaciones de retransmisión por microondas. Los pasajeros a bordo de la aeronave y los usuarios dentro del campo visual de la aeronave pueden acceder al sistema de comunicación inalámbrica utilizando una función de pasarela del equipo.

40 [0020] La publicación de patente de EE. UU. US2004/0198346 revela un sistema celular basado en aeronaves. Las aeronaves están equipadas con equipos a bordo que admiten la comunicación inalámbrica con teléfonos de modo dual, y para intercambiar tráfico de comunicación inalámbrica e información de control con una o más estaciones terrestres. Un centro de control gestiona las comunicaciones y los datos de control en todo el sistema.

45 [0021] La publicación de patente estadounidense US2009/0221285 describe un sistema de comunicación en el que se utiliza un dispositivo de comunicación móvil para transmitir señales transmitidas en una red de comunicación inalámbrica. El dispositivo de comunicación móvil funciona en un rango de altitud de entre 1,000 y 65,000 pies (el típico utilizado por las aeronaves).

50 Resumen de la invención

[0022] La invención se define en las reivindicaciones adjuntas. La presente invención pretende proporcionar un sistema y un método flexibles y versátiles para obtener datos relativos a una determinada área geográfica, que sean más fáciles de implementar y más flexibles de operar que los sistemas basados en satélites actuales.

55 [0023] De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método para crear una constelación de dispositivos electrónicos para proporcionar operaciones ópticas o de radiofrecuencia relacionadas con aplicaciones de recopilación de datos de la superficie terrestre en un área geográfica predeterminada, que comprende:

- proporcionar, en cada uno de una pluralidad de aviones, al menos un dispositivo electrónico de la constelación, donde el al menos un dispositivo electrónico es una unidad acoplada al avión asociado y que comprende un sensor de recopilación de datos, y durante su vuelo cada avión tiene una trayectoria de vuelo sobre al menos una parte de dicha área geográfica predeterminada, donde cada dispositivo electrónico está configurado para dichas operaciones durante el vuelo con un alcance de cobertura terrestre para dichas operaciones determinado por un alcance de cobertura de avión individual de una parte de la superficie terrestre proporcionado por el avión asociado;
- activar uno o más dispositivos electrónicos para dichas operaciones cuando la cobertura de avión individual de uno o más aviones asociados con uno o más dispositivos electrónicos está dentro del área geográfica predeterminada.

[0024] Cuando el avión es un avión comercial de pasajeros o un avión de carga comercial que opera de acuerdo con su trayectoria y horario de vuelo, se puede obtener la cobertura terrestre deseada sin tener que usar plataformas especializadas en el aire, como satélites o VANT.

[0025] Las operaciones ópticas o de radiofrecuencia relacionadas con las aplicaciones de recopilación de datos de la superficie terrestre pueden comprender aplicaciones de observación de la tierra y/o aplicaciones de sistemas de identificación automáticos (AIS, por sus siglas en inglés), ya sea en modo de operación pasivo o activo.

[0026] El alcance de cobertura individual de un avión (cobertura de avión individual) se define como el área geográfica por debajo del avión que es visible desde el avión (hasta el "horizonte" del avión). Suponiendo que la Tierra es perfectamente esférica, la cobertura de avión individual sería un círculo centrado en el punto por debajo del vuelo del avión y se movería con el avión a lo largo de la trayectoria de vuelo. La forma circular es una aproximación, ya que no se tiene en cuenta la presencia de montañas, valles, etc. en la superficie de la Tierra.

[0027] La cobertura de avión individual determina el alcance máximo para las operaciones de campo visual realizadas por el dispositivo electrónico a bordo del avión (aunque, en determinadas circunstancias, las operaciones de RF pueden extenderse aún más).

[0028] Dado que la altitud de vuelo de crucero de los aviones es muy pequeña en comparación con el radio de la Tierra (6,371 km), el radio de la cobertura de avión individual en la superficie de la tierra y el alcance máximo para las operaciones de campo visual son prácticamente iguales.

[0029] En la práctica, las operaciones deben tener en cuenta parámetros tales como la propagación atmosférica de las señales, que depende de las frecuencias o las longitudes de onda utilizadas, o el ángulo de elevación mínimo de las estaciones terrestres. Las señales de RF se ven afectadas por los efectos refractivos de las capas atmosféricas y las rutas de propagación pueden ser algo curvas, y este efecto en condiciones climáticas normales aumenta el alcance en aproximadamente un 15%. Por otro lado, el aumento de la elevación mínima del terminal de usuario reduce el alcance. Estos efectos se tendrán en cuenta para el diseño detallado y las operaciones de la constelación.

[0030] Mediante la activación de dispositivos electrónicos individuales dentro del área geográfica predeterminada en una flota de aviones, se establece una cobertura de constelación que es la suma de los alcances de cobertura individuales de los dispositivos electrónicos activados.

[0031] La cobertura de la constelación puede cubrir total o parcialmente el área geográfica predeterminada, ya que dicha cobertura depende de las posiciones de los aviones, y las coberturas individuales de los aviones pueden superponerse parcialmente o no, pueden tener espacios intermedios o no.

[0032] Dado que los aviones viajan a lo largo de sus respectivas trayectorias de vuelo, los alcances de cobertura individuales se mueven de manera correspondiente. Por lo tanto, la cobertura de la constelación cambia dinámicamente con la posición de los alcances de cobertura individuales. Además, un avión puede salir o entrar en el área geográfica predeterminada en un momento determinado, lo que puede afectar al grado de cobertura del área geográfica predeterminado por la constelación.

[0033] La activación de los dispositivos electrónicos individuales se puede hacer por medio de un sistema de control que está configurado para obtener información sobre las posiciones de los dispositivos electrónicos individuales y para decidir qué dispositivos electrónicos se activan para proporcionar cobertura individual de tal manera que la constelación cubra sustancialmente el área geográfica predeterminada.

[0034] En un aspecto adicional de la presente invención, se proporciona un dispositivo electrónico para proporcionar operaciones ópticas o de radiofrecuencia en un área geográfica predeterminada de al menos una parte de la superficie de la Tierra, siendo el dispositivo electrónico una unidad que se puede conectar a un avión asociado y que comprende un sensor de recopilación de datos, donde el dispositivo electrónico comprende además un ensamblaje de radomo con un radomo montado en una base de radomo, donde la base de radomo

puede acoplarse al avión asociado. Las características de construcción permiten una fácil colocación en cualquier avión según se desee, lo que proporciona un uso flexible y a escala de los dispositivos electrónicos. En otra forma de realización, el dispositivo electrónico puede montarse parcial o completamente dentro del avión (por debajo de la superficie externa del avión) para minimizar el arrastre.

5

[0035] En otro aspecto adicional, la presente invención se refiere a un sistema de una constelación de dispositivos electrónicos de acuerdo con las formas de realización de la presente invención, para proporcionar operaciones ópticas o de radiofrecuencia relacionadas con aplicaciones de recopilación de datos de la superficie terrestre en un área geográfica predeterminada de al menos una parte de la superficie terrestre, sistema que está configurado para ejecutar las formas de realización del método de la presente invención.

10

[0036] Según una forma de realización, el sistema comprende además una estación de control, y el dispositivo electrónico comprende una unidad de comunicaciones configurada para proporcionar un intercambio de datos de control con la estación de control, esto es, la estación de control está configurada para controlar la activación de uno o más dispositivos electrónicos para dichas operaciones cuando la cobertura individual de avión de uno o más aviones asociados con uno o más dispositivos electrónicos está dentro del área geográfica predeterminada.

15

[0037] De acuerdo con una forma de realización, la estación de control está configurada para tener en cuenta la conectividad o los requisitos de EO de los usuarios presentes dentro del área geográfica predeterminada, al controlar la activación de los dispositivos electrónicos.

20

[0038] De acuerdo con una forma de realización adicional, la invención proporciona una estación de control como se ha descrito anteriormente, en donde la estación de control controla la activación de cada dispositivo electrónico de la constelación al derivar para cada dispositivo electrónico respectivo su posición en dicha área geográfica y al coordinar la activación de tal manera que los alcances de cobertura terrestre para dichas operaciones de los dispositivos electrónicos activados cubran sustancialmente el área geográfica predeterminada durante un período de tiempo predeterminado.

25

[0039] En una forma de realización, la posición de cada dispositivo electrónico puede ser determinada por un GPS, o un receptor de navegación equivalente, que forma parte del dispositivo o mediante datos de navegación que el avión puede proporcionar al dispositivo electrónico, o por ambos. Además, la estación de control puede estar configurada además para ejecutar un traspaso de las operaciones realizadas por un dispositivo electrónico a otro dispositivo electrónico cuando el alcance de cobertura terrestre de dicho dispositivo electrónico está saliendo del área geográfica predeterminada y el alcance de cobertura terrestre de dicho dispositivo electrónico adicional está dentro del área geográfica predeterminada.

30

35

[0040] La activación de uno o más de los dispositivos electrónicos puede basarse en optimizar o maximizar la cobertura del área geográfica predeterminada durante un tiempo maximizado, en función del alcance de cobertura terrestre de los dispositivos electrónicos individuales, proporcionando así una operación lo más eficiente posible. Para hacer un uso aún más ventajoso de las formas de realización de la presente invención, la cobertura del área geográfica predeterminada puede estimarse a partir de un horario de vuelo y una trayectoria de vuelo predeterminados para cada uno de los aviones asociados.

40

[0041] Debido a la densidad relativamente alta del tráfico de aviones comerciales en muchas áreas geográficas, es posible proporcionar una pluralidad de aviones comerciales, cada uno con uno o más dispositivos electrónicos con propiedades similares a los satélites pequeños, y crear una gran área de cobertura de constelación que esté prácticamente cubierta por los dispositivos electrónicos que están en vuelo y distribuidos sobre esa área de acuerdo con su respectiva cobertura de avión individual.

45

[0042] Con el fin de evitar la necesidad de diseñar, construir y operar aviones especializados, las formas de realización de la invención pueden usar aviones comerciales existentes.

50

[0043] Dado que no se requiere el lanzamiento al espacio de satélites con capacidades similares, los costos pueden reducirse significativamente. El costo del lanzamiento se reduce a los costos de transporte del dispositivo por el avión. De hecho, los aviones desempeñan el papel de la plataforma que lleva la carga útil. Además, este aspecto de la invención tiene la ventaja de que no se genera basura espacial.

