

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 871 323**

51 Int. Cl.:

G01S 19/48	(2010.01) H04L 29/08	(2006.01)
H04W 64/00	(2009.01)	
H04W 4/02	(2008.01)	
H04W 56/00	(2009.01)	
H04B 17/27	(2015.01)	
H04B 17/318	(2015.01)	
H04B 17/364	(2015.01)	
H04W 4/70	(2008.01)	
G01S 5/02	(2010.01)	
H04L 12/26	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.10.2018** **PCT/US2018/058011**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **09.05.2019** **WO19089462**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.10.2018** **E 18807481 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.04.2021** **EP 3535993**

54 Título: **Método y sistema para supervisar un activo móvil**

30 Prioridad:

31.10.2017 US 201715799299

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.10.2021

73 Titular/es:

TIONESTA, LLC (100.0%)
9737 Great Hills Trail, Suite 260
Austin, TX 78759, US

72 Inventor/es:

STRUHSAKER, PAUL;
CIANOS, NICHOLAS y
LI, CHENCHEN, JIMMY

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 871 323 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método y sistema para supervisar un activo móvil

5 Antecedentes

La disponibilidad del estado de varios activos físicos puede ser beneficiosa o incluso esencial. Por ejemplo, puede ser útil realizar un seguimiento de la ubicación de artículos o personas en movimiento, por varias razones, tales como proporcionar seguridad, optimizar ciertas operaciones, por ejemplo, en entornos industriales o aplicaciones logísticas, y/o proporcionar instrucciones útiles a una persona a la que se realice un seguimiento. Además, la supervisión de objetos estacionarios también puede ser útil. Un objeto estacionario de este tipo puede ser, por ejemplo, un sensor que se pueda consultar para obtener información acerca del entorno que rodea al sensor.

El documento EP 3 173 809 A1 describe un sistema que comprende al menos un dispositivo móvil y una pluralidad de pasarelas cuyas posiciones son conocidas, en donde las pasarelas están dispuestas operativamente para determinar, para cada pasarela, una diferencia de tiempo de llegada de una señal originada por el dispositivo móvil. Una unidad de resolución calcula la posición del dispositivo móvil, basándose en dicha diferencia de tiempo de llegada. La unidad de resolución implementa ELM y un algoritmo de LMS para calcular la estimación de ubicación de una sola vez del dispositivo móvil basándose en una o varias transmisiones de paquetes, e incluye un procedimiento para decidir si es necesario ejecutar un algoritmo de LMS, y un procedimiento para seleccionar o combinar la ubicación emitida a partir de ELM y LMS para la salida de la ubicación de una sola vez. Además, la unidad de resolución comprende un algoritmo de seguimiento para realizar el seguimiento del dispositivo en movimiento o para mejorar la exactitud de la ubicación si el dispositivo se encontrara estático.

25 Sumario

En general, en un aspecto, la invención se refiere a un sistema de supervisión para supervisar uno o más activos móviles en un área geográfica. El sistema de supervisión comprende una pluralidad de nodos de red dispuestos en el área geográfica, la pluralidad de nodos de red en comunicación entre sí a través de una red, en donde al menos un nodo de red de la pluralidad de nodos de red comprende: un receptor de Internet de las cosas (IoT) configurado para recibir una señal de IoT comunicada desde un sensor de etiquetas dispuesto en un activo móvil, un módulo de tiempo de llegada (TOA) acoplado al receptor de IoT y configurado para generar una marca de tiempo que representa un TOA de la señal de IoT como es recibido por el módulo de TOA, y un motor de procesamiento acoplado al receptor de IoT y al módulo de TOA y configurado para extraer un elemento de datos de RSSI integrado en la señal de IoT, y transmitir la marca de tiempo y el elemento de datos de RSSI, y un sistema de agregación de red configurado para: recibir una pluralidad de marcas de tiempo que incluyen la marca de tiempo generada para la señal de IoT desde la pluralidad de nodos de red, recibir el elemento de datos de RSSI extraído de la señal de IoT desde la pluralidad de nodos de red, generar una diferencia de tiempo de llegada (TDOA) basándose en la pluralidad de marcas de tiempo, generar una geolocalización del activo móvil basándose al menos en la TDOA, y generar una evaluación de calidad de la geolocalización basándose en una comparación entre la geolocalización y una geolocalización suplementaria del activo móvil generada basándose al menos en el elemento de datos de RSSI. La evaluación de calidad generada indica que la geolocalización es apta si se determina que la geolocalización y la geolocalización suplementaria coinciden entre sí dentro de un margen predeterminado.

