

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 904 637**

51 Int. Cl.:

**H04L 29/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.10.2018 PCT/US2018/058018**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.07.2019 WO19133103**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.10.2018 E 18811106 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.10.2021 EP 3533210**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para monitorizar un objeto mediante una plataforma concentrador-nube**

30 Prioridad:

**28.12.2017 US 201715856835**

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

**05.04.2022**

73 Titular/es:

**TIONESTA, LLC (100.0%)  
3575 Far West Blvd., P.O. Box 28965  
Austin, TX 78755, US**

72 Inventor/es:

**ARMSTRONG, NICHOLAS y  
LANDERS, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

**ES 2 904 637 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**

Procedimiento y dispositivo para monitorizar un objeto mediante una plataforma concentrador-nube

**Antecedentes**

- 5 La disponibilidad del estado de varios activos físicos puede ser beneficiosa o incluso esencial. Por ejemplo, puede ser útil rastrear la ubicación de artículos o personas en movimiento, por diversas razones como proporcionar seguridad, optimizar ciertas operaciones, por ejemplo, en entornos industriales o aplicaciones logísticas, y/o proporcionar instrucciones útiles a una persona rastreada. Además, la monitorización de los objetos estacionarios también puede ser útil. Dicho objeto estacionario puede ser, por ejemplo, un sensor que puede ser consultado para obtener información sobre el entorno que rodea al sensor.
- 10 La solicitud de patente americana US 2017/0103327 A1 describe un sistema en el que la información captada por los sensores y relativa a los elementos del hogar o del vehículo asociados a un usuario, es transmitida y procesada por un servidor en la nube.

**Sumario**

15 En general, en un aspecto, la invención se refiere a un procedimiento de monitorización de un objeto en una zona geográfica. El procedimiento incluye la obtención, a partir de un dispositivo de computación en la nube, de datos de aprovisionamiento de servicios para un servicio predeterminado del objeto, la recepción, a partir de una primera pluralidad de nodos de red dispuestos sobre un primer segmento de la zona geográfica, de una pluralidad de elementos de datos monitorizados, donde la pluralidad de elementos de datos monitorizados se genera sobre la base de una señal de Internet de las cosas (IoT) recibida por la primera pluralidad de nodos de red desde un sensor de etiquetas dispuesto en el objeto, y procesando, sobre la base de los datos de provisión de servicios, la pluralidad de elementos de datos monitorizados para proporcionar el servicio predeterminado del objeto a través del primer segmento del área geográfica. La señal de la Internet de las cosas comprende un patrón de repetición de supertramas. Cada supertrama comprende una pluralidad de tramas. El patrón de repetición de supertramas define las reglas para el intercambio de datos en forma de bandas de frecuencia y ranuras de tiempo para la comunicación inalámbrica de datos entre uno de la primera pluralidad de nodos de red y el sensor de etiquetas.

25 En general, en un aspecto, la invención se refiere a un dispositivo concentrador para monitorizar un objeto en una zona geográfica. El dispositivo concentrador incluye un procesador informático y una memoria que almacena instrucciones que, cuando se ejecutan, hacen que el procesador informático obtenga, desde un dispositivo de computación en la nube, datos de provisión de servicios para un servicio predeterminado del objeto, reciba, desde una primera pluralidad de nodos de red dispuestos en torno a un primer segmento de la zona geográfica, una pluralidad de elementos de datos monitorizados, donde la pluralidad de elementos de datos monitorizados se genera sobre la base de una señal de Internet de las cosas (IoT) recibida por la primera pluralidad de nodos de red desde un sensor de etiquetas dispuesto en el objeto, y procesar, sobre la base de los datos de provisión de servicios, la pluralidad de elementos de datos monitorizados para proporcionar el servicio predeterminado del objeto a través del primer segmento del área geográfica. La señal de la Internet de las cosas comprende un patrón de repetición de supertramas. Cada supertrama comprende una pluralidad de tramas. El patrón de repetición de supertramas define las reglas para el intercambio de datos en forma de bandas de frecuencia y ranuras de tiempo para la comunicación inalámbrica de datos entre uno de la primera pluralidad de nodos de red y el sensor de etiquetas.

30 En general, en un aspecto, la invención se refiere a un medio legible por ordenador no transitorio que almacena instrucciones para el seguimiento de un objeto en un área geográfica. Las instrucciones, cuando se ejecutan, hacen que un procesador informático obtenga, desde un dispositivo de computación en la nube, datos de provisión de servicios para un servicio predeterminado del objeto, reciba, una pluralidad de nodos de red dispuestos sobre un segmento del área geográfica, una pluralidad de elementos de datos monitorizados, donde la pluralidad de elementos de datos monitorizados se genera sobre la base de una señal de Internet de las cosas (IoT) recibida por la pluralidad de nodos de red desde un sensor de etiquetas dispuesto en el objeto, y procesar, sobre la base de los datos de provisión de servicios, la pluralidad de elementos de datos monitorizados para proporcionar el servicio predeterminado del objeto a través del segmento del área geográfica. La señal de la Internet de las cosas comprende un patrón de repetición de supertramas. Cada supertrama comprende una pluralidad de tramas. El patrón de repetición de supertramas define las reglas para el intercambio de datos en forma de bandas de frecuencia y ranuras de tiempo para la comunicación inalámbrica de datos entre uno de la primera pluralidad de nodos de red y el sensor de etiquetas.

Otros aspectos de la invención se desprenden de la siguiente descripción y de las reivindicaciones adjuntas.

**Breve descripción de los dibujos**

- 55 La FIG. 1A muestra un sistema para monitorizar un objeto, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención.

Las FIG. 1B, 1C, y 1D muestran un modelo para monitorizar un objeto, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención.

Las FIG. 1E, 1F y 1G muestran una plataforma concentrador-nube para la monitorización de un objeto, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención.

5 Las FIG. 2 y 3 muestran un nodo de red y una superposición de protocolo de comunicación para la monitorización de un objeto, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención.

Las FIG. 4A, 4B, 4C, 4D y 4E muestran diagramas de flujo de un procedimiento para monitorizar un objeto, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención.

10 Las FIG. 5A, 5B, 5C y 5D muestran un ejemplo de un sistema para monitorizar un objeto, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención.

La FIG. 6 muestra un sistema informático de acuerdo con una o más realizaciones de la invención.

### Descripción detallada

15 A continuación, se describirán en detalle las realizaciones específicas de la invención con referencia a las figuras adjuntas. Los elementos semejantes en las distintas figuras se indican con números de referencia semejantes en aras de la coherencia. En aras de la simplicidad, es posible que no se etiqueten los elementos similares en todas las figuras.

20 En la siguiente descripción detallada de las realizaciones de la invención, se exponen numerosos detalles específicos para proporcionar una comprensión más completa de la invención. Sin embargo, será evidente para un experto en la materia que la invención puede practicarse sin estos detalles específicos. En otros casos, las características conocidas no se han descrito en detalle para evitar complicar innecesariamente la descripción.

25 A lo largo de la solicitud, los números ordinales (por ejemplo, primero, segundo, tercero, etc.) pueden utilizarse como adjetivo para un elemento (es decir, cualquier sustantivo de la solicitud). El uso de números ordinales no implica ni crea una ordenación particular de los elementos ni limita ningún elemento a ser un solo elemento, a menos que se revele expresamente, como por ejemplo mediante el uso de los términos "antes", "después", "solo" y otra terminología similar. El uso de los números ordinales sirve más bien para distinguir los elementos. A modo de ejemplo, un primer elemento es distinto de un segundo elemento, y el primer elemento puede abarcar más de un elemento y suceder (o preceder) al segundo elemento en un ordenamiento de elementos.

30 En la siguiente descripción de las FIG. 1A-6, cualquier componente descrito con respecto a una figura, en diversas realizaciones de la invención, puede ser equivalente a uno o más componentes de nombre similar descritos con respecto a cualquier otra figura. En aras de la brevedad, no se repetirán las descripciones de estos componentes con respecto a cada figura. Por lo tanto, todas y cada una de las formas de realización de los componentes de cada figura se incorporan por referencia y se asume que están opcionalmente presentes dentro de cada una de las otras figuras que tienen uno o más componentes con nombres similares. Además, de acuerdo con varias realizaciones de la invención, cualquier descripción de los componentes de una figura debe interpretarse como una realización opcional que puede implementarse además de, junto con, o en lugar de las realizaciones descritas con respecto a un componente de nombre similar correspondiente en cualquier otra figura.

35 Debe entenderse que las formas singulares "un", "una" y "el/la" incluyen referentes plurales a menos que el contexto dicte claramente lo contrario. Así, por ejemplo, la referencia a "una viga horizontal" incluye la referencia a una o más de dichas vigas.

40 Términos como "aproximadamente", "sustancialmente", etc., significan que la característica, el parámetro o el valor recitado no tiene por qué alcanzarse exactamente, sino que las desviaciones o variaciones, incluyendo, por ejemplo, las tolerancias, el error de medición, las limitaciones de precisión de la medición y otros factores conocidos por los expertos en la materia, pueden producirse en cantidades que no impidan el efecto que la característica pretendía proporcionar.

45 Debe entenderse que, una o más de las etapas mostradas en los diagramas de flujo pueden ser omitidas, repetidas y/o realizadas en un orden diferente al mostrado. En consecuencia, el alcance de la invención no debe considerarse limitado a la disposición específica de las etapas mostradas en los diagramas de flujo.

50 Aunque no se introducen múltiples reivindicaciones dependientes, sería evidente para un experto en la materia que el objeto de las reivindicaciones dependientes de una o más realizaciones puede combinarse con otras reivindicaciones dependientes.

En general, las realizaciones de la invención se dirigen a procedimientos y sistemas para el seguimiento de un objeto en un área geográfica. En una o más realizaciones de la invención, el objeto es un activo móvil. En una o más realizaciones de la invención, el activo móvil está etiquetado con un sensor (denominado sensor de etiquetas),

mientras que un número de nodos de red (por ejemplo, pasarela, punto de acceso, etc.) están dispuestos sobre el área geográfica para recibir una señal de Internet de las cosas (IoT) desde el sensor de etiquetas. En consecuencia, en particular, los elementos de datos monitorizados se generan sobre la base de la señal IoT recibida por los nodos de la red.

- 5 En una o más realizaciones de la invención, el sistema de monitorización incluye un concentrador y una plataforma en la nube donde al menos un concentrador está configurado para obtener, desde un dispositivo de computación en la nube, datos de aprovisionamiento de servicios para un servicio predeterminado del activo móvil. El concentrador está configurado además para recibir los elementos de datos monitorizados de los nodos de la red dispuestos sobre un segmento del área geográfica. En consecuencia, el centro procesa, basándose en los datos de provisión de  
10 servicios, los elementos de datos monitorizados para proporcionar el servicio predeterminado del activo móvil a través del segmento del área geográfica.

La FIG. 1A muestra un sistema de monitorización (110) para monitorizar un objeto, como uno o más activos móviles en un área geográfica (100) de acuerdo con una o más realizaciones de la invención. En una o más realizaciones, uno o más de los módulos y elementos mostrados en la FIG. 1A puede ser omitido, repetido y/o sustituido. En  
15 consecuencia, las realizaciones de la invención no deben considerarse limitadas a las disposiciones específicas de los módulos mostrados en la FIG. 1A.

Como se muestra en la FIG. 1A, representado según la leyenda (111), el sistema de monitorización (110) incluye un número de nodos de red (por ejemplo, el nodo de red A (112), el nodo de red B (113), los nodos de red (114-119))  
20 dispuestos sobre el área geográfica (100) y en comunicación con un sistema de agregación de red (120). En una o más realizaciones de la invención, los nodos de la red (*por ejemplo*, el nodo de la red A (112), el nodo de la red B (113), los nodos de la red (114-119)) son estacionarios dentro del área geográfica (100). Por ejemplo, los nodos de la red pueden colocarse en las respectivas ubicaciones fijas dentro del área geográfica (100) en el momento del despliegue y permanecer en las ubicaciones conocidas desplegadas a menos que se vuelvan a desplegar posteriormente. En una o más realizaciones de la invención, los activos móviles (por ejemplo, el activo móvil (101))  
25 pueden incluir ganado, equipos móviles de minería, sujetos humanos, vehículos, agricultura, activos de petróleo y gas como tanques, o cualquier otro objeto móvil valioso que pueda moverse de vez en cuando dentro del área geográfica (100). En una o más realizaciones, otros tipos de objetos diferentes a los activos móviles también pueden ser monitoreados dentro del área geográfica (100) sin apartarse del ámbito de la invención. Por ejemplo, el contenido de humedad del suelo (*es decir*, el objeto monitorizado) puede ser monitorizado dentro del área geográfica (100). En otras formas de realización, se puede emplear un sensor de canalización de agua para controlar el nivel de  
30 agua. En consecuencia, el área geográfica (100) puede incluir un rancho, un campo minero, un patio de recreo, un lote de concesionarios o un puerto, una refinería, o cualquier otro espacio público o privado adecuado en el que los activos sean móviles y puedan ser rastreados.

En una o más realizaciones, cada activo móvil (*p. ej.*, activo móvil (101)) está equipado con un sensor de etiquetas (*p. ej.*, sensor de etiquetas (104)) que se comunica con múltiples nodos de red (*p. ej.*, nodo de red A (112)) a través de enlaces de Internet de las Cosas (*p. ej.*, enlace IoT (106)) para permitir la monitorización de los activos móviles (*p. ej.*, activo móvil (101)). Por ejemplo, el sensor de etiquetas (104) puede medir parámetros fisiológicos del activo móvil (101) para enviarlos a los nodos de red cercanos (*por ejemplo*, el nodo de red A (112)) utilizando los enlaces IoT (*por ejemplo*, el enlace IoT (106)). En una o más realizaciones, cada enlace IoT (*por ejemplo*, el enlace IoT (106)) se establece y/o es efectivo dentro de cierto rango de un sensor de etiquetas (*por ejemplo*, el rango (105) del sensor de etiquetas (104)). Por ejemplo, se muestran cuatro enlaces IoT (*por ejemplo*, el enlace IoT (106)) establecidos entre el sensor de etiquetas (104) y cuatro nodos de red (*por ejemplo*, el nodo de red A (112)). Por el contrario, otros nodos de red (*por ejemplo*, el nodo de red B (113)) fuera del alcance (105) del sensor de etiquetas (104) no están en comunicación con el sensor de etiquetas (104) utilizando ningún enlace IoT. Por ejemplo, no se establece ningún enlace IoT entre el sensor de etiquetas (104) y el nodo de red B (113). De vez en cuando, el alcance (105) puede variar en función de diversas condiciones, como la ubicación del activo móvil (101), el clima/terreno de la zona geográfica (100), la carga de la batería del sensor de etiquetas (104), etc. Por ejemplo, el alcance (105) puede variar en determinados momentos de forma que el nodo de red A (112) quede fuera del alcance (105). Durante estos puntos de tiempo, sólo tres enlaces IoT permanecen establecidos y/o efectivos entre el sensor de etiquetas (104) y los tres nodos de red restantes.  
50

En una o más realizaciones, los nodos de red (*por ejemplo*, el nodo de red A (112), el nodo de red B (113), los nodos de red (114-119)) dispuestos sobre el área geográfica (100) se comunican entre sí a través de una red inalámbrica. Por ejemplo, la distancia entre los nodos de la red (*por ejemplo*, el nodo de la red A (112), el nodo de la red B (113), los nodos de la red (114-119)) puede ser del orden de 1 kilómetro (km) y puede variar con la naturaleza del terreno en el área geográfica (200). La red inalámbrica puede basarse en el espectro de comunicación WiFi a 2,4 GHz y 5 GHz. Por ejemplo, se puede utilizar el estándar 802.11 IS para permitir que los nodos de la red (*por ejemplo*, el nodo de la red A (112), el nodo de la red B (113), los nodos de la red (114-119)) se comuniquen entre sí como una red de malla completa. La red mallada permite comunicaciones basadas en la disponibilidad de cualquier nodo de la red (*por ejemplo*, el nodo de la red A (112), el nodo de la red B (113), los nodos de la red (114-119)) para pasar una señal a través de la red hasta su destino, como por ejemplo desde el nodo de la red A (112) hasta el sistema de agregación de la red (120). En una o más realizaciones, la red mallada a través del área geográfica (100), o una  
60

porción de la misma, está conectada al sistema de agregación de red (120) a través de un nodo de red primario para reducir la demanda de ancho de banda de comunicación al sistema de agregación de red (120). Por ejemplo, el nodo de red primario puede agregar las transmisiones de datos de la red mallada antes de pasarlas al sistema de agregación de red (120). Como se muestra en la FIG. 1A, el nodo de red (117) actúa como nodo de red primario para la red mallada desplegada en el área geográfica (100). Además de la norma 802.11S o en lugar de ella, también puede utilizarse cualquier tecnología de comunicación que soporte una red de malla completa.

En una o más realizaciones, uno o más nodos de red (*por ejemplo*, el nodo de red A (112), el nodo de red B (113), los nodos de red (114-119)) pueden ser configurados como una pasarela, un punto de acceso inalámbrico, o una combinación de los mismos. La pasarela es un nodo de la red que sirve de interfaz con otra red que utiliza protocolos diferentes. El punto de acceso inalámbrico, o generalmente denominado punto de acceso, es un dispositivo de red que permite la conexión WiFi a un ordenador o red de comunicación. Otros detalles de los nodos de red (*por ejemplo*, el nodo de red A (112)) se describen en referencia a las FIG. 2A-2B a continuación.

En una o más realizaciones de la invención, los nodos de red (*por ejemplo*, el nodo de red A (112)) y el sistema de agregación de red (120) descritos anteriormente realizan colectivamente las funcionalidades del sistema de monitorización (110) utilizando el procedimiento descrito en referencia a las FIG. 4A-4E a continuación.

Las FIG. 1B, 1C y 1D muestran un modelo para una técnica de localización TDOA, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención. Como se muestra en las FIG. 1B, 1C y 1D, se utilizan pasarelas para representar los nodos de la red representados en la FIG. 1A arriba. En concreto, la FIG. 1B muestra cuatro pasarelas en un plano x-y, denotadas como GW<sub>0</sub>, GW<sub>1</sub>, GW<sub>2</sub> y GW<sub>n</sub> para representar los cuatro nodos de la red (*por ejemplo*, los nodos de la red A (112)) dentro del rango (105), como se muestra en la FIG. 1A arriba. El modelo descrito a continuación se basa en situar a GW<sub>0</sub> en el origen, (0,0), del sistema de coordenadas x-y. Las otras pasarelas, GW<sub>1</sub>, GW<sub>2</sub> hasta GW<sub>n</sub>, pueden estar situadas en los respectivos lugares conocidos (x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>), (x<sub>2</sub>, y<sub>2</sub>), ... (x<sub>n</sub>, y<sub>n</sub>). Como ejemplo, la distancia entre las pasarelas puede ser nominalmente de 1 a 2 kilómetros. En una o más realizaciones, las pasarelas, GW<sub>0</sub> a GW<sub>n</sub> son estacionarias. Es decir, las localizaciones conocidas (0,0), (x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>), (x<sub>2</sub>, y<sub>2</sub>), ... (x<sub>n</sub>, y<sub>n</sub>) no cambian con el tiempo. En una o más realizaciones, las pasarelas, GW<sub>0</sub> a GW<sub>n</sub> pueden cambiar de ubicación. Por ejemplo, los lugares conocidos (x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>), (x<sub>2</sub>, y<sub>2</sub>), ... (x<sub>n</sub>, y<sub>n</sub>) puede determinarse utilizando el GPS incluido en cada pasarela.

El emisor representado en la FIG. 1B representa el sensor de etiquetas (104) representado en la FIG. 1A arriba y tiene una ubicación particular, (x,y), con las distancias entre el emisor y las correspondientes pasarelas denotadas como R<sub>0</sub>, R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> y R<sub>3</sub>.

La distancia entre la Pasarela i y el emisor es  $R_j = \sqrt{(x_j - x)^2 + (y_j - y)^2}$  para j = 0,1,2 ...n donde n ≥ 4

Obsérvese que para j = 0,  $R_0 = \sqrt{x^2 + y^2}$  ya que esta pasarela está situada en el origen del sistema de coordenadas.

Ahora eleva al cuadrado R<sub>j</sub> y expande los términos dentro del radical para obtener:

$$R_j^2 = x_j^2 - 2x_jx + x^2 + y_j^2 - 2y_jy + y^2$$

Dado que  $R_0^2 = x^2 + y^2$ , se puede restar a cada lado de la expresión anterior y obtener:

$$R_j^2 - R_0^2 = x_j^2 - 2x_jx + y_j^2 - 2y_jy \text{ Ecuación 1}$$

Nótese que esta expresión es ahora lineal en x e y. Esta linealidad se utiliza para desarrollar un par de ecuaciones simultáneas en dos incógnitas, x e y. En este contexto, el modelo aquí descrito puede denominarse modelo algebraico lineal.

La señal transmitida viaja desde el emisor(es decir, el sensor de etiquetas (104)) a cada pasarela a la velocidad de la luz, c = 3 \*10<sup>8</sup> m/s. La hora de llegada correspondiente, TOA, a cada pasarela es:

$$T_j = R_j/c$$

Se utiliza el TOA, T<sub>0</sub>, de la pasarela en el origen como referencia y se toma la diferencia con los TOA de las pasarelas restantes y la referencia para generar la diferencia de tiempo de llegada, τ<sub>j</sub>:

$$\tau_j = T_j - T_0 = R_j/c - R_0/c$$

Resolver para  $R_j$  y elevar al cuadrado para obtener:

$$R_j^2 = (c\tau_j)^2 + 2c\tau_j R_0 + R_0^2$$

O

$$(R_j^2 - R_0^2)/c\tau_j = c\tau_j + 2R_0$$

- 5 Para  $j = 1, 2 \dots n$ , el  $2R_0$  puede ser eliminado tomando las siguientes diferencias y expresando las diferencias relativas a las TDOA o:

$$(R_2^2 - R_0^2)/c\tau_2 - (R_1^2 - R_0^2)/c\tau_1 = c\tau_2 - c\tau_1$$

$$(R_n^2 - R_0^2)/c\tau_n - (R_1^2 - R_0^2)/c\tau_1 = c\tau_n - c\tau_1$$

- 10 Utilizar la ecuación 1 anterior y sustituir los valores correspondientes de los términos de  $x$  e  $y$  por  $(R_1^2 - R_0^2)$ ,  $(R_2^2 - R_0^2)$  Hasta  $(R_n^2 - R_0^2)$ , y luego reúna los términos para formar  $n-1$  ecuaciones que sean lineales en  $x$  e  $y$ :

$$A_2x + B_2y = D_2$$

$$A_nx + B_ny = D_n$$

- 15 Donde

$$A_2 = -\frac{2x_2}{c\tau_2} + \frac{2x_1}{c\tau_1}$$

$$A_n = -\frac{2x_n}{c\tau_n} + \frac{2x_1}{c\tau_1}$$

- 20

$$B_2 = -\frac{2y_2}{c\tau_2} + \frac{2y_1}{c\tau_1}$$

$$B_n = -\frac{2y_n}{c\tau_n} + \frac{2y_1}{c\tau_1}$$

- 25

$$D_2 = c\tau_2 - c\tau_1 - \frac{x_2^2 + y_2^2}{c\tau_2} + \frac{x_1^2 + y_1^2}{c\tau_1}$$

$$D_n = c\tau_n - c\tau_1 - \frac{x_n^2 + y_n^2}{c\tau_n} + \frac{x_1^2 + y_1^2}{c\tau_1}$$

Expresar las  $n-1$  ecuaciones anteriores en un formato matricial:

$$(AB) \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = (D) \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde

$$(AB) = \begin{pmatrix} A_2 & B_2 \\ \vdots & \vdots \\ A_n & B_n \end{pmatrix} \quad \text{y} \quad (D) = \begin{pmatrix} D_2 \\ \vdots \\ D_n \end{pmatrix}$$

- 30 La ecuación 2 puede resolverse para  $x$  e  $y$  (es decir, las coordenadas de la ubicación del emisor o sensor de etiquetas (104)), en función de las ubicaciones conocidas de la pasarela, utilizando un enfoque de matriz pseudoinversa que es similar a una solución de mínimos cuadrados:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \text{inv}((AB)^T(AB)) * (AB)^T * (D)$$

Donde  $(AB)^T$  es la transposición de  $(AB)$ .

