

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 914 812**

51 Int. Cl.:

H04W 36/00 (2009.01)

H04W 36/32 (2009.01)

B64C 39/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.06.2019** **E 19180368 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.05.2022** **EP 3751897**

54 Título: **Aparato y método para determinar datos de cobertura de red para conectar un terminal móvil**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.06.2022

73 Titular/es:

DIMETOR GMBH (100.0%)
Windpassing 16
4203 Altenberg/Linz, AT

72 Inventor/es:

NEUBAUER, THOMAS y
WANA, THOMAS

74 Agente/Representante:

MILTENYI, Peter

ES 2 914 812 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

Aparato y método para determinar datos de cobertura de red para conectar un terminal móvil

Antecedentes

1. Campo técnico

- 5 La presente divulgación se refiere al campo de comunicación inalámbrica. En particular, en el presente documento se divulgan un aparato y un método para determinar datos de cobertura de red para conectar un terminal móvil.

2. Técnica relacionada

- 10 En la comunicación inalámbrica, los procedimientos de traspaso convencionales incluyen traspaso intra RAT (Tecnología de Acceso Radioeléctrico), traspaso inter RAT e itinerancia. En traspaso intra RAT, una comunicación activa de un terminal móvil se conmuta entre diferentes nodos de red de la misma RAT o sistema de comunicación, por ejemplo, entre dos eNodoB de una red de LTE (Evolución a Largo Plazo). En traspaso inter RAT, la conmutación se realiza entre respectivamente diferentes sistemas de comunicación. El traspaso inter RAT incluye un traspaso entre
- 15 diferentes sistemas de comunicación móvil con relación jerárquica, tales como un traspaso desde LTE a UMTS (Sistemas Universales de Telecomunicaciones Móviles), o un traspaso entre un nodo de red de un sistema de comunicación móvil tal como LTE y un encaminador de Wi-Fi. La itinerancia se realiza cuando un terminal móvil se mueve entre áreas servidas respectivamente por diferentes redes de comunicación, tales como operadores de red en diferentes países o regiones. Las redes inalámbricas pueden operarse por diferentes proveedores de red. En tales
- 20 escenarios, se realizan traspaso e itinerancia dentro de la red del mismo proveedor o socios del respectivo proveedor, por ejemplo, en otro país. Esto puede conducir a áreas terrestres con múltiple cobertura que incluye redes de varios operadores, tecnologías (RAT) y/o tamaños (por ejemplo, macro células, micro células, femto células).

- 25 El documento US 2016/300439 A1 se refiere a comunicación con UAV (vehículo aéreo no tripulado). En particular, una plataforma de UAV se asocia con un almacenamiento de datos, que se comunica con redes que incluyen una red inalámbrica y una red por satélite. Las redes proporcionan información de capacidad asociada con el UAV, información del clima, e información de obstáculos. Basándose en una trayectoria de vuelo, la plataforma de UAV determina requisitos de red basándose en una trayectoria de vuelo, tales como seguridad, ancho de banda o coste, y calcula una puntuación basándose en los requisitos.

- 30 El documento US 9.818.303 B2 se refiere una determinación de trayectoria de vuelo para UAV. En particular, las estaciones base para una red celular inalámbrica proporcionan conexiones inalámbricas a los UAV. Puede usarse una red de satélites de comunicación como una conexión de respaldo para los UAV. Un componente de cobertura de red en 3D mantiene datos que mapea la cobertura de red proporcionada por la red inalámbrica.

Sumario

- 40 Las técnicas de la presente divulgación facilitan habilitar que un terminal móvil se conecte de forma estable a sistemas de comunicación móvil, especialmente cuando el terminal móvil se está moviendo.

El alcance de la invención se define mediante las reivindicaciones independientes.

- 45 Se proporciona un aparato para calcular datos de cobertura de red plural para conectar un dispositivo de comunicación móvil a una red de comunicación de entre una pluralidad de redes de comunicación que sirven a un área que incluye redes de comunicación de la misma norma operada por una pluralidad de operadores de red, que comprende al menos una interfaz de entrada configurada para adquirir datos de cobertura específicos de red actuales respectivamente de la pluralidad de redes de comunicación y circuitería configurada para combinar los datos de cobertura específicos de red actuales adquiridos de la pluralidad de redes de comunicación y para determinar, basándose en la combinación, datos de cobertura de red plural que indican conectividad de red actual en una ubicación en el área.

- 50 Por consiguiente, pueden facilitarse guiado de red controlada, red guiada o dispositivos móviles supervisados por red usando mediante una redundancia en conectividad proporcionada por múltiples redes de comunicación.

- 55 En algunas realizaciones, la circuitería está configurada para comparar, basándose en los datos de red actuales recibidos, la respectiva conectividad de la pluralidad de redes de comunicación en la ubicación y para seleccionar, basándose en la comparación, una red de comunicación para conectar el dispositivo de comunicación móvil en la ubicación de entre la pluralidad de redes de comunicación.

- 60 Por ejemplo, los datos de cobertura de red plural indican conectividad de red a lo largo de dos o tres dimensiones en el área.

Por ejemplo, el área es un área de vuelo tridimensional, 3D, y el dispositivo de comunicación móvil es un vehículo

aéreo no tripulado, UAV, guiado en el área de vuelo 3D.

Por consiguiente, se facilita un guiado y control seguro de los UAV.

- 5 En algunas realizaciones, la al menos una interfaz de entrada está configurada para adquirir un resultado de una medición de conectividad realizada por el UAV.

Esto facilita habilitar la validación y evaluación precisa de un estado de conectividad actual en una ubicación del UAV.

- 10 En algunas realizaciones, el aparato comprende una interfaz de salida configurada para notificar automáticamente los datos de cobertura de red plural a un nodo de control de aviación.

Esto facilita el guiado, control y operación segura de UAV controlados por red.

- 15 Por ejemplo, la pluralidad de redes de comunicación incluyen una pluralidad de redes de radio terrestres operadas por la pluralidad de operadores de red.

Por ejemplo, la pluralidad de redes de comunicación incluyen al menos una de una red de radio terrestre y una red por satélite.

- 20 En algunas realizaciones, los datos de cobertura de red plural incluyen al menos una de potencia de señal, interferencia, una indicación de un número de terminales de comunicación por unidad de área y una indicación de una probabilidad de traspaso de traspaso por el dispositivo de comunicación móvil desde un nodo de red a otro nodo de red.

- 25 Por ejemplo, la probabilidad de traspaso incluye al menos una de una probabilidad de traspaso intra red de traspaso dentro de una red de comunicación de entre la pluralidad de redes de comunicación y una probabilidad de traspaso inter red de traspaso entre redes de comunicación respectivamente diferentes de entre la pluralidad de redes de comunicación.

- 30 Esto facilita aliviar un riesgo en la pérdida de conexión a una red de comunicación debido a traspaso.

En algunas realizaciones, los datos de cobertura específicos de red actuales adquiridos son datos de cobertura de red única determinados respectivamente por operadores de la pluralidad de redes de comunicación.

- 35 Se proporciona adicionalmente un método para calcular datos de cobertura de red plural para conectar un dispositivo de comunicación móvil a una red de comunicación de entre una pluralidad de redes de comunicación que sirven a un área que incluye redes de comunicación de la misma norma operada por una pluralidad de operadores de red, que comprende adquirir datos de cobertura específicos de red actuales respectivamente de la pluralidad de redes de comunicación, combinar los datos de cobertura específicos de red actuales adquiridos de la pluralidad de redes de comunicación, y determinar, basándose en la combinación, datos de cobertura de red plural que indican conectividad de red actual en una ubicación en el área.

- 45 Por consiguiente, pueden facilitarse guiado de red controlada, red guiada o dispositivos móviles supervisados por red usando mediante una redundancia en conectividad proporcionada por múltiples redes de comunicación.

- 50 En algunas realizaciones, el método comprende comparar, basándose en los datos de red actuales recibidos, la respectiva conectividad de la pluralidad de redes de comunicación en la ubicación y para seleccionar, basándose en la comparación, una red de comunicación para conectar el dispositivo de comunicación móvil en la ubicación de entre la pluralidad de redes de comunicación.

Por ejemplo, los datos de cobertura de red plural indican conectividad de red a lo largo de dos o tres dimensiones en el área.

- 55 Por ejemplo, el área es un área de vuelo tridimensional, 3D, y el dispositivo de comunicación móvil es un vehículo aéreo no tripulado, UAV, guiado en el área de vuelo 3D.

Por consiguiente, se facilita un guiado y control seguro de los UAV.

- 60 En algunas realizaciones, el método comprende adquirir un resultado de una medición de conectividad realizada por el UAV.

Esto facilita habilitar la validación y evaluación precisa de un estado de conectividad actual en una ubicación del UAV.

- 65 En algunas realizaciones, el método comprende notificar automáticamente los datos de cobertura de red plural a un nodo de control de aviación.

Esto facilita el guiado, control y operación segura de UAV controlados por red.

5 Por ejemplo, la pluralidad de redes de comunicación incluyen una pluralidad de redes de radio terrestres operadas por la pluralidad de operadores.

Por ejemplo, la pluralidad de redes de comunicación incluyen al menos una de una red de radio terrestre y una red por satélite.

10 En algunas realizaciones, los datos de cobertura de red plural incluyen al menos una de potencia de señal, interferencia, una indicación de un número de terminales de comunicación por unidad de área y una indicación de una probabilidad de traspaso de traspaso por el dispositivo de comunicación móvil desde un nodo de red a otro nodo de red.

15 Por ejemplo, la probabilidad de traspaso incluye al menos una de una probabilidad de traspaso intra red de traspaso dentro de una red de comunicación de entre la pluralidad de redes de comunicación y una probabilidad de traspaso inter red de traspaso entre redes de comunicación respectivamente diferentes de entre la pluralidad de redes de comunicación.

20 Esto facilita aliviar un riesgo en la pérdida de conexión a una red de comunicación debido a traspaso.

En algunas realizaciones, los datos de cobertura específicos de red actuales adquiridos son datos de cobertura de red única determinados respectivamente por operadores de la pluralidad de redes de comunicación.

25 Se proporciona adicionalmente un nodo de guiado que comprende una interfaz de entrada configurada para adquirir datos de cobertura de red plural para conectar un dispositivo de comunicación móvil a una red de comunicación de entre una pluralidad de redes de comunicación que sirven a un área que incluye redes de comunicación de la misma norma operada por una pluralidad de operadores de red, indicando los datos de cobertura de red plural conectividad de red actual en una ubicación en el área y determinándose basándose en una agregación de datos de cobertura
30 específicos de red actuales de la pluralidad de redes de comunicación, y circuitería configurada para realizar el guiado del dispositivo de comunicación móvil basándose en los datos de cobertura de red plural adquiridos.

En algunas realizaciones, el nodo de guiado es un nodo de control para el guiado de un vehículo aéreo no tripulado, UAV, en un área de vuelo tridimensional dentro de un espacio aéreo.

35 Se proporciona adicionalmente un método de guiado que comprende adquirir datos de cobertura de red plural para conectar un dispositivo de comunicación móvil a una red de comunicación de entre una pluralidad de redes de comunicación que sirven a un área que incluye redes de comunicación de la misma norma operada por una pluralidad de operadores de red, indicando los datos de cobertura de red plural conectividad de red actual en una ubicación en
40 el área y determinándose basándose en una agregación de datos de cobertura específicos de red actuales de la pluralidad de redes de comunicación y realizar el guiado del dispositivo de comunicación móvil basándose en los datos de cobertura de red plural adquiridos.

45 También se proporciona un programa informático que comprende instrucciones que, cuando el programa se ejecuta por un ordenador, provocan que el ordenador efectúe las etapas de adquirir datos de cobertura específicos de red actuales respectivamente de la pluralidad de redes de comunicación que incluyen redes de comunicación de la misma norma operada por una pluralidad de operadores de red, combinar los datos de cobertura específicos de red actuales adquiridos de la pluralidad de redes de comunicación, y determinar, basándose en la combinación, datos de cobertura de red plural que indican conectividad de red actual en una ubicación en el área.

50 Se proporciona adicionalmente un programa informático que comprende instrucciones que, cuando el programa se ejecuta por un ordenador, provocan que el ordenador efectúe las etapas de adquirir datos de cobertura de red plural para conectar un dispositivo de comunicación móvil a una red de comunicación de entre una pluralidad de redes de comunicación que sirven a un área que incluye redes de comunicación de la misma norma operada por una pluralidad
55 de operadores de red, indicando los datos de cobertura de red plural conectividad de red actual en una ubicación en el área y determinándose basándose en una agregación de datos de cobertura específicos de red actuales de la pluralidad de redes de comunicación y realizar el guiado del dispositivo de comunicación móvil basándose en los datos de cobertura de red plural adquiridos.