En general, en un aspecto, la invención se refiere a un método para supervisar un activo móvil en un área geográfica. El método incluye recibir, por un nodo de red de una pluralidad de nodos de red dispuestos dentro del área geográfica para recibir una señal de Internet de las cosas (IoT), la señal de IoT desde un sensor de etiquetas dispuesto en el activo móvil, generar, por el nodo de red, una marca de tiempo de la señal de IoT entre una pluralidad de marcas de tiempo generadas por la pluralidad de nodos de red basándose en la señal de IoT, extraer, por el nodo de red, un elemento de datos de indicación de intensidad de señal recibida, RSSI, integrado en la señal de IoT, enviar, por la pluralidad de nodos de red, la pluralidad de marcas de tiempo y al menos el elemento de datos de RSSI a un sistema de agregación de red, generar una diferencia de tiempo de llegada (TDOA) basándose en la pluralidad de marcas de tiempo, generar una geolocalización del activo móvil basándose al menos en la TDOA, y generar una evaluación de calidad de la geolocalización basándose en comparar la geolocalización con una geolocalización suplementaria del activo móvil generada basándose al menos en el elemento de datos de RSSI. La evaluación de calidad generada indica que la geolocalización es apta si se determina que la geolocalización y la geolocalización suplementaria coinciden entre sí dentro de un margen predeterminado.

Otros aspectos de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción y las reivindicaciones adjuntas.

60 Breve descripción de los dibujos

La figura 1A muestra un sistema para supervisar un activo móvil, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención.

Las figuras 1B, 1C y 1D muestran un modelo para supervisar un activo móvil, de acuerdo con una o más

realizaciones de la invención.

Las figuras 2 y 3 muestran un nodo de red y una superposición de protocolo de comunicación para supervisar un activo móvil, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención.

Las figuras 4A, 4B, 4C, 4D, muestran diagramas de flujo de un método para supervisar un activo móvil, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención.

La figura 5A muestra un ejemplo de un sistema para supervisar un activo móvil, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención.

Las figuras 5A y 5C muestran ejemplos de nodos de red para supervisar un activo móvil, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención.

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

Descripción detallada

A continuación, se describirán con detalle realizaciones específicas de la invención con referencia a las figuras adjuntas. Por razones de consistencia, elementos semejantes en las diversas figuras son denotados por números de referencia semejantes. Por razones de simplicidad, es posible que no se etiqueten elementos semejantes en todas las figuras.

En la siguiente descripción detallada de realizaciones de la invención, se exponen numerosos detalles específicos con el fin de proporcionar un entendimiento más completo de la invención. Sin embargo, será evidente para un experto en la materia que la invención se puede poner en práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, no se han descrito con detalle características bien conocidas para evitar complicar de manera innecesaria la descripción.

De principio a fin de la solicitud, se pueden usar números ordinales (por ejemplo, primero, segundo, tercero, etc.) como un adjetivo para un elemento (es decir, cualquier sustantivo en la solicitud). El uso de números ordinales no implica ni crea una forma particular de ordenar los elementos, ni limita que elemento alguno sea solo un único elemento a menos que se divulgue expresamente, tal como mediante el uso de los términos "antes", "después", "único" y otras terminologías de este tipo. Además, el uso de números ordinales tiene como fin distinguir entre 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 una forma de ordenar los elementos.

En la siguiente descripción de las figuras 1A-6, cualquier componente descrito con respecto a una figura, en varias realizaciones de la invención, puede ser equivalente a uno o más componentes de nombre semejante descritos con respecto a cualquier otra figura. Por brevedad, las descripciones de esos componentes no se repetirán con respecto a cada figura. De este modo, todas y cada una de las realizaciones de los componentes de cada figura se incorporan como referencia y se supone que están opcionalmente presentes dentro de cada una de las otras figuras que tengan uno o más componentes de nombre semejante. Adicionalmente, de acuerdo con varias realizaciones de la invención, cualquier descripción de los componentes de una figura se ha de interpretar como una realización opcional que se puede implementar además de, junto con o en lugar de las realizaciones descritas, con respecto a un componente de nombre semejante correspondiente, en cualquier otra figura.

Se ha de entender que las formas singulares "un", "una" y "el/la" incluyen referentes plurales, a menos que el contexto indique claramente otra cosa. Por lo tanto, por ejemplo, la referencia a "un haz horizontal" incluye la referencia a una o más de tales haces.

Términos tales como "aproximadamente", "sustancialmente", etc., pretenden indicar que no es necesario lograr con exactitud la característica, parámetro o valor indicado, sino que pueden tener lugar desviaciones o variaciones, incluyendo, por ejemplo, tolerancias, error de medición, limitaciones de exactitud de medición y otros factores conocidos por los expertos en la materia, en unas cantidades que no excluyen el efecto que la característica tenía por objeto proporcionar.

Se ha de entender que una o más de las etapas mostradas en los diagramas de flujo se pueden omitir, repetir y/o realizar en un orden diferente al orden mostrado. En consecuencia, no se debería considerar que el alcance de la invención esté limitado a la disposición específica de etapas mostrada en los diagramas de flujo.

Aunque no se presentan múltiples reivindicaciones dependientes, será evidente para un experto en la materia que la materia objeto de las reivindicaciones dependientes de una o más realizaciones se puede combinar con otras reivindicaciones dependientes.