55

[0044] Además, las operaciones de los aviones comerciales están totalmente reguladas y son realizadas por las compañías aéreas, lo que reduce considerablemente las operaciones de la constelación, ya que el operador de la constelación solo necesita operar los dispositivos electrónicos.

60

[0045] Además, dado que el dispositivo electrónico de acuerdo con la invención permanece relativamente cerca de la Tierra dentro de las altitudes utilizadas por los aviones, no se requiere protección del dispositivo electrónico contra el entorno espacial. Esto también ahorra costes.

65

[0046] Además, como la distancia a la superficie terrestre es menor que la distancia desde el espacio, la resolución de los instrumentos ópticos o de RF (radar) mejora en consecuencia.

5 [0047] Además, dado que las altitudes a las que opera el dispositivo electrónico son menores que durante el funcionamiento en el espacio, la atenuación relativa de las señales a causa de la distancia entre el dispositivo electrónico y un terminal de usuario basado en tierra o una estación terrestre también es menor. Como resultado, se pueden usar antenas de menor ganancia en comparación con los dispositivos de satélite operados en el espacio, lo que proporciona un rendimiento de balance de enlace equivalente o mejor (nótese que la potencia en un avión no es un problema importante y que se puede mejorar aún más la PIRE). Por ejemplo, en lugar de usar una bocina orientable (con aproximadamente 20 a 23dbi de ganancia) o incluso un reflector de mayor ganancia o una antena en fase, que requiere mecanismos de orientación y/o electrónicos, se puede considerar una antena de parche o antena de pala de cobertura hemisférica con una ganancia de aproximadamente 0 a 3dbi), lo que resulta en una importante simplificación de la (parte electrónica de la) carga útil.

15 [0048] El terminal de usuario o la estación terrestre también pueden tener una configuración más simple con costos relativamente reducidos.

[0049] Otra ventaja de la constelación que resulta de la distancia reducida entre el dispositivo electrónico y un terminal de usuario basado en tierra o una estación terrestre es la menor latencia de transmisión, que es menor que cualquier sistema basado en el espacio.

[0050] Una ventaja adicional es un menor efecto Doppler, ya que la velocidad relativa de los aviones al suelo o entre aviones es menor que la velocidad relativa del satélite al suelo o entre satélites.

25 [0051] En la práctica, los aviones comerciales tienen una altitud de vuelo de crucero de aproximadamente 10 km. A esta altitud, el avión tiene una cobertura de avión individual que cubre un círculo de alrededor de 350 km de radio sobre la tierra que hay debajo. Como la cobertura de avión individual determina el alcance máximo para las operaciones de campo visual realizadas por el dispositivo electrónico a bordo del avión, el dispositivo electrónico es capaz de observar objetos o conectarse de forma inalámbrica a un terminal de usuario con base en tierra dentro de una distancia radial de hasta unos 350 km. Como resultado, dos terminales de usuario a nivel de la superficie terrestre en conexión comunicativa a través del dispositivo electrónico (cuando actúa como un dispositivo enrutador) podrían estar separados hasta unos 700 km. Además, en caso de que los dispositivos electrónicos de los aviones estén configurados para comunicaciones entre aviones, se puede establecer un enlace de comunicación entre aviones entre dos aviones en una distancia similar de hasta aproximadamente 700 km.

[0052] Las formas de realización ventajosas se definen adicionalmente mediante las reivindicaciones dependientes.

40 Breve descripción de los dibujos

[0053] La invención se explicará con más detalle a continuación con referencia a los dibujos en los que se muestran ejemplos ilustrativos no limitativos de formas de realización de la invención. El experto en la materia apreciará que otras formas de realización alternativas y equivalentes de la invención pueden concebirse y reducirse a la práctica sin apartarse del espíritu de la invención. Se pretende que se interprete que la invención incluye todas estas alternativas y equivalentes en la medida en que estén dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

50 La Figura 1 muestra una instantánea de la densidad del tráfico aéreo de aviones comerciales en la mañana de un día laborable en una parte de Europa occidental.

La figura 2 muestra una disposición esquemática de un sistema de red de comunicaciones según una forma de realización de la presente invención;

La figura 3 muestra una disposición esquemática de una red de acuerdo con una forma de realización de la invención,

55 La figura 4 muestra una disposición esquemática de una disposición de redes de acuerdo con una forma de realización de la invención, y

La figura 5 muestra una disposición esquemática de un dispositivo electrónico de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

60 Descripción detallada de formas de realización

[0054] La Figura 1 muestra un ejemplo de captura de pantalla de un monitor que muestra la densidad del tráfico aéreo de aviones comerciales en la mañana de un día laborable sobre una parte de Europa occidental.

65 [0055] Durante la mayor parte del día, se puede observar un flujo continuo de aviones comerciales entre varios espacios aéreos. Dichos aviones siguen rutas predeterminadas a través de Europa occidental en función de un

programa de vuelos. Normalmente, debido a la densidad relativamente alta del tráfico, la distancia entre aviones a lo largo de estas rutas se regula de modo que sea una distancia mínima (pero segura). Patrones de tráfico aéreo similares se pueden encontrar en muchas otras regiones.

5 [0056] Durante el vuelo, cada avión se mueve a lo largo de su ruta programada a una altitud de crucero de aproximadamente 10 km.

[0057] El alcance máximo del campo visual o la cobertura de avión individual R en función de la altitud A se puede estimar mediante la ecuación 1:

10

$$R \sim \sqrt{2 \times R_e \times A} \quad (\text{ec. 1})$$

[0058] En la ecuación 1, R_e es el radio de la Tierra (6371 km) y todos los valores están en km.

15 [0059] Para una altitud de 10 km, el radio de cobertura R del avión individual 30 al nivel de la superficie terrestre es de unos 350 km. La cobertura D debajo del dispositivo electrónico 10 se encuentra así sustancialmente dentro de un círculo con un diámetro de aproximadamente 700 km (véase también la vista esquemática que se muestra en la Figura 2).

20 [0060] Al combinar la cobertura de avión individual de varios aviones 30, es posible crear la mayor parte del tiempo una cobertura agregada continua, es decir, una cobertura de constelaciones de partes sustanciales de la superficie terrestre tal como las cubren las trayectorias de vuelo de los aviones. Esto puede aplicarse ventajosamente para proporcionar operaciones ópticas o de radiofrecuencia relacionadas con las aplicaciones de recopilación de datos de la superficie terrestre en un área geográfica predeterminada. En particular, en áreas de Europa y EE. UU. donde la mayoría de los usuarios potenciales de la constelación tienen interés en la cobertura, la cobertura de avión individual para cada avión 30 es generalmente mayor que la distancia entre los aviones, lo que crea una cobertura prácticamente sin huecos al superponerse con coberturas de avión individuales. Esto se muestra esquemáticamente en la forma de realización ejemplar de la Figura 4, que se describe con más detalle a continuación, con referencia a tres aeronaves 30-32 y sus dispositivos electrónicos asociados 10-12. En el resto de la descripción, la aeronave 30 y el dispositivo electrónico 10 se designarán con un solo número de referencia pero, dependiendo de la constelación, en realidad están involucrados múltiples aeronaves 30-32 y/o múltiples dispositivos electrónicos 10-12.

35 [0061] En momentos en los que no se puede lograr una cobertura de constelación tan completa e instantánea, cuando no hay disponibles suficientes vuelos sobre un área, aún así puede haber una cobertura completa cuando un vuelo de avión cubre el área en un momento anterior o posterior. Para varias aplicaciones de las formas de realización de la presente invención para proporcionar operaciones ópticas o de radiofrecuencia relacionadas con aplicaciones de recopilación de datos de la superficie terrestre en un área geográfica predeterminada, no es absolutamente necesaria una cobertura instantánea completa, por ejemplo para aplicaciones de observación de la tierra, de máquina a máquina (M2M) o de transmisión de mensajes, donde la conectividad en tiempo real no es absolutamente necesaria. La cobertura de la constelación a lo largo del tiempo en un área geográfica de interés dada dependerá, por lo tanto, de la cantidad de aviones 30 que transporten dispositivos electrónicos 10 que forman la constelación y de sus trayectorias y horarios de vuelo.

45 [0062] Basándose en esta información, se puede crear una constelación de dispositivos electrónicos 10 al proporcionar dichos dispositivos electrónicos 10 en una flota de aviones 30 que sobrevuelan o que tienen visibilidad del área geográfica predeterminada. En una forma de realización, la flota de aviones 30 pertenece a una o más aerolíneas comerciales.

50 [0063] Dichos dispositivos electrónicos 10 pueden beneficiarse de la experiencia de diseño y la disponibilidad de equipos y estándares de las constelaciones de satélites: pueden utilizarse dispositivos electrónicos similares a satélites con carga útil 10, simplificados debido al entorno más benigno de un avión 30 en comparación con el entorno espacial, para crear la constelación. Las aplicaciones y técnicas desarrolladas para las constelaciones de satélites son aplicables también a la constelación propuesta en esta invención. También se pueden aplicar técnicas de fotografía aérea o de VANT. En particular, por ejemplo para la observación de la Tierra, la instrumentación desarrollada para aplicaciones de fotografía aérea se puede utilizar fácilmente en la constelación. Otros tipos de operaciones ópticas o de radiofrecuencia relacionadas con las aplicaciones de recopilación de datos de la superficie terrestre en un área geográfica predeterminada incluyen otras aplicaciones de observación de la Tierra (como imágenes visuales y/o infrarrojas, imágenes de radar, lidar, grabación de video, aplicaciones de mapeo, meteorología, etc.), así como otras técnicas de recopilación de datos (o incluso de espionaje) como aplicaciones de sistemas de identificación automática (AIS) u otras técnicas automáticas de recopilación de datos. Por ejemplo, como se muestra esquemáticamente en la Figura 2, una o más estaciones terrestres (terminales) 20, pueden proporcionar AIS u otro tipo de datos, como la posición y la temperatura de contenedores, datos relacionados con el estado de infraestructuras o similares.

60

[0064] La constelación puede ser gestionada y controlada por una unidad de control de un proveedor para obtener una cobertura de constelación deseada del área predeterminada, controlando qué dispositivos electrónicos 10 estarán activos en qué aviones 30 que viajan a lo largo de trayectorias de vuelo por encima del área geográfica predeterminada según sus respectivas rutas y horarios de vuelo. En el diagrama esquemático de la Figura 2, se muestran varias estaciones terrestres 20 que, individualmente, en comunicación mutua, o en una configuración jerárquica, también pueden actuar como el sistema de control. Nótese que la estación terrestre 20 que actúa como sistema de control no necesita estar en el campo visual para comunicarse con el dispositivo electrónico 10 a bordo de la aeronave 30, si se incluyen enlaces entre aviones o satélites en la constelación, como se explica con referencia a la Figura 4.