60 También se proporciona un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio que tiene almacenado en el mismo instrucciones para provocar que la circuitería de procesamiento de un aparato para calcular datos de cobertura de red plural para conectar un dispositivo de comunicación móvil a una red de comunicación de entre una pluralidad de redes de comunicación que sirven a un área que incluye redes de comunicación de la misma norma operada por una pluralidad de operadores de red efectúe las etapas de adquirir datos de cobertura específicos de red
65 actuales respectivamente de la pluralidad de redes de comunicación, combinar los datos de cobertura específicos de red actuales adquiridos de la pluralidad de redes de comunicación, y determinar, basándose en la combinación, datos

de cobertura de red plural que indican conectividad de red actual en una ubicación en el área.

También se proporciona un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio que tiene almacenado en el mismo instrucciones para provocar que la circuitería de procesamiento de un nodo de guiado ejecute las etapas de adquirir datos de cobertura de red plural para conectar un dispositivo de comunicación móvil a una red de comunicación de entre una pluralidad de redes de comunicación que sirven a un área que incluye redes de comunicación de la misma norma operada por una pluralidad de operadores de red, indicando los datos de cobertura de red plural conectividad de red actual en una ubicación en el área y determinándose basándose en una agregación de datos de cobertura específicos de red actuales de la pluralidad de redes de comunicación y realizar el guiado del dispositivo de comunicación móvil basándose en los datos de cobertura de red plural adquiridos.

Breve descripción de los dibujos

En la siguiente descripción detallada, se describen en más detalle realizaciones ilustrativas con referencia a las figuras y dibujos adjuntos, en donde:

La Figura 1 es un diagrama de bloques de un aparato para calcular datos de cobertura de red plural;

La Figura 2 es un diagrama de flujo de un método para calcular datos de cobertura de red plural;

La Figura 3 es un diagrama de bloques que muestra un sistema de procesamiento de datos que incluye instancias de procesamiento de datos individuales, un centro de datos central (*hub data center*);

La Figura 4 es un diagrama de bloques que muestra un sistema de procesamiento de datos que incluye instancias de procesamiento de datos individuales, un centro de datos central y un proveedor de servicio de navegación aérea;

La Figura 5 es un diagrama de bloques que muestra un sistema de control para tráfico aéreo de UAV;

La Figura 6 es un diagrama de bloques de un nodo de guiado; y

La Figura 7 es un diagrama de flujo de un método de guiado; y

La Figura 8 es un gráfico que muestra una división de un área de vuelo en subáreas.

Descripción detallada

Convencionalmente, la cobertura de red se determina respectivamente por red de comunicación móvil y por operador. Las áreas de cobertura pueden visualizarse con respecto a redes individuales de diferentes proveedores de red.

En vista de esto, la presente divulgación se dirige a enlazar cobertura y datos de conectividad de una pluralidad de redes de comunicación inalámbricas operadas por respectivamente diferentes operadores de red. Las técnicas divulgadas en el presente documento facilitan aumentar el área de cobertura en la que está disponible una señal de comunicación móvil.

Como un caso de uso ilustrativo pero no limitativo de las técnicas divulgadas, la aviación no tripulada, en particular BVLOS (más allá del alcance visual), tiene requisitos estrictos sobre la disponibilidad de una señal de radio en espacio aéreo tridimensional. Para controlar vehículos aéreos no tripulados (UAV) en operación de BVLOS, una señal de radio necesita estar permanentemente disponible en la ubicación actual del UAV a lo largo de su trayectoria de vuelo en espacio aéreo, para proporcionar un grado suficiente de seguridad.

Más particularmente, la presente divulgación propone establecer un área común de cobertura de respectivamente diferentes redes con áreas de cobertura individuales solapantes, y la planificación y determinación de áreas o zonas de transición entre las redes.

Habitualmente, los dispositivos móviles realizan una transición entre redes, que pueden operarse por operadores inalámbricos competidores y pueden usar diferentes frecuencias o portadoras, cuando a) el dispositivo se mueve desde un país a un país diferente (conocido como itinerancia internacional) o b) cuando se mueve desde un operador de red A a un operador de red B (por ejemplo, desde la portadora A a la portadora B) dentro del mismo país o región mientras es aún un abonado del operador A. Esta transición requiere generalmente que el operador internacional o extranjero, u operadores A y B, respectivamente, tengan acuerdos vigentes que permiten y facilitan tal transición/itinerancia. Otra posibilidad de transición entre redes puede proporcionarse por MVNO, Operadores de Redes Virtuales Móviles, que son operadores que no tienen sus propias redes o equipo inalámbrico. Pero, tales MVNO están comprando servicios de red de uno o más operadores regulares y, a continuación, revenden estos servicios. Con esto, el abonado puede no ser consciente de la transición o itinerancia entre diferentes redes que está sucediendo en la actualidad. Los operadores pueden distinguirse por portadoras (frecuencias o intervalos de frecuencia) u otros

recursos.

La selección de la respectiva red está sucediendo de una manera similar como la selección de célula dentro de una única red. Por ejemplo, cuando la intensidad de señal y/o calidad de la señal de la red B es suficientemente mejor que en la red A, en una ubicación dada para un periodo continuo de tiempo, el dispositivo se traspaşa sin interrupciones a la respectiva otra red - siempre y cuando los operadores tengan acuerdos que lo permitan.

A diferencia de los requisitos para operar un único servicio de red inalámbrica, en aviación así como en escenarios de conducción autónoma de misión crítica, uno de los principios clave para la seguridad es la redundancia. Por ejemplo, para operación de vuelo de BVLOS segura de UAV, un requisito puede ser tener una conectividad lo suficientemente buena a más de una única red inalámbrica. Para calcular las áreas 3D que proporcionan tal redundancia de conectividad a más de una red inalámbrica, se convierte en una necesidad planificar y controlar una operación de UAV usando diferentes redes que consideran y usan diferentes redes conjuntamente.

Las técnicas proporcionadas para este fin pueden facilitar la planificación y provisión de redundancia de itinerancia para itinerancia entre estas redes.

Se proporciona un aparato 100, que se muestra en la Figura 1, para calcular datos de red plurales para conectar un dispositivo de comunicación móvil a una red de comunicación de entre una pluralidad de redes de comunicación que sirven a un área.

El aparato 100 puede ser un nodo de procesamiento tal como un servidor, una matriz de servidores, o una base de datos, por ejemplo un servidor de un servicio de informática en la nube.

La pluralidad de redes de comunicación pueden ser respectivamente redes de comunicación inalámbricas o redes de comunicación de radio como redes celulares tales como UMTS, LTE o Nueva Radio, 4G, 5G, WiMAX o cualquier otra red. Los nodos de red de una o más de las redes pueden incluir, por ejemplo, estaciones base de los sistemas o redes de comunicación inalámbrica, tales como un eNodeB o estación base de LTE similar, que tienen una o más antenas de transmisión y recepción. Sin embargo, la divulgación no se limita a los sistemas anteriormente mencionados, y la pluralidad de sistemas de comunicación pueden comprender otros sistemas. Por ejemplo, también pueden incluirse otros sistemas terrestres o diferentes sistemas tales como sistemas de radio por satélite. Por consiguiente, además o como una alternativa a las estaciones base, los nodos de red pueden incluir satélites.

El área puede incluir parcial o completamente las áreas de servicio de la pluralidad de redes de comunicación. En las mismas, entre la pluralidad de áreas de servicio de las respectivas redes puede haber áreas que se solapan parcial o completamente o están adyacentes entre sí. Por ejemplo, el área puede incluir una frontera de estado, y áreas de estado en los respectivos lados de la frontera pueden servirse respectivamente por una o más redes de comunicación.

El dispositivo de comunicación móvil puede ser un equipo de usuario (User Equipment, UE) o terminal de usuario que se puede conectar a nodos de red de la pluralidad de redes de comunicación a través de un canal inalámbrico. Por ejemplo, el dispositivo de comunicación móvil puede incluir adicionalmente un vehículo, tal como un coche o un UAV (vehículo aéreo no tripulado) equipado con uno o más SIM (módulo o módulos de identidad de abonado).

En particular, el UAV puede ser un UAV controlado por radio que recibe comandos de control desde un nodo de control de aviación remoto, tal como un sistema de UTM o un proveedor de servicios de UAV, a través de red de radio inalámbrica. Estos comandos de control pueden incluir comandos de dirección tales como un cambio en dirección o altura u otros comandos para controlar la operación de vuelo, por ejemplo, uso de potencia o peticiones de información, tal como mediciones de conectividad.

Sin embargo, un UAV también puede tener un menor grado de control que corresponde a un grado mayor de operación autónoma. En un caso de este tipo, el UAV puede usar la conexión de radio para información para asistir al control autónomo, tal como información de navegación, avisos, destinos requeridos o información sobre tráfico tal como otros UAV o vehículos aéreos, o sobre el clima, así como transmitir datos de misión crítica a un centro de control, tal como cámara en vivo o datos de sensor desde por ejemplo, pero sin limitación a, seguridad pública, misiones de búsqueda y rescate.

El aparato 100 comprende al menos una interfaz de entrada 120, por ejemplo, una interfaz de datos o una interfaz de comunicación, configurada para adquirir datos de cobertura específicos de red actuales respectivamente de la pluralidad de redes de comunicación. En las mismas, la adquisición puede incluir recepción o recuperación de los datos, por ejemplo, desde los nodos de cálculo.

El aparato 100 comprende una interfaz 120 o una pluralidad de respectivas interfaces por las que el aparato 100 se conecta a uno o más nodos de cálculo, tal como servidores de datos o servidores de difusión en continuo, a partir de los cuales se adquieren los datos de red actuales o datos de cobertura específicos de red de la pluralidad de redes de comunicación. La interfaz puede ser una interfaz interna a una memoria comprendida por el aparato 100, o una interfaz externa a un nodo externo. Por ejemplo, los nodos de cálculo pueden operarse y/o alojarse por respectivos operadores

de la pluralidad de redes de comunicación inalámbricas.

Además, el término "interfaz" se refiere a una estructura de procesamiento de entrada y/o salida que puede incluir una o más capas de protocolo que definen en qué formato se reciben o transmiten los datos y cómo se interpretarán los datos. Tal interfaz puede ser por cable o inalámbrica.

Los datos de cobertura específicos de red indican conectividad de red actual en una ubicación, una subsección o subárea del área o toda el área. Como se describirá además, la indicación de conectividad de red puede incluir uno o más parámetros tales como potencia de señal, entre otros. Por ejemplo, se adquiere una función o modelo que emite estos parámetros para una ubicación o subárea dada del área. Como alternativa, el aparato puede solicitar valores de parámetro para una o más ubicaciones o subáreas desde los nodos de cálculo (a través de la una o más interfaces 120, que en tal caso incluyen interfaces de salida o interfaces de entrada y salida).

El aparato 100 comprende además una circuitería 130 configurada para combinar los datos de red actuales adquiridos desde la pluralidad de redes y para determinar, basándose en la agregación, datos de red plurales que indican conectividad de red en una ubicación en el área.

La ubicación puede ser cualquier ubicación dada en un área predeterminada de suministro de una pluralidad de redes de comunicación inalámbricas, tal como una ubicación actual del dispositivo de comunicación móvil. Los datos de cobertura de red plural pueden proporcionarse para una posición particular en el área, a lo largo de una línea tal como una trayectoria de movimiento que atraviesa el área, por ejemplo, una pluralidad de ubicaciones o subáreas a lo largo de una trayectoria de vuelo de un UAV controlado por radio o guiado por radio, para el área, o subsegmentos del área.

Los datos de cobertura de red plural pueden incluir datos de cobertura actuales que indican un estado actual de conectividad de red en la ubicación, basándose en un estado actual o configuración de más de una red de comunicación. Como los datos de cobertura específicos de red, los datos de cobertura de red plural pueden incluir valores de parámetro o una función para emitir estos valores de parámetro de indicadores de conectividad. Sin embargo, los datos de cobertura de red plural incorporan una agregación u otra combinación de los respectivos datos de cobertura específicos de red, por ejemplo, una lista o vector de los valores de parámetro específicos de red o una función de agregación o combinación lógica de los respectivos valores específicos de red. Por ejemplo, una función de agregación puede incluir un mínimo o máximo de un parámetro, y una combinación lógica incluye "O" o "Y" lógicas, o composiciones de estas funciones. Por ejemplo, una operación lógica puede incluir una combinación de criterios tales como ("parámetro A excede un umbral Y/O parámetro B excede un umbral").