En general, las realizaciones de la invención se dirigen a métodos y sistemas para supervisar un activo móvil en un área geográfica. En una o más realizaciones de la invención, el activo móvil se etiqueta con un sensor (denominado

sensor de etiquetas) mientras que un número de nodos de red (por ejemplo, pasarelas de entrada, puntos de acceso, etc.) se disponen alrededor del área geográfica para recibir una señal de Internet de las cosas (IoT) desde el sensor de etiquetas. Cada nodo de red está configurado para generar una marca de tiempo de llegada (TOA) tras recibir la señal de IoT y para extraer un elemento de datos de indicación de intensidad de señal recibida integrado en la señal de IoT. La marca de tiempo de TOA generada por dispositivo y el elemento de datos de RSSI extraído por dispositivo, por cada nodo de red, se envían a un sistema de agregación de red. En respuesta, el sistema de agregación de red genera una diferencia de tiempo de llegada (TDOA) basándose en las marcas de tiempo recibidas de los nodos de red y genera una geolocalización del activo móvil basándose al menos en la TDOA. En una o más realizaciones, la geolocalización se cuantifica usando al menos un elemento de datos de RSSI. En una o más realizaciones, los múltiples activos móviles en el área geográfica se supervisan de forma individual y simultánea.

En una o más realizaciones de la invención, el sistema de supervisión incluye puntos de acceso de IoT conectados a un punto de acceso primario que, a su vez, está conectado a un sistema de agregación de red que incluye un concentrador - nube que tiene un elemento de procesamiento de TDOA. Los puntos de acceso tienen una cobertura de radio de IoT superpuesta de tal modo que la señal de IoT transmitida desde cualquier sensor de etiquetas dado puede ser recibida por al menos tres (3) o más puntos de acceso. La ubicación de cada punto de acceso de IoT es predeterminada y todos los puntos de acceso están sincronizados en el tiempo. Por ejemplo, las ubicaciones predeterminadas y la sincronización de los puntos de acceso se pueden implementar usando un sistema de posicionamiento global (GPS) instalado en cada punto de acceso. En otro ejemplo, la ubicación de cada punto de acceso se puede registrar en el momento del establecimiento y también se pueden usar otros métodos de sincronización.

La figura 1A muestra un sistema de supervisión (110) para supervisar 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, se pueden omitir, repetir y/o sustituir uno o más de los módulos y elementos mostrados en la figura 1A. En consecuencia, no se debería considerar que las realizaciones de la invención estén limitadas a las disposiciones específicas de módulos mostradas en la figura 1A.

Como se muestra en la figura 1A, ilustrado de acuerdo con la leyenda (111), el sistema de supervisión (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)) dispuestos alrededor del 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 red (por ejemplo, el nodo de red A (112), el nodo de red B (113), los nodos de red (114-119)) están estacionarios dentro del área geográfica (100). Por ejemplo, los nodos de red se pueden colocar en ubicaciones estacionarias respectivas dentro del área geográfica (100) en el momento del despliegue y permanecer en las ubicaciones conocidas desplegadas a menos que posteriormente se desplieguen de nuevo. En una o más realizaciones de la invención, los activos móviles (por ejemplo, el activo móvil (101)) pueden incluir ganado, equipo de minería móvil, sujetos humanos, vehículos, activos agrícolas, relacionados con el petróleo y el gas tales como depósitos o cualquier otro objeto móvil valioso que se pueda mover de vez en cuando dentro del área geográfica (100). De manera correspondiente, el área geográfica (100) puede incluir un rancho, un campo minero, un terreno de juego, un puerto o solar de estacionamiento de concesionario, una refinería o cualquier otro espacio público o privado adecuado en el que los activos sean móviles y se pueda realizar un seguimiento a los mismos.

En una o más realizaciones, cada activo móvil (por ejemplo, el activo móvil (101)) se equipa con un sensor de etiquetas (por ejemplo, el sensor de etiquetas (104)) que se comunica con múltiples nodos de red (por ejemplo, el nodo de red A (112)) a través de enlaces de Internet de las Cosas (IoT) (por ejemplo, el enlace de IoT (106)) para posibilitar la supervisión de los activos móviles (por ejemplo, el activo móvil (101)). Por ejemplo, el sensor de etiquetas (104) puede medir parámetros fisiológicos del activo móvil (101) para enviarlos a nodos de red cercanos (por ejemplo, el nodo de red A (112)) usando los enlaces de IoT (por ejemplo, el enlace de IoT (106)). En una o más realizaciones, cada enlace de IoT (por ejemplo, el enlace de IoT (106)) se establece y/o es eficaz dentro de cierto margen de un sensor de etiquetas (por ejemplo, el margen (105) del sensor de etiquetas (104)). Por ejemplo, cuatro enlaces de IoT (por ejemplo, el enlace de IoT (106)) se muestran como establecidos entre el sensor de etiquetas (104) y cuatro nodos de red (por ejemplo, el nodo de red A (112)). En contraste, otros nodos de red (por ejemplo, el nodo de red B (113)) fuera del margen (105) del sensor de etiquetas (104) no están en comunicación con el sensor de etiquetas (104) usando cualquier enlace de IoT. Por ejemplo, no se establece enlace de IoT alguno entre el sensor de etiquetas (104) y el nodo de red B (113). De vez en cuando, el margen (105) puede variar dependiendo de varias condiciones tales como la ubicación del activo móvil (101), las condiciones meteorológicas/el terreno del área geográfica (100), la carga de la batería del sensor de etiquetas (104), etc. Por ejemplo, el margen (105) puede variar en ciertos puntos de tiempo de tal modo que el nodo de red A (112) caiga fuera del margen (105). Durante esos puntos de tiempo, solo tres enlaces de IoT siguen estando establecidos y/o siendo eficaces entre el sensor de etiquetas (104) y los tres nodos de red restantes.