[0065] En este sentido, la operación de la constelación tiene en cuenta la operación de los aviones 30 pero es independiente de esta. No es necesario que el operador de la aeronave participe en la operación de la constelación de los dispositivos electrónicos 10. El control incluye, en una forma de realización, que la selección de los dispositivos electrónicos 10 que han de estar activos se base en el alcance de cobertura de avión individual de cada uno de los dispositivos electrónicos activos 10. Las coberturas de avión individuales respectivas en la constelación se pueden mapear en el área predeterminada de cobertura para obtener una cobertura máxima, preferiblemente total, por la constelación.

[0066] Se puede lograr una coordinación o selección de coberturas de avión individuales para obtener una cobertura agregada del área predeterminada mediante un sistema de control asociado con la constelación que tiene información o recopila información sobre la posición respectiva de los dispositivos electrónicos 10 en los aviones 30 sobre el área predeterminada. Además, la ruta y el horario de los aviones 30 se tienen en cuenta para obtener una cobertura máxima de la constelación en función del tiempo.

[0067] Dado que los dispositivos electrónicos 10 están en movimiento, la cobertura de la constelación cambia dinámicamente en función del tiempo: los aviones 30 pueden salir (ya no son visibles) o entrar (empiezan a ser visibles) en el área de cobertura de la constelación. El control puede incluir que se haga una selección con respecto a la activación de uno o más de estos dispositivos electrónicos 10 para optimizar la cobertura, para maximizar el tiempo de cobertura, selección que tiene en cuenta las rutas de vuelo y los horarios de los aviones disponibles en la constelación. En ciertas circunstancias, se puede activar más de un dispositivo electrónico 10, por ejemplo, para obtener datos de observación de la Tierra de diferentes tipos, o para obtener datos de observación de la Tierra redundantes. La combinación de dichos datos puede, por ejemplo, usarse para obtener imágenes estereoscópicas o realizar interferometría.

[0068] A partir del horario de vuelo para cada avión comercial, el alcance de cobertura individual por el dispositivo electrónico 10 en el avión asociado se puede estimar a priori y se puede usar para contribuir a la cobertura de la constelación en relación con las aplicaciones que se basan en las operaciones realizadas por los dispositivos electrónicos 10 a bordo de los aviones participantes 30.

[0069] En una forma de realización preferida, cada dispositivo electrónico 10 está acoplado a, o equipado con, un localizador GPS, u otro sistema equivalente. El dispositivo electrónico 10 puede utilizar los datos del localizador GPS para comunicar su posición, incluyendo la altitud, al sistema de control. En una forma de realización alternativa o adicional, el dispositivo electrónico 10 puede recibir datos de posición de los sistemas de navegación del avión asociado. En otra forma de realización, el dispositivo electrónico 10 usa tanto datos de un GPS o localizador equivalente como datos del sistema de navegación del avión.

[0070] Las operaciones que pueden realizar los dispositivos electrónicos 10 a bordo del/de los aviones comerciales están relacionadas, por ejemplo, con las aplicaciones de recopilación de datos de la superficie terrestre, como las aplicaciones de observación de la tierra (EO), pero además pueden incluir aplicaciones de comunicaciones y/o navegación.

[0071] En la recopilación de datos, como la observación de la Tierra, las operaciones en los dominios óptico y de RF son posibles en varias longitudes de onda del espectro electromagnético. Es posible realizar operaciones pasivas basadas en la captura de señales que se originan en la superficie terrestre, para aplicaciones como obtención de imágenes, fotografía y video. También son posibles operaciones activas que transmiten señales a la superficie terrestre y detectan una señal de respuesta desde la superficie terrestre, por ejemplo, señales reflejadas en radar, lidar y otras operaciones similares al radar.

[0072] El dispositivo electrónico 10 con capacidades de observación de la Tierra puede configurarse para proporcionar cobertura de la cobertura de avión individual completa (observación de gran abertura angular) o partes de la cobertura de avión individual (observación de uno o más puntos dentro de la cobertura de avión individual). Los datos que se recopilan durante la recopilación de datos, por ejemplo, para la observación de la Tierra, se pueden almacenar en una memoria que forma parte del dispositivo electrónico 10. Más tarde, por ejemplo, cuando el avión 30 aterriza en un aeropuerto, los datos se pueden recuperar y/o cargar en una ubicación predeterminada, por ejemplo, a través de un enlace de comunicaciones en el aeropuerto.

[0073] Para muchas aplicaciones de recopilación de datos, tal carga indirecta de datos es aceptable. Sin embargo, en algunas aplicaciones de recopilación de datos puede ser un requisito la transmisión (casi) en tiempo real de los datos recopilados, por ejemplo, en la detección de desastres naturales como incendios forestales, actividad volcánica, terremotos, tsunamis, etc. En tales casos, el dispositivo electrónico 10 está configurado para transmitir los datos recopilados a través de un enlace de comunicaciones que está disponible dentro de la cobertura de avión individual, por ejemplo, a través de una conexión a una estación terrestre receptora 25 dentro del alcance de visibilidad del dispositivo electrónico 10 (véase también la descripción de las Figuras 3 y 4 a continuación). Alternativamente, en particular, si no hay visibilidad directa de una estación terrestre receptora 25, la transmisión puede realizarse utilizando una red de conectividad entre aviones o enlaces por satélite.

[0074] Como se ha mencionado anteriormente, dado que la densidad del tráfico aéreo comercial en muchas áreas geográficas es alta, el método y el sistema de las formas de realización de la presente invención pueden proporcionar una alternativa para las constelaciones de satélites de observación de la Tierra, con la posibilidad de proporcionar para varias áreas geográficas de interés (tales como Europa o EE. UU.) una cobertura continua en el tiempo, o más frecuente con respecto a una constelación de satélites.

[0075] Las aplicaciones de observación de la Tierra pueden incluir, pero no se limitan a: obtención de imágenes, video, mapeo, mediciones relacionadas con la vegetación o cultivos, detección de incendios y mapeo de áreas quemadas, medición de salinidad, altimetría, fotografía aérea, etc. También son posibles aplicaciones de meteorología.

[0076] En relación con las comunicaciones, se pueden concebir aplicaciones en varias bandas de frecuencia óptica o de RF, transmitir solamente (Tx) o recibir solamente (Rx) o transmitir y recibir (Tx/Rx), incluyendo, pero sin limitarse a: redes ad hoc (por ejemplo, los dispositivos electrónicos en los aviones actúan como enrutadores), para voz, datos, video (por ejemplo, distribución de videos a dispositivos de usuarios), telefonía móvil ("estación de base en el cielo"), transmisión (por ejemplo, radio, mensajes, imágenes, etc.), comunicaciones de máquina a máquina y recopilación de datos a distancia.

[0077] Las aplicaciones de comunicaciones pueden configurarse para determinar si una estación terrestre troncal 25 para el acceso a una red troncal (Internet) está presente dentro del alcance de cobertura de avión individual del dispositivo electrónico 10, como un ejemplo específico de una estación terrestre 20 que se muestra en la Figura 2 y, de ser así, para proporcionar una conexión para un enlace de comunicaciones con la estación terrestre troncal. De esta manera, los servicios de red proporcionados por el dispositivo electrónico 10 pueden incluir servicios que se proporcionan a través de la red troncal.

[0078] Las operaciones de constelación con observación de la Tierra (EO) y aplicaciones relacionadas con la EO pueden ser autónomas o pueden combinarse con una red de comunicaciones (como la red anterior, las redes ad hoc descritas a continuación o con una red de satélites separada) para la transmisión de datos de las aplicaciones en tiempo (casi) real. Alternativamente, los datos recopilados de las aplicaciones, etc., pueden almacenarse en una memoria en el dispositivo electrónico 10 a bordo del avión durante el vuelo y posteriormente descargarse después de aterrizar en un aeropuerto (a través de una conexión inalámbrica o por cable).

[0079] La figura 5 muestra una vista esquemática de una forma de realización ejemplar del dispositivo electrónico 10, es decir, la carga útil que deben transportar varios aviones para formar la constelación según se desee.

[0080] El dispositivo electrónico 10 comprende un conjunto de radomo que tiene un radomo 40, montado sobre una base de radomo 41. La base de radomo 41 se puede acoplar a la superficie exterior del avión 30 (pared del avión hospedador 43). El radomo 40 se puede montar en la base de radomo 41, que está diseñada para tener interfaces genéricas para aceptar los diversos equipos que se alojarán dentro del conjunto del radomo. El radomo 40 está hecho de un material transparente a las longitudes de onda utilizadas para las aplicaciones previstas (como EO o AIS), así como para las comunicaciones adicionales y la funcionalidad de localización del dispositivo electrónico 10. En una forma de realización, se proporciona un conjunto de radomo "estandarizado" 40, 41 compatible con varias unidades de equipo y aplicaciones correspondientes. El tamaño del radomo 40 encaja dentro de una capa límite aerodinámica del avión 30 en una forma de realización adicional con el fin de minimizar el arrastre aerodinámico.

[0081] El conjunto de radomo 40, 41 podría implementarse utilizando un radomo estandarizado, para el cual los parámetros de tamaño y arrastre están optimizados para las formas de realización de la presente invención del dispositivo electrónico (complementario) 10. Los aviones comerciales 30 son adecuados para hospedar cargas útiles de tipo satélite pequeño (SLP) como el dispositivo electrónico 10, que proporciona un entorno estable y una fuente de alimentación. De hecho, las cargas útiles de tamaño Cubesat del orden de 10-20 kg de masa serían perfectamente compatibles para la instalación en aviones 30. Las dimensiones y la estructura del conjunto de radomo 40, 41 de la presente invención también podrían ser como las normas existentes para la instalación de equipos en aviones comerciales, en particular para terminales de satélite, por ejemplo, la norma ARINC 791, que establece la forma, el ajuste y las interfaces estándar para un sistema de comunicaciones por satélite de

banda ancha de aviación. Por ejemplo, las dimensiones del radomo 40 en el estándar ARINC 791 (que tiene un volumen de barrido de aproximadamente 76 a 94 cm de largo y 25 a 30 cm de alto (30 a 37 pulgadas de largo y 10 a 12 pulgadas de alto)) pueden albergar varias unidades Cubesat estándar. Esto es factible, teniendo en cuenta la disponibilidad de equipos de pequeño tamaño de los satélites pequeños recientes u otros desarrollos (como, por ejemplo, mini cámaras, transpondedores, procesadores, antenas planares).