Por ejemplo, puede adquirirse un parámetro N1, que indica conectividad, para una respectiva red para diferentes bandas de frecuencia, o bien como una lista de valores o bien como una agregación o combinación lógica. Por ejemplo, en una única red, pueden usarse frecuencias A, B, C, D..., mientras que una cobertura específica de red combinada puede incluir un indicador de parámetro N1 como una combinación de A, B, C, D, es decir, N1(A,B,C,D). La red plural combinada para múltiples redes puede ser una combinación de N1(A,B,C,D) de una primera red con N2(...) de una segunda red, N3(...) de una red adicional, etc.

El término "circuitería" se refiere a circuitería de procesamiento tal como uno o más procesadores o CPU (unidad o unidades centrales de procesamiento), e incluye componentes de hardware tales como ASIC (circuito integrado específico de la aplicación), FPGA (matriz de puertas programable en campo), implementaciones de software que se ejecutan en cualquier hardware, o cualquier combinación de hardware y software.

En correspondencia con el aparato anteriormente divulgado, se proporciona un método para calcular datos de cobertura de red plural para conectar un dispositivo de comunicación móvil a una red de comunicación de entre una pluralidad de redes de comunicación que sirven a un área. Como se muestra en la Figura 2, el método comprende una etapa S210 de adquirir datos específicos de red actuales respectivamente de la pluralidad de redes de comunicación. El método comprende adicionalmente las etapas de combinar S220 los datos de cobertura específicos de red actuales adquiridos de la pluralidad de redes, y determinar S230, basándose en la agregación, datos de cobertura de red plural que indican conectividad de red en una ubicación en el área.

Con el método y el aparato anteriormente divulgados, la presente divulgación habilita la planificación y modelado de un estado actual de un área de conectividad general que es un área de cobertura de una pluralidad de redes de comunicación. Por consiguiente, la divulgación puede facilitar satisfacer las demandas de casos de uso que requieren un alto grado de conectividad, redundancia en conectividad, y conocimiento de estado de conectividad actual. Ejemplos de casos de uso incluyen sistemas de tráfico y transporte tal como aviación tripulada o no tripulada, incluyendo UAV (vehículos aéreos no tripulados) y UTM (gestión de tráfico de UAV), pero no se limitan a los mismos. Otros casos de uso ilustrativos incluyen vehículos conectados tales como coches y camiones, sistemas de asistencia al conductor avanzados, conducción autónoma, automatización de fábricas, internet de las cosas y, más en general, comunicación móvil.

En esta divulgación, detalles, ejemplos y realizaciones harán referencia a los aparatos así como métodos, a no ser que el contexto o indicación explícita indique lo contrario.

Como un ejemplo, la Figura 3 muestra un centro de datos central 300 como una implementación de aparato 100 que se conecta a través de respectivas interfaces a nodos de procesamiento 320 A-C, por ejemplo, nubes privadas operadas por los operadores de red (operadores de redes móviles o MNO) de las redes 330A-C. El centro de datos central 300 obtiene datos de cobertura específicos de red, por ejemplo datos de red única, que indican respectivamente la conectividad de las redes plurales 330A a 330N a partir de la pluralidad de instancias 320A-C que procesan los datos de cobertura específicos de red. Aunque esta Figura 3 muestra tres MNO, la presente divulgación no se limita a este número ilustrativo.

Los datos de red actuales o datos de conectividad actuales pueden incluir cualquier dato o información a partir de la cual puede derivarse un estado de conexión de la red o uno o más nodos de red de la red. Por ejemplo, los datos de conectividad pueden incluir o generarse basándose en una indicación con respecto a un estado actual de un nodo de red, tal como un estado ACTIVADO, un estado DESACTIVADO, una configuración de red, datos de red en fallo, carga de trabajo, o mediciones realizadas por el nodo de red o por terminales móviles (incluyendo posiblemente UAV), potencia de transmisión actual en el receptor, una dirección de transmisión actual, directividad (ganancia menos pérdida de enmascaramiento), ajustes de MIMO (múltiple entrada múltiple salida), etc., que pueden proporcionarse por el operador de la red. Por ejemplo, la una o más interfaces de entrada 120 pueden conectar el aparato 100 a un nodo de procesamiento (por ejemplo, servidor) a partir del cual los datos (datos de difusión en continuo, datos "en vivo") obtenidos de una pluralidad de redes de comunicación se difunden en continuo y actualizan de forma continua (por ejemplo, con frecuencia a intervalos regulares, o siempre que el nodo de procesamiento recibe nuevos datos de conectividad). Como alternativa, una pluralidad de interfaces pueden conectarse respectivamente a una pluralidad de nodos de procesamiento que reciben respectivamente los datos de red de las redes de comunicación plurales desde una pluralidad de nodos de procesamiento.

Los datos de cobertura de red plural comprenden parámetro o parámetros, métrica o métricas o indicador o indicadores que son pertinentes para indicar o predecir, para un dispositivo de comunicación móvil que incluye un UAV conectado equipado con uno o más SIM (módulo o módulos de identidad de abonado) o LTE (Evolución a Largo Plazo) o módulo 5G, la capacidad de conectarse con una red de comunicación inalámbrica en una ubicación 3D dada en un punto dado en tiempo.

Adicionalmente, los datos de red actuales recibidos pueden ser datos de cobertura de red única. Por ejemplo, los datos de red única indica cobertura de red actual o conectividad por red. Los datos de red única pueden determinarse respectivamente por operadores de la pluralidad de redes de comunicación, que por lo tanto realizan el cálculo de los datos de red actuales de una manera distribuida. Sin embargo, la divulgación no se limita únicamente a cada nodo de red que proporciona datos de cobertura de una única red. Por ejemplo, un operador de red puede operar dos o más redes de comunicación de la misma o diferente tecnología (por ejemplo, LTE, 5G), y los datos de cobertura para estas redes pueden procesarse por y adquirirse a partir del mismo nodo de procesamiento o de cálculo. Además, los datos específicos de red de una única red pueden adquirirse de una pluralidad de nodos de cálculo, por ejemplo, servidores que cubren diferentes regiones del área de servicio.

En algunas realizaciones, la circuitería 130 está configurada para comparar, basándose en los datos de red recibidos, la respectiva conectividad de una pluralidad de redes de comunicación en la ubicación y para seleccionar de entre la pluralidad de redes de comunicación, basándose en la comparación de la conectividad, una red para conectar el dispositivo de comunicación móvil en la ubicación para la que tiene que determinarse la cobertura de red plural. La comparación puede incluir las funciones u operaciones de agregación o lógicas anteriormente mencionadas, o sus composiciones.

Dependiendo de la información que se recibe desde la pluralidad de redes como datos de cobertura específicos de red actuales, pueden realizarse diferentes comparaciones. Por ejemplo, los datos de conectividad pueden estar disponibles respectivamente por nodos de red, en donde los nodos de red considerados pertenecen a una pluralidad de redes de comunicación. Como alternativa, un operador de las redes puede agregar los datos de los nodos de la red de antemano, y el aparato 100 recibe, a continuación, los datos de red única como una función de posición y posiblemente otros parámetros tales como velocidad de movimiento o dirección de un dispositivo de comunicación. También, antes de comparar las diferentes redes, la circuitería 130 del aparato puede realizar una agregación para los nodos de red de una única red.

Por ejemplo, la cobertura de datos de red plural indica conectividad de red a lo largo de dos dimensiones (2D) o tres dimensiones (3D) en el área. Los casos de uso para la indicación de conectividad en 2D incluyen los escenarios de conducción automáticos y conectados anteriormente mencionados, mientras que la indicación de cobertura de red plural en 3D puede aplicarse a UTM y guiado y control de los UAV.

Por ejemplo, además de datos de red actuales, los datos de cobertura específicos de red pueden incluir o basarse en respectivos "datos de evento" pueden de la pluralidad de redes de comunicación, que indican eventos futuros conocidos que se conoce que se producen en los respectivos nodos de red de la pluralidad de redes de comunicación, en instancias de tiempo posteriores que la recepción de los datos de evento. Por consiguiente, los datos de conectividad no se restringen a datos que describen un estado actual. Además, los "datos de evento", por ejemplo,

una indicación de eventos futuros conocidos, pueden recibirse por la segunda interfaz, en donde se conoce que los eventos futuros se producen en un punto en tiempo posterior a la notificación de los eventos y la recepción en la segunda interfaz. Tales eventos futuros conocidos incluyen estados DESCONECTADOS futuros de nodos de red debido a trabajos de mantenimiento o reparación planificados, una instalación de una nueva antena o una reubicación o eliminación de un nodo de red o antena existente. Adicionalmente, en el caso de redes por satélite, tales eventos futuros conocidos pueden incluir el lanzamiento o inicio de un nuevo satélite de red o una corrección conocida de una órbita de un satélite.

En algunas realizaciones, además de los datos de red actuales, los datos de red almacenados pueden adquirirse de al menos un almacenamiento de datos, incluyendo o basándose posiblemente en datos de ubicación de respectivos nodos de red de la pluralidad de redes de comunicación inalámbricas en el área o datos de cobertura recibidos o calculados anteriormente. El cálculo de datos de cobertura de red plural puede incluir, a continuación, correlacionar los datos de cobertura de red plural almacenados y datos de red de datos adquiridos en la actualidad.

Por ejemplo, puede aplicarse un aprendizaje automático tal como aprendizaje supervisado y/o aprendizaje sin supervisión mediante la circuitería 130 del aparato 100 que calcula los datos de cobertura de red plural, y/o por los respectivos nodos de cálculo desde los cuales se adquieren los datos de cobertura de red única.

El almacenamiento de datos, o almacenamientos plurales, pueden ser, por ejemplo, un nodo de cálculo o de datos tal como un servidor, una base de datos o un servidor de base de datos. Además, el almacenamiento de datos puede ser un almacenamiento o memoria interna incluida en el aparato, o un nodo de cálculo externo. Por ejemplo, los datos desde las redes plurales se almacenan en un único almacenamiento de datos, o puede haber almacenamientos de datos que almacenan respectivamente los datos de red de las redes plurales.

Por ejemplo, los datos de ubicación, o datos posicionales, indican las posiciones de los nodos de red. En particular, puede proporcionarse una indicación de las coordenadas de las antenas o paneles de antena incluidos en los nodos de red, incluyendo posiblemente una posición horizontal y una altura de los paneles de antena con respecto al suelo o algún otro punto de referencia, por ejemplo, nivel del mar, un punto de origen, etc. En el caso de sistemas terrestres, tales como LTE, las posiciones de los nodos de red se fijan normalmente para una duración de operación dada, en donde pueden variar los activos que están en la actualidad en un estado activado. Sin embargo, para satélites de un sistema de satélite u otros nodos de red móviles, las posiciones de nodos de red pueden variar con el paso del tiempo.

Los datos de cobertura específicos de red actuales y datos específicos de red o de red plural pueden recibirse a través de las mismas o respectivamente diferentes interfaces. Por ejemplo, una o más primeras interfaces están configuradas para obtener los datos de red actuales de la pluralidad de redes, y una o más segundas interfaces están configuradas para recibir los datos de red almacenados.

Como se ha mencionado, la presente divulgación puede aplicarse al guiado o control de los UAV como dispositivos de comunicación móvil. Por consiguiente, en algunas realizaciones, el área es un área de vuelo tridimensional (3D) dentro de un espacio aéreo tridimensional, y el dispositivo de comunicación móvil es un vehículo aéreo no tripulado (UAV) guiado en el área de vuelo 3D.

En estos casos, los datos de cobertura de red plural pueden proporcionarse como una función de una ubicación a lo largo de tres dimensiones. Por ejemplo, en el cálculo de datos de cobertura de red plural en 3D, se determina un mapeado entre una ubicación 3D dentro del área de vuelo y uno o más parámetros que indican una conectividad o capacidad de conexión prevista en el punto para un punto actual en tiempo o un intervalo de tiempo que es lo suficientemente pequeño para representar el estado de cobertura actual de la red. Determinando y facilitando el parámetro o métrica relacionada con conectividad para el área de vuelo, se obtiene una cobertura 3D actual o estado de cobertura 3D de la red/sistema de comunicación. Por ejemplo, la ubicación 3D se expresa mediante coordenadas geográficas tales como coordenadas de WGS 84 (sistema geodésico mundial) o ECEF (centrado en la tierra, fijado a la tierra)/ECR (rotacional centrado en la tierra).

El área de vuelo no se limita a ningún tamaño de área particular y puede oscilar, por ejemplo, desde un área urbana a un área igual o mayor que el área de estado de, por ejemplo, Alemania (que es de 357.386 km²). Para el tráfico aéreo de los UAV, la altitud puede oscilar habitualmente desde el nivel de tierra a una altitud o altura de vuelo máxima que puede limitarse por ley o regulaciones. Alturas de vuelo máximas obligatorias ilustradas para los UAV son 152,4 metros (500 pies) por encima del suelo en los Estados Unidos y aproximadamente 150 metros por encima del suelo en Europa (véanse las referencias https://www.faa.gov/news/fact_sheets/news_story.cfm?newsId=20516]. <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/uas-atm-cars-v1.0-release-20181127.pdf>).