Las ecuaciones simultáneas anteriores pueden presentar una singularidad si un emisor está situado a lo largo de una línea que biseca la línea de base entre un par de pasarelas. La singularidad es el resultado de que las distancias entre el emisor en la bisectriz y el par de pasarelas sean iguales. Las FIG. 1C y 1D muestran cómo las singularidades varían con las ubicaciones de las pasarelas. La FIG. 1C tiene ubicaciones de pasarelas en las esquinas de un cuadrado de 1 kilómetro. Las líneas oscuras muestran la ubicación de las singularidades. En otras palabras, cada punto de las líneas oscuras corresponde a una singularidad. Obsérvese que no aparece una singularidad a lo largo de una línea que pasa por el origen y la pasarela situada en (1000, 1000) metros, ya que el enfoque algebraico utiliza el origen como referencia para toda la diferencia de tiempo. La FIG. 1D muestra cómo las singularidades asociadas a la línea inclinada en diagonal cambian al trasladar la única pasarela a una ubicación diferente (1500, 1500).

Generalmente, el problema causado por la singularidad es un evento de baja probabilidad. Si más de cuatro pasarelas reciben la señal IoT del emisor o sensor de etiquetas (104), el uso de diferentes combinaciones de geometrías de recepción mitiga la probabilidad de una singularidad. El uso de las mediciones TOA y RSSI en combinación permite seleccionar cuál de las cuatro pasarelas se utiliza para geolocalizar un emisor sin que influya ninguna singularidad.

Las FIG. 1E, 1F y 1G muestran una plataforma concentrador-nube para la monitorización de un objeto, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención. En concreto, la FIG. 1E muestra una configuración concentrador-nube de un sistema de monitorización del activo móvil. La configuración concentrador-nube incluye el concentrador (210), la nube (230) y la aplicación de usuario (250). Una plataforma concentrador-nube (270), que se ejecuta conjuntamente en el concentrador (270) y en la nube (230) de forma distribuida, proporciona soporte de back end para varios componentes del sistema de monitorización (110) representado en la FIG. 1A anterior, como se describe más adelante con referencia a la FIG. 1I. Un usuario puede confiar en una aplicación de usuario (250) para acceder a la plataforma concentrador-nube (270) a través del concentrador (210) y/o a través de la nube (230). Cada uno de estos componentes se describe a continuación.

Los servicios disponibles a través de la plataforma concentrador-nube (270) pueden incluir, por ejemplo, el suministro de datos recogidos por el sistema de monitorización (110) al usuario, permitiendo al usuario configurar el sistema de monitorización, etc. Un usuario puede acceder a la plataforma concentrador-nube (270) mediante la aplicación de usuario (250), que puede ejecutarse en un dispositivo informático como un teléfono inteligente o un ordenador portátil. La aplicación de usuario (250), por lo tanto, puede proporcionar una interfaz de usuario configurada para permitir al usuario acceder a la plataforma concentrador-nube, y recibir notificaciones sobre eventos críticos. La aplicación de usuario puede incluir, por ejemplo, pantallas de alerta, mensajes de estado, capacidades de visualización de datos, capacidades de control y configuración, etc. La aplicación de usuario puede proporcionar además campos de entrada de datos (*por ejemplo*, para configurar el sistema de monitorización), interfaces de control especializadas (*por ejemplo*, para controlar un dron), interfaces de voz sobre IP (VoIP) y/o push to talk y otras interfaces de comunicación que sean compatibles con los enlaces de banda ancha proporcionados por los puntos de acceso. Implementaciones alternativas de la aplicación de usuario (250) pueden operar en otros dispositivos, por ejemplo, en un dispositivo de alerta de audio.

Dependiendo de si la aplicación de usuario (250) accede a la plataforma concentrador-nube (270) a través del concentrador (210) o a través de la nube (230), la aplicación de usuario (250) puede interactuar con la plataforma concentrador-nube a través del servicio de aplicaciones (212) del concentrador (210) (por ejemplo, utilizando la interfaz Wi-Fi de un teléfono inteligente) o a través del servicio de aplicaciones (232) de la nube (230) (*por ejemplo*, utilizando la interfaz LTE del teléfono inteligente). Cuando un usuario está in situ, por ejemplo, conectado directamente a un punto de acceso mediante un enlace Wi-Fi, el acceso a la plataforma concentrador-nube (270) puede ser particularmente de baja latencia porque la interacción del dispositivo informático del usuario con el concentrador es local.

El concentrador (210), incluye un dispositivo informático configurado para realizar al menos algunas de las etapas descritas con referencia a los diagramas de flujo de las FIG. 4A-4E, y una o más interfaces de comunicación que permiten al concentrador interactuar con uno o más nodos de red, la nube (230) y el dispositivo informático que ejecuta la aplicación de usuario (250). El dispositivo informático del concentrador puede ser, por ejemplo, un sistema integrado que incluye todos los componentes del dispositivo informático en una única placa de circuito impreso (PCB), o un sistema en un chip (SOC), es decir, un circuito integrado (IC) que integra todos los componentes del dispositivo informático en un único chip. El dispositivo informático puede incluir uno o más núcleos de procesador, memoria asociada (*por ejemplo*, memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria caché, memoria flash, etc.), una o más interfaces de red (*por ejemplo*, una interfaz Ethernet, una interfaz Wi-Fi, una interfaz Bluetooth, etc.), e interfaces para dispositivos de almacenamiento, dispositivos de entrada y salida, etc. El dispositivo informático puede incluir además uno o más dispositivos de almacenamiento (*por ejemplo*, un disco duro, una unidad óptica como una unidad de disco compacto (CD) o de disco versátil digital (DVD), memoria flash, etc.), y numerosos otros elementos y funcionalidades. En una realización de la invención, el dispositivo informático incluye un sistema operativo que puede incluir funcionalidad para ejecutar los procedimientos que se describen a continuación. Los

expertos en la materia apreciarán que la invención no se limita a la configuración mencionada del dispositivo informático.

La nube (230), de acuerdo con una o más realizaciones de la invención, puede estar formada por múltiples/muchos dispositivos informáticos en red. Estos dispositivos informáticos pueden estar distribuidos geográfica y organizativamente de cualquier manera. Por ejemplo, algunos de estos dispositivos informáticos pueden estar ubicados en un centro de datos, mientras que otros pueden ser servidores físicos o virtuales individuales. En la FIG. 5 se muestra un sistema informático ejemplar, tal y como puede utilizarse en la nube. 6. Uno o más de los dispositivos informáticos pueden alojar la plataforma concentrador-nube (270), de forma análoga a como se aloja la plataforma concentrador-nube en el concentrador (210). Aunque los componentes de la plataforma concentrador-nube que se ejecutan en el concentrador (210) y que se ejecutan en un dispositivo informático en la nube (230) pueden funcionar por separado, están interconectados, *por ejemplo*, a través de enlace(s) de retorno descritos en referencia a la FIG. 5A, permitiendo así la sincronización entre estos componentes. En consecuencia, la misma información puede estar disponible, independientemente de si la aplicación del usuario se conecta a través del centro (210) o a través de la nube (230). Como se representa en el sistema de monitorización (110a) en la FIG. 1G por debajo, pueden existir discrepancias temporales, por ejemplo, durante los momentos en los que el enlace de retroceso no es fiable o se interrumpe, y por lo tanto no hay una sincronización disponible. Además, dado que el procesamiento de datos adicional, *por ejemplo*, más complejo, puede realizarse en la nube, los datos adicionales, resultantes del procesamiento adicional, pueden estar disponibles cuando se conecta a la plataforma concentrador-nube (270) a través de la nube. Sin embargo, estos datos también pueden estar disponibles a través del concentrador (210), si se sincronizan con el concentrador (210) a través de los enlaces de retorno. La nube puede ejecutar múltiples instancias de la plataforma concentrador-nube para soportar la carga de muchos sitios y/o muchos usuarios. Dependiendo de la configuración de la plataforma concentrador-nube, los datos entrantes, *es decir*, los datos recibidos de un concentrador particular, un dispositivo particular, un sitio particular, o un cliente particular, pueden ser distribuidos entre múltiples instancias, o pueden ser asignados consistentemente a la misma instancia, utilizando, *por ejemplo*, una configuración de anillo de hash consistente.

Los expertos en la materia reconocerán que otras configuraciones que se desvían de la configuración introducida en la FIG. Puede haber IE, sin apartarse de la invención. Por ejemplo, en los sistemas de monitorización (110) que no incluyen una interfaz con la nube (230), la plataforma concentrador-nube (270) puede ejecutarse únicamente en el concentrador. En este escenario, el centro está configurado para "auto-retorno", *es decir*, el centro puede recoger y consolidar los datos de los sensores y puede realizar parte o incluso todo el procesamiento que de otro modo se realizaría en la nube. De forma similar, en los sistemas de monitorización (*por ejemplo*, los sistemas de monitorización (110b), (110c), (110d), como se representa en la FIG. 1G) en el que los nodos de la red se conectan directamente con la nube (230), la plataforma concentrador-nube (270) puede ejecutarse únicamente en la nube. Toda la funcionalidad, incluso la que normalmente proporcionaría el centro, en este caso puede proporcionarse en la nube. La configuración del sistema de monitorización, con o sin concentrador, en una o más realizaciones de la invención, puede ser transparente, *es decir*, los sensores u otros dispositivos pueden funcionar de la misma manera, independientemente de la presencia de un concentrador. Del mismo modo, un usuario puede experimentar el mismo sistema de monitorización, esté o no presente el concentrador.

Volviendo a la FIG. SI, se muestran detalles adicionales de la plataforma concentrador-nube (270). En una o más realizaciones de la invención, la plataforma concentrador-nube está organizada en capas. Los servicios básicos (276) proporcionan funcionalidades básicas como el almacenamiento de datos, la red y la mensajería. Además de los servicios básicos (276), los servicios IoT (274) proporcionan servicios específicos para las redes IoT, pero que no son necesariamente específicos para una aplicación concreta, como el uso en un entorno agrícola. Los servicios IoT, por tanto, pueden incluir, por ejemplo, servicios de localización (*por ejemplo*, basados en GPS, TDOA o RSSI), servicios y configuraciones de red IoT, etc. La capa superior incluye servicios específicos de activos móviles (272), como el servicio agrícola. Por ejemplo, el servicio agrícola puede incluir análisis de comportamiento que se utilizan para controlar el bienestar del ganado. Pueden añadirse capas adicionales para aplicaciones específicas, sin apartarse de la invención.

Estos servicios, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención, pueden estar disponibles a través del concentrador (210) y/o a través de la nube (230). Se puede realizar una sincronización entre los servicios que se ejecutan en la nube y los servicios que se ejecutan en el concentrador, manteniendo así la coherencia entre el concentrador y la nube. Siempre que se disponga de un enlace de comunicación (*por ejemplo*, enlace de retroceso), los datos disponibles a través del centro y de la nube pueden ser idénticos. Sin embargo, si el enlace de comunicación deja de estar disponible temporalmente, los datos que se acumulan en el centro pueden no estar disponibles a través de la nube. Una vez restablecido el enlace de comunicación, se puede realizar una sincronización para actualizar la nube con los datos disponibles en el centro. En consecuencia, se dispone de una vista de datos coherente a través del centro y la nube, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención. En una o más realizaciones, la vista consistente es una vista consistente priorizada cuando ciertos datos pueden ser más importantes que otros, como se identifican por los metadatos asociados, En un enlace de comunicación más lento (*por ejemplo*, más lento que un umbral de velocidad predeterminado), el concentrador puede organizar los datos para asegurar que los datos más importantes (*por ejemplo*, identificados por una medida de importancia contenida en los metadatos) se sincronizan primero. Del mismo modo, el centro puede excluir ciertos datos que no

son relevantes (*por ejemplo*, identificados por la medida de importancia contenida en los metadatos) de ser sincronizados a la nube. De vez en cuando, el concentrador puede recibir una configuración de la nube indicando que ciertos datos no son importantes en ese momento. En consecuencia, la medida de importancia contenida en los metadatos puede ajustarse en respuesta.

- 5 La FIG. 2 muestra un nodo de red para monitorizar uno o más activos móviles en un área geográfica de acuerdo con una o más realizaciones de la invención. En una o más realizaciones, uno o más de los módulos y elementos mostrados en la FIG. 2 puede ser omitido, repetido y/o sustituido. En consecuencia, las realizaciones de la invención no deben considerarse limitadas a las disposiciones específicas de los módulos mostrados en la FIG. 2.

10 Como se muestra en la FIG. 2, el nodo de red A (112) incluye un receptor de Internet de las Cosas (201), un módulo de tiempo de llegada (TOA) (202), un servicio de posicionamiento global (GPS) y un circuito de sincronización de reloj (203), un motor de procesamiento (204) y una antena de radio IoT (205). Cada uno de los módulos y elementos del nodo de red A (112) puede incluir un componente de hardware, un componente de software, o una combinación de componentes de hardware y software que realiza la función del nodo de red A (112). En una o más realizaciones, el receptor de IoT (201) está configurado para recibir una señal de IoT desde un sensor de etiquetas dispuesto en un activo móvil, como el sensor de etiquetas (104) del activo móvil (101) representado en la FIG. 1A arriba. El receptor IoT (201) incluye un receptor de RF (201a) para recibir la señal IoT a través de la antena de radio IoT (205), y un módem de banda base digital (201b) para demodular o convertir de otra manera la señal IoT recibida en una señal digitalizada que tiene un preámbulo y una carga útil. El preámbulo incluye metadatos de la información de la carga útil, como la información de identificación del sensor de etiquetas, la marca de tiempo de transmisión de la señal IoT, etc. La carga útil incluye información generada por el sensor de etiquetas, como las mediciones fisiológicas del activo móvil, la posición GPS del sensor de etiquetas, etc. Por ejemplo, el receptor IoT (201) puede basarse en el protocolo LoRA u otros tipos de protocolos IoT. En otras palabras, el receptor de RF (201a) es un receptor de radiofrecuencia configurado para recibir la señal LoRA u otros tipos de señal IoT. El módem de banda base digital (201b) es un circuito modulador/demodulador configurado para procesar la señal LoRA u otros tipos de señal IoT.

25 En una o más realizaciones, la señal IoT recibida es detectada por el módulo TOA (202) para generar un sello de tiempo TOA sin demodular o decodificar de otro modo la forma de onda de la señal IoT. En una o más realizaciones, la señal IoT recibida es detectada por el módulo TOA (202) para generar el sello de tiempo TOA basado en el preámbulo sin decodificar la carga útil de la señal IoT. La marca de tiempo TOA es un valor numérico que representa el momento en que la señal IoT es detectada por el módulo TOA (202). En una o más realizaciones, el módulo TOA (202) genera el sello de tiempo TOA basado en un reloj interno estable y de alta precisión. En una o más realizaciones, el reloj interno se calibra y se sincroniza con una marca de tiempo de 1 PPS (pulso por segundo) del circuito de sincronización del GPS y del reloj (203). Por ejemplo, se puede utilizar un oscilador disciplinado estabilizado por temperatura a 32 MHz con menos de 10 ns de fluctuación RMS (raíz de la media cuadrática) para suministrar el reloj interno. En otro ejemplo, la marca de tiempo de 1PPS puede proporcionarse a un circuito de bucle de bloqueo en fase (PLL) que genera una frecuencia de 32 MHz con menos de 10 ns de fluctuación RMS.

40 En una o más realizaciones, el motor de procesamiento (204) está configurado para decodificar la señal IoT convertida que incluye las mediciones de los sensores generadas por el sensor de etiquetas, la posición GPS del sensor de etiquetas y las estadísticas de la señal, como la indicación de intensidad de la señal recibida (RSSI). El motor de procesamiento (204) está configurado además para enviar la información decodificada de la carga útil del IoT y el RSSI junto con la información del sello de tiempo del TOA a través de la red mallada al sistema de agregación de red (120) representado en la FIG. 1A arriba.

45 En una o más realizaciones, el motor de procesamiento (204) está configurado además para soportar la generación y transmisión de señales IoT simuladas. La señal IoT simulada es una señal que se ajusta al mismo protocolo que la señal IoT de los sensores de etiquetas (*por ejemplo*, el sensor de etiquetas (104)). A diferencia de la señal IoT, la señal IoT simulada es generada por un nodo de red (*por ejemplo*, el nodo de red A (112)) utilizando el motor de procesamiento asociado (*por ejemplo*, el motor de procesamiento (204)) en lugar de ser generada por cualquier sensor de etiquetas. En una o más realizaciones, la señal de IoT simulada del nodo de red A (112) incluye una posición GPS del nodo de red A (112) de manera que el nodo de red A (112) actúa como un activo móvil simulado para la prueba de diagnóstico y la calibración de la red de monitorización (110). Tal y como se utiliza aquí, un activo móvil simulado es un nodo de red que genera y transmite una señal IoT simulada para actuar como un activo móvil que tiene un sensor de etiquetas que transmite una señal IoT real.

55 En una o más realizaciones, el circuito de sincronización GPS y de reloj (203) incluye una unidad GPS que cumple al menos dos funciones. La unidad GPS proporciona una medición precisa y a largo plazo de la posición geográfica del nodo de red A (112). Esta geoposición medida no requiere que el nodo A de la red (112) esté localizado con precisión durante el despliegue de la red de monitorización (110). En segundo lugar, la señal GPS proporciona la referencia de tiempo de 1 PPS que sincroniza los relojes internos en los nodos de la red (*por ejemplo*, el nodo de la red A (112), el nodo de la red B (113), los nodos de la red (114-119)) en toda la red de monitoreo (110). El reloj interno se utiliza para generar las marcas de tiempo del TOA indicadas anteriormente. La sincronización de los relojes internos de los nodos de la red en toda la red de monitoreo (110) permite que las marcas de tiempo del TOA generadas por diferentes nodos de la red (*por ejemplo*, el nodo de la red A (112), el nodo de la red B (113), los nodos de la red (114-119)) se comparen de manera sincronizada o de otra manera consistente.

En una o más realizaciones, el circuito de sincronización del GPS y del reloj (203) incluye además un circuito de acondicionamiento de la señal que sincroniza el impulso de temporización del GPS 1 PPS con un reloj interno estable del nodo de red A (112). Este reloj interno estable es utilizado por el módulo TOA (202) para generar el sello de tiempo TOA. Es lo suficientemente estable como para que en los momentos en que la señal GPS no esté disponible, este reloj interno siga proporcionando una sincronización para generar las marcas de tiempo del TOA.

En una o más realizaciones de la invención, los componentes del nodo de red A (112) descritos anteriormente realizan colectivamente las funcionalidades del sistema de monitorización (110) utilizando el procedimiento descrito en referencia a las FIG. 4A-4E a continuación.

La FIG. 3 muestra una superposición de protocolo de comunicación IoT (300) para la monitorización de uno o más activos móviles en un área geográfica de acuerdo con una o más realizaciones de la invención. En una o más realizaciones, uno o más de los módulos y elementos mostrados en la FIG. 3 puede ser omitido, repetido y/o sustituido. En consecuencia, las realizaciones de la invención no deben considerarse limitadas a las disposiciones específicas de los módulos mostrados en la FIG. 3.

Como se muestra en la FIG. 3, la superposición del protocolo de comunicación IoT (300) está diseñada para permitir la distribución de una base de tiempo precisa por un punto de acceso (*por ejemplo*, el nodo de red A (112) representado en las FIG. 1 y 2A anteriores) para etiquetar sensores u otros dispositivos que se comunican con el punto de acceso. La superposición del protocolo de comunicación del IoT (300) establece además reglas para los intercambios de datos en forma de bandas de frecuencia y franjas horarias que se utilizarán para las comunicaciones, con el fin de reducir o eliminar las colisiones que de otro modo podrían producirse cuando varios sensores de etiquetas intentan transmitir datos simultáneamente. En una o más realizaciones, la señal IoT mencionada y la señal IoT simulada se basan en la superposición del protocolo de comunicación IoT (300) descrita en el presente documento.

En una o más realizaciones de la invención, la superposición del protocolo de comunicación IoT (300) puede utilizarse para ampliar los protocolos IoT existentes, como LoRa o SigFox, pero también otros protocolos, como el protocolo 802.11 Wi-Fi. La superposición del protocolo de comunicación IoT (300) incluye una supertrama (302) y tramas (304). El inicio de cada trama está marcado por una baliza (312), emitida por el punto de acceso. Una baliza puede incluir o ir seguida de una comunicación de diversos datos a los dispositivos IoT dentro del alcance del punto de acceso. Los datos pueden incluir una base de tiempo precisa que el punto de acceso puede haber obtenido de su unidad GPS. Los datos pueden incluir además una especificación de la superposición del protocolo de comunicación del IoT, informando así a los dispositivos del IoT que deben comunicarse con el punto de acceso del calendario y la frecuencia de las franjas horarias que se les han asignado para la transmisión de datos.