[0082] En la forma de realización ejemplar mostrada, se proporciona un conjunto de cámara 45 como una implementación del sensor de recopilación de datos 45 para implementar una función de observación de la Tierra del dispositivo electrónico 10, pero también pueden estar presentes unidades de sensores de observación de la Tierra 45 alternativas o adicionales, tales como sensor de imágenes de radar, un sensor de imágenes de radar de apertura sintética (SAR) o un sensor Lidar. El sensor de recopilación de datos 45 se coloca dentro del conjunto de radomo debajo del radomo 40. El sensor de recopilación de datos 45 puede comprender una o más cámaras para aplicaciones de obtención de imágenes/video. El sensor de recopilación de datos 45 puede montarse en un mecanismo de dirección (por ejemplo, un cardán 44) o puede fijarse sobre la base del radomo 41. El cardán 44 se puede usar para orientar la(s) cámara(s) 45 hacia las áreas geográficas de interés. Varios cardanes de tamaño pequeño 44 están disponibles en el mercado. En caso de que el sensor de recopilación de datos 45 sea fijo, puede comprender varias cámaras para proporcionar imágenes en un campo de visión amplio. Por ejemplo, puede incluir cámaras o radares orientados hacia los lados y hacia abajo para una cobertura óptima. Varias cámaras de tamaño pequeño están disponibles en el mercado, desarrolladas para satélites pequeños, VANT o aplicaciones de visión artificial (de algunos cm y algunas décimas de gramo). Las cámaras normalmente se comercializan con un software de procesamiento que se puede utilizar para procesar imágenes.

[0083] En el caso de aplicaciones de radar, el sensor 45 incluye antenas de radar y equipos fijos u orientables (mecánica o electrónicamente).

[0084] Un módulo de procesamiento 42 también se muestra como parte de la forma de realización ejemplar del dispositivo electrónico 10 que se muestra en la Figura 5, y está configurado para el procesamiento y la gestión de datos. Este módulo de procesamiento 42 puede estar configurado para almacenar y/o procesar a bordo datos/imágenes recibidos desde el sensor de recopilación de datos 45 (así como desde la unidad de navegación 47 (véase a continuación), y para acondicionar aún más los datos para su transmisión (por ejemplo comprimiendo los datos, o aplicando corrección de errores). El módulo de procesamiento 42 puede, por ejemplo, almacenar imágenes/datos para su transmisión después de que el avión 30 esté nuevamente en tierra. El módulo 42 puede realizar el procesamiento de imágenes, incluyendo correcciones geométricas, correcciones radiométricas, optimización de imágenes, incluyendo la modificación del contraste o la aplicación de filtros.

[0085] La forma de realización ejemplar mostrada en la Figura 5 comprende además una antena 48. En una forma de realización ejemplar es una antena de perfil bajo, o plana, para encajar en el radomo 40. La antena 48 se usa para las comunicaciones, y posiblemente también para una unidad de navegación 47. Si una antena no puede manejar las bandas de frecuencia de las comunicaciones y de la unidad de navegación (por ejemplo, GPS), entonces se pueden usar dos antenas 48 colocadas dentro del conjunto de radomo 40, 41. Alternativamente se puede usar una(s) antena(s) externa(s) al radomo 40, por ejemplo una(s) antena(s) de pala. En el caso de utilizar enlaces ópticos para las comunicaciones entre los aviones y la tierra o los enlaces entre aviones, las antenas se reemplazan o aumentan, por ejemplo, por unidades de comunicación láser.

[0086] También se coloca una unidad de navegación 47 dentro del conjunto de radomo 40, 41 para proporcionar información de posicionamiento. La unidad de navegación 47 es, por ejemplo, un módulo de navegación inercial/GPS. Tal equipo ya puede encontrarse en el mercado con un tamaño de unos 5 cm y un peso de unos 50 gramos. La unidad de navegación 47 está conectada a la antena 48 y al módulo de procesamiento 42.

[0087] Una unidad de comunicación 46 también forma parte del dispositivo electrónico 10. Está conectada a la antena 48 para transmitir o recibir señales. Está conectada al módulo de procesamiento 42 para recibir datos por transmitir o para proporcionar datos de control a otras partes del dispositivo electrónico 10. La unidad de comunicación 46 puede transmitir/recibir datos durante el vuelo del avión 30 o puede transmitir/recibir solo cuando el avión 30 esté en tierra (por ejemplo, a través de una conexión móvil o mediante Wi-Fi u otra conexión inalámbrica o por cable en un aeropuerto). La unidad de comunicación 46 puede proporcionar además conectividad para aplicaciones de telecomunicaciones y/o para transmitir datos recopilados (casi) en tiempo real y recibir instrucciones para la operación del sensor de recopilación de datos 45 (por ejemplo, para hacer zoom y/o para la orientación de cardán) y/o la operación del otro equipo en el dispositivo electrónico 10. La unidad de comunicación 46 puede configurarse para comunicarse con las estaciones terrestres 20, 25 y/o los otros aviones 30 de la constelación a través de enlaces entre aviones. Puede ser ventajoso utilizar dos unidades de comunicación 46, una para conectar con las estaciones terrestres 20, 25 y otra para los enlaces entre aviones. Una posible implementación sería utilizar mini transpondedores (de algunos cm de tamaño y unas décimas de gramos en masa) que ya están disponibles en el mercado para satélites pequeños u otras aplicaciones. La(s) antena(s) asociada(s) deberá(n) proporcionar al menos una cobertura hemisférica hacia el suelo o ser orientables, en particular si se utilizan enlaces ópticos. Adicional o alternativamente, la unidad de comunicación

46 también puede estar configurada para transmitir una señal de baliza, por ejemplo para activar las estaciones terrestres 20 en tierra cuando éstas actúan como terminales de máquina a máquina (M2M).

5 [0088] Alternativamente, las redes entre aviones o satélites pueden usarse para esta transmisión. En particular, el dispositivo electrónico 10 puede estar conectado a un terminal satelital que ya puede estar disponible en el avión por otros operadores y para otros usos (varias compañías de aviación tienen terminales satelitales en sus aviones, por ejemplo, para proporcionar televisión o internet a los pasajeros).

10 [0089] En una configuración ejemplar, el sensor de recopilación de datos 45 puede comprender un conjunto de cámara pancromática e infrarroja, o incluso una única cámara termográfica infrarroja, y puede usarse para una aplicación de detección de incendios (forestales) en tiempo casi real. Las imágenes de las cámaras 45 y los datos del módulo de navegación 47 se procesan/combinan para obtener las coordenadas de los puntos críticos en el campo de visión (es decir, los puntos sospechosos de incendio). Posteriormente, solo estas coordenadas se transmiten a una estación terrestre receptora 25 a través del módulo de comunicación 46 y la antena 48. Esto reduce drásticamente la cantidad de datos por enviar y, por lo tanto, el ancho de banda requerido, permitiendo, por ejemplo, técnicas de comunicación de banda ultra estrecha y reduciendo en consecuencia el costo de ancho de banda. En una forma de realización adicional, la unidad de comunicación 46 está configurada para usar comunicaciones inalámbricas en partes del espectro libres para usar, por ejemplo, la banda ISM (por ejemplo, en una banda de frecuencia estrecha de alrededor de 850 MHz).

20 [0090] En otra forma de realización más, el dispositivo electrónico 10 puede incluir un receptor AIS (Sistema de Identificación Automática) como implementación del sensor de recopilación de datos 45, por ejemplo, para la prestación de servicios marítimos en el área de cobertura geográfica asociada. En una aplicación específica, la constelación se puede usar para detectar vertidos de petróleo, etc, utilizando técnicas basadas en cámaras, en combinación con técnicas AIS para identificar, por ejemplo, un barco después de la detección de un vertido de petróleo. En una aplicación específica, la constelación se puede usar para detectar vertidos de petróleo, etc, utilizando técnicas basadas en cámaras, en combinación con técnicas AIS para la identificación, por ejemplo, de un barco después de la detección de un vertido de petróleo.

30 [0091] Quedará claro para el experto en la materia que el dispositivo electrónico 10, para cada aplicación prevista, incluirá el equipo correspondiente según sea necesario. Nótese que varias aplicaciones diferentes pueden ser posibles con equipos colocados en un solo dispositivo electrónico 10 y manejados por el mismo operador o por diferentes operadores mediante el mismo o diferentes sistemas de control, por ejemplo, un operador de telecomunicaciones y un operador de EO pueden usar el mismo dispositivo electrónico 10. En una forma de realización adicional de la constelación, algunos aviones 30 pueden estar equipados con un tipo de dispositivo electrónico 10, mientras que otros aviones 30 pueden estar equipados con un tipo diferente de dispositivo electrónico 10, donde los dispositivos electrónicos 10 de diferente tipo pueden cooperar para mejorar el servicio. Por ejemplo, algunos aviones 30 de la constelación pueden tener cámaras 45 para la obtención de imágenes ópticas, mientras que otros aviones 30 de la constelación pueden tener instrumentos de obtención de imágenes por radar 45. Otro ejemplo es aquel en el que algunos aviones 30 tienen un solo dispositivo electrónico 10 equipado con EO, mientras que otros tienen un dispositivo electrónico 10 equipado con AIS, e incluso otros aviones 30 tienen un dispositivo electrónico 10 equipado con sensores de recopilación de datos de tipo EO y AIS 45. Los enlaces entre aviones y/o las instrucciones del operador a través de la unidad de comunicaciones 46 pueden utilizarse para el óptimo funcionamiento y la coordinación/colaboración de los dispositivos electrónicos 10.