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 alrededor del área geográfica (100) se comunican entre sí a través de una red inalámbrica. Por ejemplo, la distancia entre los 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 del orden de 1 kilómetro (km) y pueden variar con la naturaleza del terreno en el área geográfica (200). La red inalámbrica se puede basar en el espectro de comunicación de WiFi a 2,4

GHz y 5 GHz. Por ejemplo, se puede usar la norma 802.11S para permitir que los nodos de red (por ejemplo, el nodo de red A (112), el nodo de red B (113), los nodos de red (114-119)) se comuniquen entre sí como una red completamente en malla. La red en malla posibilita las comunicaciones basándose en la disponibilidad de cualquier nodo de red (por ejemplo, el nodo de red A (112), el nodo de red B (113), los nodos de red (114-119)) para pasar una señal a través de la red a su destino, tal como del nodo de red A (112) al sistema de agregación de red (120). En una o más realizaciones, la red en malla en toda el área geográfica (100), o una 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 transmisiones de datos desde la red en malla antes de pasarlas al sistema de agregación de red (120). Como se muestra en la figura 1A, el nodo de red (117) actúa como el nodo de red primario para la red en malla desplegada en toda el área geográfica (100). Además o en lugar de la norma 802.11S, también se puede usar cualquier tecnología de comunicación que soporte una interconexión en red completamente en malla.

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)) se pueden configurar como una pasarela, un punto de acceso inalámbrico o una combinación de los mismos. La pasarela es un nodo de red para la interconexión con otra red que use protocolos diferentes. El punto de acceso inalámbrico, o denominado, de manera general, punto de acceso, es un dispositivo de conexión en red que permite una conexión por WiFi a un ordenador o red de comunicación. Se describen detalles adicionales de los nodos de red (por ejemplo, el nodo de red A (112) con referencia a las figuras 2A-2B posteriores.

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 supervisión (110) usando el método descrito con referencia a las figuras 4A-4D posteriores.

Las figuras 1B, 1C y 1D muestran un modelo para una técnica de localización de TDOA, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención. Como se muestra en las figuras 1B, 1C y 1D, se usan pasarelas para representar los nodos de red ilustrados en la figura 1A anterior. Específicamente, la figura 1B muestra cuatro pasarelas en un plano x-y, denotadas como GW_0 , GW_1 , GW_2 y GW_n para representar los cuatro nodos de red (por ejemplo, los nodos de red A (112)) dentro del margen (105), como se muestra en la figura 1A anterior. El modelo descrito posteriormente se basa en colocar GW_0 en el origen, (0, 0), del sistema de coordenadas x-y. Las otras pasarelas, GW_1 , GW_2 a GW_n , se pueden ubicar en las ubicaciones (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , ... (x_n, y_n) . Como un ejemplo, la distancia entre las pasarelas puede ser, nominalmente, de 1 a 2 kilómetros. En una o más realizaciones, las pasarelas GW_0 a GW_n son estacionarias. En otras palabras, las ubicaciones conocidas (0, 0), (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , ... (x_n, y_n) no cambian con el tiempo. En una o más realizaciones, las pasarelas, GW_0 a GW_n , pueden cambiar de ubicación. Por ejemplo, las ubicaciones conocidas (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , ... (x_n, y_n) se pueden determinar usando un GPS incluido en cada pasarela.

El emisor ilustrado en la figura 1B representa un sensor de etiquetas (104) ilustrado en la figura 1A anterior y tiene una ubicación particular, (x, y), con las distancias entre el emisor y las pasarelas correspondientes denotadas como R_0 , R_1 , R_2 y R_3 .

La distancia entre la pasarela j y el emisor es

$$R_j = \sqrt{(x_j - x)^2 + (y_j - y)^2}$$

para $j = 0, 1, 2 \dots n$ en donde $n \geq 4$

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

A continuación, elevar al cuadrado R_j y desarrollar los términos dentro del radical para obtener:

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

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

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

Obsérvese que esta expresión es ahora lineal en x e y . Esta linealidad se usa para desarrollar un par de ecuaciones simultáneas con dos incógnitas, x e y . En este contexto, el modelo descrito en el presente documento se puede denominar modelo algebraico lineal.

5 La señal transmitida se desplaza desde el emisor (es decir, el sensor de etiquetas (104)) hasta cada pasarela a la velocidad de la luz, $c = 3 * 10^8$ m/s. El tiempo de llegada, TOA, correspondiente en cada pasarela es:

$$T_j = R_j/c$$

10 Usar el TOA, T_0 , de la pasarela en el origen como referencia y tomar la diferencia con los TOA de las pasarelas restantes y la referencia para generar las diferencias de tiempo de llegada, τ_j :

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

15 Resolver para R_j y elevarlo al cuadrado para obtener:

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

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

20 Para $j = 1, 2, \dots, n$, el término $2R_0$ se puede eliminar tomando las siguientes diferencias y expresando las diferencias en relación con las TDOA, o:

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

⋮

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

25 Usar la ecuación 1 anterior y sustituir los valores correspondientes de los términos en x e y para $(R_1^2 - R_0^2)$, $(R_2^2 - R_0^2)$ a $(R_n^2 - R_0^2)$, entonces recopilar los términos para formar $n - 1$ ecuaciones que sean lineales en x e y :

$$A_2x + B_2y = D_2$$

⋮

$$A_nx + B_ny = D_n$$

en donde

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

$\vdots$

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

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

$\vdots$

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

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

$\vdots$

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

5

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

$$(AB) \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = (D)$$

Ecuación 2

10

en donde

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

15

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

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

20

en donde $(AB)^T$ es la traspuesta de (AB) .