Sin embargo, las regulaciones anteriormente mencionadas son solamente ilustrativas en lugar de limitantes con respecto al área de vuelo o altura para la aplicabilidad, ya que los UAV pueden volar, en principio, significativamente más alto.

Por ejemplo, la al menos una interfaz de entrada (o una de las interfaces si existe una pluralidad) puede configurarse para adquirir un resultado de una medición de conectividad realizada por el UAV o un dispositivo de comunicación

diferente del UAV, por ejemplo, un vehículo conectado.

Por ejemplo, un UAV puede proporcionar, a través de un canal de control de enlace ascendente de una red de comunicación inalámbrica, mediciones de canal a la red, que se notifican, a continuación, a través de la interfaz o interfaces de entrada 120, al aparato 100. Resultados de medición actuales, si se proporcionan de forma frecuente o regular, pueden facilitar validar, comprobar o actualizar los datos de cobertura 3D actuales así como los datos de red actuales y almacenados en una posición desde la que el UAV ha notificado la medición. Por ejemplo, un modelo en el que se calculan los datos de cobertura específicos de red y/o de red plural puede calibrarse o "ajustarse basándose en mediciones", incluyendo posiblemente aprendizaje automático.

Los datos de red actuales también pueden incluir mediciones a partir del sistema en ejecución que se llevan a cabo en la red directamente, por ejemplo, por medio de sondas de red que supervisan las respectivas interfaces. Tales datos de red se supervisan de forma continua para cada IMSI (Identidad de Abonado de Servicio Móvil Internacional), que identifica inequívocamente los respectivos usuarios de una red inalámbrica. Para este fin, pueden implementarse tecnologías de traza de llamada por los operadores de las redes inalámbricas. En los mismos, información acerca de rendimiento de la red generada por los terminales móviles o dispositivos de comunicación, tales como informes de fallo de conexión, se recopila por el operador en un servidor o alguna otra entidad. Por lo tanto, tales datos pueden derivarse para cada UAV u otro terminal de comunicación en la red que incorpora una tarjeta de SIM (módulo de identidad de abonado) para comunicación así como identificación. Además, los datos acerca del rendimiento pueden combinarse con datos posicionales del dispositivo de comunicación móvil de notificación. Por consiguiente, además o alternativa a mediciones por los UAV o vehículos conectados, los datos de red actuales pueden incluir mediciones realizadas por uno o más otros terminales de comunicación o UE (equipo de usuario) diferentes de los UAV, tales como teléfonos móviles u ordenadores de tableta.

Los resultados de medición del o los UAV y/o desde el sistema en ejecución pueden adquirirse por el aparato 100 o por los nodos de cálculo desde los que se adquieren los datos de cobertura específicos de red. Por ejemplo, el resultado de mediciones de mediciones realizadas por los UAV puede adquirirse de los operadores de red, autoridades de aviación o sistemas de UTM.

La medición puede incluir una medición de calidad de canal, potencia o intensidad de señal, interferencia, relación señal a ruido (Signal to Noise Ratio, SNR), relación señal a interferencia más ruido (Signal to Interference and Noise Ratio, SINR) o alguna otra cantidad relacionada con potencia de señal y, más en general, conectividad. Por ejemplo, la medición puede basarse en señal de referencia o señal de datos.

El resultado de la medición de conectividad puede llamarse un resultado actual que representa un estado actual de conectividad en la ubicación. Por consiguiente, la latencia entre la medición y la adquisición del resultado se mantendrá baja.

Además del resultado de la medición, puede recibirse una indicación de la ubicación dentro del área de vuelo en la que se ha realizado la medición. Por ejemplo, la ubicación puede medirse por medio de navegación por satélite tal como GPS (Sistema de Posicionamiento Global) o derivando la ubicación del dispositivo de medición relativa a una pluralidad de nodos de red de radio a partir de la intensidad o intensidades de señal de las señales recibidas desde los respectivos nodos. Sin embargo, en algunos casos, la ubicación puede conocerse o determinarse por el aparato 100, por ejemplo, mediante la circuitería 130, sin recibir una indicación, por ejemplo, si el dispositivo de medición está estacionario o si una trayectoria de vuelo de un UAV se conoce por adelantado.

En algunas realizaciones, los datos de cobertura de red plurales se transmiten o notifican automáticamente a un nodo de control de aviación, por ejemplo, para el guiado de uno o más UAV, en donde el guiado puede incluir conceder autorización de control de tráfico aéreo para el área de vuelo tridimensional o para realizar control del UAV. Por ejemplo, el aparato 100 incluye, además de la interfaz o interfaces de entrada anteriores, una interfaz de salida (o una pluralidad de interfaces de salida) configurada para notificar automáticamente los datos de cobertura de red plural a uno o más nodos de control de aviación.

En esta divulgación, la expresión "guiado de un UAV" o "guiado de los UAV" generalmente se refiere a comandos y/u operaciones de control en la gestión y control de tráfico de UAV. Por ejemplo, el guiado del o los UAV incluye al menos uno del permiso o prohibición de vuelos de UAV en el área de vuelo o una subsección del área de vuelo, concesión de autorizaciones de control de tráfico aéreo, o la emisión de avisos con respecto a la operabilidad de UAV en el área de vuelo o subsecciones del área de vuelo. Tales operaciones pueden realizarse por las autoridades de aviación. Además o como alternativa, el guiado del o los UAV puede incluir adicionalmente al menos uno de la planificación y determinación de trayectorias de vuelo o un corredor en el área de vuelo para un vuelo de UAV por adelantado de un vuelo de un UAV así como control y navegación durante el vuelo u operación de vuelo de UAV. En el mismo, el control y la navegación pueden incluir seguir una trayectoria de vuelo anteriormente determinada así como desviarse de la trayectoria de vuelo anteriormente determinada en vista de un cambio actual o reciente en conectividad de red u otras condiciones, por ejemplo, clima, en el área de vuelo. "Guiado de los UAV" puede incluir proporcionar adicionalmente datos para el guiado.

Por ejemplo, si se están operando una pluralidad de UAV, la medición de conectividad puede realizarse por uno de los UAV plurales. Los UAV que se guían pueden incluir el UAV que ha hecho la medición y puede incluir adicionalmente diferentes UAV. Por consiguiente, basándose en una anomalía detectada basándose en una medición por un UAV, puede hacerse una operación o decisión de guiado para el mismo UAV y/o uno o más diferentes UAV.

Los nodos de control de aviación comprenden nodos operados por una o más de autoridades de aviación, sistemas de ATM (gestión de tráfico de vuelo), proveedores de servicios de UAV, sistemas de UTM o centros de control de UAV. Los datos de cobertura 3D actuales pueden notificarse a uno o más nodos de control de aviación que incluyen los ejemplos anteriormente mencionados. El uno o más nodos de control de aviación pueden incluir servidor, cliente, o base de datos, o nube. El aparato de cálculo 100 y el nodo de control de aviación que realiza autorización de control de tráfico aéreo o control de UAV pueden integrarse, por ejemplo, alojarse por un único servidor u operarse comúnmente por una autoridad de aviación. Como alternativa, por ejemplo, el aparato de cálculo puede operarse por un proveedor de servicios de datos de aviación en un nodo de procesamiento o servidor remoto del nodo de control de aviación de una autoridad de aviación o proveedor de sistema de UTM.

Debería observarse que en algunos casos, una red de comunicación y una autoridad de aviación o sistema de UTM pueden operarse por un operador común. Por consiguiente, los datos de cobertura de red plural pueden transmitirse al mismo nodo de procesamiento desde el cual los datos de cobertura específicos de red a través de respectivas interfaces de entrada y salida o una interfaz de entrada y salida integrada.

Además, el aparato 100 puede operarse por y/o desplegarse en uno o más de un servicio, operador o institución tales como operador de red de comunicación, un servicio de aviación tal como autoridad de aviación, sistema de UTM o un servicio de procesamiento de datos que proporcionan datos de cobertura para un servicio de aviación, dependiendo de dónde, por ejemplo, en cuál de estos servicios, están disponibles los datos de red almacenados y actuales.

Adicionalmente, el procesamiento para determinar los datos de cobertura de red plural actuales puede dividirse o distribuirse entre uno o nodos de procesamiento operados por un operador de red, una autoridad de aviación o servicio de UTM, proveedor de servicios de UAV y un servicio de procesamiento de datos intermedio tal como un centro de datos central entre el operador de red y el operador de aviación/UAV. En un caso de este tipo, el aparato 100 puede constituir un sistema de procesamiento que comprende una pluralidad de nodos de procesamiento.

En particular, basándose en los datos de cobertura específicos de red o de red plural 3D, una autoridad de aviación, como un ejemplo, puede habilitarse para evaluar en qué partes del área de vuelo la calidad de señal es suficiente para conceder el tráfico aéreo de los UAV en particular BVLOS. Por consiguiente, se habilita a la autoridad de aviación para conceder una autorización de control de tráfico aéreo para el espacio de vuelo o partes del espacio de vuelo para las que se ha determinado una potencia de señal suficiente.

Además, si los datos de cobertura 3D se notifican a un centro de control de UAV (por ejemplo, operado por un proveedor de servicios de UAV), se habilita al centro de control de UAV para determinar y optimizar una trayectoria de vuelo o trayectorias de vuelo de UAV controlados por el centro de control de UAV y/u operados por el proveedor de servicios de UAV.

Por consiguiente, la presente divulgación proporciona una transferencia de datos automática a centros de control de aviación, sistemas/dispositivos de control, sistemas de UTM e instalaciones similares. Esto facilita un intercambio de información acerca de áreas seguras (por ejemplo, subáreas del área de vuelo) en las que la calidad de señal y/o cobertura es suficiente para realizar operaciones de vuelo de los UAV. Por consiguiente, tal información se vuelve disponible para la planificación y optimización de vuelo y puede contribuir a la seguridad en la aviación, particularmente para los UAV. Por ejemplo, UTM puede determinar una trayectoria de vuelo óptima basándose en la información 3D. Por ejemplo, la trayectoria óptima como una trayectoria que tiene cobertura continua de al menos una cierta calidad o intensidad de señal o similar. Criterios complementarios adicionales para la determinación de una trayectoria óptima de vuelo pueden ser un cambio de probabilidad o probabilidad de traspaso del nodo de red conectado, que se describirá a continuación, un número de traspasos, costes de itinerancia, etc.

En la Figura 4 se muestra un ejemplo de notificación de los datos de red plurales a un nodo de control de aviación. En la Figura, se muestra el sistema de la Figura 4, con una interfaz adicional que incorpora la "tercera" interfaz que conecta el centro de datos central 300 a un nodo de control de aviación 480. En este punto, los nodos de control de aviación tales como un ANSP (proveedor de servicio de navegación aérea), sistema de gestión de tráfico aéreo (ATM) o de UTM y proveedores de servicios de UAV se muestran como receptores ilustrativos de los datos de cobertura de red plural.

El ANSP puede utilizar los datos de cobertura de red plural para procesos de aprobación tales como autorizaciones de control de tráfico aéreo, y el proveedor de servicios de tráfico aéreo puede utilizar los datos de cobertura de red plural para control de vuelo y planificación de vuelo de vuelos de los UAV.

En algunas realizaciones, la pluralidad de redes de comunicación incluyen una pluralidad de redes de radio terrestres operadas por una pluralidad de operadores de red. De acuerdo con la presente invención, la pluralidad de redes

incluyen redes de la misma norma (tal como LTE, 5G).

Además o como una alternativa, en algunas realizaciones, la pluralidad de redes pueden incluir al menos una de una de una red de radio terrestre y una red de radio por satélite. Por consiguiente, ejemplos de la pluralidad de sistemas de comunicación incluyen uno o más redes de radio terrestres que implementan sistemas tales como 4G, LTE, LTE Avanzada, sistemas de LTE de "alcance ultra largo" que también proporcionan aviones que viajan a 10.000 m de altitud con conexiones de internet de banda ancha, 5G (por ejemplo, Nueva Radio, NR, de 3GPP) posiblemente operados por operadores diferentes, o desarrollos adicionales de tales sistemas adaptados particularmente a los requisitos de aviación, redes de radio por satélite, en particular sistemas de LEO (órbita terrestre baja) que proporcionan una latencia suficientemente baja, sistemas híbridos que incluyen tanto basados en tierra así como satélites y otros nodos de red que viajan por el aire o espacio. Además de o en lugar de satélites, un sistema de comunicación puede tener vehículos aéreos tales como aviones o aerostatos de gas, o UAV como nodos de red.