50 [0092] Con fines de simplicidad, el cableado entre las diversas unidades del dispositivo electrónico 10 no se muestra en una vista esquemática de la Figura 5. La potencia de operación para el dispositivo electrónico 10 puede ser proporcionada por el avión 30 a través de conexiones apropiadas, por ejemplo, a través de una unidad de control de potencia (PCU) 49 que forma parte del dispositivo electrónico 10, o puede ser proporcionada por una batería u otro sistema de generación de energía dentro del conjunto 40, 41 de la electrónica del radomo. Además, la constelación de dispositivos electrónicos 10 puede usarse para implementar un sistema de red de comunicaciones. En tal sistema de red de comunicaciones 1, el dispositivo electrónico 10 funciona como una estación de base (móvil y aérea), que sirve a una pluralidad de terminales de usuario 22 (dispositivos de cliente) dentro del área de cobertura geográfica asociada, es decir, el terminal de usuario 22 puede verse como un tipo especial de la estación terrestre 20 que se muestra en la Figura 2. El dispositivo electrónico 10 y cada terminal de usuario también están configurados para la comunicación por red inalámbrica mediante el envío y la recepción de señales de RF u ópticas. Las técnicas de acceso incluyen, pero no se limitan a, FDMA, TDMA, CDMA, etc. El término "estación de base" se usa aquí en un sentido amplio para un dispositivo que proporciona la transmisión de cualquier tipo de comunicaciones, pero también puede proporcionar un control del flujo de señales de comunicación hacia y desde los terminales de usuario en el alcance cubierto por la estación de base. Un terminal de usuario se define aquí como cualquier tipo de dispositivo capaz de transmitir y/o recibir señales de RF u ópticas para fines de comunicación inalámbrica.

[0093] El dispositivo electrónico 10 puede configurarse para transmitir solamente (Tx) o para recibir solamente (Rx) o para transmitir y recibir (Tx / Rx) para proporcionar servicios de comunicación de red inalámbrica a los terminales de usuario 22.

5 [0094] El avión 30 funciona como una plataforma para transportar el dispositivo electrónico 10. La activación y la operación del dispositivo electrónico 10, que se realizan bajo el control de un operador de constelación, dependen de las condiciones de operación del avión 30 (trayectoria y horario de vuelo), pero la operación del avión 30 no se ve afectada en absoluto por la presencia del dispositivo electrónico 10. La constelación es operada de manera autónoma por el operador de la constelación y los operadores del avión no están involucrados.

10 [0095] Los terminales de usuario 22 se colocan normalmente al nivel de la superficie terrestre por debajo del avión 30 en vuelo dentro de su alcance de cobertura individual, que depende de la altitud del avión 30. Como se ha explicado anteriormente, el alcance de cobertura individual puede ser de hasta unos 350 km cuando el avión está a una altitud de crucero de unos 10 km. La distancia D entre dos terminales de usuario 22 que están en comunicación a través del dispositivo electrónico 10 puede ser de hasta unos 700 km. Por ejemplo, un dispositivo electrónico 10 a bordo de un avión 30 que sobrevuela un país relativamente pequeño como los Países Bajos o Bélgica o un país de tamaño comparable o más pequeño puede cubrir sustancialmente toda el área de ese país.

15 [0096] En una cooperación con otros aviones 30 igualmente equipados sobre el área geográfica de cobertura de interés, el dispositivo electrónico 10 forma un nodo de una constelación con dispositivos electrónicos similares 10. El dispositivo electrónico 10 puede estar configurado para proporcionar una señal de baliza durante el vuelo. Dicha señal de baliza puede ser utilizada como una señal de presencia por los terminales de usuario para activar e iniciar comunicaciones a través de la red inalámbrica configurada por el dispositivo electrónico 10, por ejemplo, como un tipo de implementación de máquina a máquina (M2M). El acceso de un terminal de usuario a la red provista por el dispositivo electrónico 10 puede obtenerse mediante cualquier procedimiento conocido en la técnica. A este respecto, se observa que, en muchas ubicaciones geográficas como Europa, partes de Asia y partes de América, la densidad del tráfico aéreo es suficiente para obtener una cobertura de superficie adecuada que pueda competir con una cobertura creada por una constelación de un gran número de satélites.

20 [0097] La Figura 3 muestra una disposición esquemática de una red que sirve para las diversas aplicaciones de las formas de realización de la invención como se ha descrito anteriormente.

25 [0098] Un avión 30 equipado con un dispositivo electrónico 10 de acuerdo con una forma de realización de la invención pasa sobre un área geográfica que básicamente puede ser cubierta por un solo dispositivo electrónico 10. Dada la posición del avión 30, el dispositivo electrónico 10 tiene un alcance de cobertura de avión individual por debajo del avión 30 según lo determinado por la ecuación 1 anterior. El dispositivo electrónico 10 que tiene capacidades de comunicación puede configurarse para proporcionar cobertura del área completa (comunicaciones de gran abertura angular) o partes del área (comunicaciones con uno o más puntos dentro del área). En caso de que el dispositivo electrónico 10 tenga capacidades para aplicaciones de comunicaciones, dentro de la cobertura de avión individual estarán presentes los terminales de usuario 22 que pueden usar aplicaciones de comunicación como las que proporciona el dispositivo electrónico 10. Los terminales de usuario 22 pueden ser fijos o móviles. En este caso, el dispositivo electrónico 10 actúa como estación de base y proporciona servicios de comunicación de red a los terminales de usuario 22. En esta configuración, la estación de base (dispositivo electrónico) permite la comunicación entre los terminales de usuario 22. A medida que el avión 30 se desplaza a lo largo de su trayectoria de vuelo, la cobertura de avión individual se desplazará correspondientemente. Mientras que el dispositivo electrónico 10 que actúa como estación de base cubre el área geográfica predeterminada, está al alcance de los terminales 22 de usuario conectados y puede proporcionar servicios de comunicaciones. Sin embargo, cuando el dispositivo electrónico 10 que actúa como estación de base ya no proporciona una cobertura suficiente del área geográfica, la constelación está configurada para transferir los servicios de red a otro dispositivo electrónico 10 que actúa como estación de base que posteriormente entra en visión del área geográfica. El otro dispositivo electrónico 10 que actúa como estación de base acepta el traspaso, y luego se convierte en un nodo ad hoc de la red y reemplaza al dispositivo electrónico anterior 10 para proporcionar los servicios de comunicación de red.

30 [0099] En particular, cuando la densidad del tráfico aéreo sobre un área geográfica es alta, la cobertura de esa área se puede mantener siempre que los aviones equipados con el dispositivo electrónico 10 que actúa como una estación de base sobrevuelen el área geográfica en un alcance donde el avión sea visible desde el área geográfica. La transferencia se define aquí como la conmutación de la conexión del terminal de usuario 22 desde un dispositivo electrónico 10 de un avión 30 de la constelación a otro dispositivo electrónico 10 de otro avión 30 de la constelación.

35 [0100] El dispositivo electrónico 10 que actúa como estación de base puede monitorear las señales de los terminales 22 de usuario para detectar cuándo es necesario el traspaso. Alternativa o adicionalmente, la unidad de control del proveedor de servicios que opera la constelación puede proporcionar indicaciones o instrucciones

a la estación de base para el traspaso. Además, el dispositivo electrónico 10 puede configurarse con una capacidad para transferir servicios de comunicación o aceptar estos servicios de un dispositivo electrónico diferente 10. La constelación cuenta con un sistema de control que instruye a los dispositivos electrónicos 10 para que transfieran o acepten servicios de comunicación de un dispositivo electrónico 10 diferente.

5

[0101] Se apreciará que las frecuencias operativas de los dispositivos electrónicos 10 se seleccionan de modo que se eviten interferencias cuando se superponen las coberturas de avión individuales.

10

[0102] Además de las capacidades de transferencia del dispositivo electrónico 10 que actúa como estación de base, los terminales de usuario 22 pueden configurarse con funciones adicionales para conmutar a otro dispositivo electrónico 10 de la constelación que actúa como estación de base. Cuando un avión 30 dado que cubre terminales de usuario 22 determinados se aleja y los terminales de usuario 22 dados están a punto de perder el contacto con el dispositivo electrónico 10 que actúa como estación de base, los terminales de usuario 22 pueden seleccionar otro dispositivo electrónico 10 de la constelación, en otro avión 30, cuyo alcance de cobertura incluye los terminales de usuario 22 dados, es decir, está dentro del alcance de cobertura de avión individual para estos terminales de usuario 22. El cambio se produce preferiblemente antes de que se pierda el contacto con el dispositivo electrónico 10 que actúa como estación de base.

15

20

[0103] Por lo tanto, durante el tiempo de la conexión, uno o más dispositivos electrónicos 10 de la constelación pueden usarse como estación de base para proporcionar servicios de comunicación a los terminales de usuario 22 en un área geográfica determinada. Las operaciones de la red de la Figura 3 son similares a las operaciones de una red de telefonía móvil, pero en este caso es la estación de base (el dispositivo electrónico 10) la que se mueve; los usuarios (terminales de usuario 22) son fijos o móviles dentro del alcance de cobertura de avión individual del dispositivo electrónico 10. De la misma manera que un teléfono móvil puede usar más de una estación de base durante una llamada, un usuario fijo o móvil (terminal 22) puede usar más de un dispositivo electrónico 10 durante la duración de un enlace de comunicación. Las operaciones de los dispositivos electrónicos 10 que actúan como estaciones de base móviles se controlan mediante una estación de control terrestre 25 como se muestra en la Figura 3 ubicada dentro de la cobertura geográfica de interés. Por ejemplo, una o más estaciones terrestres de control 25 en los Países Bajos pueden controlar las operaciones de los dispositivos electrónicos 10 de la constelación sobre los Países Bajos. La estación de control terrestre 25 como se muestra en la Figura 3 también puede configurarse para actuar como la estación terrestre de red troncal 25 como se ha mencionado anteriormente para proporcionar conexión a una red troncal tal como Internet.

25

30

35

[0104] En una forma de realización específica adicional, la presente invención se usa como una implementación de una red de máquina a máquina (M2M). En un área que está cubierta por un dispositivo electrónico 10 en vuelo que actúa como estación de base, tal red M2M comprende terminales de usuario 22, cada uno de los cuales tiene un terminal de comunicaciones inalámbricas terrestres instalado en una "máquina". Dichas "máquinas" pueden relacionarse ampliamente con cualquier tipo de máquina, instalaciones industriales, diversos aparatos en casas o fábricas, construcciones o dispositivos de infraestructura, contenedores y camiones u otros vehículos, todos ellos equipados con una interfaz para la monitorización y/o control (por ejemplo, una unidad de monitor conectada a un termómetro para controlar la temperatura en un contenedor refrigerado).