La baliza puede ser seguida por transmisiones de datos del sensor en las ranuras de comunicación (316). Cada ranura de comunicación puede tener una duración fija y estar situada en una frecuencia determinada. En la superposición de protocolo de comunicación IoT ejemplar (600) de la FIG. 3, un marco incluye 24 ranuras de comunicación. Pueden transmitirse simultáneamente grupos de 8 ranuras de comunicación utilizando diferentes frecuencias. Las franjas de comunicación pueden asignarse de cualquier manera. Por ejemplo, una comunicación por parte de un dispositivo IoT particular puede realizarse utilizando una única ranura de comunicación asignada o, si es necesario, múltiples ranuras de comunicación que pueden ocurrir en paralelo en diferentes frecuencias (canales) y/o posteriormente. Ninguna ranura de comunicación puede ser asignada a varios dispositivos para evitar colisiones de comunicación. Una trama (x04) termina con un tiempo de guarda de balizas (x14), durante el cual no se pueden permitir las comunicaciones de ninguno de los dispositivos IoT que dependen de la superposición del protocolo de comunicación IoT. Sin embargo, otros dispositivos IoT que simplemente son capaces de comunicarse utilizando el protocolo de comunicación IoT subyacente, pero no la superposición del protocolo de comunicación IoT, pueden comunicarse durante el tiempo de guarda de balizas.

En total, la superposición del protocolo de comunicación IoT (600) proporciona 72 ranuras de comunicación (316). En consecuencia, se pueden realizar hasta 72 comunicaciones individuales en una sola supertrama (302). Si estas 72 comunicaciones son insuficientes para dar servicio a todos los dispositivos IoT, la superposición de protocolos puede modificarse de varias maneras sin apartarse de la invención. Por ejemplo, una supertrama puede estar configurada para incluir más de tres tramas. Adicional o alternativamente, una trama puede incluir más de tres ranuras de comunicación consecutivas, y/o se pueden utilizar frecuencias (canales) adicionales para permitir la transmisión simultánea de ranuras de comunicación adicionales. Todos los puntos de acceso de un sitio pueden utilizar el mismo protocolo de comunicación IoT.

En una o más realizaciones de la invención, no todos los canales que están disponibles en el protocolo de comunicación IoT subyacente son utilizados por la superposición del protocolo de comunicación IoT. Los canales que no se ponen a disposición pueden utilizarse para dar soporte a dispositivos que no están diseñados para trabajar con la superposición de protocolos de comunicación del IoT, al tiempo que pueden utilizar los protocolos del IoT subyacentes. Dichos canales también pueden utilizarse para transmisiones largas, como un firmware proporcionado por el aire.

Volviendo a la discusión de la FIG. 1A, en una o más realizaciones, los nodos de red (por ejemplo, el nodo de red A (112)) interactúan con un sistema de agregación de red (120), que realiza el procesamiento de los datos recibidos de los activos móviles monitorizados (por ejemplo, el activo móvil (101)) a través de los nodos de red (por ejemplo, el nodo de red A (112), el nodo de red B (113), los nodos de red (114-119)). Por ejemplo, el sistema de agregación de red (120) puede procesar los datos recibidos para determinar la ubicación, el comportamiento y/o la fisiología de cada activo móvil (por ejemplo, el activo móvil (101)), como se describe más adelante.

En una o más realizaciones de la invención, el sistema de agregación de red (120) incluye un centro de procesamiento (210) y una nube de información (230). El centro (210) y la nube (230) agregan colectivamente las marcas de tiempo TOA de múltiples nodos de la red (por ejemplo, el nodo de la red A (112)) para geolocalizar el activo móvil etiquetado con el sensor de etiquetas basado en técnicas de diferencia de tiempo de llegada (TDOA), como el modelo algebraico lineal descrito en referencia a las FIG. 1B-ID arriba. Obsérvese que las marcas de tiempo TOA de un mínimo de tres nodos de la red pueden utilizarse para geolocalizar un sensor de etiquetas que emita la señal IoT. Se prefiere utilizar las marcas de tiempo del TOA de cuatro o más nodos de la red para permitir el uso del modelo algebraico lineal antes mencionado para calcular la ubicación del sensor de etiquetas.

En una o más realizaciones, el concentrador (210) se interconecta con los dispositivos informáticos en la nube (230) a través de un enlace ascendente de retorno por cable, un enlace ascendente de retorno celular y/o un enlace ascendente de retorno por satélite de Internet. El concentrador (210), incluye un dispositivo informático configurado para realizar al menos algunas de las etapas descritas con referencia a los diagramas de flujo de las FIG. 4A-4E, y una o más interfaces de comunicación que permiten al concentrador interactuar con uno o más puntos de acceso (por ejemplo, el nodo de red A (112), el nodo de red B (113), los nodos de red (114-119)), la nube (230) y un dispositivo informático de usuario que ejecuta una aplicación de usuario. El dispositivo informático del concentrador puede ser, por ejemplo, un sistema integrado que incluye todos los componentes del dispositivo informático en una única placa de circuito impreso (PCB), o un sistema en un chip (SOC), es decir, un circuito integrado (IC) que integra todos los componentes del dispositivo informático en un único chip. El dispositivo informático puede incluir uno o más núcleos de procesador, memoria asociada (por ejemplo, memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria caché, memoria flash, etc.), una o más interfaces de red (por ejemplo, una interfaz Ethernet, una interfaz Wi-Fi, una interfaz Bluetooth, etc.), e interfaces para dispositivos de almacenamiento, dispositivos de entrada y salida, etc. El dispositivo informático puede incluir además uno o más dispositivos de almacenamiento (por ejemplo, un disco duro, una unidad óptica como una unidad de disco compacto (CD) o de disco versátil digital (DVD), memoria flash, etc.), y numerosos otros elementos y funcionalidades. En una realización de la invención, el dispositivo informático incluye un sistema operativo que puede incluir funcionalidad para ejecutar los procedimientos que se describen a continuación. Los expertos en la materia apreciarán que la invención no se limita a la configuración mencionada del dispositivo informático.

La nube (230), de acuerdo con una o más realizaciones de la invención, puede estar formada por múltiples/muchos dispositivos informáticos en red. Estos dispositivos informáticos pueden estar distribuidos geográfica y organizativamente de cualquier manera. Por ejemplo, algunos de estos dispositivos informáticos pueden estar ubicados en un centro de datos, mientras que otros pueden ser servidores físicos o virtuales individuales. En la FIG. 6 se muestra un sistema informático ejemplar, tal y como puede utilizarse en la nube. Aunque las funcionalidades del sistema de agregación de red (110) que se realizan en el concentrador (210) y las que se realizan en un dispositivo informático en la nube (230) pueden realizarse por separado, el concentrador (210) y la nube (230) están interconectados, por ejemplo, a través del enlace de retorno, lo que permite la sincronización entre las funcionalidades realizadas en el concentrador (210) y las funcionalidades realizadas en un dispositivo informático en la nube (230). En consecuencia, la misma información puede estar disponible, independientemente de si una aplicación de usuario se conecta a través del centro (210) o a través de la nube (230). Sin embargo, pueden existir discrepancias temporales, por ejemplo, durante los momentos en los que se interrumpe un enlace de retroceso y, por tanto, no se puede realizar una sincronización. Además, dado que el procesamiento de datos adicional, por ejemplo, más complejo, puede realizarse en la nube, los datos adicionales, resultantes del procesamiento adicional, pueden estar disponibles al conectarse a la nube. Sin embargo, estos datos también pueden estar disponibles a través del centro (210), si se sincronizan con el centro (210) a través del enlace de retorno.

Los expertos en la materia reconocerán que otras configuraciones que se desvían de la configuración centro-nube representada en la FIG. 1A puede existir, sin apartarse de la invención. Por ejemplo, en el sistema de monitorización (110) que no incluye una interfaz con la nube (230), la funcionalidad del sistema de agregación de red (120) puede realizarse únicamente en el concentrador (210). En este caso, el concentrador está configurado para "auto-retorno". es decir, el centro puede recoger y consolidar los datos de los sensores y puede realizar una porción o incluso todo el procesamiento que de otro modo se realizaría en la nube. Del mismo modo, en el sistema de monitorización (110) en el que los puntos de acceso interactúan directamente con la nube (230), la funcionalidad del sistema de agregación de redes (120) puede realizarse únicamente en la nube. Toda la funcionalidad, incluso la que normalmente proporcionaría el centro, en este caso puede proporcionarse en la nube. La configuración del sistema de monitorización (110), con o sin concentrador, en una o más realizaciones de la invención, puede ser transparente, es decir, los sensores u otros dispositivos pueden funcionar de la misma manera, independientemente de la presencia de un concentrador. Del mismo modo, un usuario puede experimentar el mismo sistema de monitorización, esté o no presente el concentrador. En una o más realizaciones de la invención, el concentrador

(210) y/o la nube (230) realizan las funcionalidades del sistema de monitorización (110), en particular del sistema de agregación de red (120), utilizando el procedimiento descrito en referencia a las FIG. 4A-4E a continuación.

Las FIG. 4A-4E muestran un diagrama de flujo de un procedimiento para monitorizar uno o más activos móviles en un área geográfica, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención. El proceso mostrado en las FIG. 4A-4E puede ser ejecutado, por ejemplo, por uno o más componentes discutidos anteriormente en referencia a las FIG. 1-3. Uno o más pasos mostrados en las FIG. 4A-4E pueden omitirse, repetirse y/o realizarse en un orden diferente entre las distintas realizaciones de la invención. En consecuencia, las realizaciones de la invención no deben considerarse limitadas al número y disposición específicos de las etapas mostradas en las FIG. 4A-4E.

El diagrama de flujo del procedimiento representado en las FIG. 4A-4E pueden utilizarse, por ejemplo, para rastrear la ubicación y/o las señales fisiológicas obtenidas de los activos móviles. El diagrama de flujo del procedimiento puede ejecutarse repetidamente a lo largo del tiempo, lo que permite a un usuario monitorizar continuamente los activos móviles y detectar cambios, *por ejemplo*, cuando los activos móviles se mueven.

La FIG. 4A muestra un diagrama de flujo de un procedimiento general para monitorizar uno o más activos móviles en una zona geográfica. Inicialmente, en la etapa 400, se recogen los datos de monitorización de los activos móviles que están equipados con sensores de etiquetas. La recopilación puede producirse de forma programada, *por ejemplo*, basándose en la base de tiempo proporcionada por la superposición del protocolo de comunicación del IoT o de forma espontánea, *por ejemplo*, a petición o cuando se detecta un evento concreto. La recogida de datos por un sensor de etiquetas puede ser independiente de la recogida de datos por otros sensores de etiquetas. Los datos recogidos pueden ser almacenados por el sensor de etiquetas hasta que puedan ser transmitidos a un punto de acceso.

En la etapa 402, los sensores de etiquetas proporcionan los datos recogidos a uno o más nodos de la red (*por ejemplo*, puntos de acceso, pasarelas, etc.), utilizando el enlace IoT. Cada sensor de etiquetas utiliza una ranura de comunicación en un momento determinado y en una banda de frecuencias concreta, tal y como se especifica en la superposición del protocolo de comunicación del IoT, evitando así las interferencias de transmisión por parte de varios sensores de etiquetas que utilizan la misma ranura de comunicación. Las transmisiones de los sensores de etiquetas pueden ser recibidas por uno o más nodos de la red dentro del rango.

En la etapa 404, los datos recibidos pueden ser procesados por el/los nodo(s) de la red que recibieron los datos. El procesamiento puede incluir la agregación, el filtrado, la fusión, la compresión y/o la codificación de los datos. El procesamiento puede incluir además el intercambio de datos con otros puntos de acceso. Por ejemplo, los datos de TDOA pueden ser intercambiados entre los nodos de la red para determinar la ubicación de un sensor de etiquetas, en relación con los nodos de la red.

En la etapa 406, los datos procesados se proporcionan a un concentrador, utilizando el enlace de banda ancha que interconecta el nodo o nodos de la red y el concentrador. La etapa 406 es opcional y se ejecuta sólo si existe un concentrador en la configuración del sistema utilizado. Si no existe un centro, los datos procesados pueden ser proporcionados alternativamente a la nube. Independientemente de si el sistema está configurado para utilizar un concentrador, una nube o ambos, los datos procesados son recibidos por la aplicación concentrador-nube que se ejecuta en el concentrador, en la nube, o en el concentrador y en la nube.

En la etapa 408, la aplicación que se ejecuta en el concentrador realiza el análisis de los datos. El análisis de datos puede incluir módulos genéricos para diversas aplicaciones, como el rastreo de la ubicación, y otros módulos específicos para una aplicación concreta, como el seguimiento de los parámetros fisiológicos de los animales. El análisis de datos puede realizarse adicionalmente o alternativamente en la nube.

En la etapa 410, los datos de monitorización procesados se almacenan en el concentrador o se suben a la nube. Esta etapa puede realizarse en sistemas que incluyen un entorno de nube y en sistemas que incluyen una combinación del centro y la nube. En consecuencia, los datos obtenidos de los sensores de etiquetas pueden ser igualmente accesibles a través de la nube y del centro. En una o más realizaciones, el centro transforma los datos antes de almacenarlos localmente o subirlos a la nube. Por ejemplo, el concentrador puede convertir las señales GPS en coordenadas geográficas, como para implementar un GPS híbrido. En otro ejemplo, la transformación puede incluir la agrupación de datos, la adición de metadatos, (*por ejemplo*, marcas de tiempo TDOA, ubicaciones TDOA resueltas, marcado con el segmento de red recibido, etc.).

En la etapa 412, se proporciona a un usuario acceso a los datos de monitorización procesados mediante una aplicación concentrador-nube que se ejecuta en el concentrador, en la nube, o en el concentrador y en la nube. El usuario puede acceder a los datos de monitorización procesados utilizando cualquier tipo de dispositivo informático que sea capaz de interactuar con la aplicación concentrador-nube. El usuario puede obtener una visualización de los datos de monitorización procesados, que puede incluir texto, gráficos, tablas, etc. El usuario puede acceder a un historial temporal de los datos de monitorización procesados y también puede acceder a los datos no procesados o parcialmente procesados obtenidos de los sensores de etiquetas. Se pueden proporcionar alertas al usuario bajo ciertas condiciones configurables. Por ejemplo, se puede emitir una alerta si un activo móvil (*por ejemplo*, un animal) abandona una zona determinada, si se detectan patrones de movimiento inusuales (como la ausencia de

movimiento, que indica, por ejemplo, enfermedad, o el movimiento excesivo, que indica, por ejemplo, un depredador), o si las mediciones fisiológicas están fuera de un rango especificado.

La FIG. 4B muestra detalles de la etapa 404, representado en la FIG. 4A anterior, que es realizado por un nodo de la red. Inicialmente, en la etapa 420, un reloj interno de un nodo de red (*por ejemplo*, punto de acceso, pasarela, etc.) se sincroniza con un pulso de temporización GPS cuando el pulso de temporización GPS está disponible y es recibido por el nodo de red durante al menos un primer período de tiempo. En respuesta a la sincronización, el reloj interno se mantiene a un nivel de estabilidad predeterminado a lo largo de al menos un segundo período de tiempo cuando el pulso de sincronización del GPS no está disponible y no es recibido por el nodo de la red. De este modo, el pulso de sincronización del GPS se utiliza para sincronizar múltiples nodos de la red del sistema de monitorización.

En la etapa 422, se genera un sello de tiempo de llegada (TOA) de la señal IoT recibida por el nodo de red, basado en el reloj interno del nodo de red. En una o más realizaciones, la señal IoT de un único sensor de etiquetas es recibida por múltiples nodos de la red que generan respectivas marcas de tiempo TOA basadas en respectivos relojes internos que se sincronizan utilizando el mencionado pulso de sincronización GPS.

En la etapa 424, la señal IoT se convierte en una señal digitalizada que tiene un preámbulo y una carga útil. En una o más realizaciones, el sello de tiempo TOA se genera en base a la detección de la señal IoT antes de que la señal IoT sea convertida. En una o más realizaciones, el sello de tiempo TOA se genera en base al preámbulo sin decodificar la carga útil.

En la etapa 426, la información contenida en la señal IoT se extrae de la carga útil. En una o más realizaciones, la información incluye uno o más elementos de datos de indicación de intensidad de señal recibida (RSSI), una posición del sistema de posicionamiento global (GPS) del sensor de etiquetas, y otros parámetros monitorizados del activo móvil. Por ejemplo, los parámetros monitorizados pueden incluir parámetros fisiológicos. En particular, el sensor de etiquetas incorpora la posición GPS en la señal IoT cuando la señal GPS está disponible y es recibida por el sensor de etiquetas.

En la etapa 428, la marca de tiempo TOA y la información extraída de la señal IoT se envía a un sistema de agregación de red. En una o más realizaciones, uno o más de los sellos de tiempo TOA, el elemento de datos RSSI, la posición GPS del sensor de etiquetas y los parámetros monitorizados se envían al sistema de agregación de red a través de la red mallada formada por los nodos de red del sistema de monitorización. En particular, cada nodo de red de la red mallada puede retransmitir la información extraída enviada desde otro nodo de red al sistema de agregación de red a través de una ruta de red ad-hoc de la red mallada.

En una o más realizaciones, el envío de la marca de tiempo TOA se basa en que el elemento de datos RSSI cumple un criterio predeterminado, que indica una calidad aceptable de la señal IoT recibida. En otras palabras, el nodo de la red determina que el elemento de datos RSSI cumple con un criterio predeterminado, que indica una calidad de señal IoT aceptable, antes de enviar el sello de tiempo TOA al sistema de agregación de la red. Si el elemento de datos RSSI de la señal IoT no cumple el criterio predeterminado, lo que indica una calidad inaceptable de la señal IoT, se impide el envío del sello de tiempo TOA de la señal IoT al sistema de agregación de la red.

La FIG. 4C muestra detalles de la etapa 408, representado en la FIG. 4A anterior, que es realizado por el sistema de agregación de la red. Inicialmente, en la etapa 430, un sistema de agregación de red recibe múltiples sellos de tiempo TOA y elementos de datos RSSI de un número de nodos de red con ubicaciones conocidas. En particular, las marcas de tiempo TOA y los elementos de datos RSSI son generados por los nodos de la red a partir de las señales IoT transmitidas desde un sensor etiquetado a un único activo móvil. En una o más realizaciones, al menos un nodo de la red también transmite una posición GPS del sensor de etiquetas junto con el sello de tiempo TOA y el elemento de datos RSSI. En particular, la posición GPS es generada por el sensor de etiquetas cuando una señal GPS está disponible y es recibida por el sensor de etiquetas.

En la etapa 432, el sistema de agregación de red determina que cada elemento de datos RSSI cumple un criterio predeterminado, que indica una calidad aceptable de la señal IoT recibida, antes de incluir el sello de tiempo TOA correspondiente en una colección de sellos de tiempo para generar la geolocalización.

En la etapa 434, se genera una geolocalización del activo móvil por el sistema de agregación de red basado al menos en las marcas de tiempo TOA en la colección de marcas de tiempo. En una o más realizaciones, las marcas de tiempo TOA en la colección de marcas de tiempo se comparan entre sí para generar una diferencia de tiempo de llegada (TDOA). En consecuencia, la geolocalización se genera a partir de la TDOA utilizando una técnica de localización TDOA predeterminada, como la basada en el modelo descrito en referencia a las FIG. 1B, 1C, y 1D arriba.

En la etapa 436, se genera una evaluación de la calidad de la geolocalización, generada mediante la técnica de localización TDOA. En una o más realizaciones, se genera una geolocalización suplementaria del activo móvil basada en los elementos de datos RSSI utilizando una técnica de localización RSSI predeterminada. En particular, la geolocalización suplementaria se refiere a un cálculo diferente de geolocalización para complementar la

geolocalización calculada mediante la técnica de localización TDOA. Si la geolocalización y la geolocalización suplementaria coinciden dentro de un rango predeterminado, se califica la geolocalización generada mediante la técnica de localización TDOA. Es decir, la evaluación de la calidad es positiva o se le asigna una calificación más alta. Por el contrario, si la diferencia entre la geolocalización y la geolocalización suplementaria supera el rango predeterminado, la geolocalización generada mediante la técnica de localización TDOA queda descalificada. Es decir, la evaluación de la calidad es negativa o se le asigna una calificación inferior.

En una o más realizaciones, la posición GPS del sensor de etiquetas, cuando está disponible, y la geolocalización, generada mediante la técnica de localización TDOA, del activo móvil se comparan para generar además la evaluación de la calidad de la monitorización del activo móvil. Si la posición GPS del sensor de etiquetas, cuando está disponible, y la geolocalización generada mediante la técnica de localización TDOA coinciden dentro de un rango predeterminado, se califica la geolocalización generada mediante la técnica de localización TDOA. Es decir, la evaluación de la calidad es positiva o se le asigna una calificación más alta. Por el contrario, si la diferencia entre la posición GPS del sensor de etiquetas, cuando está disponible, y la geolocalización generada mediante la técnica de localización TDOA supera el rango predeterminado, la geolocalización generada mediante la técnica de localización TDOA se descalifica. Es decir, la evaluación de la calidad es negativa o se le asigna una calificación inferior. En una o más realizaciones, si la geolocalización generada usando la técnica de localización TDOA es descalificada, la posición GPS del sensor de etiquetas, cuando está disponible, y/o la geolocalización suplementaria generada usando la técnica de localización RSSI predeterminada son enviadas al sistema de agregación de red.

La FIG. 4D muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para monitorizar un objeto en una zona geográfica utilizando el centro y la plataforma en la nube representados en las FIG. 1E-1G arriba. Inicialmente, en la etapa 440, los datos de provisión de servicios para un servicio predeterminado del activo móvil son obtenidos por un dispositivo concentrador desde un dispositivo de computación en la nube.

En la etapa 442, los elementos de datos monitoreados son recibidos por el dispositivo concentrador desde nodos de red dispuestos alrededor de un primer segmento del área geográfica. En particular, los elementos de datos monitorizados se generan sobre la base de una señal de Internet de las cosas (IoT) recibida por los nodos de la red desde un sensor de etiquetas dispuesto en el activo móvil. En consecuencia, en las etapas 444-450 siguientes, los elementos de datos monitorizados se procesan en base a los datos de provisión de servicios para proporcionar el servicio predeterminado del activo móvil a través del primer segmento. En una o más realizaciones, el servicio predeterminado se proporciona a un usuario a través de al menos una aplicación de usuario. En una o más realizaciones, la provisión del servicio predeterminado incluye el acceso del usuario a los elementos de datos monitorizados.