25

Las ecuaciones simultáneas anteriores pueden mostrar una singularidad si un emisor está ubicado a lo largo de una línea que biseque la línea basal entre el par de pasarelas. La singularidad es resultado de que las distancias entre el emisor y la bisectriz y el par de pasarelas sean iguales. Las figuras 1C y 1D muestran cómo varían las singularidades con las ubicaciones de pasarela. La figura 1C tiene ubicaciones de pasarela en las esquinas de un cuadrado de 1

kilómetro de lado. Las líneas oscurecidas muestran las ubicaciones de las singularidades. En otras palabras, cada punto de las líneas oscurecidas corresponde a una singularidad. Obsérvese que una singularidad no aparece a lo largo de una línea que pasa a través del origen y la pasarela ubicada a (1000, 1000) metros debido a que el enfoque algebraico usa el origen como referencia para la totalidad de la diferencia de tiempo. La figura 1D muestra cómo cambian las singularidades asociadas con la línea inclinada en diagonal cuando se movió una pasarela a una ubicación diferente (1500, 1500).

En general, el problema causado por la singularidad es un suceso de baja probabilidad. Si más de cuatro pasarelas reciben la señal de IoT desde el emisor o sensor de etiquetas (104), el uso de diferentes combinaciones de geometrías de recepción mitiga la probabilidad de una singularidad. El uso de mediciones de TOA y RSSI en combinación permite seleccionar cuál de las cuatro pasarelas se usa para geoubicar un emisor sin verse afectado por singularidad alguna.

La figura 2 muestra un nodo de red para supervisar uno o más activos móviles en un área geográfica de acuerdo con una o más realizaciones de la invención. En una o más realizaciones, se pueden omitir, repetir y/o sustituir uno o más de los módulos y elementos mostrados en la figura 2. En consecuencia, no se debería considerar que las realizaciones de la invención estén limitadas a las disposiciones específicas de módulos mostradas en la figura 2.

Como se muestra en la figura 2, el nodo de red A (112) incluye un receptor de Internet de las cosas (IoT) (201), un módulo de tiempo de llegada (TOA) (202), un circuito de sincronización de reloj y de servicio de posicionamiento global (GPS) (203), un motor de procesamiento (204) y una antena de radio de 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 de software que realice 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 sobre un activo móvil, tal como el sensor de etiquetas (104) del activo móvil (101) ilustrado en la figura 1A anterior. El receptor de IoT (201) incluye un receptor de RF (201a) para recibir la señal de IoT a través de la antena de radio de IoT (205), y un módem de banda base digital (201b) para desmodular o convertir de otra forma la señal de IoT recibida en una señal digitalizada que tenga un preámbulo y una cabida útil. El preámbulo incluye metadatos de la información de cabida útil, tal como información de identificación del sensor de etiquetas, marca de tiempo de transmisión de la señal de IoT, etc. La cabida útil incluye información generada por el sensor de etiquetas, tal como mediciones fisiológicas del activo móvil, posición de GPS del sensor de etiquetas, etc. Por ejemplo, el receptor de IoT (201) se puede basar en el protocolo de LoRA o en otros tipos de protocolos de IoT. En otras palabras, el receptor de RF (201a) es un receptor de frecuencia de radio configurado para recibir el LoRA u otros tipos de señal de IoT. El módem de banda base digital (201b) es un circuito modulador/desmodulador configurado para procesar el LoRA u otros tipos de señal de IoT.

En una o más realizaciones, la señal de IoT recibida es detectada por el módulo de TOA (202) para generar una marca de tiempo de TOA sin desmodular o descodificar de otro modo la forma de onda de la señal IoT. En una o más realizaciones, la señal de IoT recibida es detectada por el módulo de TOA (202) para generar una marca de tiempo de TOA basándose en el preámbulo sin descodificar la cabida útil de la señal de IoT. La marca de tiempo de TOA es un valor numérico que representa el tiempo cuando la señal de IoT es detectada por el módulo de TOA (202). En una o más realizaciones, el módulo de TOA (202) genera la marca de tiempo de TOA basándose en un reloj interno estable y de alta precisión. En una o más realizaciones, el reloj interno es calibrado por, y se sincroniza con, una marca de tiempo de 1 PPS (pulso por segundo) desde el circuito de sincronización de reloj y de GPS (203). Por ejemplo, se puede usar un oscilador disciplinado estabilizado por temperatura a 32 MHz con una fluctuación de menos de 10 ns de RMS (valor eficaz) para abastecer el reloj interno. En otro ejemplo, la marca de tiempo de 1 PPS se puede proporcionar a un circuito de bucle de enganche de fase (PLL) que genera una frecuencia de 32 MHz con una fluctuación de menos de 10 ns de RMS.