Por consiguiente, la presente divulgación puede facilitar redundancia de red creciente y la densidad de nodos de red disponibles así como facilitar provisión de conexión de red de conexión estable. Adquiriendo datos almacenados y/o actuales de una pluralidad de redes o sistemas de comunicación, puede habilitarse un UAV o coche autónomo para seleccionar un nodo de red para conectar desde un número mayor de nodos de red. Tal redundancia puede facilitar extender cobertura 2D o 3D, mantener conectividad durante un vuelo de UAV u operación de conducción autónoma, y aumentar la seguridad en una operación de UAV. Además, la inclusión de diferentes sistemas de entre sistemas terrestres, por satélite e híbridos puede facilitar mejorar la cobertura en diferentes ubicaciones del 3D, por ejemplo, a diferentes alturas de vuelo de los UAV o en regiones tales como montañas o masas de agua en las que el número de nodos de red basados en la tierra es bajo.

Por ejemplo, los datos de cobertura de red plurales actuales incluyen al menos una de una predicción de una potencia de señal actual, intensidad de señal o un parámetro relacionado tal como SNR (relación señal a ruido) o SINR (relación de señal a interferencia más ruido), interferencia, una indicación de un número actual de terminales de comunicación por unidad de área, y una indicación de una probabilidad de traspaso de traspaso por el dispositivo de comunicación móvil desde un nodo de red a otro nodo de red. Por ejemplo, los datos de cobertura de red plural incluyen una predicción o estimación de un valor actual de uno o más de estos parámetros.

Por ejemplo, en una posición dada en el área de cobertura, la potencia de señal de la red de entre la pluralidad de redes o nodo de red que tienen la señal más intensa se emite a partir de la determinación de los datos de cobertura de red plural.

Sin embargo, los datos de cobertura de red plural no se limitan a una potencia de señal o parámetro relacionado. Como se ha mencionado anteriormente, los datos de cobertura de red plural actuales también pueden incluir una probabilidad de traspaso o de traspaso por el dispositivo de comunicación móvil desde un nodo de red a otro nodo de red, o probabilidad de cambio de un cambio del nodo de red, con el que un UAV está conectado en la actualidad. La probabilidad de cambio es una probabilidad con la que el UAV conmutará conexiones desde un nodo de red a otro nodo de red.

La provisión de una probabilidad de cambio, que también puede denominarse probabilidad de traspaso o probabilidad de conmutación, desde un nodo de red a otro, puede facilitar la elección de una conexión estable y duradera particularmente cuando el dispositivo conectado tal como un UAV se está moviendo en espacio aéreo a una cierta altura (por ejemplo, 150 m) por encima del suelo. Esto es porque a tal altura, una pluralidad de nodos de red que tienen posiblemente potencias de señal similares pueden identificarse por el UAV, dependiendo, por ejemplo, de la topografía, diseño de red y posición de nodos de red así como del UAV. Además, un UAV puede no cambiar o conmutar necesariamente nodos de red inmediatamente siempre que se detecta otro nodo de red para tener una potencia de señal más fuerte que el nodo de red al que está conectado el UAV en la actualidad. Por ejemplo, para evitar una conmutación con demasiada frecuencia, un cambio de nodos de red puede realizarse únicamente cuando la señal del otro nodo de red no conectado se determina que es significativamente más fuerte para un intervalo de tiempo dado.

Por ejemplo, la probabilidad de traspaso puede depender de al menos una de una ubicación, una velocidad de movimiento, una dirección de movimiento y una ruta, trayectoria de vuelo o trayectoria prevista o planificada del UAV o coche.

Por ejemplo, para un receptor móvil (por ejemplo, UAV o un vehículo de conducción de forma autónoma) para cambiar de un nodo de red A (mejor nodo de red de servicio) a otro nodo de red B, la señal recibida en el UAV desde el nodo de red B tiene que exceder el nodo de red A de nivel de señal por umbral definido, una delta mayor que cero. También, esta señal tiene que ser mejor de forma continua durante un intervalo de tiempo definido. Únicamente si la señal recibida desde el Nodo B es mejor por una delta de señal definida - un umbral de traspaso - durante la duración de un tiempo dado, se cambiará el nodo de servicio.

Basándose en las reglas anteriormente mencionadas u otras para un traspaso o cambio entre nodos de red, puede predecirse una probabilidad de cambio comparando las intensidades de señal de diferentes nodos de red en el área de vuelo o a lo largo de una trayectoria planificada o de vuelo o una pluralidad de posibles trayectorias de vuelo de un

UAV. Como alternativa, la determinación de una probabilidad de cambio puede basarse en un recuento de traspasos de los UAV que se han realizado en realidad por área en un intervalo de tiempo dado.

5 Como alternativa, en lugar de emitir una probabilidad de traspaso, la determinación de una potencia de señal puede tener en cuenta el umbral de traspaso anteriormente mencionado o un sesgo hacia el nodo de red con el que el dispositivo de comunicación móvil está conectado en la actualidad.

10 En redes inalámbricas, el cambio de nodos de servicio es uno de los riesgos dominantes para pérdida de conectividad. Por lo tanto, para UAV que se mueven rápido, que tienen una visibilidad muy diferente a señales desde diversos nodos de red - en comparación con usuarios terrestres, las áreas 3D con alta probabilidad de cambios de nodo de red son menos adecuadas para una operación de BVLOS de UAV segura. Por lo tanto, la provisión de una probabilidad de cambio de un cambio de conexiones de un UAV entre nodos de red puede facilitar la determinación de regiones seguras para tráfico de UAV dentro del área de vuelo 3D.

15 La provisión de la probabilidad de cambio (o una probabilidad de traspaso entre nodos de red/células) de un nodo de red conectado en la actualidad puede facilitar la optimización de trayectorias de vuelo por proveedores de servicios de UAV en vista de una conexión estable y/o en vista de ahorro de energía y potencia de procesamiento necesario de otra manera para supervisar las intensidades de señal de nodos de red u operaciones de conmutación.

20 Por ejemplo, pueden determinarse diferentes probabilidades de traspaso, incluyendo una probabilidad de traspaso de red única y una probabilidad de traspaso de red plural. Por ejemplo, la probabilidad de traspaso de red única puede usarse como un criterio preliminar para notificar a un nodo de aviación de UAV, y si excede un umbral dado, se usa la probabilidad de traspaso de red plural. Estando conectado con una única red todo el tiempo que sea posible puede ser ventajoso en vista de una conexión estable así como facturación.

25 Por consiguiente, en algunas realizaciones, la probabilidad de traspaso incluye al menos una de una probabilidad de traspaso intra red de traspaso dentro de una red de comunicación de entre la pluralidad de redes de comunicación y una probabilidad de traspaso inter red de traspaso entre redes de comunicación respectivamente diferentes de entre la pluralidad de redes de comunicación.

30 Los datos de cobertura específicos de red actuales de la pluralidad de redes de comunicación pueden adquirirse en un formato de datos común. Sin embargo, la divulgación no se limita al mismo, y el formato de datos así como la información proporcionada de la pluralidad de redes de comunicación puede diferir.

35 El formato de datos puede ser en CSV (valores separados por comas), XML (Lenguaje de Marcas Extensible) o equivalente.

Algunos ejemplos de los datos de red actuales, basándose en los cuales se determinan los datos de cobertura de red única, pueden incluir, pero sin limitación, de nodos de red de las respectivas redes de comunicación:

- 40
- Datos de nodo o datos de ubicación de nodo tal como ID de mercado (para la ubicación del nodo de red); ID de eNodeB (identificación de nodo de red en LTE); Número de sector; Nombre de eNodeB; Estado de actividad de eNodeB; Longitud de nodo de red; Latitud de nodo de red; Altitud de nodo de red; ID de célula (identificación específica de red del respectivo nodo de red); eCGI (identificador global de célula de E-UTRAN - para identificación global única del nodo de red); ID de célula física; Posición de altura de la antena; Antena (tipo, nombre), ganancia de antena; Acimut de antena (en grados en relación con el norte absoluto); Inclinação hacia abajo mecánica de antena (en grados en relación con el plano horizontal); y
 - Parámetros de antena o características de transmisión/recepción, tales como pérdidas de recepción (dB - decibelio); Pérdidas de transmisión de transmisor (dB); Potencia máxima de transmisor (dBm - decibelio en relación con un milivatio); EPRE (Energía por Elemento de Recurso) por puerto de antena (dB); ERP total (potencia radiada efectiva, W - vatio); EIRP total (potencia radiada isotrópicamente equivalente, W).
- 45
- 50

Con respecto a los datos de nodo mencionados anteriormente y datos de ubicación de nodo, parte de la información incluida puede proporcionarse como datos de red actuales aunque los datos de ubicación de nodos de red ya estén incluidos en los datos de red almacenados. Sin embargo, para nodos de red estacionarios, la provisión de datos de nodo o de ubicación de nodo en los datos de red actuales puede facilitar validar y/o actualizar los datos de red almacenados o el estado de conectividad actual de los nodos de red. Adicionalmente, para mover nodos de red tales como satélites, los datos de red almacenados pueden incluir, por ejemplo, una indicación de una trayectoria planificada de movimiento del nodo, o posiciones anteriores del nodo, mientras que los datos de red actuales indican una posición actual.

55

60

Adicionalmente, como se ha mencionado, los datos de cobertura de red plural pueden incluir una indicación de un número de terminales de comunicación por área de unidad, por ejemplo, una densidad local de terminales de comunicación.

65

Por ejemplo, se proporciona un número actual o un número agregado de terminales de comunicación por área de

unidad, que se agrega durante un periodo de tiempo. El número actual de terminales de comunicación por área se notifica al nodo de control de aviación, además de o incluido en los datos de cobertura 3D. Puede determinarse un número de este tipo de terminales de comunicación por unidad de área o densidad local calculando o recopilando posiciones de dispositivos de comunicación o terminales en una red celular. Por consiguiente, determinando una densidad de terminal de comunicación local, puede proporcionarse un "mapa de densidad de tráfico", lo que representa áreas altamente pobladas, por ejemplo, áreas en las que hay muchas personas. Tal información puede variar con el paso del tiempo, ya que las personas viajan diariamente y se mueven durante el periodo de un día, etc.

La información sobre dónde están las personas, sin embargo, puede ser de un interés muy alto para así denominados procesos de SORA (Evaluación de Riesgo de Operaciones Específicas) para planificación de trayectoria de vuelo de aviación no tripulada y procesos de aprobación. Si existe un riesgo alto de provocar cualquier daño a personas, puede decidirse que esta área sea un área menos preferida para que sobrevuele un UAV. Proporcionar tales datos a sistemas de UTM, además de la información de conectividad, puede facilitar, por lo tanto, el aumento de seguridad de la operación de UAV.

Por ejemplo, en los datos de cobertura específicos de red puede incluirse una indicación de un número específico de red de terminales de comunicación por área de unidad, y la circuitería 130 puede combinar la respectiva densidad local específica de red de terminales de comunicación para obtener una densidad de red plural. Sin embargo, la densidad de una pluralidad de terminales de comunicación también puede recibirse de una manera agregada.

Como se ha mencionado, la agregación o combinación de los datos de cobertura específicos de red actuales adquiridos puede incluir, por ejemplo, una comparación de la respectiva conectividad de la pluralidad de redes de comunicación. O bien además o bien como una alternativa a una comparación de este tipo, la agregación de los datos de cobertura específicos de red actuales adquiridos para obtener datos de cobertura de red plural puede incluir al menos una de las siguientes operaciones:

- Una combinación lógica, por ejemplo "O" e "Y", de áreas 3D (partes del área servida por la pluralidad de redes) que representan potencia o intensidades de señal lo suficientemente buenas para capas de red individuales (por ejemplo, bandas de frecuencia) de la misma red o diferentes redes;
- Una combinación lógica, por ejemplo "O" e "Y", de áreas 3D que representan intensidades de señal suficientemente buenas con áreas 3D que representan interferencia lo suficientemente buena u otros criterios de rendimiento, tales como probabilidad de traspaso, etc. dentro de la misma red o diferentes redes;
- Una combinación lógica, por ejemplo "O" e "Y", de áreas 3D que satisface suficientes requisitos de rendimiento individuales o ya combinados tales como intensidad de señal, interferencia, probabilidad de traspaso en la misma red, o diferentes capas de red, y/o diferentes redes;
- Cualquier combinación lógica, por ejemplo "O" e "Y", o combinación basada en umbral de áreas 3D, tales como áreas de traspaso inter red basadas en umbral, o selección de red basada en coste, en diferentes redes y capas de red;
- Cualquier enriquecimiento de la combinación de la información 3D con información de facturación, por ejemplo, para habilitar un encaminamiento optimizado por coste de conectividad en diversas capas de red y redes;
- Cualquier combinación, por ejemplo, "O" e "Y" lógica de diferentes grupos individuales de combinaciones. Por ejemplo, encontrar un área 3D que representa el área en la que la conectividad es lo suficientemente buena en una de las capas de red de diferentes redes:
 - Condición A
 - Se consigue intensidad de señal requerida mínima (MSS-N1f1) en red (N1) en la banda de frecuencia (f1), Y (Y lógica)
 - Se consiguen niveles de interferencia requeridos mínimos (MIL-N1f1) en red (N1) en la banda de frecuencia (f1)
 - Condición de red plural: O (O lógica)
 - Condición B
 - Se consigue intensidad de señal mínima (MSS-N2f2) en red (N2) en la banda de frecuencia (f2), Y (Y lógica)
 - Se consiguen niveles de interferencias mínimos (MIL-N2f2) en red (N2) en la banda de frecuencia (f2)

Si la "condición de red plural" fuera "Y" (Y lógica), se indicaría el requisito mínimo para redundancia de red plural.