En la etapa 444, una porción inicial de los elementos de datos monitorizados es cargada por el dispositivo concentrador al dispositivo de computación en la nube antes de que el dispositivo concentrador reciba una regla empírica como parte de los datos de provisión de servicios. En una o más realizaciones, la extensión de la porción inicial de los datos monitorizados para su carga se determina en base a la conexión de red con el dispositivo de computación en la nube. Por ejemplo, se carga una porción más extensa de los datos monitorizados si se dispone de una conexión de red estable con suficiente ancho de banda y/o velocidad. En otro ejemplo, se carga una porción reducida de los datos monitorizados si la conexión de red es inestable o con un ancho de banda y/o velocidad insuficiente. Basándose al menos en la porción inicial de los elementos de datos monitorizados cargados en el dispositivo de computación en la nube, la regla empírica es generada por el dispositivo de computación en la nube realizando un aprendizaje automático. En otras palabras, el dispositivo de computación en la nube analiza los elementos de datos monitorizados cargados utilizando técnicas de aprendizaje automático para generar la regla empírica. Un ejemplo de la etapa 444 se muestra en la FIG. 5C abajo. Como se muestra en la FIG. 5C, el conjunto de datos completo (501) puede incluir la porción inicial de los elementos de datos monitoreados cargados desde uno o más concentradores, como el concentrador (210). Las plantillas de reglas (503) pueden incluir la regla empírica que se genera en base al aprendizaje profundo (502) utilizando el conjunto de datos completo (501) como conjunto de datos de entrenamiento.

En la etapa 446, la regla empírica se aplica a una porción subsiguiente de los elementos de datos monitoreados por el dispositivo concentrador para generar un resultado. En una o más realizaciones, el resultado se carga en el dispositivo de computación en la nube para complementar, o de otro modo ser incluido, en el conjunto de datos de entrenamiento. En respuesta a la complementación del conjunto de datos de entrenamiento, el dispositivo de computación en la nube actualiza la regla empírica basándose al menos en el resultado. Un ejemplo de la etapa 446 se muestra en la FIG. 5C abajo. Como se muestra en la FIG. 5C, la ejecución de la regla (505) corresponde a la aplicación de la regla empírica donde el conjunto de datos parciales (504) corresponde a la porción posterior de los elementos de datos monitoreados. En consecuencia, las descripciones (506) incluyen el resultado de aplicar la regla empírica.

En la etapa 448, en respuesta a la aplicación de la regla empírica, se genera una alerta aplicando la regla empírica y generando la alerta son independientes de la conexión de red entre el dispositivo concentrador y el dispositivo de computación en la nube. En otras palabras, el dispositivo concentrador puede aplicar la regla empírica y generar la alerta mientras la conexión de red no es fiable, está interrumpida o no está disponible.

En la etapa 450, basándose en la información de localización contenida en los elementos de datos monitorizados, el dispositivo concentrador detecta que el activo móvil sale del primer segmento para entrar en un segundo segmento del área geográfica. Por ejemplo, la detección puede ser el resultado de aplicar la regla empírica. En respuesta a la detección de movimientos de activos móviles desde el primer segmento hacia el segundo, el servicio predeterminado se vuelve a suministrar para el segundo segmento de la zona geográfica.

La FIG. 4E muestra detalles de la etapa 412, representado en la FIG. 4A arriba. Inicialmente, en la etapa 460, se recibe una solicitud de inicio de sesión del usuario para acceder a la plataforma concentrador-nube. Esta solicitud de inicio de sesión puede ser enviada por el usuario desde cualquier conexión a Internet, no sólo desde la conexión a Internet del centro de operaciones. En la etapa 462, a través de uno de los muchos protocolos de autenticación, se verifica la identidad y el nivel de permiso del usuario para emitir un token de larga duración al dispositivo de usuario para acceder a los servicios en el dispositivo de computación en la nube o en cualquier dispositivo concentrador. Tal y como se utiliza en este documento, el término "de larga duración" se refiere a tener un periodo de validez que excede un periodo de tiempo predeterminado, como una hora, un día, una semana, un mes, etc. En una o más realizaciones, el dispositivo de computación en la nube verifica la identidad del usuario y emite el token de larga duración, en el que confían el dispositivo de computación en la nube y el dispositivo concentrador. En una o más realizaciones, el token de larga duración es un token de identidad que no contiene ningún permiso. La aplicación de usuario o el navegador que se ejecuta en el dispositivo de usuario almacena este token de larga duración para su uso futuro. En la etapa 464, tras la emisión del token de larga duración, se concede el acceso a la plataforma concentrador-nube al dispositivo de usuario.

En una o más realizaciones, el usuario intenta acceder a la plataforma concentrador-nube proporcionando el token de identidad previamente emitido. El servicio verifica el token de identidad y emite un token de permisos de corta duración. Tal y como se utiliza aquí, el término "de corta duración" se refiere a que tiene un periodo de validez inferior al periodo de tiempo predeterminado antes mencionado, como una hora, un día, una semana, un mes, etc. Si el token de permisos de corta duración es emitido por el servicio que se ejecuta en la nube, este token es válido tanto para el centro como para la nube. Si el token de permisos de corta duración es emitido por el servicio que se ejecuta en el concentrador, este token sólo es válido para el concentrador. El token de permisos contiene los permisos para cada servicio al que el usuario tiene acceso, en el momento de su emisión. Esta información se almacena por separado y forma parte de la información de aprovisionamiento que se sincroniza entre el dispositivo concentrador y el dispositivo de computación en la nube cuando se modifican los permisos.

En una o más realizaciones, el usuario proporciona el token de permisos, o ambos token de permisos e identidad, al servicio deseado cuando solicita el acceso. El servicio comprueba los token y concede el acceso si el usuario tiene los permisos necesarios.

En una o más realizaciones, cuando el concentrador está fuera de línea, el token de permisos puede ser emitido por el concentrador basado en la verificación de que el token de identidad sea válido. En una o más realizaciones, el centro está restringido, o se le impide de otro modo, emitir los token de identidad. Por lo tanto, cuando se compromete un concentrador, los datos comprometidos se limitan a los datos almacenados en el concentrador, ya que los token emitidos por el concentrador no se presumen de confianza en la nube.

En una o más realizaciones, se proporciona a la nube la funcionalidad para validar los token de identidad y permisos emitidos por la nube. En una o más realizaciones, el concentrador está provisto de la funcionalidad para validar los token de permisos emitidos por la nube o por el concentrador, y para validar los token de identidad emitidos por la nube. En una o más realizaciones, para cambiar los permisos, se revoca el token de permisos y se cambia la base de datos de permisos; el cambio tiene efecto una vez que expira (después de un corto periodo de tiempo). En una o más realizaciones, para revocar el acceso, se revocan los token de identidad y permisos y se eliminan los permisos de la base de datos; el token de identidad puede seguir utilizándose para identificar al cliente (válido durante mucho tiempo). Sin embargo, sin permisos, el token de identidad no puede utilizarse para acceder a ningún servicio.

Un ejemplo de concesión de acceso al usuario utilizando el procedimiento de la FIG. 4E se describe en referencia a la FIG. 5B a continuación.

Las redes de IoT se diseñan típicamente para poblaciones densas en ciudades donde existen miles o millones de dispositivos y múltiples redes superpuestas son la norma. El procesamiento se traslada a "la nube" para mantener la sencillez de los dispositivos, utilizando la informática de los centros de datos a gran escala para agregar, almacenar y analizar los datos de cada dispositivo. Esto también tiene una importante ventaja en cuanto a costes, ya que la potencia de procesamiento y el almacenamiento suelen ser más baratos cuando se aprovisionan en grandes unidades en el centro de datos, frente a tener muchos dispositivos finales de potencia moderada. En muchos sentidos, el diseño de las redes IoT enfatiza la primera "I" - las cosas del sistema deben estar constantemente conectadas a Internet.

Una red de IoT también puede proporcionar valor lejos de las ciudades en los entornos rurales de granjas y ranchos, o en operaciones remotas de petróleo, gas y minería. Estos casos difieren del caso de la ciudad porque la disponibilidad de la red de retorno a Internet es mucho menor, menos proveedores de servicios cubren la zona, los anchos de banda son menores, las latencias son mayores y las redes son menos fiables, lo que hace que la solución

típica sea completamente inadecuada para este caso. Sin una conexión constante y fiable a Internet, los dispositivos IoT funcionan con una experiencia de usuario significativamente reducida o, en algunos casos, no funcionan.

5 La plataforma concentrador-nube está diseñada específicamente para esta situación; al ubicar un concentrador cerca de los propios dispositivos, se puede proporcionar un buen rendimiento con alta fiabilidad, incluso en casos de respaldo lento o poco fiable. Los dispositivos se comunican a través de la red local de IoT con el centro en lugar de con la nube, sin necesidad de utilizar el enlace de retorno a Internet. El concentrador está totalmente sincronizado con la nube, lo que garantiza la disponibilidad de un nivel de servicio equivalente, al tiempo que optimiza el uso del enlace de retorno y sus características de fiabilidad y rendimiento.

10 Los siguientes ejemplos descritos en las FIG. 5A-5B ilustran una de las muchas aplicaciones de las realizaciones de la invención descritas anteriormente. La invención no pretende limitarse a los siguientes ejemplos de monitorización de un activo.

15 La FIG. 5A muestra un ejemplo del sistema de monitorización (110), representado en la FIG. 1A anterior, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención. En particular, la FIG. 5A muestra un sistema de monitorización (110) para controlar el ganado criado en un entorno agrícola, representado como la zona geográfica (100). El entorno agrícola puede incluir tierras de cultivo utilizadas para la cría de ganado, ovejas, cabras o cualquier otro tipo de animal en un área grande, como cientos de acres, miles de acres, etc. En la descripción de la FIG. 5A, el animal monitorizado corresponde al activo móvil representado en la FIG. 1A arriba. Cada animal monitorizado (102) está equipado con un sensor de etiquetas (104) que se comunica con un nodo de red (112) para permitir la monitorización de los animales. En el ejemplo mostrado en la FIG. 5A, el nodo de red (112) es un punto de acceso configurado para comunicarse con los sensores de etiquetas (104) de los animales monitorizados (102) a través de un enlace de Internet de las cosas (IoT) (106). El punto de acceso (*es decir*, el nodo de red (112)) puede además interactuar con un concentrador (210), que puede realizar el procesamiento de los datos recibidos de los animales monitorizados a través de múltiples puntos de acceso, incluido el nodo de red (112). Los enlaces IoT (*por ejemplo*, el enlace IoT (106)) entre los animales monitorizados y los puntos de acceso de una red IoT. En una o más realizaciones de la invención, los datos recogidos de los animales a través de la red IoT se suben a un entorno de nube (150), desde donde pueden ser accesibles a los usuarios. Adicional o alternativamente, los datos también pueden ser accesibles localmente a través del concentrador o del punto de acceso.

25 En consecuencia, para permitir la determinación de la ubicación con eficiencia energética en ciertas regiones, los puntos de acceso pueden ser colocados estratégicamente para tener regiones de cobertura superpuestas de la red IoT, no requiriendo así el uso de posicionamiento GPS que consume energía. En las regiones en las que se desean servicios de localización basados en TDOA, puede instalarse una red densa de puntos de acceso con un alto grado de solapamiento de la red IoT para garantizar que la cobertura superpuesta sea proporcionada por al menos tres puntos de acceso, mientras que en otras regiones puede instalarse una red dispersa de puntos de acceso. En estas otras regiones, se puede utilizar un posicionamiento RSSI menos preciso, o si se requiere una localización precisa, se puede utilizar el posicionamiento GPS.

30 Además, como se muestra en la FIG. 5A, se ilustran varias opciones para interconectar el concentrador (210) con los dispositivos informáticos en la nube (230), *por ejemplo*, utilizando Internet, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención. Se puede utilizar un enlace ascendente de retroceso por cable (140), un enlace ascendente de retroceso celular (142) y/o un enlace ascendente de retroceso por satélite para interconectar el concentrador (210) con un dispositivo de computación en la nube, *por ejemplo*, el servidor en la nube (152). Alternativamente, cualquier otra conexión de datos, incluyendo cualquier tipo de conexión punto a punto o multipunto que esté disponible, al menos temporalmente, puede utilizarse como enlace de retorno. En una realización de la invención, no se utiliza ningún enlace de retorno, *es decir*, el concentrador (210) funciona sin una interfaz con la nube (230) y, por lo tanto, sólo se puede acceder a él mediante dispositivos informáticos locales que acceden al concentrador (210) a través del punto de acceso (112), como se ha descrito anteriormente con referencia a la FIG. 1G. Alternativamente, en una realización de la invención, no se utiliza ningún concentrador, *es decir*, los puntos de acceso pueden estar conectados directamente al enlace de retorno. Esta configuración puede ser adecuada si el enlace de retorno se considera muy fiable. Alternativamente, si el enlace de retorno se considera menos fiable, el centro puede proporcionar una funcionalidad total o al menos parcial mientras la nube no está accesible.

35 El enlace de retorno por cable (140) puede ser, por ejemplo, una conexión Ethernet por cable a un proveedor de servicios de Internet, una conexión de fibra óptica, una conexión a Internet DSL, una conexión a Internet por cable, etc. Puede utilizarse cualquier tipo de interfaz de datos por cable adecuada para conectar el concentrador con el entorno de la nube (150). El enlace de retorno celular puede ser cualquier tipo de conexión de datos celular, como una conexión de datos 3G, LTE o 5G. Los expertos en la materia apreciarán que cualquier tipo de enlace de datos alámbrico o inalámbrico puede utilizarse como enlace de retroceso, sin apartarse de la invención.

50 Como se ha señalado anteriormente, el concentrador (210) y la nube (230) pueden configurarse como una plataforma concentrador-nube, como la plataforma concentrador-nube (270) representada en las FIG. IE y IF arriba. Los tres elementos críticos de la configuración del concentrador (210) y la nube (230) como plataforma concentrador-nube son que el sistema es distribuido, consistente y por capas.

El primer elemento es que la plataforma concentrador-nube está distribuida. La nube reside en una o más ubicaciones en la Internet pública, y es accesible a los clientes que están conectados a Internet. El centro distribuye algunas de las funciones de la nube a una ubicación geográfica concreta (*es decir*, un sitio) que cuenta con un conjunto de dispositivos y pasarelas. Esto permite que el sitio funcione cuando está desconectado de Internet, para proporcionar un mejor rendimiento a través de un procesamiento de menor latencia, así como para reducir la carga en la nube / utilizar la nube sólo cuando el ancho de banda de la red es amplio.

El segundo elemento es que la plataforma concentrador-nube es consistente. Los componentes que acceden a la plataforma concentrador-nube en el concentrador pueden anticipar el mismo comportamiento que los componentes que acceden a la plataforma concentrador-nube en la nube. Algunos servicios se ejecutan sólo en el concentrador y otros sólo en la nube, pero cuando se ejecutan en ambos lugares proporcionan el mismo conjunto de API y funciones. La plataforma concentrador-nube sincroniza los datos entre el concentrador y la nube para garantizar una visión coherente de los datos, además de unas API de servicios coherentes.

El tercer elemento es que la plataforma concentrador-nube está estratificada. En la capa base hay un conjunto de servicios básicos, como el almacenamiento de datos, la conexión en red y la mensajería. Por encima de la capa base se encuentra la capa de servicios de IoT, que proporciona servicios específicos para las redes de IoT, pero no para un producto específico. En la porción superior se encuentran los servicios específicos de los activos móviles, que se basan en las capas inferiores para proporcionar características específicas de los activos móviles (*por ejemplo*, activos agrícolas). Pueden añadirse a la capa superior otros servicios específicos de los activos móviles para responder a otras necesidades del mercado.

La FIG. 5B muestra un sistema de monitorización ejemplar (110) que incluye múltiples segmentos de red (192, 194), de acuerdo con una o más realizaciones de la invención. Cada uno de los segmentos de la red (192, 194), está equipado con un concentrador (210) y múltiples puntos de acceso (112), proporcionando cobertura para el seguimiento del ganado. Como alternativa, estos segmentos de red pueden funcionar sin concentradores. Además, ambos segmentos de la red operan utilizando el mismo plan de radiofrecuencia (RF), *es decir*, utilizando el mismo protocolo de transmisión y las mismas frecuencias, como se describe en referencia a la FIG. 3 arriba. El segmento de red 1 (192) está configurado como un sitio multi-arrendatario, *es decir*, varios clientes son atendidos por el segmento de red. Consideremos, por ejemplo, un sistema de monitorización (110) instalado en una zona rural por un proveedor que ofrece la monitorización del ganado como servicio. Varios ganaderos (clientes 1-4, como se muestra en la FIG 5B) se inscriben en el servicio y tienen sus animales monitorizados por el sistema de monitorización. El sistema de monitorización puede ser público o privado. Los animales pueden mantenerse separados (*por ejemplo*, en zonas separadas y valladas) o pueden mantenerse en una zona combinada más grande. Opcionalmente, los animales pueden moverse libremente a través de los sitios dentro de la zona, pero activar una notificación o una alarma si se detecta en un lugar diferente del sitio del ganadero, para hacer saber al ganadero que los animales han salido de su propiedad. Uno de los ganaderos (cliente 1) posee un terreno adicional (sitio B) que está separado del sitio A. Este terreno adicional también se utiliza para la cría de ganado y es monitorizado por un segmento de red adicional, *es decir*, el segmento de red 2. El segmento de red 2 puede o no utilizar el mismo plan de RF que el segmento de red 1. Dado que los segmentos de red 1 y 2 pertenecen al mismo sistema de monitorización, la información sobre los dispositivos puede intercambiarse entre los segmentos de red. Por lo tanto, el traslado de los animales del sitio A al sitio B es sencillo. El escenario de la FIG. 5B ilustra así un sistema de monitorización multiusuario y multisitio, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención. Los expertos en la materia apreciarán que los sistemas de monitorización, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención, son totalmente escalables. Por ejemplo, los sistemas de monitorización pueden incluir cualquier número de sitios, cualquier número de clientes y cualquier número de animales que se monitoricen. Además, los sistemas de monitorización, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención, pueden estar distribuidos globalmente. Por ejemplo, los sitios A y B pueden estar en continentes diferentes. Los segmentos de la red pueden crecer de forma arbitraria, con cualquier número de puntos de acceso y/o sensores de etiquetas u otros dispositivos monitorizados. Sin embargo, con el tiempo, un segmento de red con numerosos dispositivos puede congestionarse, o el centro del segmento de red puede verse desbordado por el volumen de datos entrantes. En este caso, el segmento de red puede dividirse en dos o más segmentos de red separados, cada uno con su propio concentrador y puntos de acceso. Aunque los segmentos de la red se muestran como disjuntos en la FIG. 5B, los segmentos de la red también pueden superponerse entre sí en otras configuraciones.

Como se muestra en la FIG. 5B, la red IoT del sistema de monitorización (110) puede estar dividida en múltiples áreas geográficas de cobertura, cada una de las cuales es un segmento (*por ejemplo*, segmento de red 1 (192), segmento de red 2 (194)) de la red IoT global dentro del área geográfica (100). Dentro de cada segmento (*por ejemplo*, el segmento de red 1 (192), el segmento de red 2 (194)), los enlaces IoT comparten el mismo plan de RF (frecuencias). Los dispositivos (*por ejemplo*, los sensores de etiquetas) dentro del segmento se procesan en un único punto (ya sea el concentrador o la nube), donde las transmisiones a los dispositivos se coordinan y la información recibida del dispositivo a través de múltiples pasarelas de IoT (*por ejemplo*, el punto de acceso (112)) se colapsan en una sola recepción. Si la cobertura de la pasarela es lo suficientemente densa, se realizan cálculos de RSSI y TDOA para obtener una localización aproximada del dispositivo. Los segmentos de red también tienen una única superposición de protocolo IoT (si se utiliza), con todos los dispositivos y pasarelas del segmento transmitiendo y recibiendo de forma sincronizada. Es decir, cada segmento de la red tiene su propio horario. Por

ejemplo, el segmento de red 1 (192) y el segmento de red 2 (194) pueden tener diferentes parámetros de la supertrama y las tramas. Dentro de un segmento de red, los dispositivos pueden moverse libremente sin necesidad de reconfiguración. Los dispositivos que pasan a un nuevo segmento de red deben reconfigurarse, ya sea para cambiar las frecuencias (plan de RF), para cambiar la programación de superposición de protocolos de IoT, o para ambas cosas. Esto puede realizarse normalmente sin cambiar la seguridad

El tamaño de un segmento de red individual depende en gran medida del número de dispositivos a los que da servicio y de la cantidad de datos transmitidos a través de la red del IoT. Más dispositivos y más datos significan que una mayor proporción del tiempo de emisión se consume dentro del segmento de la red. Como el segmento funciona de forma sincronizada en todas las pasarelas, todo el segmento soporta la carga de cada dispositivo. Una vez que se ha utilizado o reservado una gran proporción del tiempo de emisión dentro de un segmento, éste se divide en segmentos contiguos o apilados para reducir el área de cobertura, acceder a frecuencias adicionales o dividir el horario de superposición de IoT en múltiples horarios.

Además, los segmentos de red asignados a un concentrador pueden quedarse sin capacidad de procesamiento para el backend de la red. En este caso, la división del segmento de red (*por ejemplo*, en el segmento de red 1 (192) y el segmento de red 2 (194)) permite dividir la carga entre los concentradores (*por ejemplo*, múltiples concentradores (118)). Los segmentos de red asignados a la nube no suelen tener este problema, ya que la capacidad de procesamiento es mucho mayor en la nube.

Los segmentos de red (*por ejemplo*, el segmento de red 1 (192), el segmento de red 2 (194)) se asignan para ser servidos por un concentrador (*por ejemplo*, el concentrador (210)) o la nube, dependiendo de la fiabilidad y la capacidad del enlace de retorno, como se describe en referencia a las FIG. 1G y 5A.

Como se ha comentado anteriormente, el principal motor para el despliegue de un concentrador es la conectividad de la red. Un beneficio secundario de desplegar un concentrador es la reducción de la carga en la nube. Como el centro realiza todas las funciones necesarias de la nube directamente y de forma local, la nube no necesita realizar estas operaciones. Los segmentos de la red pueden conectarse directamente a Internet a través de dos procedimientos principales. Por ejemplo, una pasarela primaria puede estar conectada a Internet y las otras pasarelas conectadas a través de la malla a la pasarela primaria. En otro ejemplo, cada pasarela puede estar conectada individualmente a Internet. También es posible un híbrido de los dos ejemplos.

Un único segmento de red puede admitir múltiples clientes en múltiples sitios, como los denotados como cliente 1 sitio A, cliente 2 sitio, cliente 3 sitio, cliente 4 sitio dentro del segmento de red 1 (192). Un emplazamiento es un límite geográfico (*por ejemplo*, el límite de la propiedad de un determinado cliente) que delimita el área de interés de un cliente. Por lo general, cada sitio está cubierto por un único segmento de red, para facilitar el movimiento de los dispositivos dentro del sitio. Los dispositivos pueden moverse entre sitios dentro de un mismo segmento de red sin necesidad de reconfiguración. Sin embargo, esto puede dar lugar a una alarma para el cliente propietario del dispositivo, ya que ha salido de los límites de su propiedad.