En una o más realizaciones, el motor de procesamiento (204) está configurado para descodificar la señal de IoT convertida que incluye mediciones de sensor generadas por el sensor de etiquetas, posición de GPS del sensor de etiquetas y estadísticas de señal tales como indicación de intensidad de señal recibida (RSSI). El motor de procesamiento (204) está configurado además para enviar la información de cabida útil de IoT descodificada y RSSI junto con la información de marca de tiempo de TOA a través de la red en malla al sistema de agregación de red (120) ilustrado en la figura 1A anterior.

En una o más realizaciones, el motor de procesamiento (204) está configurado además para soportar la generación y la transmisión de señales de IoT simuladas. La señal de IoT simulada es una señal que se ajusta al mismo protocolo que la señal de IoT desde los sensores de etiquetas (por ejemplo, el sensor de etiquetas (104)). En contraste con la señal de IoT, la señal de IoT simulada es generada por un nodo de red (por ejemplo, el nodo de red A (112) usando un motor de procesamiento asociado (por ejemplo, el motor de procesamiento (204)) en lugar de ser generado por cualquier sensor de etiquetas. En una o más realizaciones, la señal de IoT simulada del nodo de red A (112) incluye una posición de GPS del nodo de red A (112) de tal modo que el nodo de red A (112) actúa como un activo móvil simulado para las pruebas de diagnóstico y la calibración de la red de supervisión (110). Como se usa en el presente documento, un activo móvil simulado es un nodo de red que genera y transmite una señal de IoT simulada para actuar como un activo móvil que tiene un sensor de etiquetas que transmite una señal de IoT real.

En una o más realizaciones, el circuito de sincronización de reloj y de GPS (203) incluye una unidad de GPS que presta al menos dos funciones. La unidad de GPS proporciona una medición a largo plazo y exacta de la geoposición del nodo de red A (112). Esta geoposición medida no requiere que el nodo de red A (112) se ubique de forma precisa durante el despliegue de la red de supervisión (110). En segundo lugar, la señal de GPS proporciona la referencia de temporización de 1 PPS que sincroniza los relojes internos en 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 toda la red de supervisión (110). El reloj interno se usa para generar las marcas de tiempo de TOA indicadas anteriormente. La sincronización de los relojes internos de nodo de red por toda la red de supervisión (110) permite que las marcas de tiempo de TOA generadas por diferentes nodos de red (por ejemplo, el nodo de red A (112), el nodo de red B (113), los nodos de red (114-119)) se comparen de una forma sincronizada o consistente de otro modo.

En una o más realizaciones, el circuito de sincronización de reloj y de GPS (203) incluye además un circuito de acondicionamiento de señal que sincroniza el pulso de temporización de 1 PPS de GPS con un reloj interno estable del nodo de red A (112). Este reloj interno estable es usado por el módulo de TOA (202) para generar la marca de tiempo de TOA. Este es suficientemente estable como para que, durante las ocasiones en las que la señal de GPS pueda no estar disponible, este reloj interno continúe proporcionando una temporización sincronizada para generar las marcas de tiempo de 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 supervisión (110) usando el método descrito con referencia a las figuras 4A-4D posteriores.

La figura 3 muestra una superposición de protocolo de comunicación de IoT para supervisar uno o más activos móviles en un área geográfica de acuerdo con una o más realizaciones de la invención. En una o más realizaciones, se pueden omitir, repetir y/o sustituir uno o más de los módulos y elementos mostrados en la figura 3. En consecuencia, no se debería considerar que las realizaciones de la invención estén limitadas a las disposiciones específicas de módulos mostradas en la figura 3.

Como se muestra en la figura 3, la superposición de protocolo de comunicación de IoT está diseñada para posibilitar la distribución de una base de tiempos exacta por medio de un punto de acceso (por ejemplo, el nodo de red A (112) ilustrado en las figuras 1 y 2A anteriores) a sensores de etiquetas u otros dispositivos que se comuniquen con el punto de acceso. La superposición de protocolo de comunicación de IoT establece además reglas para los intercambios de datos en forma de bandas de frecuencia e intervalos de tiempo a usar para comunicaciones, para reducir o eliminar colisiones que, de lo contrario, puedan ocurrir cuando múltiples sensores de etiquetas intenten transmitir simultáneamente datos. En una o más realizaciones, la señal de IoT mencionada anteriormente y la señal de IoT simulada se basan en la superposición de protocolo de comunicación de IoT descrita en el presente documento.

En una o más realizaciones de la invención, la superposición de protocolo de comunicación de IoT se puede usar para ampliar protocolos de IoT existentes, tales como LoRa o SigFox, pero también otros protocolos, tales como el protocolo de Wi-Fi de 802.11. La figura 3 muestra una superposición de protocolo de comunicación de IoT (600) en la que se establecen una supertrama (602) y unas tramas (604). El inicio de cada trama es marcado por una baliza (612), emitida por el punto de acceso. Una baliza puede incluir o puede ir seguida de una comunicación de varios datos a los dispositivos de IoT dentro del margen del punto de acceso. Los datos pueden incluir una base de tiempos precisa que el punto de acceso puede haber obtenido de su unidad de GPS. Los datos pueden incluir además una especificación de la superposición de protocolo de comunicación de IoT, informando de este modo a los dispositivos de IoT que se supone que se comunican con el punto de acceso de la temporización y la frecuencia de los intervalos de tiempo asignados a los mismos para la transmisión de datos.