Emitiendo datos de cobertura 3D tal como datos de cobertura de red plural que incluyen los parámetros anteriormente mencionados tales como una potencia de señal y una probabilidad de traspaso, se habilita un operador de tráfico de UAV o un servicio de UAV para encontrar un corredor de vuelo optimizado y/o trayectoria de vuelo para un destino deseado y/o para una entrada de trayectoria de vuelo aproximada. Esto puede realizarse minimizando una función de coste que incluye al menos uno de estos parámetros anteriormente mencionados o parámetros adicionales (por ejemplo, consumo de energía de los UAV, altitud de vuelo deseado, costes de itinerancia, etc.) para obtener la trayectoria óptima o trayectoria deseada o un corredor dentro del área de vuelo con características aceptables, o similares. La operación del sistema de aviación, por ejemplo, planificación y control de vuelo de UAV y la determinación de trayectorias de vuelo o corredores de vuelo para los UAV y el control de los UAV dentro del corredor o en la trayectoria de vuelo pueden realizarse basándose en la optimización.

La Figura 5 muestra un sistema ilustrativo para el guiado de los UAV, en donde el nodo de procesamiento 500 se conecta, a través de una pluralidad de interfaces, a una pluralidad de redes (red A..., red N) 530A-N que incluyen respectivamente un servidor de red 531 y nodos de red (estación base que incluye antenas de transmisión/recepción) tales como el nodo de red 532, un sistema de autoridades de aviación o ATM como el nodo de control de aviación 540, una pluralidad de proveedores de servicios de UAV 550A-N, un servidor de datos 510 o servidor de base de datos que almacenan datos, acerca de terreno (topografía), edificios, clima y otros datos, así como un servidor de procesamiento de datos 520, que recibe y reenvía de forma continua y regular mediciones (actuales) (por ejemplo, señal, mediciones de canal) desde uno o más UAV (incluyendo el UAV 560). En la Figura 5, se muestra el nodo de procesamiento de aparato 500 como un servidor de un servicio de informática en la nube.

En el sistema mostrado en la Figura 5, el aparato para calcular datos de cobertura de red plural corresponde al nodo de procesamiento 500, que, en este caso, incorpora el centro de datos central 300 mostrado en las Figuras 3 y 4. Instancias de datos individuales que proporcionan los datos de cobertura específicos de red pueden incluirse en los respectivos nodos de procesamiento de la red, tal como el nodo 531.

La estructura de nodos (por ejemplo, servidores) y conexiones/interfaces entre nodos como se muestra en la Figura 5, así como el uso y numeración del término "interfaz" no usado de una manera limitante en la presente solicitud. Por ejemplo, los datos almacenados pueden obtenerse una interfaz interna a un almacenamiento de datos comprendido por el aparato 100, o una interfaz externa a una base de datos externa. Además, los datos almacenados pueden almacenarse de forma regular, por ejemplo, mediante nueva información de red recibida desde operadores de red y/o mediante realimentación del proceso de aprendizaje automático anteriormente mencionado.

Además del aparato y el método anteriormente descritos para calcular datos de cobertura de red plural, se proporciona adicionalmente un nodo de guiado y un método de guiado.

Como se muestra en la Figura 6, el nodo de guiado 600 comprende una interfaz de entrada 620 configurada para adquirir datos de cobertura de red plural para conectar un dispositivo de comunicación móvil a una red de comunicación de entre una pluralidad de redes de comunicación que sirven a un área. Los datos de cobertura de red plural indican conectividad de red actual en una ubicación en el área y se determina basándose en una agregación de datos de cobertura específicos de red actuales de la pluralidad de redes de comunicación. El nodo de guiado 600 comprende además la circuitería 630, por ejemplo, circuitería de guiado, configurada para realizar el guiado del dispositivo de comunicación móvil basándose en los datos de cobertura de red plurales adquiridos.

En consecuencia, como se muestra en la Figura 7, el método de guiado incluye adquirir S710 datos de cobertura de red plural para conectar un dispositivo de comunicación móvil a una red de comunicación de entre una pluralidad de redes de comunicación que sirven a un área. Los datos de cobertura de red plural indican conectividad de red actual en una ubicación en el área y se determina basándose en una agregación de datos de cobertura específicos de red actuales de la pluralidad de redes de comunicación. El método de guiado comprende además una etapa de realizar el guiado S720 del dispositivo de comunicación móvil basándose en los datos de cobertura de red plural adquiridos.

Como se ha mencionado anteriormente, el dispositivo de comunicación móvil puede comprender un vehículo tal como un coche conectado, o cualquier otro dispositivo de comunicación configurado para recibir el guiado o navegación a través de una red de comunicación de radio. Guiar un coche conectado puede incluir navegación así como la emisión de avisos o comandos, tales como, en caso de un vehículo autónomo, un comando para traspaso desde conducción automáticamente a control de conducción por un conductor humano.

Adicionalmente, el nodo de guiado 600 puede ser un nodo de control de aviación para el guiado de un vehículo aéreo no tripulado, UAV, en un área de vuelo tridimensional dentro de un espacio aéreo, en este punto, "guiado de los UAV" puede corresponder a la anterior descripción. El guiado también comprende proporcionar datos para el guiado.

Por ejemplo, en el caso de guiado de los UAV, el nodo de guiado 600 puede corresponder a un nodo de cálculo en un ANSP, autoridad de aviación, proveedor de servicios de UAV o sistema de UTM, tal como autoridades de aviación/sistemas de ATM 540 y proveedores de servicios de UAV/sistemas de UTM 550A-N mostrados en la Figura 5 o nodo de control de aviación 480 mostrado en la Figura 4.

En esta divulgación, una interfaz puede comprender una pluralidad de interfaces físicas o virtuales. Por ejemplo, la al menos una interfaz de entrada 120 puede comprender una o una pluralidad de interfaces a una pluralidad de nodos de datos desde los que se reciben diferentes datos (por ejemplo, mediciones continuas por los UAV, datos de clima, datos de red). Análogamente, el aparato 100 puede comprender una interfaz de salida o una pluralidad de interfaces a uno o más entre autoridades de aviación, sistemas de ATM y uno o más proveedores de servicios de UAV (centros de control de UAV/sistemas de UTM).

Además, el término "interfaz" se refiere a una estructura de procesamiento de entrada y/o salida que puede incluir una o más capas de protocolo que definen en qué formato se reciben o transmiten los datos y cómo se interpretarán los datos. Tal interfaz puede ser por cable o inalámbrica.

Como se ha mencionado, el aparato 100 adquiere datos de cobertura específicos de red actuales respectivamente de una pluralidad de redes de comunicación. A continuación, se proporcionará un ejemplo de cálculo de tales datos de cobertura específicos de red.

5 Un modelo ilustrativo para estimar la cobertura basándose en datos actuales y almacenados de red puede incluir la siguiente ecuación (1) de pérdida de trayectoria y balance de enlace para determinar una potencia de una señal en un receptor (por ejemplo, un UAV en una trayectoria de vuelo en el área de vuelo) en una ubicación dada:

$$10 \quad P_R = P_T + G(\varphi, \theta) - PL(d, h), \quad \text{ecuación (1)}$$

donde

- P_R es la potencia en el receptor (dBm, decibelio-milivatios);
- 15 • P_T es la potencia (de transmisión) del transmisor/antena/célula (dBm);
- d es la distancia entre transmisor y receptor en metros;
- h es la altura por encima del suelo (altura de vuelo) del UAV en metros;
- φ y θ son el acimut y elevación relativos (ángulos de visión) del UAV, como se ven desde la célula (por ejemplo, teniendo en cuenta la inclinación mecánica/inclinación y acimut de antena); y
- 20 • $G(\varphi, \theta)$ es la direccionalidad (ganancia menos pérdida de enmascaramiento) de la célula/antena; y
- $PL(d, h)$ es la pérdida de trayectoria.

Para la determinación/estimación de la pérdida de trayectoria, puede usarse un modelo general de acuerdo con la siguiente ecuación (2):

$$25 \quad PL(d, h) = (\alpha_1 + \alpha_2 \cdot \log(h)) \cdot \log(d) + \beta_1 + \beta_2 \cdot \log(h) \quad \text{ecuación(2)}.$$

El coeficiente α_2 es negativo (forzado por restricciones en el proceso de ajuste), por tanto el exponente de pérdida de trayectoria $\alpha(h) = \alpha_1 + \alpha_2 \cdot \log(h) \cdot \log(d)$ decrece con el aumento de altura. β_2 puede ser tanto positivo como negativo.

30 Para evitar que los coeficientes de modelo caigan por debajo de los coeficientes de un modelo de espacio libre a una altura dada h_0 , para $h > h_0$, los coeficientes se fijan con su valor en h_0 , $\alpha(h) = \alpha(h_0)$ y $\beta(h) = \beta(h_0)$ para $h \geq h_0$. La fijación de coeficientes puede evitar que el modelo subestime la pérdida de trayectoria en alturas grandes.

Por ejemplo, los siguientes coeficientes de la ecuación (3) se derivan a partir del ajuste con datos de medición de UAV. Pueden usarse en un modelo por defecto, es decir, en un área en la que no hay disponible ningún dato de medición como entrada en el sistema, para la frecuencia de 800 MHz:

$$35 \quad PL(d, h) = (27,105 - 1,63149 \cdot \log(h)) \cdot \log(d) + 31,3353 + 0,735305 \cdot \log(h) \quad \text{ecuación (3)}.$$

40 Para otras frecuencias, se aplican términos de corrección de frecuencia a los coeficientes constantes α_1 , α_2 , β_1 , y β_2 del modelo.

Basándose en más datos de medición disponibles, y modelos más avanzados que se desarrollen, pueden añadirse coeficientes adicionales y componentes de modelo que describen un comportamiento físico.

45 El área tridimensional puede subdividirse en una pluralidad de subáreas (o subsecciones), y los datos de cobertura 3D actuales se calculan respectivamente para la pluralidad de subáreas 3D (o elementos de área) del área de vuelo. En la Figura 8 se muestra un ejemplo de una división del área de vuelo en subáreas. Como puede observarse, las subsecciones pueden tener una forma sustancialmente de cubo o de ortoedro (vistas en un mapa/proyección plana de la superficie de la tierra). Por ejemplo, el ortoedro puede tener tamaños de 10 km x 10 km (direcciones horizontales) x 500 m (dirección vertical), aunque la divulgación no se limita a tamaños particulares de subsecciones, y también pueden usarse subsecciones más grandes o pequeñas. Por ejemplo. Aunque no se muestra en la Figura 8, puede haber una o más capas de cubos en dirección vertical, tal como una capa inferior que comprende alturas de despegue y aterrizaje y una capa superior que comprende alturas de viaje.

55 Adicionalmente, puede haber una división o partición jerárquica en capas del área de vuelo en subáreas. Por ejemplo, una primera capa de subáreas puede ser "losas" de 1° por 1° en longitud y latitud en sistema de coordenadas de WGS 84, que es igual a aproximadamente 60 millas náuticas en cada dirección en el ecuador. Estas losas pueden subdividirse adicionalmente, a continuación, como una segunda capa jerárquica de subáreas, en subsecciones o "sublosas" (cuyo tamaño puede ser, por ejemplo, los anteriormente mencionados 10 km x 10 km x 500 m). A continuación, se describe con referencia a la Figura 8 cómo puede aplicarse una subdivisión de este tipo del área de vuelo a la calibración de modelo o ajuste de modelo. Por ejemplo, los ortoedros representados en la Figura 8 como subáreas pueden ser las subsecciones anteriormente mencionadas de las losas de tamaño de 1 por 1 de WGS 84.