Los sitios también constituyen la base para el aprovisionamiento de servicios para un segmento de la red. Por ejemplo, se pueden aprovisionar los datos utilizados por un concentrador para ofrecer servicios para el segmento de red. En concreto, la red IoT se utiliza para proporcionar servicios al usuario final. Estos servicios suelen ser específicos para cada cliente y para cada lugar del cliente, para hacer frente a condiciones predefinidas, como que un animal enferme o que abandone la propiedad. Para soportar estos servicios fuera de línea, el concentrador puede ser aprovisionado con los datos de cada cliente dentro del segmento de la red. Para dotar a un concentrador de un servicio de red, el concentrador puede buscar los sitios dentro del segmento de red que procesa, localizar los datos correspondientes del cliente y sincronizarlos para su uso fuera de línea. En consecuencia, el concentrador puede desplegarse siempre que haya una conexión de red poco fiable o limitada para procesar la información de los dispositivos IoT en su segmento de red durante una condición de desconexión.

Además, el concentrador también puede optimizar la(s) conexión(es) de retorno de las siguientes maneras:

- Compresión: Comprimir los datos hacia/desde el servidor de la nube para reducir el ancho de banda necesario.
- Priorización: Sincroniza los datos de alta prioridad antes que los de baja prioridad.
- Sincronización selectiva: Omitir la sincronización de los datos no requeridos por la nube, o sincronizar cierta información bajo demanda (*por ejemplo*, los registros).
- Reconocimiento de datos: Reintentar la sincronización hasta que se confirmen los datos en la nube.
- Apoyo a las rutas múltiples: Utilice protocolos multirruta que soporten la agregación de ancho de banda (para un rendimiento más rápido) o el traspaso (para la fiabilidad).
- La dosificación: Sincronice los datos (seleccionados o todos) sólo cuando haya una cantidad suficiente disponible, o durante ventanas de tiempo especificadas.

En resumen, estas características permiten que el sistema IoT sea más conservador de los recursos de red que los dispositivos IoT individualmente.

Aunque el concentrador es capaz de operar un segmento de red fuera de línea, el concentrador puede no proporcionar un conjunto de servicios idéntico al que proporciona la nube. Hay una serie de situaciones en las que la nube es más adecuada para realizar la tarea, y el centro funciona de forma degradada o alternativa cuando la nube no es accesible. Un ejemplo de ello es la base de datos global de dispositivos. Durante la fabricación, la información del dispositivo (*por ejemplo*, el ID, las claves de seguridad, etc. de cada sensor de etiquetas) se registran en la nube, en lugar de cada centro individualmente. La información del dispositivo puede existir dentro de la nube indefinidamente, y puede descargarse a un centro cuando el dispositivo se asigna a un sitio dentro de un segmento de red de un centro. Si el concentrador está desconectado cuando se asigna el dispositivo al sitio, el concentrador sincronizará los datos del dispositivo al conectarse posteriormente a la red. El dispositivo quedaría inutilizado en ese segmento hasta la sincronización de los datos del dispositivo.

Para soportar la aplicación de usuario de la plataforma concentrador-nube (*por ejemplo*, la aplicación de usuario (250) de la plataforma concentrador-nube (270) representada en la FIG. 1E), el concentrador no emite los token de autenticación por razones de seguridad, como por ejemplo para evitar ciberataques y garantizar que el cliente y el servidor(es decir, los dispositivos de usuario y los dispositivos de computación en la nube) se autenticuen mutuamente utilizando certificados de clave pública. Para acceder a la plataforma concentrador-nube, el usuario envía una solicitud de acceso a la nube. A través de uno de los muchos protocolos de autenticación, la nube verifica la identidad del cliente y emite un token de larga duración para acceder a los servicios en la nube o en cualquier concentrador. La aplicación del usuario o el navegador almacena este token de larga duración para su uso futuro. Esta solicitud de inicio de sesión puede realizarse desde cualquier conexión a Internet, no sólo desde la conexión a Internet del centro de operaciones.

A diferencia de los típicos token de autenticación, el token emitido por la nube es de "larga duración", es decir, es válido durante varios días o semanas. Esto garantiza que el usuario tenga una credencial válida incluso si el dispositivo o el concentrador están fuera de línea durante un tiempo prolongado, y se elige que sea más largo que los períodos previstos de inactividad de la red (*por ejemplo*, 1 semana). El concentrador puede validar el token incluso cuando no está conectado, e incluso para los usuarios que no ha encontrado antes, verificando que la firma criptográfica del token coincide con un certificado conocido de la nube. Mientras el centro está en línea, el token se actualiza periódicamente para prolongar el token en el futuro. Si el token caduca, el usuario tiene que volver a conectarse.

Al usuario también se le asigna un conjunto de permisos que rigen los elementos de datos a los que se puede acceder. Por ejemplo, el conjunto de permisos garantiza que un cliente no pueda ver los datos de otro, o que un empleado junior no pueda acceder a toda la funcionalidad del sistema.

Como los concentradores fuera de línea sólo pueden comprobar la autenticidad y la caducidad programada de un token, el token sigue siendo válido hasta la fecha de caducidad si un usuario es eliminado de la plataforma concentrador-nube. Para mantener la seguridad con los token de larga duración, los permisos no se almacenan dentro del token de seguridad, sino que se almacenan y sincronizan con el concentrador de forma independiente al token. De esta manera, cuando se elimina un usuario, los permisos del usuario se eliminan inicialmente de la nube. Antes de que el permiso se sincronice con el concentrador, éste sigue autenticando al usuario sin permitirle el acceso a ningún servicio. En caso de que un concentrador esté fuera de línea durante la retirada del usuario, éste conservará el acceso a los datos almacenados localmente en el concentrador con el mismo nivel de permisos que antes, hasta que el token expire o el concentrador se sincronice con la nube, lo que ocurra primero.

La FIG. 5C muestra un diagrama de bloques de un ejemplo de sistema de análisis distribuido entre el centro (210) y la nube (230) descrito en referencia a la FIG. 1E arriba. Como se muestra en la FIG. 5C, la nube (230) está configurada para almacenar el conjunto de datos completo (501), realizar el aprendizaje profundo (502) y generar las plantillas de reglas (503). El concentrador (210) está configurado para almacenar un conjunto de datos parciales (504), realizar la ejecución de reglas (505) y generar alertas (506). El conjunto de datos (501) incluye varios datos cargados desde los centros, incluyendo pero no limitado al centro (210), así como los datos proporcionados por los usuarios. En cambio, el conjunto de datos parciales (504) incluye datos locales del concentrador (210), *por ejemplo*, obtenidos de los dispositivos del segmento de red del concentrador (210), así como descargados de la nube (230). El aprendizaje profundo (502) es un módulo de software de aprendizaje automático que realiza un aprendizaje automático estructurado profundo o un aprendizaje automático jerárquico utilizando, *por ejemplo*, una red neuronal profunda, una red de creencia profunda, una red neuronal recurrente, etc. Las plantillas de reglas (503) son una colección de reglas empíricas generadas por el aprendizaje profundo (502). Las plantillas de reglas (503) pueden incluir múltiples porciones, cada una de ellas aplicable a uno de los concentradores que cubre un segmento de red particular. La ejecución de reglas (505) es un módulo de software que aplica una regla empírica descargada de la nube (230) para generar las alertas (506), que son mensajes para notificar al usuario la ocurrencia de eventos predefinidos.

Los elementos del sistema antes mencionados del concentrador (210) y la nube (230) forman el sistema de análisis que se encarga de activar las alertas (506) en eventos predefinidos (*por ejemplo*, animal fuera de la propiedad,

sistema de alimentación que no se carga), así como de realizar un aprendizaje profundo (502) para determinar los valores de ajuste apropiados para un segmento de la red con el fin de reducir los falsos positivos/negativos y compensar las diferencias de hardware, las características de propagación, las zonas muertas, etc. asociadas a los dispositivos en los segmentos de la red.

5 Las alertas (506) funcionan mientras el concentrador está en línea y fuera de línea, y por lo tanto se encuentra en el concentrador (210) de la plataforma concentrador-nube. Sin embargo, el aprendizaje automático y otras técnicas estadísticas suelen requerir grandes volúmenes de almacenamiento de datos (por ejemplo, almacenar el conjunto completo de datos (501)) y recursos informáticos significativos, más de los que dispone un centro individual. Por lo tanto, como se muestra en la FIG. 5C, la plataforma concentrador-nube asigna las funciones de aprendizaje automático (aprendizaje profundo) (502) y de ejecución (*por ejemplo*, para generar plantillas de reglas (503)) del sistema de análisis que se realizará dentro de la nube (230), que a su vez empuja las plantillas de reglas (503) hacia el concentrador (210) para la ejecución de reglas (505) y el aprendizaje limitado (superficial) basado en un conjunto de datos parcial (504). Tal y como se utiliza aquí, el conjunto de datos completo (501) son datos subidos a la nube (230) desde múltiples concentradores (por ejemplo, el concentrador (210)) el conjunto de datos parcial (504) son datos locales almacenados en el concentrador (210), *por ejemplo*, incluyendo datos obtenidos de dispositivos (*por ejemplo*, sensores de etiquetas) cubiertos por el segmento de red del concentrador (210).

Para proporcionar API consistentes y una vista consistente de los datos de un sitio, la plataforma concentrador-nube contiene un almacén de objetos distribuido para almacenar el conjunto de datos completo (501) y múltiples conjuntos de datos parciales (*por ejemplo*, conjunto de datos parciales (504)) de los concentradores en el sistema de monitoreo. El almacén de objetos asocia cada conjunto de datos parciales almacenados con un sitio y un comportamiento de sincronización que puede ser específico del sitio, y sincroniza automáticamente los datos entre el centro y la nube. En particular, cada conjunto de datos parcial (*por ejemplo*, conjunto de datos parcial (504)) almacenado en el concentrador es un subconjunto del conjunto de datos completo (501) almacenado en la nube (230) Cada conjunto de datos parcial (*por ejemplo*, conjunto de datos parcial (504)) se sincroniza sólo para los sitios específicos dentro del segmento de red del concentrador, y también está limitado en el tiempo para limitar el almacenamiento necesario en el concentrador. Este mecanismo también proporciona redundancia y recuperación de datos. Mientras que la nube suele almacenar los datos en múltiples ubicaciones y nodos para garantizar la redundancia, el centro sólo necesita almacenar los datos una vez. Si el concentrador falla y se asigna un nuevo concentrador al segmento de red, el nuevo concentrador se aprovisionará a sí mismo desde la nube, descargando los datos adecuados para los sitios a los que presta servicio.

El mecanismo de sincronización del almacén de objetos también soporta la prioridad, asegurando que los datos importantes tengan acceso a la red de retorno antes que los datos de menor prioridad. Por ejemplo, la sincronización de la tabla de permisos de los usuarios es muy importante y se sincroniza lo antes posible, mientras que la sincronización de los datos estadísticos para su posterior análisis es de menor importancia y puede esperar el tiempo que sea necesario.

En el concentrador, se ejecuta una única instancia de cada servicio concentrador-nube. Como todos los servicios comparten el mismo hardware, la ejecución de varias instancias consume recursos adicionales y no mejora la fiabilidad ni el rendimiento. En cambio, en la nube, las instancias múltiples proporcionan un aumento de la fiabilidad y el rendimiento al distribuir la carga entre varias máquinas físicas. Para facilitar esto, la plataforma concentrador-nube utiliza colas de mensajes y temas únicos basados en ID para pasarelas, segmentos de red, sitios y dispositivos, de modo que varios servicios puedan procesar la cola, o que varios servicios puedan distribuir las pasarelas/puntos de acceso entre ellos.

Cuando es ventajoso procesar todos los datos de un componente en una única instancia de servicio (por ejemplo, debido a que el servicio reduce múltiples mensajes en un único mensaje, como en un paquete de IoT recibido por múltiples pasarelas/puntos de acceso, o debido a que el servicio mantiene un historial), la plataforma concentrador-nube puede utilizar un anillo de hash consistente para asegurar que los mensajes de un dispositivo, una pasarela/punto de acceso, un cliente o un sitio sean asignados a la misma instancia. Así se evita un thrashing excesivo de los datos cuando se crean instancias de servicio adicionales para distribuir la carga, o se eliminan instancias de servicio adicionales para cotejar la carga.

50 Los dispositivos (*por ejemplo*, sensores de etiquetas) que salen de un segmento de red y aparecen en un segmento de red diferente, aunque sean propiedad del mismo cliente (*por ejemplo*, el cliente 1 representado en la FIG. 5B), requieren un conjunto diferente de configuraciones de red para comunicarse con la red IoT. Esto se debe a que el nuevo segmento de red puede tener un plan de RF y un programa de superposición de protocolos de IoT diferentes. Al estar dentro de la red global del IoT, el concentrador (210) en el segmento de red 2 (194) puede solicitar información sobre el nuevo dispositivo a la nube con el fin de aprovisionar el nuevo dispositivo. Alternativamente, el nuevo dispositivo o el concentrador (210) en el segmento de red 1 (192) puede informar proactivamente al concentrador (210) en el segmento de red 2 (194) del dispositivo entrante antes de que salga del segmento de red 1 (192).

Como la nube contiene toda la información del dispositivo, la transferencia entre dos segmentos de red gestionados por la nube no requiere ninguna sincronización. Sin embargo, el dispositivo todavía tiene que cambiar el plan de RF y ser insertado en el programa de superposición del protocolo IoT del nuevo segmento de red.

5 La FIG. 5D muestra un ejemplo de los servicios por capas que ofrece la plataforma concentrador-nube. Por ejemplo, los servicios básicos pueden incluir, entre otros, los siguientes:

- Aprovisionamiento del concentrador: Proporciona un centro para descargar un conjunto específico de servicios en la nube
- Autorización de servicio: Autorización de servicios
- Gestión de usuarios: Autenticación, autorización y gestión de permisos para los usuarios
- 10 - Orquestación de servicios: Garantiza que todos los servicios necesarios están funcionando y se han escalado adecuadamente
- Métricas de servicio: Controla las métricas de salud del servicio
- Actualización del software: Proporciona actualizaciones de software a los servicios del centro y de la nube
- Almacén de objetos: Almacena los datos de servicio/aplicación escritos
- 15 - Sincronización de datos: Sincroniza los datos entre el Concentrador y la Nube
- Agente de mensajes: Sistema de mensajería para la comunicación entre servicios
- Acceso remoto: Subsistema de diagnóstico remoto
- Registro de datos: Sistema de almacenamiento, rotación y sincronización de los registros de servicio
- Gestor de alertas: Almacena las alertas dirigidas al usuario
- 20 - Servicio de notificación: Notifica a los usuarios sobre las alertas
- Administración de la analítica: Administra los servicios de análisis
- Análisis del sistema: Genera alertas sobre los problemas del sistema
- Facturación/pago: Cargar las cuentas para el servicio

Además, los servicios de IoT pueden incluir, pero no se limitan a:

- 25 - Aprovisionamiento de la pasarela: Proporciona una pasarela para difundir un segmento de red específico
- Métricas de la pasarela: Transforma las métricas de la pasarela en métricas de servicio
- Dispositivo IoT: Proporciona dispositivos IoT a la red y almacena las credenciales de seguridad
- Red IoT: Rutas hacia/desde las pasarelas de la red IoT y el servicio de aplicación de la red IoT correspondiente
- 30 - Aplicación de la red IoT: Cifra y descifra los datos de los dispositivos IoT, y programa las transmisiones de acuerdo con la superposición de protocolos IoT
- GPS híbrido: Decodifica los mensajes GPS híbridos en coordenadas de latitud/longitud
- Efemérides: Descarga los datos de las efemérides del sistema GPS desde las pasarelas o desde Internet
- Tiempo de retraso de llegada: Genera la localización del dispositivo IoT basándose en el tiempo de transmisión
- Análisis de la ubicación: Genera alertas de violación de límites y de movimiento
- 35 - Datos del dispositivo: Almacena los datos y la ubicación de los dispositivos IoT

Además, los servicios agrícolas pueden incluir, pero no se limitan a:

- Generación de informes analíticos: Genera informes basados en los datos almacenados en el sistema
- Aplicación del usuario: Almacena los registros agrícolas y expone los datos del sistema IoT a la aplicación del usuario
- 40 - Análisis del comportamiento: Genera alertas sobre la salud de los animales y otras condiciones agrícolas

Además de la estratificación de los servicios dentro de la plataforma concentrador-nube, los propios datos también están estratificados. A medida que los datos fluyen a través de la plataforma concentrador-nube, los componentes a lo largo de la ruta pueden aumentar los datos con metadatos adicionales, sin descifrar o descodificar los datos del componente o componentes anteriores.

5 Por ejemplo, un dispositivo que transmite un flujo de datos puede incluir, pero no está limitado a, lo siguiente:

- El dispositivo transmite la carga útil cifrada original
- Cada pasarela receptora puede añadir metadatos sobre la frecuencia y la hora de recepción
- El servidor de la red IoT puede añadir metadatos sobre el número de pasarelas que reciben
- 10 - El servicio TDOA puede añadir metadatos sobre la ubicación del dispositivo transmisor, basándose en los metadatos anteriores
- El servicio de datos del dispositivo puede registrar en la base de datos, añadiendo metadatos para el sitio asociado y el cliente
- El servicio de sincronización puede añadir metadatos sobre la hora y la prioridad de la sincronización

15 Al añadir estos metadatos a la carga útil existente sin modificación, la plataforma concentrador-nube puede procesar datos de cualquier red IoT y de cualquier tipo, al tiempo que aplica extensiones con los datos necesarios para añadir sus beneficios únicos.

20 La FIG. 6 muestra un sistema informático de acuerdo con una o más realizaciones de la invención. Las realizaciones de la invención pueden implementarse en un sistema informático. Puede utilizarse cualquier combinación de hardware móvil, de escritorio, de servidor, integrado o de otro tipo. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 6, el sistema informático (600) puede incluir uno o más procesadores informáticos (602), memoria asociada (604) (*por ejemplo*, memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria caché, memoria flash, etc.), uno o más dispositivos de almacenamiento (606) (por ejemplo, un disco duro, una unidad óptica como una unidad de disco compacto (CD) o de disco versátil digital (DVD), una memoria flash, etc.), y otros numerosos elementos y funcionalidades. El (los) procesador(es) informático(s) (602) puede ser un circuito integrado para procesar instrucciones. Por ejemplo, el o los procesadores informáticos pueden ser uno o más núcleos, o micronúcleos de un procesador. El sistema informático (600) también puede incluir uno o más dispositivos de entrada (610), como una pantalla táctil, un teclado, un ratón, un micrófono, un panel táctil, un lápiz electrónico o cualquier otro tipo de dispositivo de entrada. Además, el sistema informático (600) puede incluir uno o más dispositivos de salida (608), como una pantalla (por ejemplo, una pantalla de cristal líquido (LCD), una pantalla de plasma, una pantalla táctil, un monitor de tubo de rayos catódicos (CRT), un proyector u otro dispositivo de visualización), una impresora, un almacenamiento externo o cualquier otro dispositivo de salida. Uno o varios de los dispositivos de salida pueden ser iguales o diferentes a los de entrada. El sistema informático (600) puede estar conectado a una red (612) (por ejemplo, una red de área local (LAN), una red de área amplia (WAN) como Internet, una red móvil o cualquier otro tipo de red) mediante una conexión de interfaz de red (no mostrada). Los dispositivos de entrada y salida pueden estar conectados local o remotamente (por ejemplo, a través de la red (612)) al procesador(es) informático(s) (602), a la memoria (604) y al dispositivo(s) de almacenamiento (606). Existen muchos tipos diferentes de sistemas informáticos, y el dispositivo o dispositivos de entrada y salida mencionados pueden adoptar otras formas.

35 Las instrucciones de software en forma de código de programa legible por ordenador para llevar a cabo las realizaciones de la invención pueden almacenarse, en su totalidad o en parte, temporal o permanentemente, en un medio legible por ordenador no transitorio, como un CD, un DVD, un dispositivo de almacenamiento, un disquete, una cinta, una memoria flash, una memoria física o cualquier otro medio de almacenamiento legible por ordenador. Específicamente, las instrucciones de software pueden corresponder a un código de programa legible por ordenador que, cuando es ejecutado por un procesador o procesadores, está configurado para llevar a cabo realizaciones de la invención.

45 Además, uno o más elementos del mencionado sistema informático (600) pueden estar situados en una ubicación remota y conectados a los otros elementos a través de una red (312). Además, las realizaciones de la invención pueden implementarse en un sistema distribuido que tenga una pluralidad de nodos, donde cada porción de la invención puede estar ubicada en un nodo diferente dentro del sistema distribuido. En una realización de la invención, el nodo corresponde a un dispositivo informático distinto. Alternativamente, el nodo puede corresponder a un procesador informático con memoria física asociada. El nodo puede corresponder alternativamente a un procesador informático o a un micronúcleo de un procesador informático con memoria y/o recursos compartidos.

55 Las realizaciones de la invención pueden permitir, por ejemplo, la implementación de funcionalidades de geo-cercas para evitar la fuga o para detectar la proximidad a características peligrosas como acantilados. Las realizaciones de la invención pueden permitir además la detección del uso regular (o la falta de uso) de los lugares de alimentación o agua, los movimientos rápidos (resultantes, por ejemplo, del ataque de un depredador), y/o la falta de movimiento (resultante, *por ejemplo*, de una lesión). Otros comportamientos adicionales pueden ser detectados usando sensores

5 adicionales. Por ejemplo, se puede utilizar un acelerómetro para detectar el movimiento de la cabeza que es característico para comer y beber. Se pueden controlar las variables fisiológicas, como la temperatura, la frecuencia cardíaca, la presión sanguínea y la actividad digestiva para controlar la salud del animal. Las alertas pueden activarse cuando una o varias de las mediciones superan un rango determinado, lo que permite la detección temprana de amenazas, enfermedades y otras anomalías.