40

45

50

[0105] Se observa que, para todos los tipos de redes y aplicaciones anteriores, pero en particular para las redes M2M, el dispositivo electrónico 10 que actúa como estación de base puede estar equipado con capacidad de almacenamiento para almacenar temporalmente los datos recibidos y los datos por transmitir al terminal de usuario 22. En particular, cuando una conexión de red troncal (por ejemplo, a través de la estación de control terrestre 25 como se muestra en la Figura 3) para la transmisión de datos relacionados con la máquina no está presente dentro del alcance de cobertura de avión individual del dispositivo electrónico 10 en un momento dado, el dispositivo electrónico 10 puede usar la capacidad de almacenamiento para mantener los datos en la memoria hasta que una estación terrestre de control 25 equipada con red troncal entre "en el campo de visión" del avión 30 para obtener una transmisión de datos retrasada (en sentido ascendente o descendente o tanto ascendente como descendente) y, de una manera similar, para comunicar datos desde una red troncal de red al terminal de usuario 22 cuando el terminal de usuario 22 está dentro del alcance de cobertura de avión individual para comunicaciones inalámbricas.

55

60

[0106] La Figura 4 muestra un diseño esquemático de una disposición que combina redes para varias aplicaciones como se ha descrito anteriormente con varias implementaciones de redes de comunicación. En este caso, la constelación proporciona una cobertura de un área agregada que comprende una pluralidad de redes establecidas por dispositivos electrónicos 10-12 a bordo de varios aviones 30-32 que vuelan a lo largo de trayectorias de vuelo sobre el área agregada.

65

[0107] Un primer dispositivo electrónico 10 en un primer avión 30 está en conexión comunicativa con al menos otro dispositivo electrónico 11, 12 en un avión adicional 31, 32. Esta conexión comunicativa puede ser por medio de RF o medios ópticos (por ejemplo, utilizando enlaces de comunicación láser directos). En lo sucesivo, dicha conexión comunicativa se denomina enlace de comunicaciones entre constelaciones o enlace de comunicaciones entre aviones. En la forma de realización ejemplar mostrada en la Figura 4, un primer dispositivo

electrónico 10 equipado en un primer avión 30 en vuelo proporciona servicios de red inalámbrica a una primera red 2A, mientras que al menos un segundo dispositivo electrónico 11; 12 en un segundo avión 31; 32 proporciona servicios de red inalámbrica a una segunda red 2B; 2C. El primer avión 30 está en una posición alejada del segundo avión 31; 32, de manera que la primera y la segunda redes 2A, 2B; 2A, 2C no son idénticas, aunque la primera y la segunda redes pueden superponerse parcialmente. El primer y segundo dispositivo electrónico 10, 11; 10, 12 están configurados para tener un enlace de comunicación entre aviones 13; 14, es decir, cada uno de los dispositivos electrónicos 10-12 está configurado para comunicarse con uno o más dispositivos electrónicos 10-12, de manera que las dos o más redes están conectadas entre sí.

[0108] Ventajosamente, este enlace de comunicación entre aviones 13; 14 permite proporcionar las capacidades y/o servicios disponibles en cada red 2A, 2B, 2C a la(s) otra(s) red(es). En un ejemplo como se muestra en la Figura 4, un primer terminal de usuario 24 en la red indicada como 2B desea comunicarse con un segundo terminal de usuario 26 en la red indicada como 2C. La conexión entre los dos terminales de usuario específicos 24, 26 se establece luego mediante un primer enlace entre el primer terminal de usuario 24 y la estación de base 11 en el avión 31 que cubre el área geográfica de la red 2B. Luego se establece un segundo enlace desde el dispositivo electrónico 11 del avión 31 al dispositivo electrónico 10 en el avión 30 por medio del enlace de comunicaciones entre aviones 13. Se establece un tercer enlace por medio del enlace de comunicaciones entre aviones 14 desde el dispositivo electrónico 10 del avión 30 al dispositivo electrónico 12 del avión 32 que cubre el área donde se encuentra el segundo terminal de usuario 26. Finalmente, el dispositivo electrónico 12 del avión 32 se conecta al segundo terminal de usuario 26 a través de un cuarto enlace. La comunicación entre el primer terminal de usuario y el segundo terminal de usuario tiene lugar, por lo tanto, por la ruta de los enlaces como se ha descrito anteriormente.

[0109] La situación en la que los terminales de usuario 24, 26 en diferentes alcances de cobertura de avión individuales se pueden comunicar a través de una ruta de este tipo es cuando los aviones 30-32 que usan uno o más enlaces de comunicaciones entre aviones 13, 14 están dentro del alcance máximo de cobertura de avión individual (por ejemplo, aproximadamente de 700 km a 10 km de altitud).

[0110] Por ejemplo, al usar los enlaces de comunicaciones entre aviones entre los dispositivos electrónicos de los aviones 30, 31-32, cada una de las redes puede usar una conexión troncal a través de una estación terrestre 25 que está disponible solo en una red particular y no en las otras redes.

[0111] La red o redes pueden estar conectadas además a uno o más satélites de comunicaciones 15 a través de un terminal de satélite de RF u óptico en el avión 30-32 conectado al dispositivo electrónico 10-12, o a través de un terminal de satélite de RF u óptico incluido dentro del dispositivo electrónico 10-12. El satélite o satélites de comunicaciones 15 están configurados para proporcionar a los terminales de usuario 20, 22 servicios de comunicación adicionales a través de la red de satélites. Esta configuración puede ser ventajosa, por ejemplo, en el caso de que los aviones 31, 32 que cubren las áreas 2B, 2C en las que se ubican el primer y segundo terminales de usuario no estén dentro del alcance máximo de campo de visión entre sí. En este caso, el enlace de comunicación entre los dispositivos electrónicos 11, 12 en los dos aviones 31, 32 puede establecerse por medio de enlaces de comunicación a través de una red satelital que une la distancia entre los dispositivos electrónicos 11, 12. En este caso, los dispositivos electrónicos de los aviones 11, 12 actúan como enrutadores intermedios entre los terminales de usuario 20, 22 y la red de satélite y, en vista de la menor atenuación debida a la menor distancia entre los aviones 30 y los terminales de usuario 20, 22 en comparación con la distancia entre los usuarios en un sistema de comunicación por satélite habitual, los usuarios pueden utilizar terminales más pequeños y menos potentes. Esto es especialmente ventajoso para terminales portátiles móviles en los que el tamaño y el peso deben ser pequeños. El enlace de satélite también puede proporcionar conectividad a los terminales de usuario 20, 22 a la red troncal a través de una estación de satélite terrestre 25 dentro o fuera del área geográfica predeterminada. Por ejemplo, el enlace satelital puede conectar las redes que cubren Europa a una estación de satélite terrestre en los Estados Unidos.

[0112] También es posible compartir el tráfico de comunicaciones para una red entre al menos dos dispositivos electrónicos 10-12 en un mismo número de aviones 30-32. Además de los dispositivos electrónicos 10-12, se proporciona una unidad de control o unidad de coordinación 16 que instruye a los dispositivos electrónicos 10-12 cuál de ellos se selecciona para proporcionar la cobertura a usuarios seleccionados dependiendo de la carga de tráfico, el número de usuarios, el campo/bloqueo visual, etc.

[0113] Dicha unidad de control o coordinación 16 puede estar alejada del dispositivo electrónico 10, estar ubicada en la estación de control terrestre 25 o formar parte de ella, o estar ubicada en otro lugar y conectada a la estación de control terrestre 25 a través de la red troncal, para controlar o coordinar mediante instrucciones transmitidas a los dispositivos electrónicos 10-12 implicados. Alternativamente, una unidad de control o coordinación 17 se puede integrar o acoplar localmente al dispositivo electrónico 10.

[0114] Según una forma de realización, cada dispositivo electrónico 10 que actúa como estación de base está provisto de capacidades de control similares para transferir sus servicios de red a otro dispositivo electrónico 10 que cubre sustancialmente la misma área.

[0115] Tales técnicas en las que la señal de un terminal de usuario 20, 22, ubicado en el alcance de un avión 30 dado equipado con el dispositivo electrónico 10, se transmite a través de varias conexiones a dispositivos electrónicos 11, 12 en otros aviones 31, 32 en la constelación a otro terminal de usuario o usuario en el alcance de otro avión equipado con dispositivo electrónico son similares a las técnicas utilizadas en las constelaciones de satélites en las que un usuario se puede conectar a otros usuarios o a una red troncal a través de varias conexiones entre satélites (esto se hace, por ejemplo, en la constelación de satélites Iridium).

[0116] Además, la red descrita con referencia a la Figura 4 puede funcionar de manera similar a una red ad hoc vehicular (VANET). Las VANET se desarrollan normalmente para usar dispositivos de comunicaciones en automóviles como nodos móviles para crear una red; existen unos conocimientos considerables relacionados con las VANET que puede ser aplicables en las redes de la Figura 4. Una VANET convierte todos los dispositivos de comunicaciones participantes en un automóvil en un nodo inalámbrico de la red.

[0117] De manera similar, un dispositivo electrónico 10 en un avión 30 puede actuar como nodo inalámbrico en una VANET creada con otros dispositivos electrónicos 11, 12 de la constelación en otros aviones 31, 32.

[0118] Cuando el dispositivo electrónico 10 de un primer avión 30 sale del alcance de un segundo dispositivo electrónico 11 en un segundo avión 31 con el que se estaba comunicando, otro (tercer) dispositivo electrónico 12 en otro avión 32 de la constelación puede unirse, de modo que se crea una red móvil ad-hoc entre estos dispositivos electrónicos 10-12.

[0119] Dado que los aviones 30-32 se mueven a lo largo de sus trayectorias de vuelo, la cobertura del área geográfica debajo de los aviones 30-32 por los dispositivos electrónicos de a bordo 10-12 se mueve de manera correspondiente, lo que hace que, en el área geográfica, el enlace de comunicaciones de los terminales de usuario al dispositivo electrónico 10 del avión "en el campo de visión" se rompa cuando el dispositivo electrónico 10 ya no es visible (es decir, está fuera del alcance de cobertura del avión individual). De acuerdo con la invención, la constelación proporciona una cobertura dinámica utilizando la disponibilidad de otro avión equipado con otro dispositivo electrónico 11, 12 que tiene una trayectoria de vuelo en el campo de visión del área geográfica. Como se ha mencionado anteriormente con referencia a la Figura 4, un traspaso del/de los enlace(s) de comunicaciones entre los aviones 30-32 subsiguientes que pasan por el área geográfica permite que el enlace de comunicaciones de los terminales de usuario se pueda mantener siempre que los aviones 30-32 de las constelaciones estén en un alcance "visible". Por ejemplo, cuando el dispositivo electrónico 11 que cubre el área de la red 2B se aleja, el área de la red 2B está a punto de perder el enlace de comunicaciones con el dispositivo electrónico 11. El sistema de control de la constelación 16; 17 indicará el traspaso del enlace de comunicaciones a un dispositivo electrónico a bordo de otro avión de la constelación que entra (empieza a ser visible) en el área de la red particular. De esta manera se puede mantener el enlace de comunicaciones. Operaciones similares de traspaso se llevarán a cabo en otras áreas con redes, por ejemplo, la red 2A, 2C.