65 Por ejemplo, estas losas o el área de vuelo pueden dividirse en subsecciones o subáreas para su ajuste, dependiendo de dónde hay mediciones disponibles. Si se recibe una nueva medición, por ejemplo en un archivo de medición, se

genera un rectángulo u ortoedro delimitador 3D alrededor de estas mediciones como una subárea, y en esta subárea se hace el modelado específicamente a estas mediciones. Este modelo tan específico se aplica, a continuación, a todos los nodos de red incluidos en ese rectángulo u ortoedro delimitador. Por lo tanto, la precisión del modelado se mejora en esta subárea para la que se han obtenido las mediciones. Además, el ajuste con estas mediciones también puede aplicarse para otras regiones en el área de vuelo o toda el área de vuelo. Por consiguiente, incluso en lugares o regiones desde las que no hay mediciones disponibles, los modelos se mejoran incrementalmente, pero en las subsecciones o subáreas en las que se realizan en realidad las mediciones, la precisión será mayor.

Basándose en más datos de medición disponibles, y modelos más avanzados que se desarrollen, pueden añadirse coeficientes adicionales y componentes de modelo que describen un comportamiento físico.

En el caso en el que los datos de medición están disponibles en una subsección o subárea específica del espacio aéreo 3D, pueden aplicarse algoritmos avanzados especializados y métodos de aprendizaje automático para mejorar automáticamente el modelo ajustando el mismo con los respectivos datos de medición.

La Figura 8 muestra un ejemplo en el que un espacio aéreo 3D se divide en la subsección 810A a 810N. En la subsección 810A, hay disponibles mediciones de señal de radio en 3D, 820A y 820B. El modelo dentro de la subsección 810A se ajustará ahora usando la medición 820A. A continuación, este modelo se aplicará a los nodos de red 830, que están dentro de la subsección 810A.

La subsección también podría formarse adaptativamente alrededor de la primera medición disponible 820A, de tal forma que la subsección se define por un rectángulo delimitador alrededor de las mediciones.

Con la disponibilidad de más mediciones dentro de la subsección 810A, tal como 820A y 820B, algoritmos de aprendizaje automático mejorarán la precisión de ajuste y fiabilidad por medio de métodos de aprendizaje supervisado.

El aprendizaje supervisado en este contexto es la tarea de aprendizaje automático de aprendizaje de la función que correlaciona los datos de entrada de medición con la salida del modelado de salida ajustado. Infiere la función de modelo de los datos de entrenamiento etiquetados que consiste en los datos de medición y el modelo de salida. Con cada dato de entrada adicional, los algoritmos analizan los datos de entrenamiento históricos junto con las nuevas muestras de datos y produce una función inferida que se usará, a continuación, para el procesamiento de nuevos ejemplos.

Por ejemplo, se introducen valores medidos de un parámetro tal como una potencia de señal en el proceso de aprendizaje automático. Como una salida, se proporciona un modelo de la potencia de señal, que se basa en datos almacenados anteriormente recibidos de la intensidad de señal y actualizados con cada valor de medición o artículo de datos actual recientemente recibido. Adicionalmente, en el proceso de aprendizaje pueden introducirse restricciones tales como clima, estado o configuración actual de la red, o terreno.

En subsecciones en las que no hay disponibles datos de medición, tales como 810N, se aplicarán modelos a los respectivos nodos de red dentro de esa subsección, que se basan en una pluralidad de mediciones disponibles para otras subsecciones, como se ilustra mediante la ecuación 3, pero no específicas a la subárea o subsección 3D objetivo.

Por consiguiente, el ajuste de modelo, según se divulga, es aplicable si se espera un aumento de mediciones en el futuro. En concreto, de una forma incremental, mediante mecanismos de aprendizaje automático, los modelos mejorarán, es decir, más precisos y más fiables, siempre que se realiza una nueva medición y se obtienen nuevos datos medidos. Aplicable a todos los sitios en las "losas" y específicamente el caso en las sublosas (subsecciones).

En el caso en el que los datos de medición están disponibles en una subsección o subárea específica del espacio aéreo 3D, pueden aplicarse algoritmos avanzados especializados y métodos de aprendizaje automático para mejorar automáticamente el modelo ajustando el mismo con los respectivos datos de medición.

Debería observarse adicionalmente en esta solicitud, "UAV" generalmente se refiere a vehículos aéreos que no están controlados por un piloto a bordo. Sin embargo, un UAV puede transportar, por ejemplo, una carga, equipo óptico u otro equipo de medición (por ejemplo, una cámara), así como pasajeros (por ejemplo, un taxi aéreo).

Resumiendo, se proporcionan un aparato y un método para calcular datos de cobertura de red plural para conectar un dispositivo de comunicación móvil. El aparato comprende una interfaz de entrada configurada para adquirir datos de cobertura específicos de red actuales respectivamente de la pluralidad de redes de comunicación y circuitería configurada para combinar los datos de cobertura específicos de red actuales adquiridos de la pluralidad de redes de comunicación y para determinar, basándose en la combinación, datos de cobertura de red plural que indican conectividad de red actual en una ubicación en el área. Se proporciona adicionalmente un nodo de guiado y un método de guiado. Las técnicas divulgadas pueden facilitar proporcionar redundancia en conectividad para casos de uso que tienen altas demandas de conectividad, incluyendo guiado y operación de vehículos aéreos no tripulados (UAV).

REIVINDICACIONES

1. Aparato para calcular datos de cobertura de red plural para conectar un dispositivo de comunicación móvil a una red de comunicación de entre una pluralidad de redes de comunicación que sirven a un área,
 5 **caracterizado en que**
 la pluralidad de redes de comunicación incluyen redes de comunicación de la misma norma operada por una pluralidad de operadores de red, y el aparato comprende:
 al menos una interfaz de entrada configurada para adquirir datos de cobertura específicos de red actuales respectivamente de la pluralidad de redes de comunicación; y
 10 circuitería configurada para combinar los datos de cobertura específicos de red actuales adquiridos de la pluralidad de redes de comunicación y para determinar, basándose en la combinación, datos de cobertura de red plural que indican conectividad de red actual en una ubicación en el área.
2. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la circuitería está configurada para comparar, basándose en los datos de red actuales recibidos, la respectiva conectividad de la pluralidad de redes de comunicación en la ubicación y para seleccionar, basándose en la comparación, una red de comunicación para conectar el dispositivo de comunicación móvil en la ubicación de entre la pluralidad de redes de comunicación.
3. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde los datos de cobertura de red plural indican conectividad de red a lo largo de dos o tres dimensiones en el área.
4. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el área es un área de vuelo tridimensional, 3D, y el dispositivo de comunicación móvil es un vehículo aéreo no tripulado, UAV, guiado en el área de vuelo 3D.
- 25 5. El aparato de acuerdo con la reivindicación 4, en donde la al menos una interfaz de entrada está configurada para adquirir un resultado de una medición de conectividad realizada por el UAV.
6. El aparato de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, que comprende una interfaz de salida configurada para notificar automáticamente los datos de cobertura de red plural a un nodo de control de aviación.
- 30 7. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la pluralidad de redes de comunicación incluyen una pluralidad de redes de radio terrestres operadas por la pluralidad de operadores de red.
- 35 8. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde la pluralidad de redes de comunicación incluyen al menos una de una red de radio terrestre y una red por satélite.
9. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde los datos de cobertura de red plural incluyen al menos una de potencia de señal, interferencia, una indicación de un número de terminales de comunicación por unidad de área, y una indicación de una probabilidad de traspaso de traspaso por el dispositivo de comunicación móvil desde un nodo de red a otro nodo de red.
- 40 10. El aparato de acuerdo con la reivindicación 9, en donde la probabilidad de traspaso incluye al menos uno de:
 una probabilidad de traspaso intra red de traspaso dentro de una red de comunicación de entre la pluralidad de redes de comunicación y
 una probabilidad de traspaso inter red de traspaso entre redes de comunicación respectivamente diferentes de entre la pluralidad de redes de comunicación.
- 45 11. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde los datos de cobertura específicos de red actuales adquiridos son datos de cobertura de red única determinados respectivamente por operadores de la pluralidad de redes de comunicación.
- 50 12. Nodo de guiado, que comprende:
 una interfaz de entrada configurada para adquirir datos de cobertura de red plural para conectar un dispositivo de comunicación móvil a una red de comunicación de entre una pluralidad de redes de comunicación que sirven a un área, y
 55 circuitería configurada para realizar el guiado del dispositivo de comunicación móvil basándose en los datos de cobertura de red plural adquiridos,
caracterizado en que
 la pluralidad de redes de comunicación incluyen redes de comunicación de la misma norma operada por una pluralidad de operadores de red, indicando los datos de cobertura de red plural conectividad de red actual en una ubicación en el área y determinándose basándose en una agregación de datos de cobertura específicos de red actuales de la pluralidad de redes de comunicación.
- 60 13. Nodo de control de aviación para el guiado de un vehículo aéreo no tripulado, UAV, en un área de vuelo tridimensional dentro de un espacio aéreo, incorporando el nodo de control de aviación el nodo de guiado de acuerdo
- 65

con la reivindicación 12.

- 5 14. Método realizado por un aparato para calcular datos de cobertura de red plural para conectar un dispositivo de comunicación móvil a una red de comunicación de entre una pluralidad de redes de comunicación que sirven a un área,
- caracterizado en que**
- la pluralidad de redes de comunicación incluyen redes de comunicación de la misma norma operada por una pluralidad de operadores de red, y que el método comprende las siguientes etapas a realizar por un aparato para calcular datos de cobertura de red plural:
- 10 adquirir datos de cobertura específicos de red actuales respectivamente de la pluralidad de redes de comunicación; combinar los datos de cobertura específicos de red actuales adquiridos de la pluralidad de redes de comunicación; y determinar, basándose en la combinación, datos de cobertura de red plural que indican conectividad de red actual en una ubicación en el área.
- 15 15. Método de guiado, que comprende las siguientes etapas a realizar por un nodo de guiado:
- adquirir datos de cobertura de red plural para conectar un dispositivo de comunicación móvil a una red de comunicación de entre una pluralidad de redes de comunicación que sirven a un área; y realizar el guiado del dispositivo de comunicación móvil basándose en los datos de cobertura de red plural adquiridos,
- caracterizado en que**
- 20 la pluralidad de redes de comunicación incluyen redes de comunicación de la misma norma operada por una pluralidad de operadores de red, indicando los datos de cobertura de red plural conectividad de red actual en una ubicación en el área y determinándose basándose en una agregación de datos de cobertura específicos de red actuales de la pluralidad de redes de comunicación.