Aunque la invención se ha descrito con respecto a un número limitado de realizaciones, los expertos en la materia, que se benefician de esta divulgación, apreciarán que se pueden idear otras realizaciones que no se aparten del ámbito de la invención tal como se divulga en el presente documento. Por consiguiente, el alcance de la invención debe limitarse únicamente a las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de monitorización de un objeto (101) en una zona geográfica (100), que comprende:
  - 5 obtener, desde un dispositivo de computación en la nube, datos de aprovisionamiento de servicios para un servicio predeterminado del objeto (101);
  - recibir, de una primera pluralidad de nodos de red (112) dispuestos en torno a un primer segmento de la zona geográfica (100), una pluralidad de elementos de datos monitorizados, en el que la pluralidad de elementos de datos monitorizados se genera en base a una señal de Internet de las cosas recibida por la primera pluralidad de nodos de red (112) desde un sensor de etiquetas (104) dispuesto en el objeto (101); y
  - 10 procesar, basándose en los datos de provisión de servicios, la pluralidad de elementos de datos monitorizados para proporcionar el servicio predeterminado del objeto (101) a través del primer segmento del área geográfica (100), donde la señal de Internet de las cosas comprende un patrón de repetición de supertramas, comprendiendo cada supertrama una pluralidad de tramas, en la que el patrón de repetición de supertramas define reglas para el intercambio de datos en forma de bandas de frecuencia y ranuras de tiempo para la comunicación inalámbrica de datos entre uno de la primera pluralidad de nodos de red (112) y el sensor de etiquetas (104).
2. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:
  - 20 aplicar una regla empírica a una primera porción de la pluralidad de elementos de datos monitoreados para generar un resultado, en el que los datos de provisión de servicios comprenden la regla empírica generada por el dispositivo de computación en la nube que realiza el aprendizaje automático basándose, al menos, en una segunda porción de la pluralidad de elementos de datos monitorizados.
3. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que la carga de la segunda porción de la pluralidad de elementos de datos monitorizados comprende la determinación de una extensión de la segunda porción basada en la disponibilidad de la conexión de red al dispositivo de computación en la nube.
4. El procedimiento de la reivindicación 2, que comprende además:
  - 30 cargar la segunda porción de la pluralidad de elementos de datos monitorizados al dispositivo de computación en la nube para realizar el aprendizaje automático; y
  - cargar el resultado al dispositivo de computación en la nube, en el que el dispositivo de computación en la nube actualiza la regla empírica basándose al menos en el resultado.
5. El procedimiento de la reivindicación 4, que comprende además:
  - 35 generar, en respuesta a la aplicación de la regla empírica, una alerta basada en el resultado, en el que la aplicación de la regla empírica y la generación de la alerta son independientes de la conexión de red al dispositivo de computación en la nube.
6. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:
  - 40 detectar, basándose en la información de localización contenida en la pluralidad de elementos de datos monitorizados, un activo móvil que sale del primer segmento para entrar en un segundo segmento del área geográfica (100); y
  - reaprovisionar, en respuesta a la detección, el servicio predeterminado para el segundo segmento de la zona geográfica (100), en el que el objeto (101) comprende el activo móvil.
7. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que la detección y el reaprovisionamiento son realizados por el dispositivo de computación en nube.
- 45 8. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que el reaprovisionamiento del servicio predeterminado comprende:
  - 50 reconfigurar el sensor de etiquetas (104) para que transmita la señal de Internet de las cosas basándose en una configuración de comunicación de Internet de las cosas del segundo segmento, en el que la señal del Internet de las cosas es recibida por una segunda pluralidad de nodos de red (112) dispuestos en torno al segundo segmento, basándose en la configuración de comunicación del IIoT del segundo segmento, y
  - en el que la señal de Internet de las cosas es recibida por la primera pluralidad de nodos de red (112) basándose en la configuración de comunicación de Internet de las cosas del primer segmento.

9. El procedimiento de la reivindicación 6,  
 en el que los datos de aprovisionamiento de servicios se obtienen de un dispositivo de computación en la nube mediante un primer dispositivo concentrador,  
 en el que la pluralidad de elementos de datos monitorizados son recibidos desde la primera pluralidad de  
 5 nodos de red (112) por el primer dispositivo concentrador, y  
 en el que el reaprovisionamiento del servicio predeterminado comprende:  
 proporcionar, por parte del primer dispositivo concentrador, los datos de provisión del servicio a un segundo dispositivo concentrador que sirve al segundo segmento.
10. El procedimiento de la reivindicación 9,  
 10 en el que el servicio predeterminado se proporciona a un usuario a través de una aplicación de usuario que accede a un servicio de aplicación de al menos un dispositivo seleccionado de un grupo que consiste en el dispositivo de computación en la nube y el primer dispositivo concentrador.
11. El procedimiento de la reivindicación 10, en el que el acceso al servicio de aplicación comprende:  
 15 presentar, mediante la aplicación de usuario, una solicitud de inicio de sesión para el al menos un dispositivo;  
 obtener, desde el al menos un dispositivo, un token de larga duración para acceder al servicio de la aplicación, en el que el token de larga duración es generado por el al menos un dispositivo verificando una identidad del usuario basada en un protocolo de autenticación predeterminado; y  
 20 almacenar el token de larga duración por parte de la aplicación de usuario para un posterior inicio de sesión en el al menos un dispositivo,  
 en el que el acceso al servicio de la aplicación se concede basándose en el al menos un dispositivo que verifica el nivel de permiso del token de larga duración.
12. El procedimiento de la reivindicación 10,  
 25 en el que el servicio de aplicación proporciona datos, a la aplicación de usuario, que se sincronizan entre el dispositivo de computación en la nube y el primer dispositivo concentrador basándose en al menos uno seleccionado de entre un grupo que consiste en una medida de importancia de los datos, una velocidad de un enlace de comunicación que acopla el dispositivo de computación en la nube y el primer dispositivo concentrador, y una regla empírica que es generada por el dispositivo de computación en la nube que realiza el aprendizaje automático basándose al menos en una porción de la pluralidad de elementos de datos monitorizados.  
 30
13. Dispositivo concentrador para la monitorización de un objeto (101) en una zona geográfica (100), que comprende:  
 un procesador informático; y  
 memoria que almacena instrucciones que, al ser ejecutadas, hacen que el procesador informático:  
 35 obtenga, a partir de un dispositivo de computación en la nube, datos de aprovisionamiento de servicios para un servicio predeterminado del objeto;  
 reciba, a partir de una primera pluralidad de nodos de red (112) dispuestos en torno a un primer segmento de la zona geográfica (100), una pluralidad de elementos de datos monitorizados, en el que la pluralidad de elementos de datos monitorizados se genera sobre la base de una señal de Internet de las cosas recibida por la primera pluralidad de nodos de red (112) desde un sensor de etiquetas (104) dispuesto en el objeto (101); y  
 40 procese, basándose en los datos de provisión de servicios, la pluralidad de elementos de datos monitorizados para proporcionar el servicio predeterminado del objeto (101) a través del primer segmento del área geográfica (100),  
 45 en el que la señal de Internet de las cosas comprende un patrón de repetición de supertramas, comprendiendo cada supertrama una pluralidad de tramas, en la que el patrón de repetición de supertramas define reglas para el intercambio de datos en forma de bandas de frecuencia y ranuras de tiempo para la comunicación inalámbrica de datos entre uno de la primera pluralidad de nodos de red (112) y el sensor de etiquetas (104).
- 50 14. El dispositivo concentrador de la reivindicación 13, en el que, las instrucciones, cuando se ejecutan, hacen además que el procesador informático:  
 aplique una regla empírica a una primera porción de la pluralidad de elementos de datos monitorizados para generar un resultado,  
 en el que los datos de provisión de servicios comprenden la regla empírica generada por el dispositivo de  
 55 computación en la nube que realiza el aprendizaje automático basado, al menos, en una segunda porción de la pluralidad de elementos de datos monitorizados.

15. El dispositivo concentrador de la reivindicación 14, en el que, las instrucciones, cuando se ejecutan, hacen además que el procesador informático:
- 5 cargue la segunda porción de la pluralidad de elementos de datos monitorizados al dispositivo de computación en la nube para realizar el aprendizaje automático; y cargue el resultado en el dispositivo de computación en la nube, en el que el dispositivo de computación en la nube actualiza la regla empírica basándose al menos en el resultado.
16. El dispositivo concentrador de la reivindicación 15, en el que, las instrucciones, cuando se ejecutan, hacen además que el procesador informático:
- 10 genere, en respuesta a la aplicación de la regla empírica, una alerta basada en el resultado, en el que la aplicación de la regla empírica y la generación de la alerta son independientes de la conexión de red al dispositivo de computación en la nube.
17. El dispositivo concentrador de la reivindicación 13, en el que, las instrucciones, cuando se ejecutan, hacen además que el procesador informático:
- 15 transforme la pluralidad de elementos de datos monitorizados antes de al menos uno seleccionado de un grupo que consiste en: almacenar la pluralidad de elementos de datos monitorizados en el dispositivo concentrador y cargar la pluralidad de elementos de datos monitorizados en un dispositivo en la nube.
18. El dispositivo concentrador de la reivindicación 13, en el que, las instrucciones, cuando se ejecutan, hacen además que el procesador informático:
- 20 detecte, basándose en la información de localización contenida en la pluralidad de elementos de datos monitorizados, un activo móvil que sale del primer segmento para entrar en un segundo segmento del área geográfica (100); y reaprovisione, en respuesta a la detección, el servicio predeterminado para el segundo segmento de la zona geográfica (100), en el que el objeto (101) comprende el activo móvil.
- 25 19. El dispositivo concentrador de la reivindicación 18, en el que el reaprovisionamiento del servicio predeterminado comprende:
- 30 reconfigurar el sensor de etiquetas (104) para que transmita la señal de Internet de las cosas basándose en una configuración de comunicación de Internet de las cosas del segundo segmento, en el que la señal de Internet de las cosas es recibida por una segunda pluralidad de nodos de red (112) dispuestos en torno al segundo segmento en función de la configuración de comunicación de Internet de las cosas del segundo segmento, y en el que la señal de Internet de las cosas es recibida por la primera pluralidad de nodos de red (112) basándose en la configuración de comunicación de Internet de las cosas del primer segmento.
- 35 20. El dispositivo concentrador de la reivindicación 18, en el que el reaprovisionamiento del servicio predeterminado comprende:
- proporcionar los datos de aprovisionamiento del servicio a un segundo dispositivo concentrador que sirve al segundo segmento.
- 40 21. Un medio no transitorio legible por ordenador que almacena instrucciones para monitorizar un objeto (101) en un área geográfica (100), en el que, las instrucciones, cuando se ejecutan, hacen que un procesador informático:
- 45 obtenga, desde un dispositivo de computación en la nube, datos de aprovisionamiento de servicios para un servicio predeterminado del objeto; reciba, una pluralidad de nodos de red (112) dispuestos en torno a un segmento del área geográfica (100), una pluralidad de elementos de datos monitorizados, en el que la pluralidad de elementos de datos monitorizados se genera en base a una señal de Internet de las cosas recibida por la pluralidad de nodos de red (112) desde un sensor de etiquetas (104) dispuesto en el objeto; y procese, basándose en los datos de provisión de servicios, la pluralidad de elementos de datos monitorizados para proporcionar el servicio predeterminado del objeto (101) a través del segmento del área geográfica (100),
- 50 en el que la señal de Internet de las cosas comprende un patrón de repetición de supertramas, comprendiendo cada supertrama una pluralidad de tramas, en la que el patrón de repetición de supertramas define reglas para el intercambio de datos en forma de bandas de frecuencia y ranuras de tiempo para la comunicación inalámbrica de datos entre uno de la primera pluralidad de nodos de red (112) y el sensor de etiquetas (104).
- 55 22. El medio no transitorio legible por ordenador de la reivindicación 21, en el que, las instrucciones, cuando se ejecutan, hacen además que el procesador informático:

5 aplique una regla empírica a una primera porción de la pluralidad de elementos de datos monitorizados para generar un resultado,  
en el que los datos de provisión de servicios comprenden la regla empírica generada por el dispositivo de computación en la nube que realiza el aprendizaje automático basado, al menos, en una segunda porción de la pluralidad de elementos de datos monitorizados.

23. El medio no transitorio legible por ordenador de la reivindicación 22, en el que, las instrucciones, cuando se ejecutan, hacen además que el procesador informático:

10 cargue la segunda porción de la pluralidad de elementos de datos monitorizados en el dispositivo de computación en la nube para realizar el aprendizaje automático; y  
cargue el resultado en el dispositivo de computación en la nube, en el que el dispositivo de computación en la nube actualiza la regla empírica basándose al menos en el resultado.

24. El medio no transitorio legible por ordenador de la reivindicación 21, en el que las instrucciones son ejecutadas únicamente por el dispositivo de computación en la nube o por un dispositivo concentrador intermedio entre el dispositivo de computación en la nube y la pluralidad de nodos de red (112).

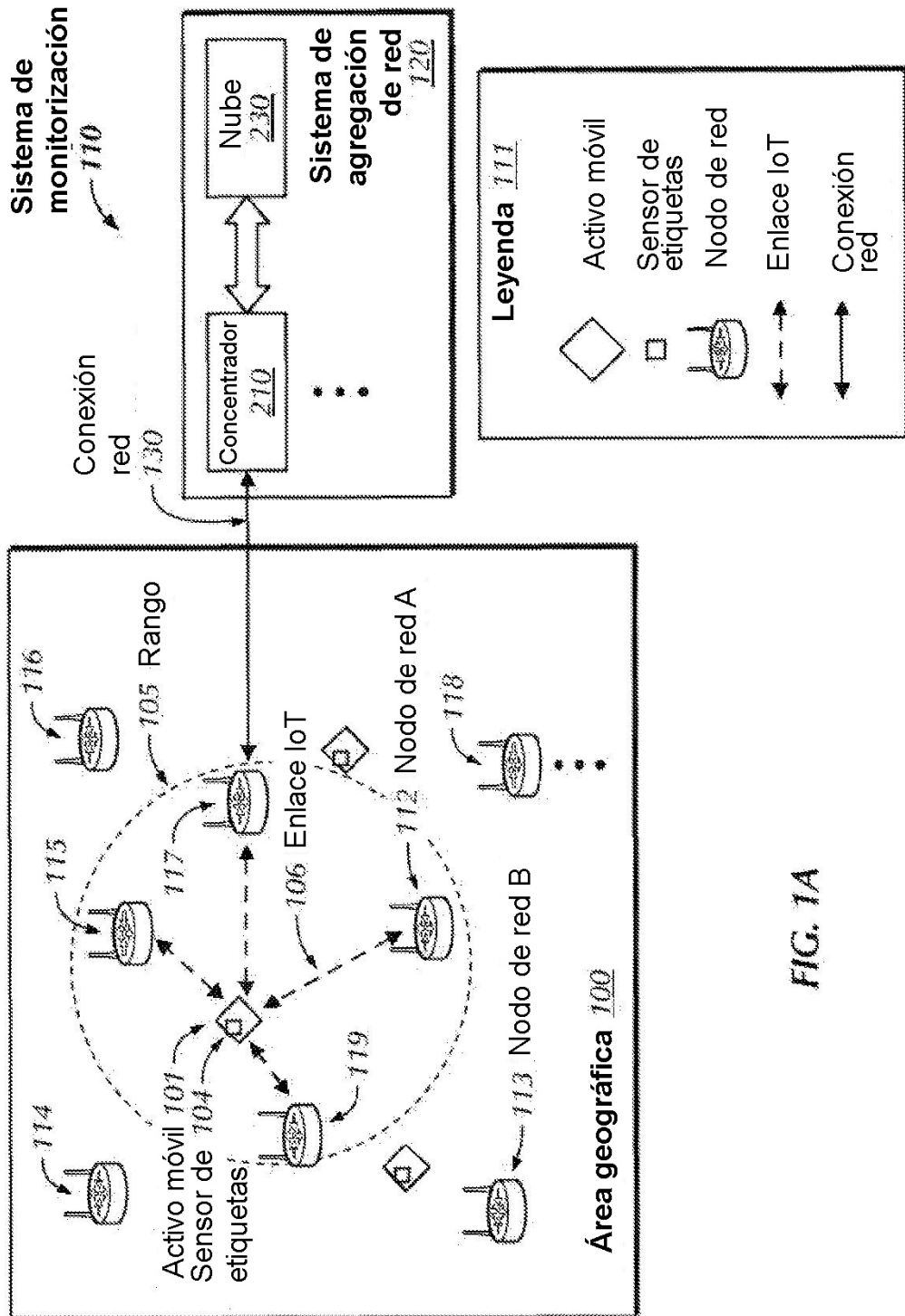


FIG. 1A

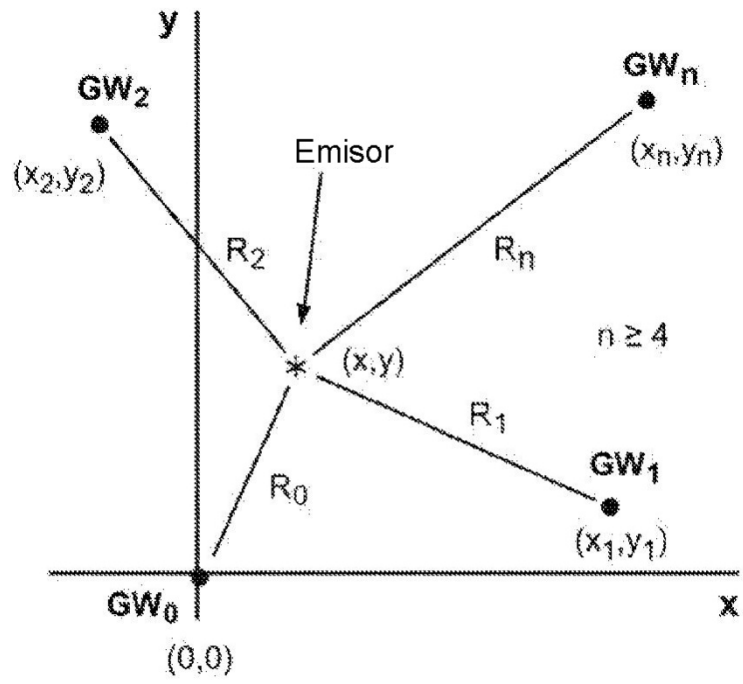


FIG. 1B

Multilateración de pasarela de enlace con espaciado variable para posiciones Tx (-500,-500) to (1500,1500)

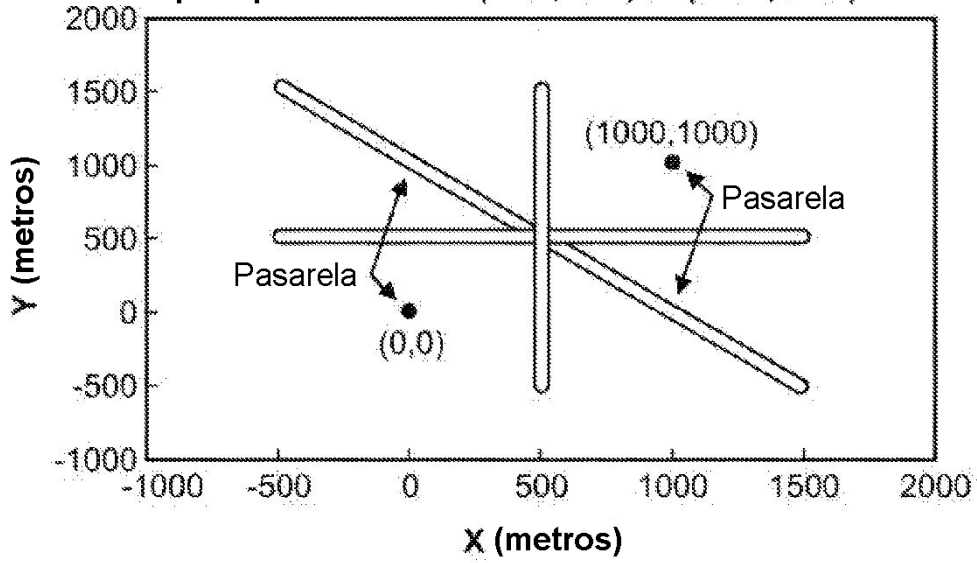


FIG. 1C

Multilateración de pasarela de enlace con espaciado variable para posiciones Tx (-500,-500) to (2000,2000)