[0120] Alternativa o adicionalmente, en una constelación, los dispositivos electrónicos 10-12 para aplicaciones de observación de la Tierra en diferentes aviones 30-32 pueden vincularse para la comunicación entre ellos a través de un enlace de comunicaciones entre aviones para combinar sus capacidades dentro de la constelación. Dicho enlace se puede utilizar para transmitir datos entre los dispositivos electrónicos 10-12 con el fin de transmitir directamente los datos recopilados, compartir datos, interoperabilidad de los dispositivos, procedimiento de traspaso, etc.

[0121] Se observa que la capacidad para utilizar el enlace de comunicaciones entre aviones 13, 14 puede facilitar una comunicación directa de los datos recopilados en una (parte de un) área geográfica cubierta a las partes interesadas ubicadas en cualquier ubicación. En particular, para los datos relacionados con posibles desastres naturales, una transmisión directa es muy deseable. Por ejemplo, en la red 2C, los datos de observación de la Tierra pueden ser recopilados por el dispositivo electrónico 12 que tiene capacidades de EO, pero no hay ninguna estación terrestre de red troncal disponible en esa área. Como ya se ha descrito anteriormente, el dispositivo electrónico 12 de la red 2C puede comunicarse con una estación terrestre troncal 25 en la red 2B mediante el uso de uno o más enlaces de comunicaciones entre aviones. Después de la transmisión de los datos recopilados a la estación terrestre 25 de red troncal de la red, los datos recopilados pueden transmitirse directamente a través de la red troncal a los interesados en obtener estos datos. En el caso de datos que puedan requerir un procesamiento urgente, como los datos de observación de incendios forestales, los datos generalmente se transmitirán directamente a través de la red troncal a un departamento forestal o un departamento de bomberos.

[0122] El experto en la materia apreciará que, en una forma de realización, la constelación está provista de medios para gestionar o proporcionar facilidades de enrutamiento para la transmisión de datos a través de enlaces de comunicaciones entre aviones a las conexiones de red troncales disponibles en la constelación. Además, la constelación puede comprender una combinación de dispositivos electrónicos relacionados con la observación de la Tierra y dispositivos electrónicos relacionados con las comunicaciones. De acuerdo con una

forma de realización, un avión puede transportar uno o más dispositivos electrónicos relacionados con la observación de la Tierra o uno o más dispositivos electrónicos relacionados con las comunicaciones o ambos.

5 [0123] Las descripciones anteriores de formas de realización de la presente invención se han presentado con fines meramente ilustrativos y descriptivos. No pretenden ser exhaustivas o limitar la presente invención a las formas de realización descritas. Otras alternativas y formas de realización equivalentes de la presente invención son concebibles dentro de la idea de la invención, como quedará claro para el experto en la materia. El alcance de la invención está limitado solamente por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para crear una constelación de dispositivos electrónicos (10) para proporcionar operaciones ópticas o de radiofrecuencia relacionadas con aplicaciones de recopilación de datos de la superficie terrestre en un área geográfica predeterminada, que comprende:
- 10 - proporcionar en cada uno de una pluralidad de aviones (30) al menos un dispositivo electrónico (10) de la constelación, siendo el al menos un dispositivo electrónico (10) una unidad acoplada al avión asociado (30) y que comprende un sensor de recopilación de datos (45), donde, durante el vuelo, cada avión (30) tiene una trayectoria de vuelo sobre al menos una parte de dicha área geográfica predeterminada, cada dispositivo electrónico (10) está configurado para dichas operaciones durante el vuelo con un alcance de cobertura terrestre para dichas operaciones determinado por un alcance de cobertura de avión individual de una parte de la superficie terrestre según lo proporciona el avión asociado (30);
 - 15 - activar uno o más dispositivos electrónicos (10) para dichas operaciones cuando la cobertura individual de avión de uno o más aviones (30) asociados con uno o más dispositivos electrónicos (10) está dentro del área geográfica predeterminada,
- 20 donde el sensor de recopilación de datos (45) comprende un sensor de recopilación de datos pasivo o activo (45) configurado para detectar señales desde la superficie terrestre durante la operación.
2. Método según la reivindicación 1, donde el avión es un avión comercial de pasajeros o un avión comercial de carga que opera de acuerdo con su trayectoria y su horario de vuelo.
- 25 3. Método según la reivindicación 1 o 2, donde las operaciones ópticas o de radiofrecuencia relacionadas con aplicaciones de recopilación de datos de la superficie terrestre comprenden aplicaciones de observación de la Tierra y/o aplicaciones de sistemas de identificación automática (AIS).
- 30 4. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, donde la activación de cada dispositivo electrónico (10) de la constelación se controla derivando para cada dispositivo electrónico respectivo (10) su posición en dicha área geográfica predeterminada de tal manera que los alcances de cobertura terrestre para dichas operaciones de los dispositivos electrónicos activados (10) cubran sustancialmente el área geográfica predeterminada durante un periodo de tiempo predeterminado.
- 35 5. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde el método comprende además establecer un enlace de comunicaciones entre el dispositivo electrónico (10) y una estación terrestre (25) conectada a una red troncal dentro del alcance de cobertura terrestre del dispositivo electrónico (10).
- 40 6. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además establecer un enlace de comunicaciones entre constelaciones (13, 14) entre un dispositivo electrónico (10) a bordo de un avión (30) de la pluralidad de aviones y otro dispositivo electrónico (11, 12) a bordo de otro avión (31-32) de dicha pluralidad de aviones.
- 45 7. Método según la reivindicación 6, donde dicho enlace de comunicaciones entre constelaciones (13, 14) es un enlace de comunicaciones entre aviones en el que el avión y otros aviones (30-32) están dentro del campo de visión del otro, como un enlace de comunicación óptica o de RF, y/o un enlace de comunicaciones por satélite en caso de que no haya un campo visual.
- 50 8. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donfr el método comprende además la recopilación de datos durante dichas operaciones del dispositivo electrónico (10) cuando está en vuelo, y cargar dichos datos recopilados a una ubicación de red predeterminada a través de un enlace de comunicación basado en tierra proporcionado después del aterrizaje del avión (30).
- 55 9. Sistema de una constelación de dispositivos electrónicos (10) para proporcionar operaciones ópticas o de radiofrecuencia relacionadas con aplicaciones de recopilación de datos de la superficie terrestre en un área geográfica predeterminada de al menos una parte de la superficie terrestre, estando configurado cada dispositivo electrónico (10) para proporcionar operaciones ópticas o de radiofrecuencia relacionadas con aplicaciones de recopilación de datos de la superficie terrestre en un área geográfica predeterminada de al menos una parte de la superficie terrestre, siendo el dispositivo electrónico (10) una unidad que se puede conectar a un avión asociado (30) y que comprende un sensor de recopilación de datos (45),
- 60 cada dispositivo electrónico comprende además un conjunto de radomo (40, 41) con un radomo (40) montado en una base de radomo (41), donde la base de radomo (41) se puede acoplar al avión asociado (30), y el sensor de recopilación de datos (45) comprende un sensor de recopilación de datos pasivo o activo (45) configurado para detectar señales de la superficie terrestre durante la operación.
- 65

10. Sistema según la reivindicación 9, donde el sensor de recopilación de datos (45) comprende uno o más de: una cámara para aplicaciones de obtención de imágenes o video, una cámara infrarroja, una unidad de obtención de imágenes por radar, una unidad de radar de apertura sintética, una unidad lidar, una unidad de sistema de identificación automática (AIS).
- 5
11. Sistema según la reivindicación 9 o 10, donde el sistema está configurado además para ejecutar el método según cualquiera de las reivindicaciones 1-8.
- 10
12. Sistema según la reivindicación 11, que comprende además una estación de control (16, 17), y en el que el dispositivo electrónico (10) comprende una unidad de comunicaciones (46) configurada para proporcionar un intercambio de datos de control con la estación de control (16, 17).
- 15
13. Sistema según la reivindicación 11 o 12, que comprende además una estación terrestre (20), y donde el dispositivo electrónico (10) comprende una unidad de comunicaciones (46) configurada para proporcionar un intercambio de datos con la estación terrestre (20).
- 20
14. Sistema según la reivindicación 12 o 13, donde la unidad de comunicaciones (46) del dispositivo electrónico (10) está configurada para proporcionar comunicaciones de datos con un dispositivo electrónico adicional (10).
15. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 12-14, donde la estación de control (16, 17) está configurada para controlar la activación de uno o más dispositivos electrónicos (10) para dichas operaciones cuando la cobertura de avión individual de uno o más aviones (30) asociados con uno o más dispositivos electrónicos (10) está dentro del área geográfica predeterminada.