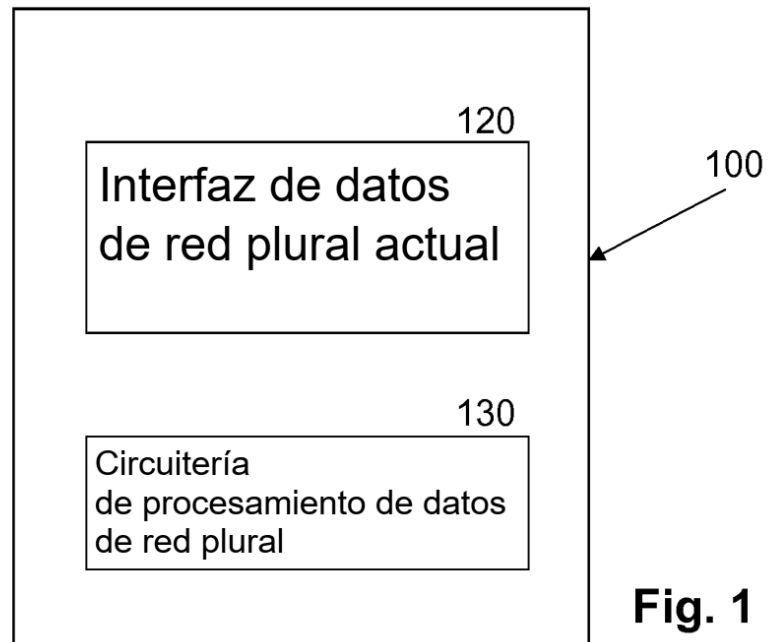


Fig. 1

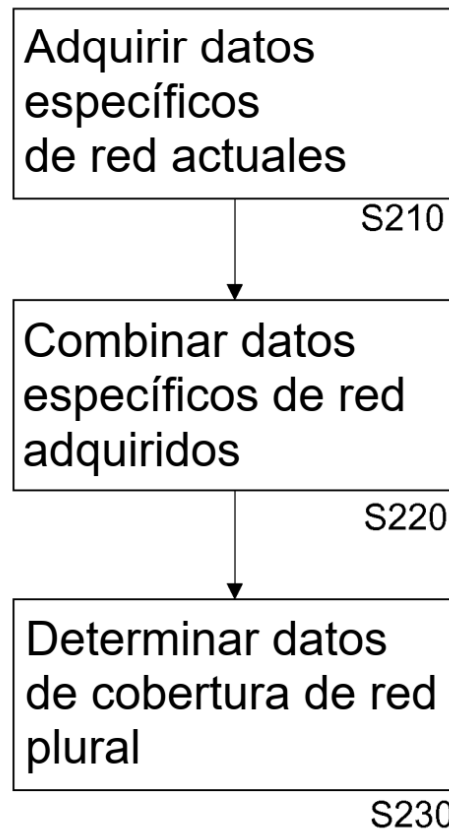


Fig. 2

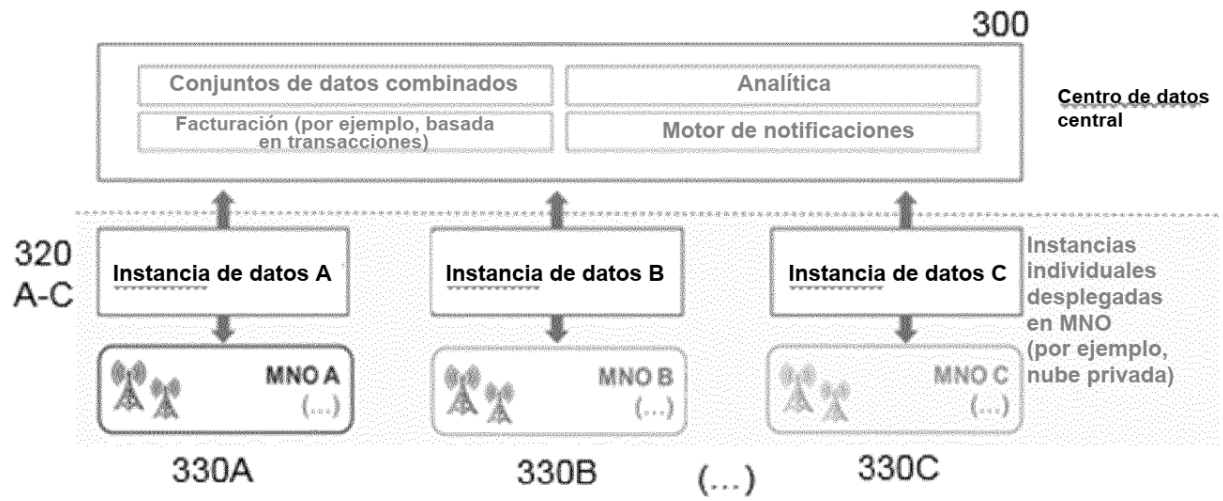


Fig. 3

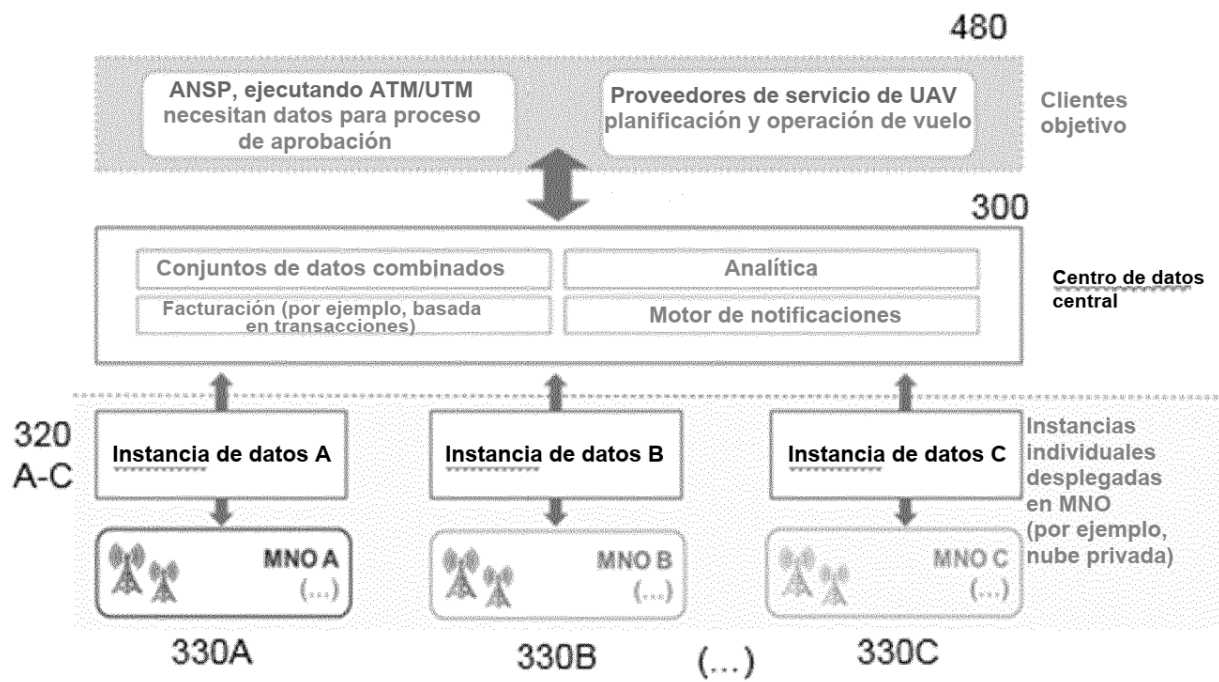
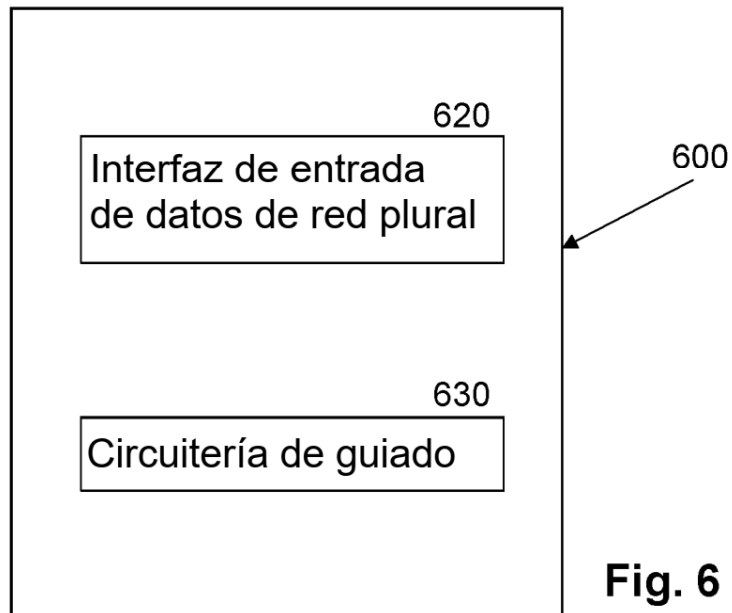
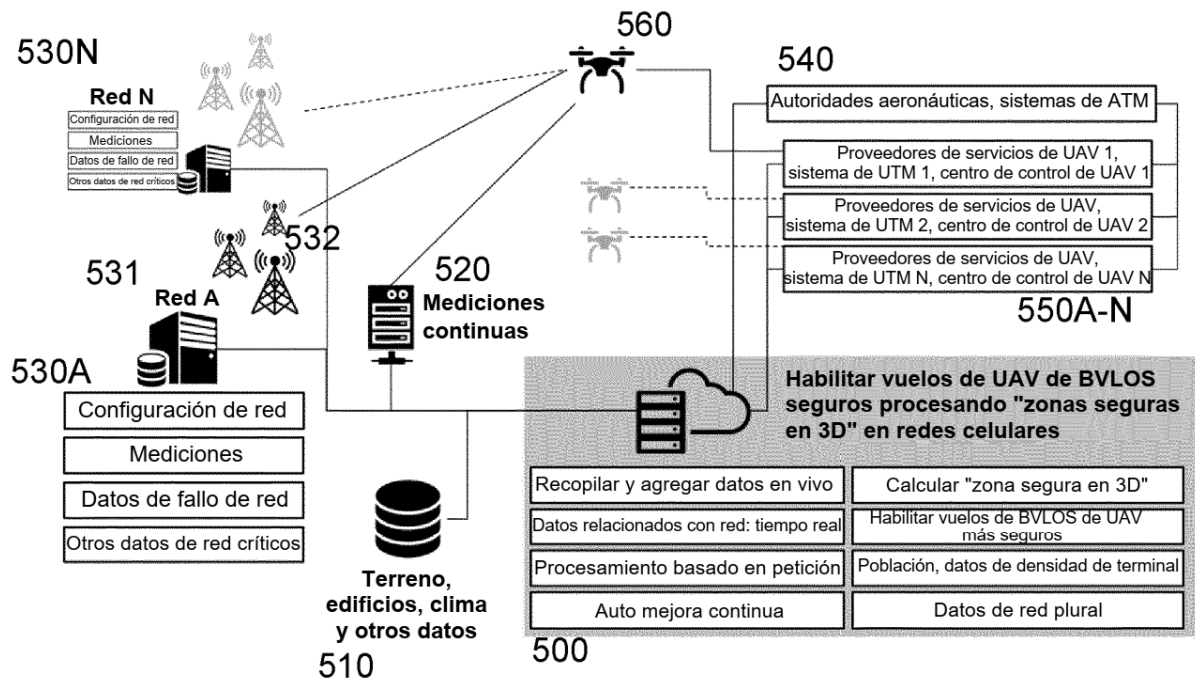


Fig. 4



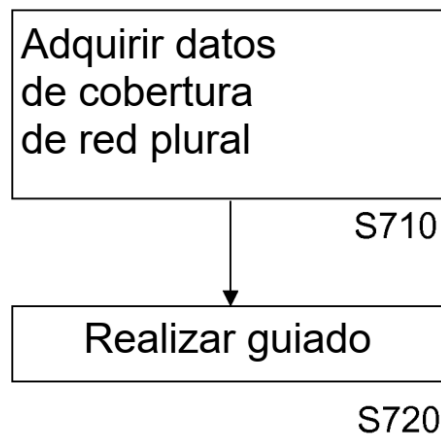


Fig. 7

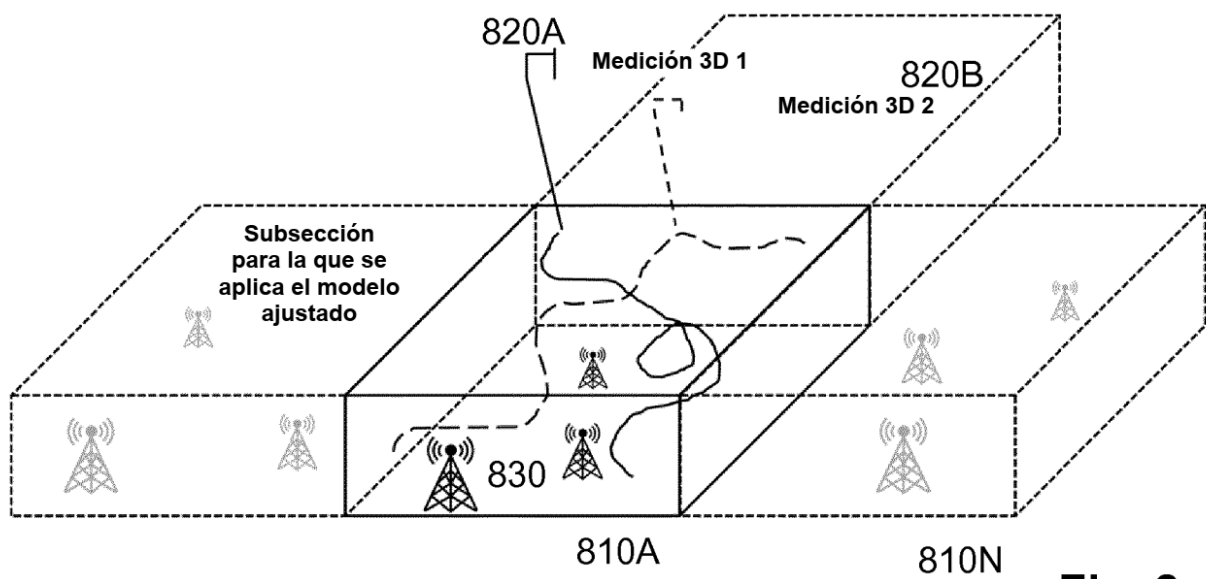


Fig. 8