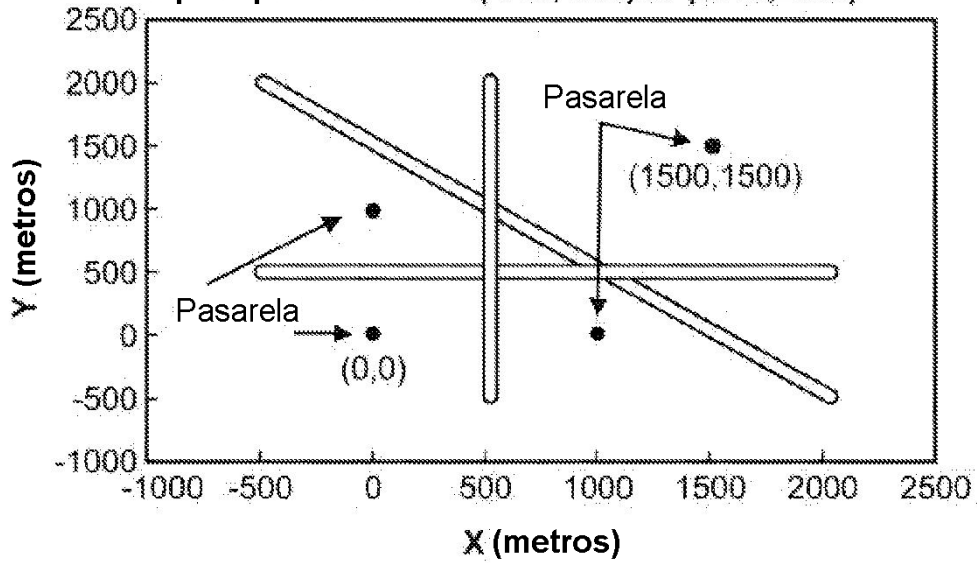


FIG. 1D

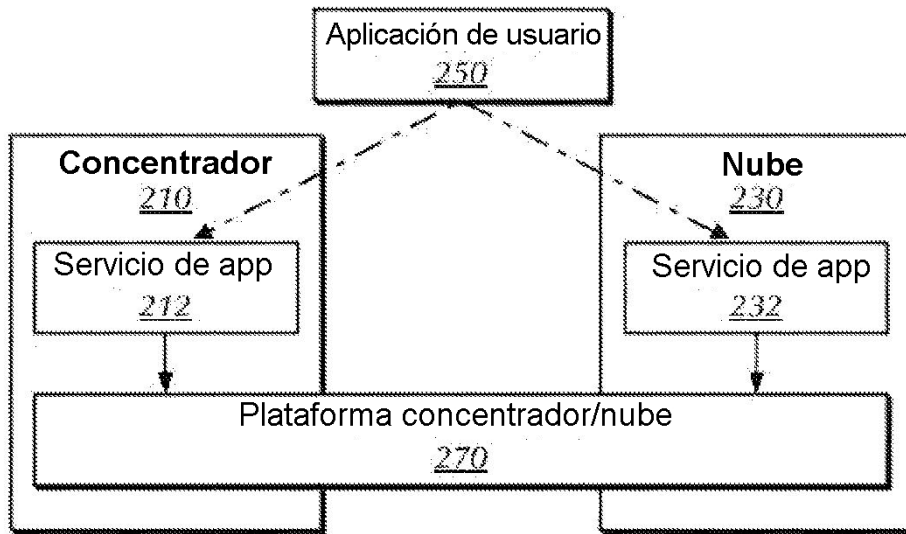


FIG. 1E

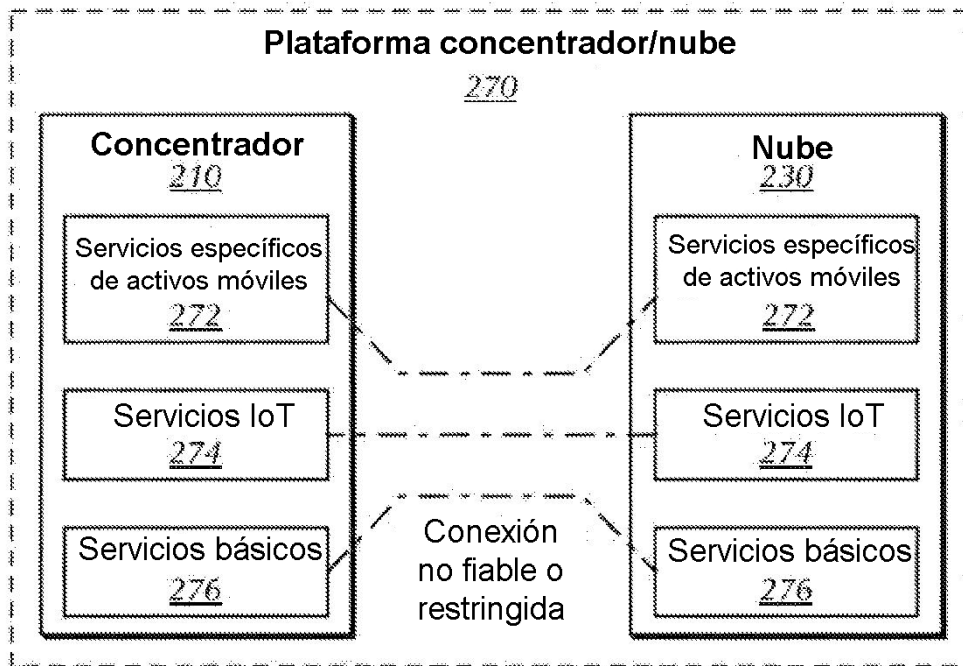


FIG. 1F

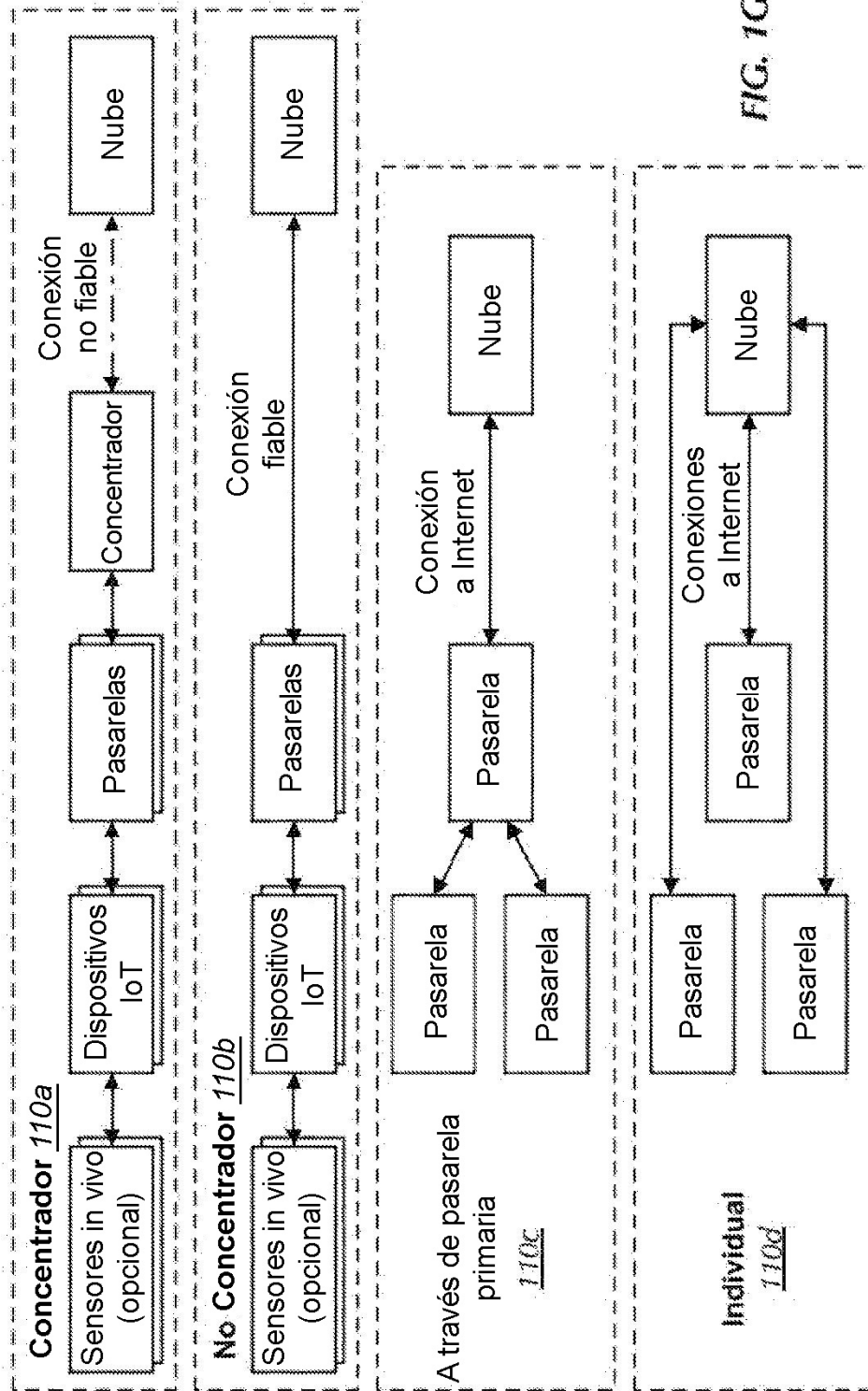


FIG. 1G

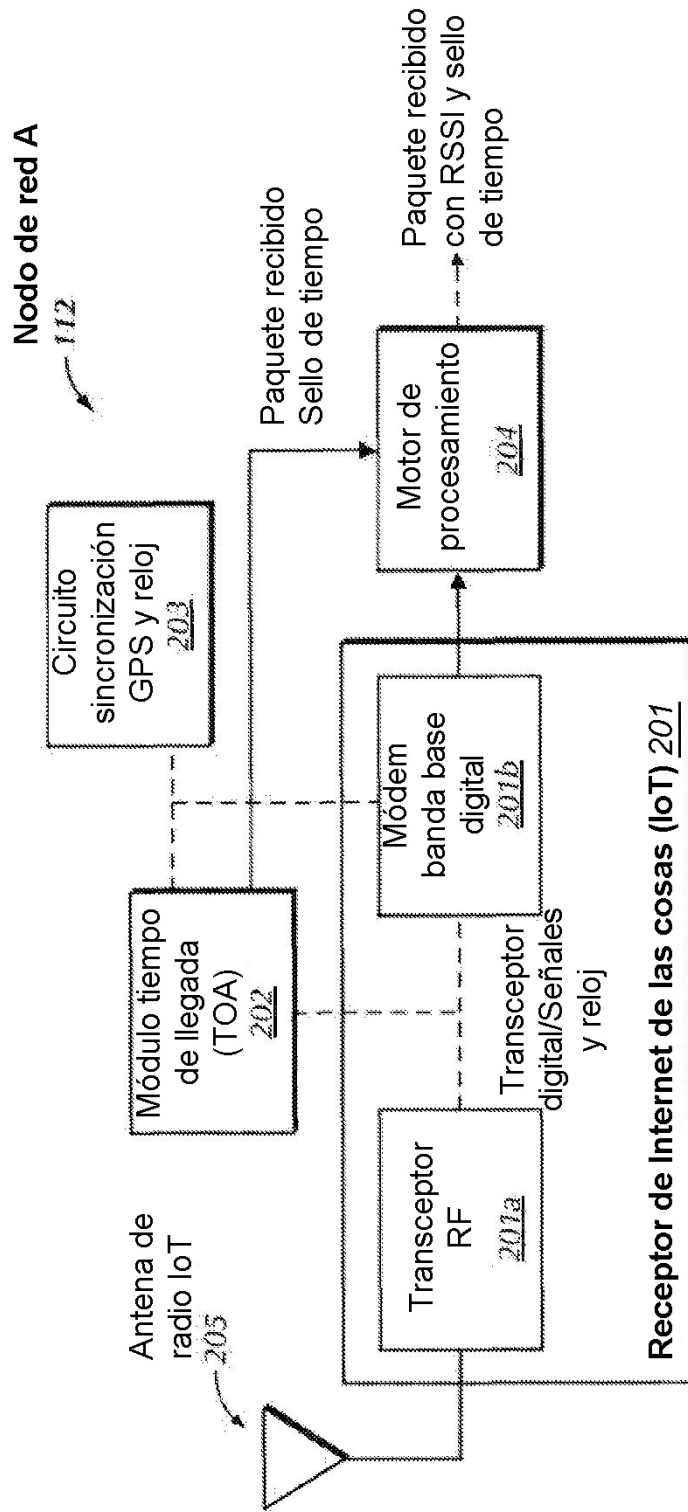


FIG. 2

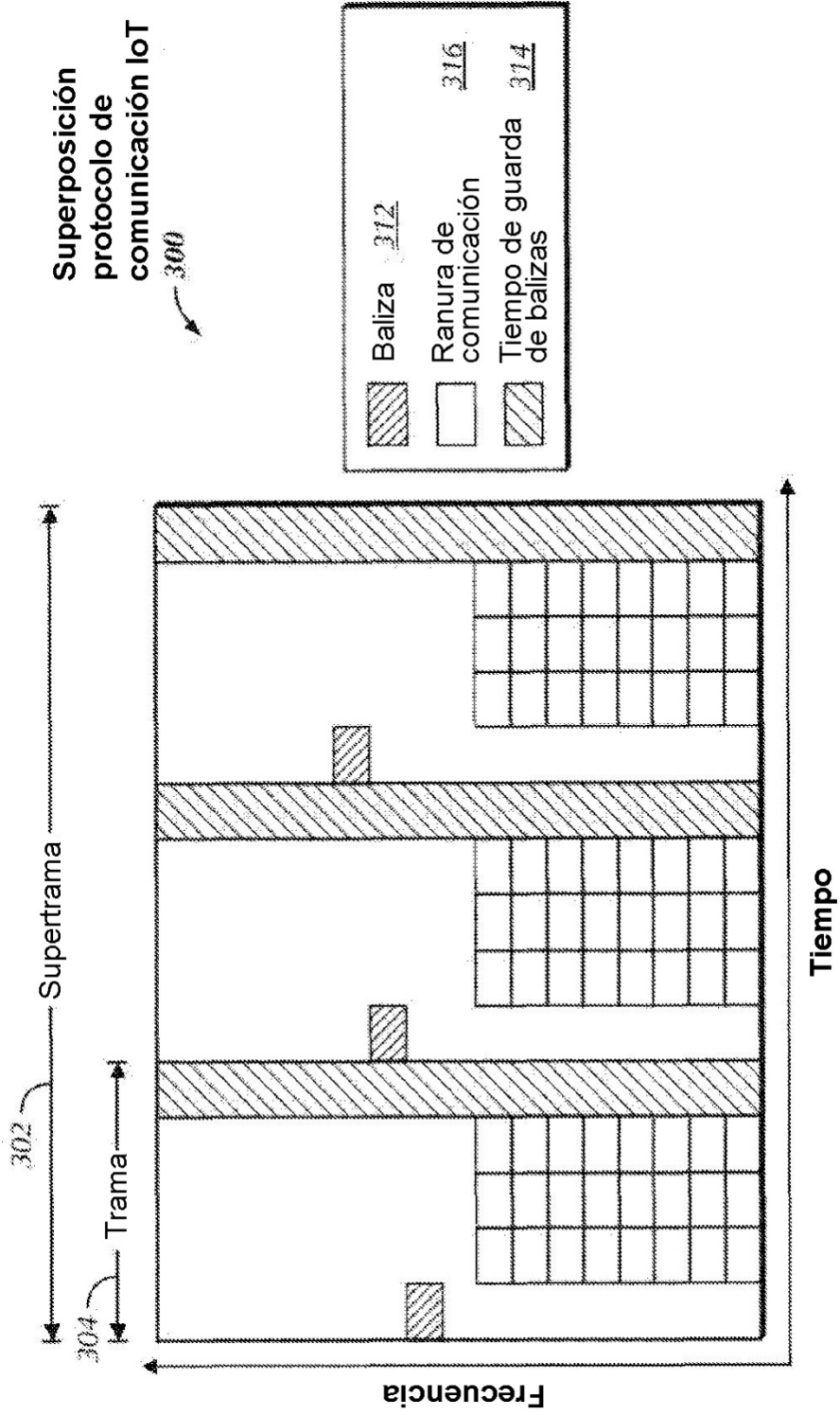


FIG. 3

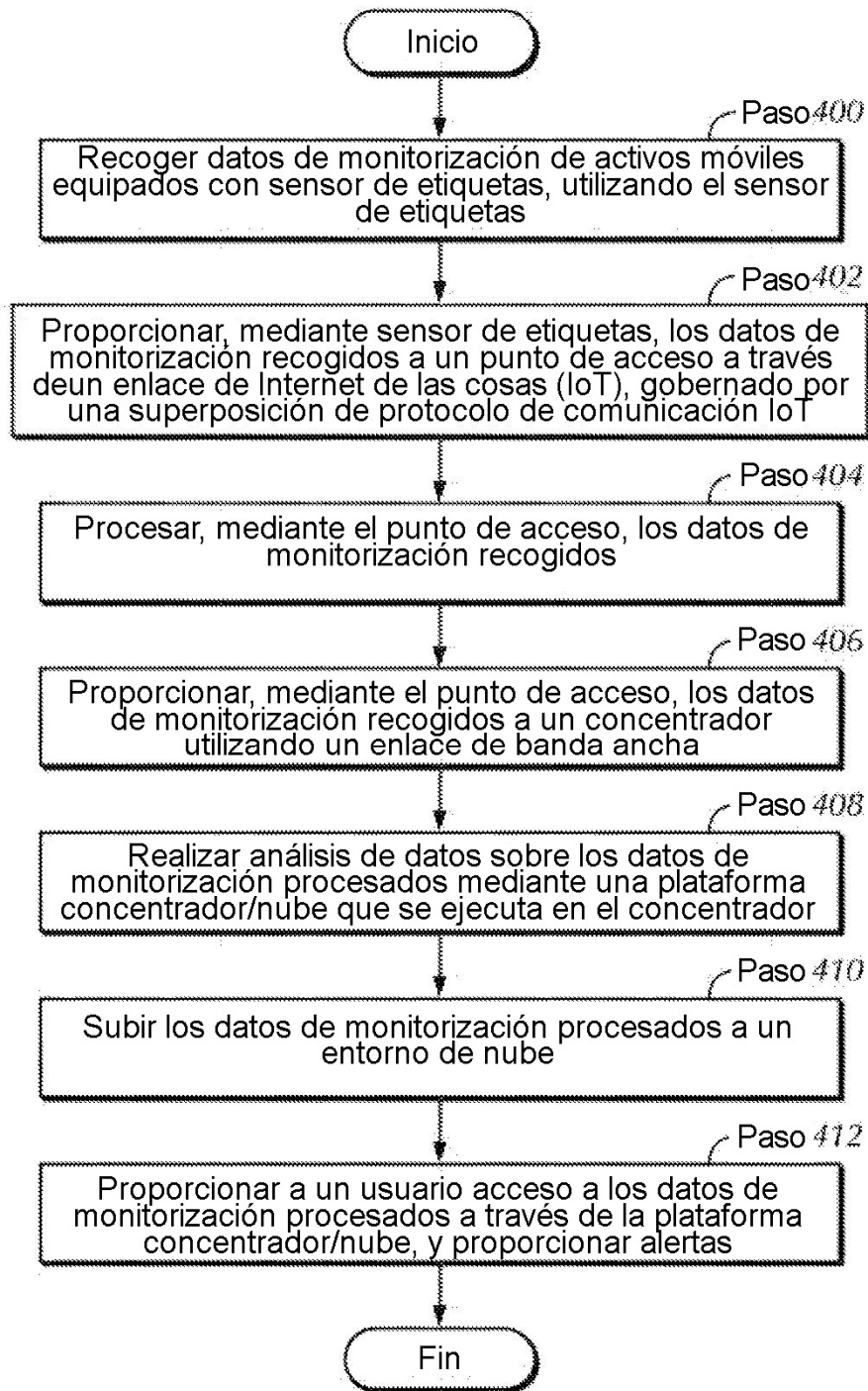
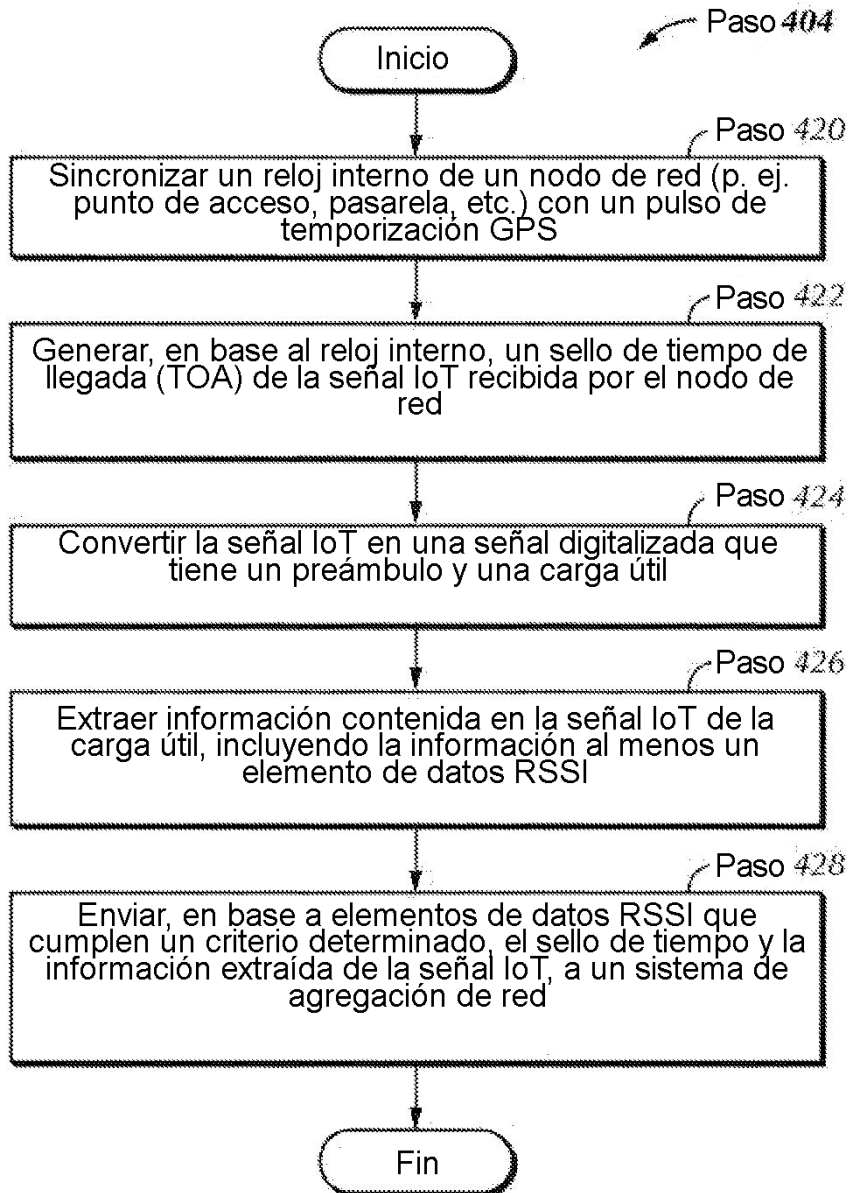