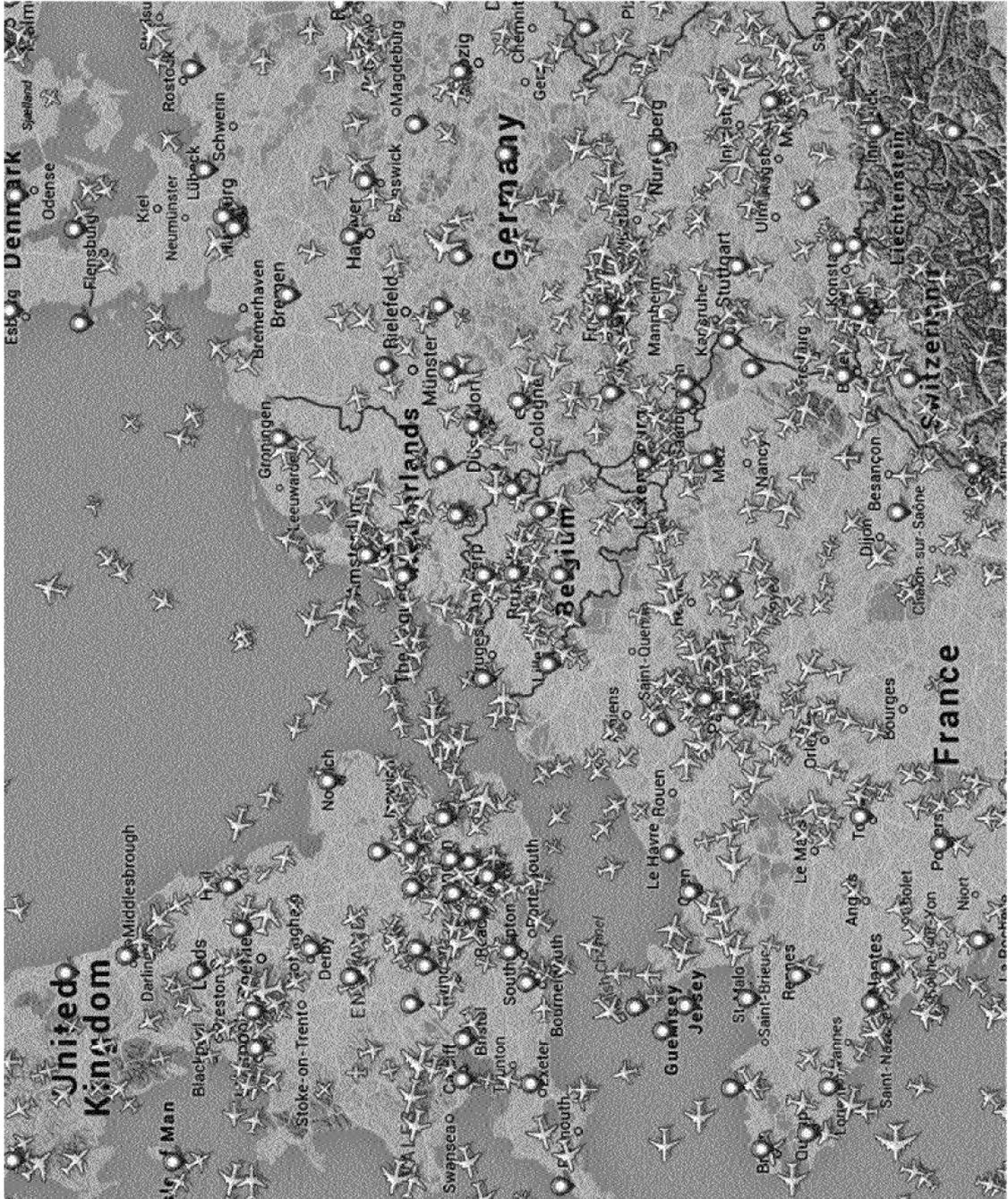


Fig. 1

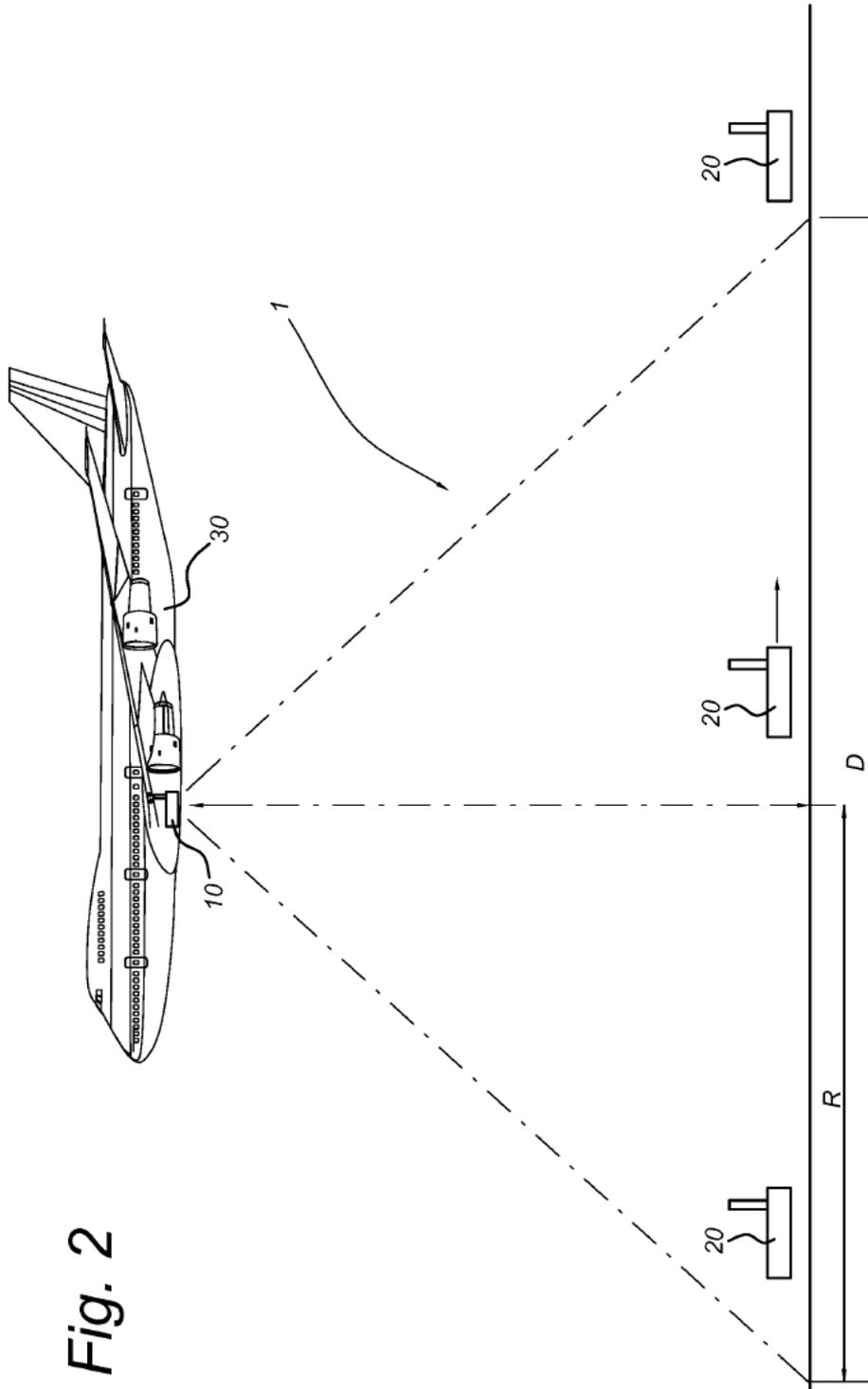


Fig. 2

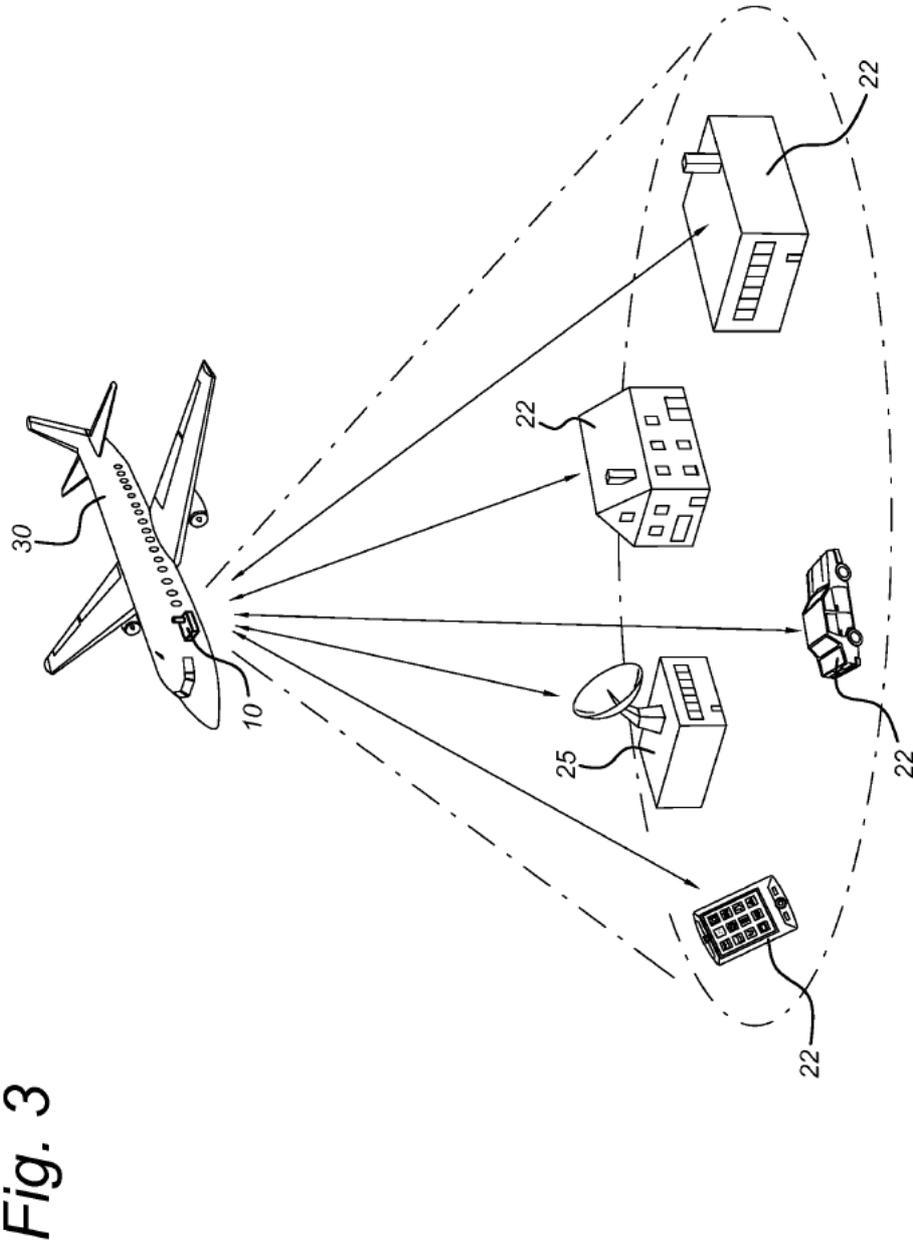


Fig. 3

Fig. 5