La baliza puede entonces ir seguida de transmisiones de datos de sensor en los intervalos de comunicación (616). Cada intervalo de comunicación puede ser de una duración fija y se puede ubicar a una frecuencia establecida. En la superposición de protocolo de comunicación de IoT (600) ilustrativa de la figura 3, una trama incluye 24 intervalos de comunicación. Se pueden transmitir simultáneamente grupos de 8 intervalos de comunicación usando frecuencias diferentes. Los intervalos de comunicación se pueden asignar de cualquier manera. Por ejemplo, una comunicación por medio de un dispositivo de IoT particular se puede realizar usando un único intervalo de comunicación asignado o, si es necesario, múltiples intervalos de comunicación que puedan ocurrir en paralelo en frecuencias (canales) diferentes y/o posteriormente. No se puede asignar intervalo de comunicación alguno a múltiples dispositivos para evitar colisiones de comunicación. Una trama (x04) finaliza con un tiempo de guarda de baliza (x14), durante el cual no se puede permitir comunicación alguna por ninguno de los dispositivos de IoT que dependan de la superposición de protocolo de comunicación de IoT. Sin embargo, otros dispositivos de IoT que sean meramente capaces de comunicarse usando el protocolo de comunicación de IoT subyacente, pero no la superposición de protocolo de comunicación de IoT, se pueden comunicar durante el tiempo de guarda de baliza.

En total, la superposición de protocolo de comunicación de IoT (600) proporciona 72 intervalos de comunicación (616). En consecuencia, se pueden formar hasta 72 comunicaciones individuales en una única supertrama (602). Si esas 72 comunicaciones no son suficientes para dar servicio a todos los dispositivos de IoT, la superposición de protocolo se puede modificar de varias maneras sin apartarse de la invención. Por ejemplo, una supertrama se puede configurar

para incluir más de tres tramas. Adicionalmente o como alternativa, una trama puede incluir más de tres intervalos de comunicación consecutivos y/o se pueden usar frecuencias (canales) adicionales para permitir la transmisión simultánea de intervalos de comunicación adicionales. La misma superposición de protocolo de comunicación de IoT puede ser usada por todos los puntos de acceso en todo un sitio.

En una o más realizaciones de la invención, no todos los canales que estén disponibles en el protocolo de comunicación de IoT subyacente son usados por la superposición de protocolo de comunicación de IoT. Los canales que no se vuelvan disponibles se pueden usar para soportar dispositivos que no estén diseñados para trabajar con la superposición de protocolo de comunicación de IoT, al tiempo que son capaces de usar los protocolos de IoT subyacentes. Tales canales también se pueden usar para transmisiones largas, tal como un firmware proporcionado durante la comunicación.

Volviendo al análisis de la figura 1A, en una o más realizaciones, los nodos de red (por ejemplo, el nodo de red A (112)) se interconecta con un sistema de agregación de red (120), que realiza el procesamiento de los datos recibidos de los activos móviles supervisados (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 adicionalmente en lo sucesivo.

En una o más realizaciones de la invención, el sistema de agregación de red (120) incluye un concentrador de procesamiento (210) y una nube de información (230). El concentrador (210) y la nube (230) agregan colectivamente las marcas de tiempo de TOA de múltiples nodos de red (por ejemplo, el nodo de red A (112) para geolocalizar el activo móvil etiquetado con el sensor de etiquetas basándose en técnicas de diferencia de tiempo de llegada (TDOA), tales como el modelo algebraico lineal descrito con referencia a las figuras 1B-1D anteriores. Obsérvese que se pueden usar las marcas de tiempo de TOA de un mínimo de tres nodos de red para geolocalizar un sensor de etiquetas que emite la señal de IoT. Se prefieren las marcas de tiempo de TOA de cuatro o más nodos de red para posibilitar el uso del modelo algebraico lineal mencionado anteriormente para calcular la ubicación del sensor de etiquetas.

En una o más realizaciones, el concentrador (210) se interconecta con dispositivos informáticos en la red (230) a través de un enlace ascendente de retroceso cableado, un enlace ascendente de retroceso celular y/o un enlace ascendente de retroceso por satélite de Internet. El concentrador (210) incluye un dispositivo informático configurado para realizar al menos una de las etapas descritas con referencia a los diagramas de flujo de las figuras 4A-4D, y una o más interfaces de comunicación que posibilitan que el concentrador se interconecte 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 tarjeta de circuito impreso (PCB), o un sistema sobre un chip (SOC), es decir, un circuito integrado (CI) 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 de Ethernet, una interfaz de Wi-Fi, una interfaz de Bluetooth, etc.), e interfaces con dispositivos de almacenamiento, dispositivos de entrada y de salida, etc. El dispositivo informático puede incluir además uno o más dispositivos de almacenamiento (por ejemplo, un disco duro, una unidad óptica tal como una unidad de disco compacto (CD) o una unidad 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 una funcionalidad para ejecutar los métodos descritos adicionalmente en lo sucesivo. Los expertos en la materia apreciarán que la invención no está limitada a la configuración mencionada anteriormente del dispositivo informático.