FIG. 4A



**FIG. 4B**

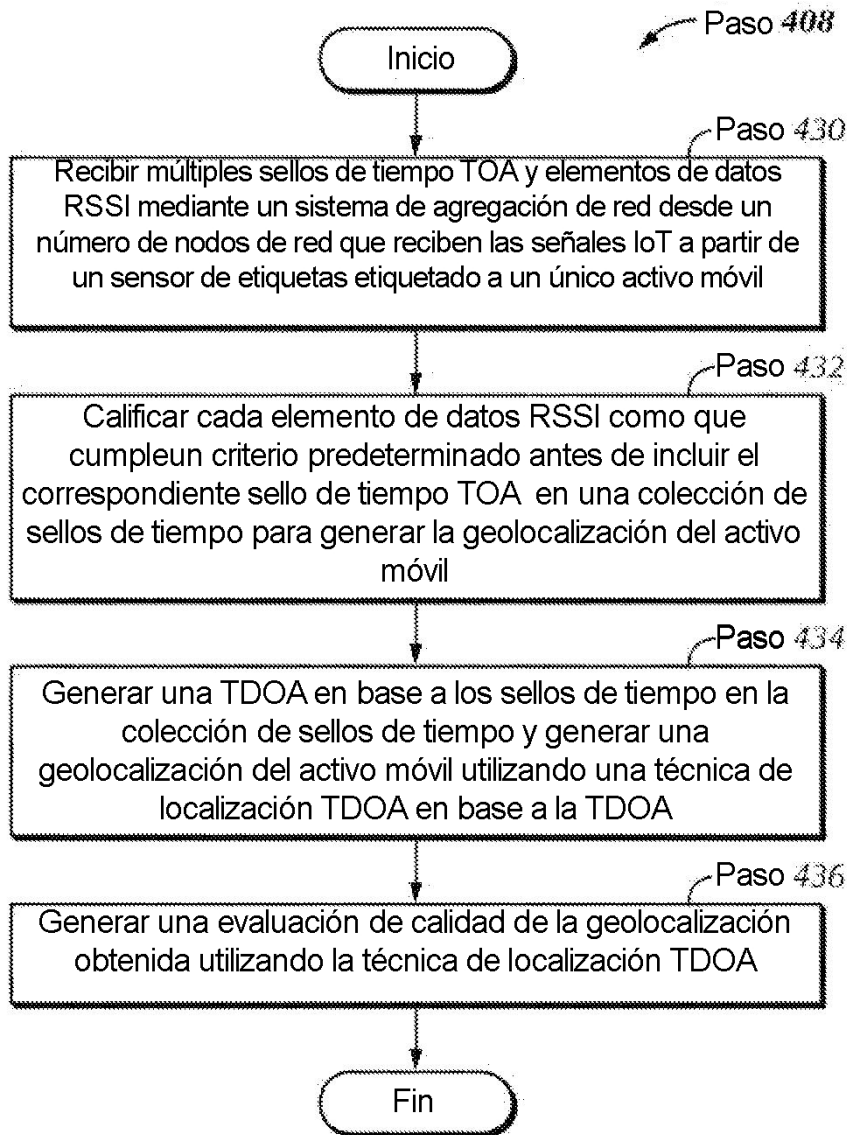


FIG. 4C

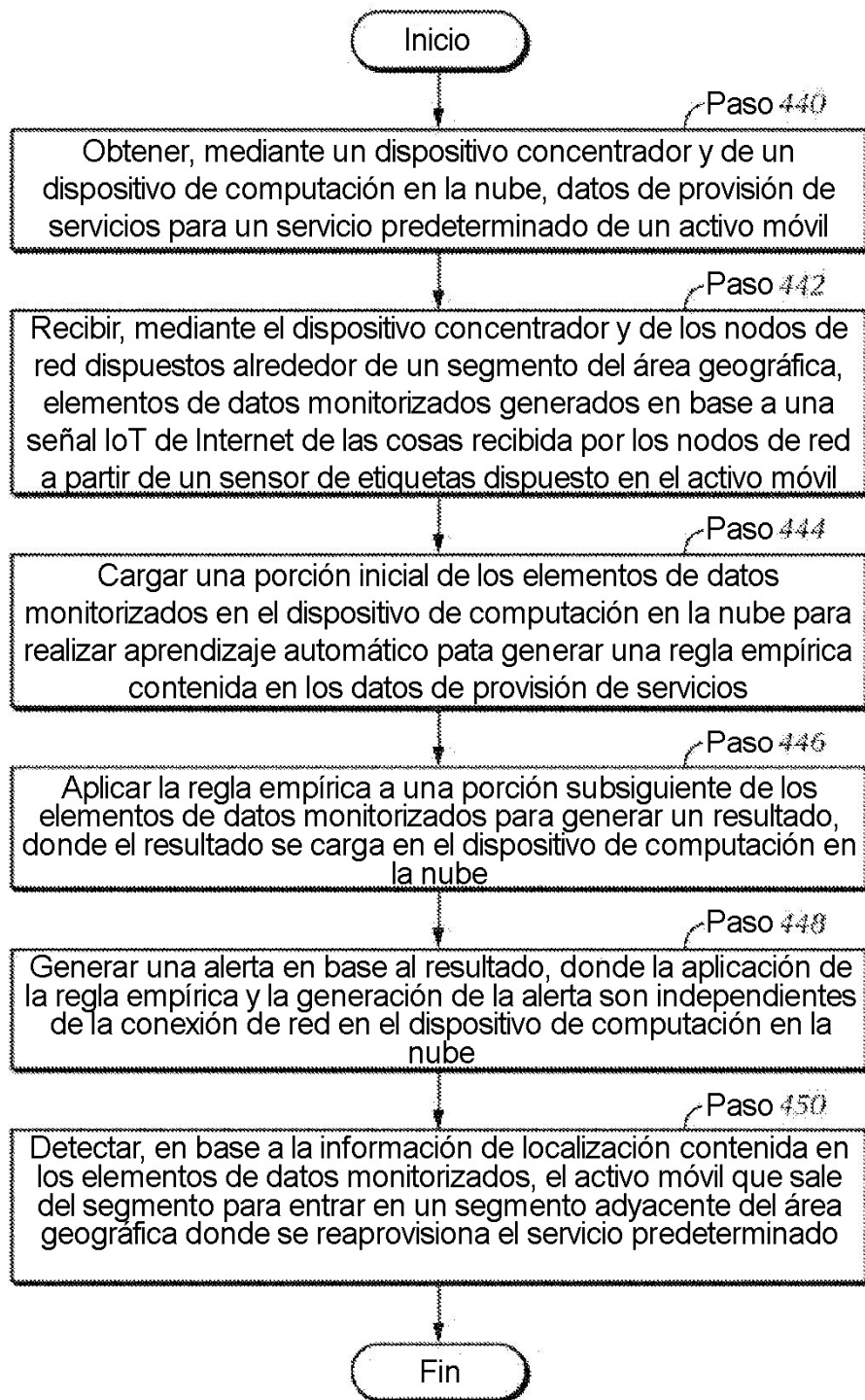
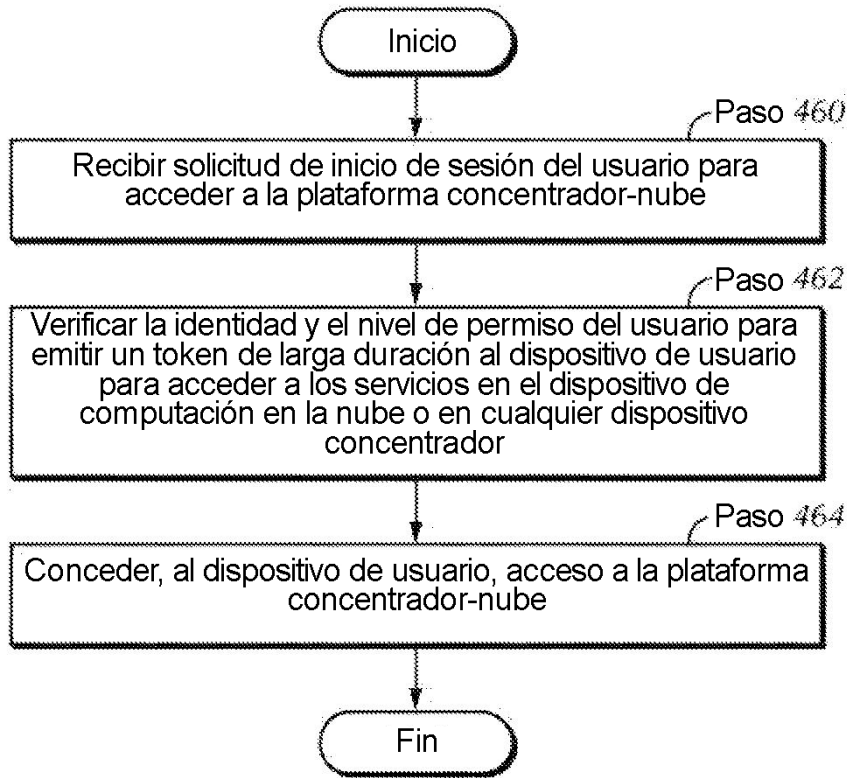


FIG. 4D



**FIG. 4E**

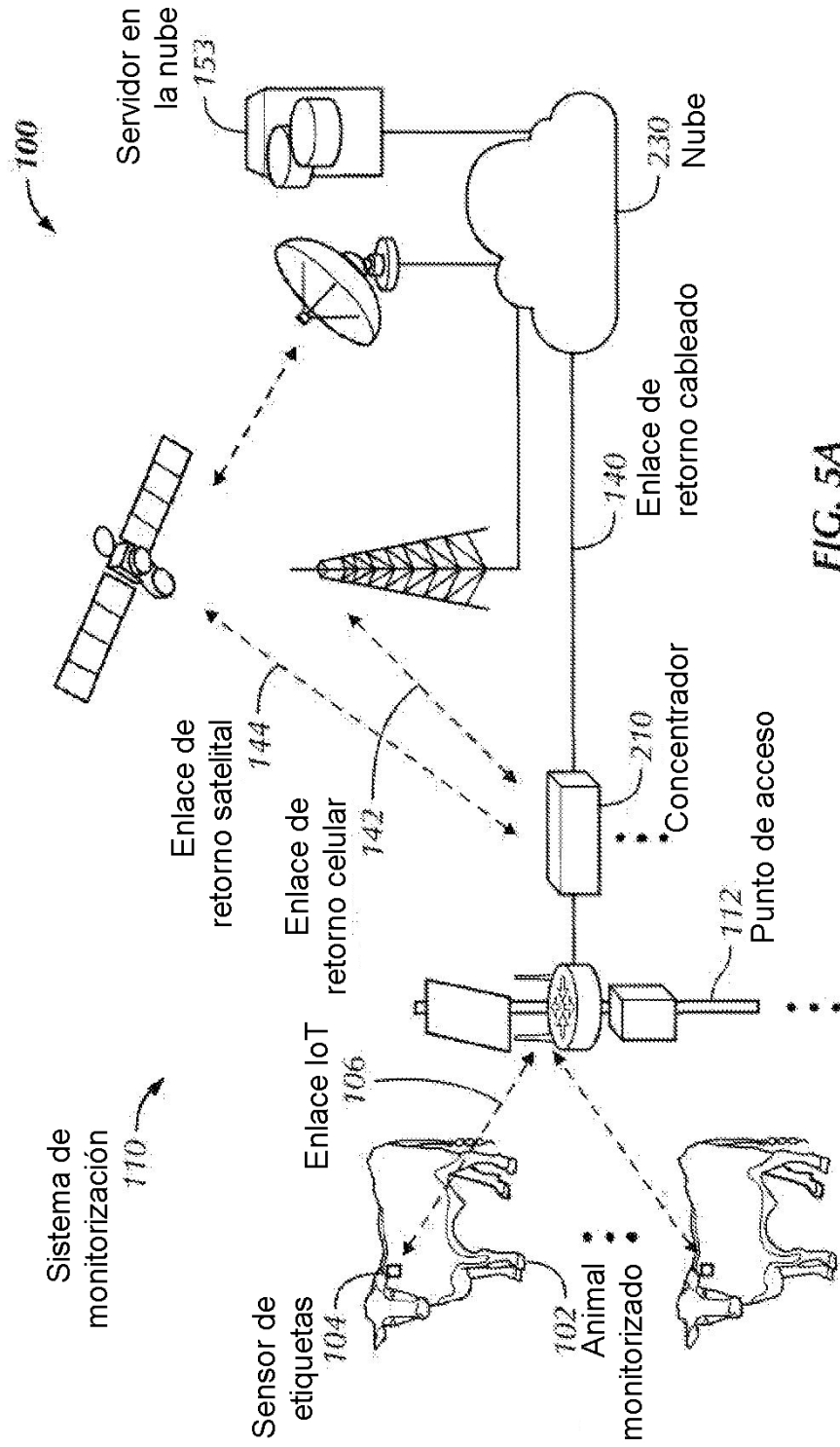


FIG. 5A

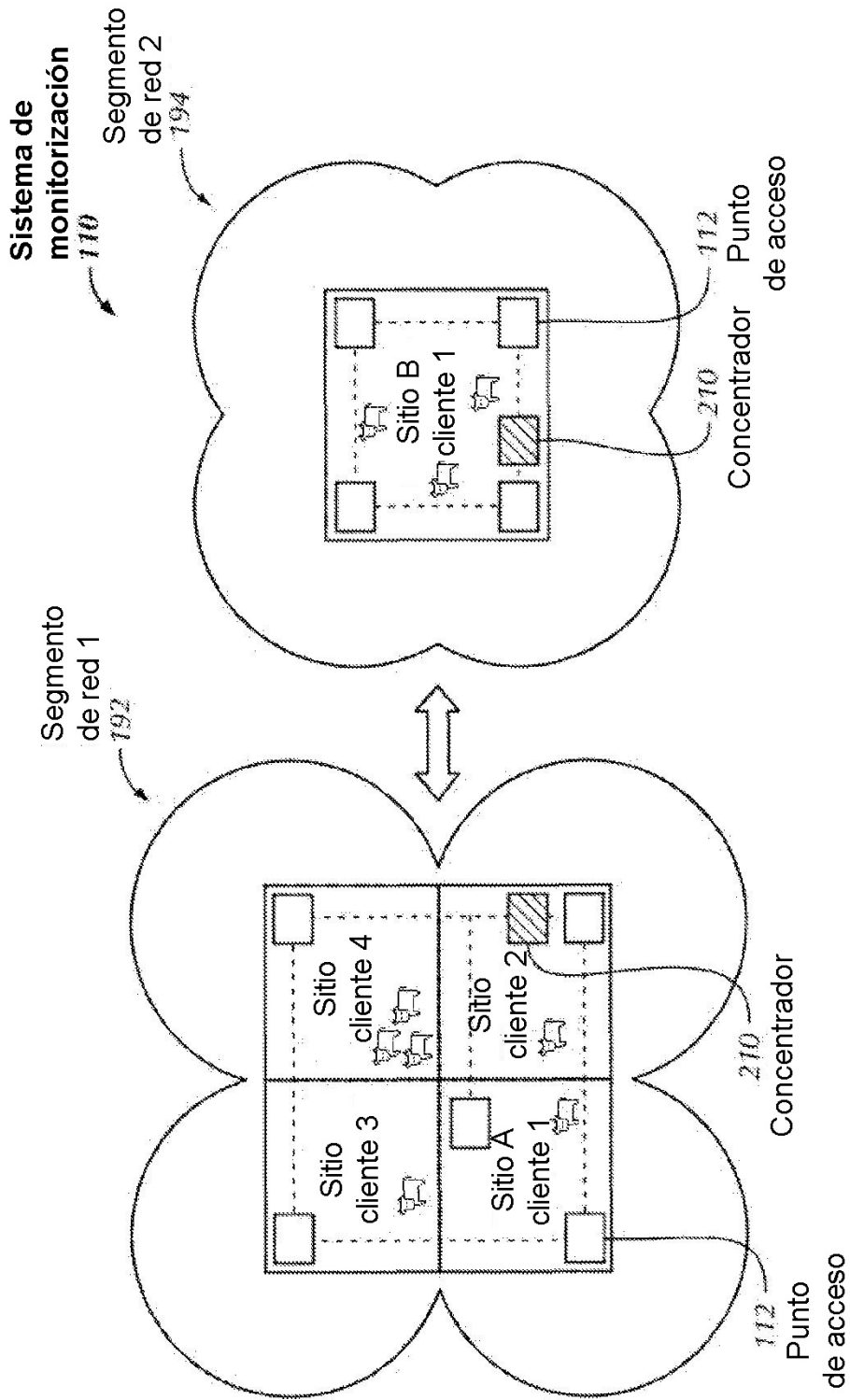


FIG. 5B

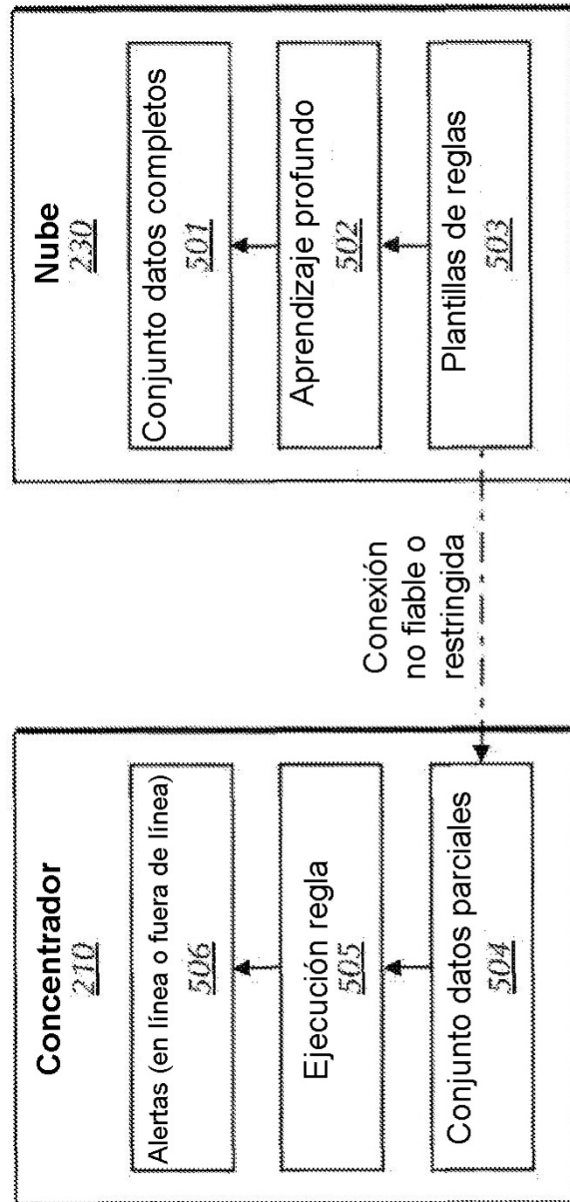


FIG. 5C

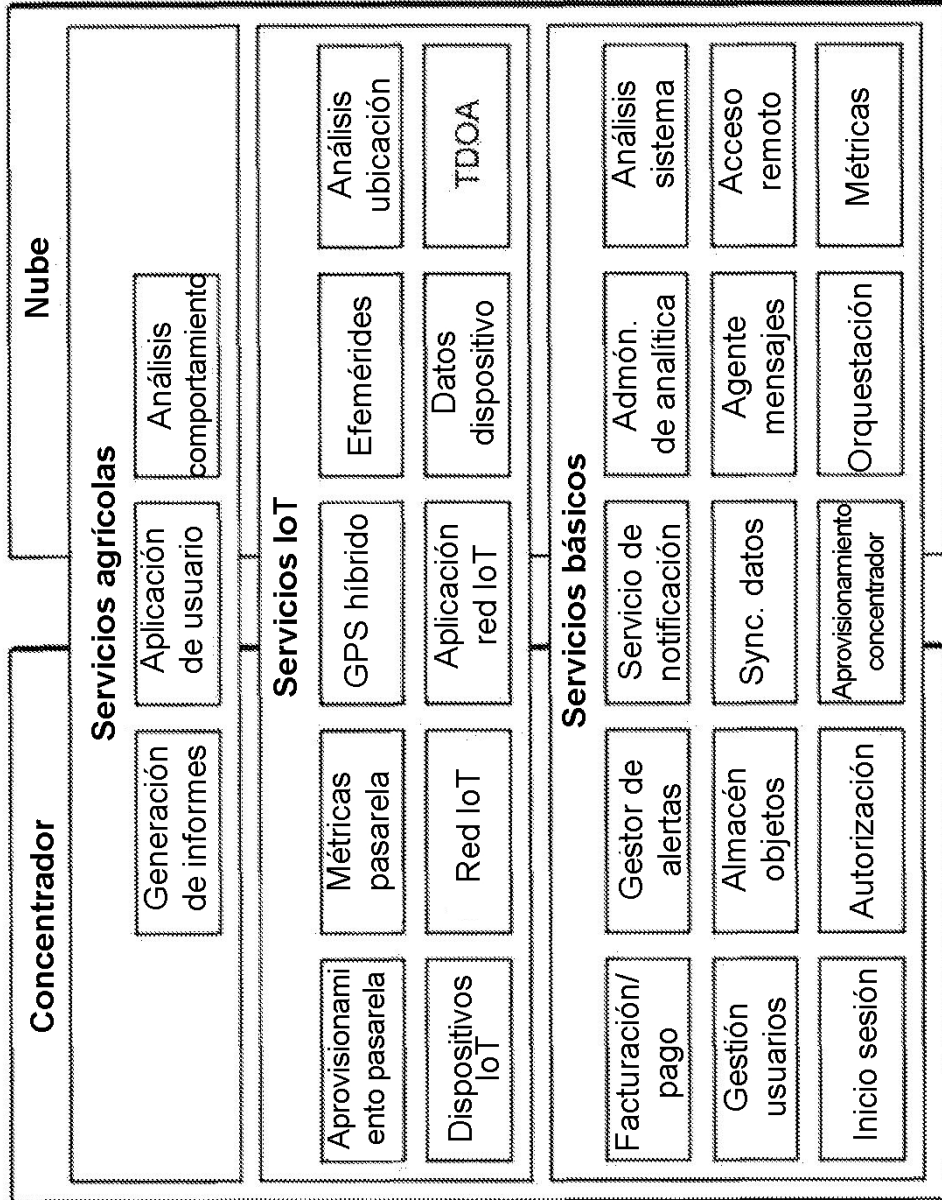


FIG. 5D

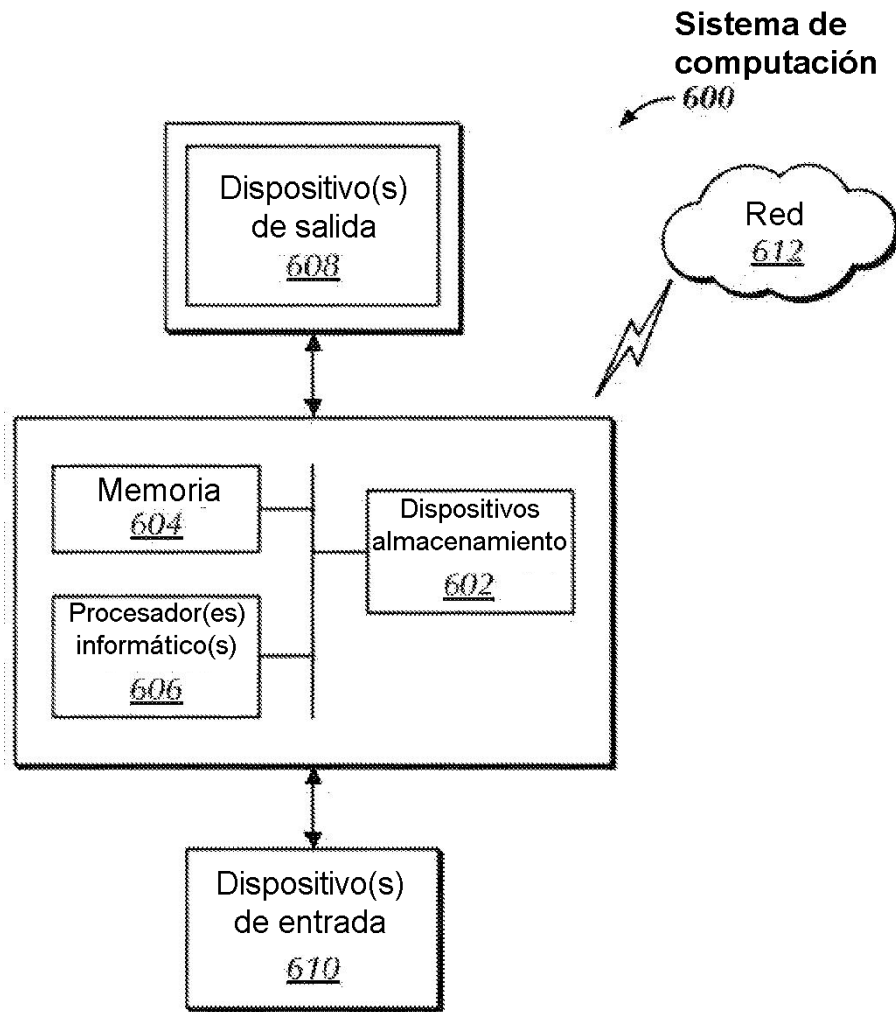


FIG. 6