La nube (230), de acuerdo con una o más realizaciones de la invención, puede estar formada por múltiples/muchos dispositivos informáticos interconectados en red. Esos dispositivos informáticos se pueden distribuir, geográfica y organizacionalmente, de cualquier manera. Por ejemplo, algunos de estos dispositivos informáticos se pueden ubicar en un centro de datos, mientras que otros de esos dispositivos informáticos pueden ser servidores físicos o virtuales individuales. Un sistema informático ilustrativo, como el que se puede usar en la nube, se muestra en la figura 6. Aunque las funcionalidades del sistema de agregación de red (110) que se realicen en el concentrador (210) y que se realicen en un dispositivo informático en la nube (230) se puedan realizar por separado, en el concentrador (210) y la nube (230) están interconectadas, por ejemplo, a través del enlace de retroceso, posibilitando de este modo 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, con independencia de si una aplicación de usuario se conecta a través del concentrador (210) o a través de la nube (230). Aun así, pueden existir discrepancias temporales, por ejemplo, durante las ocasiones en las que se interrumpe un enlace de retroceso y, por lo tanto, no está disponible una sincronización. Además, debido a que, por ejemplo, un procesamiento de datos adicional y más completo se puede realizar en la nube, los datos adicionales resultantes del procesamiento adicional pueden estar disponibles al conectarse a la nube. Sin embargo, tales datos también pueden estar disponibles a través del concentrador (210), si se sincronizan con el concentrador (210) a través del enlace de retroceso.

Los expertos en la materia reconocerán que pueden existir otras configuraciones que se aparten de la configuración de concentrador/nube ilustrada en la figura 1A, sin apartarse de la invención. Por ejemplo, en el sistema de supervisión (110) que no incluye la interfaz con la nube (230), la funcionalidad del sistema de agregación de red (120) se puede realizar únicamente en el concentrador (210). En un escenario de este tipo, el concentrador está configurado para "retroceder por sí mismo" es decir, que el concentrador puede recopilar y consolidar datos de sensor y puede realizar parte o incluso la totalidad del procesamiento que, de lo contrario, se realizaría en la nube. De manera similar, en el sistema de supervisión (110) en el que los puntos de acceso se interconectan directamente con la nube (230), la funcionalidad del sistema de agregación de red (120) se puede realizar únicamente en la nube. Toda la funcionalidad, incluso la funcionalidad que habitualmente sería proporcionada por el concentrador, se puede proporcionar, en este caso, en la nube. En una o más realizaciones de la invención, la configuración del sistema de supervisión (110), con o sin un concentrador, puede ser transparente, es decir, que los sensores u otros dispositivos pueden operar de la misma manera, con independencia de la presencia de un concentrador. De manera similar, un usuario puede experimentar el mismo sistema de supervisión, con independencia de si el concentrador está, o no, presente. En una o más realizaciones de la invención, el concentrador (210) y/o la nube (230) realizan las funcionalidades del sistema de supervisión (110), en particular del sistema de agregación de red (120), usando el método descrito con referencia a las figuras 4A-4D posteriores.

Las figuras 4A-4D muestran un diagrama de flujo de método para supervisar uno o más activos móviles en un área geográfica de acuerdo con una o más realizaciones de la invención. El proceso mostrado en las figuras 4A-4D puede ser ejecutado, por ejemplo, por uno o más componentes analizados anteriormente con referencia a las figuras 1-3. Una o más de las etapas mostradas en las figuras 4A-4D se pueden omitir, repetir y/o realizar en un orden diferente entre diferentes realizaciones de la invención. En consecuencia, no se debería considerar que las realizaciones de la invención estén limitadas al número y disposición específicos de etapas mostrados en las figuras 4A-4D.

El diagrama de flujo de método ilustrado en las figuras 4A-4D se puede usar, por ejemplo, para realizar un seguimiento de la ubicación y/o señales fisiológicas obtenidas a partir de los activos móviles. El diagrama de flujo de método se puede ejecutar repetidamente a lo largo del tiempo, posibilitando de este modo que un usuario supervise continuamente los activos móviles y detecte cambios, por ejemplo, cuando los activos móviles se muevan.

La figura 4A muestra un diagrama de flujo de método general para supervisar uno o más activos móviles en un área geográfica. Inicialmente, en la etapa 400, los datos de supervisión se recopilan de los activos móviles que están equipados con sensores de etiquetas. La recopilación puede ocurrir según lo programado, por ejemplo, basándose en una base de tiempos proporcionada por la superposición de protocolo de comunicación de IoT o de forma espontánea, por ejemplo, a petición o cuando se detecte un suceso particular. La recopilación de datos por un sensor de etiquetas puede ser independiente de la recopilación de datos por otros sensores de etiquetas. Los datos recopilados pueden ser almacenados en memoria intermedia por el sensor de etiquetas hasta que se puedan transmitir al punto de acceso.

En la etapa 402, los sensores de etiquetas proporcionan los datos recopilados a uno o más nodos de red (por ejemplo, puntos de acceso, pasarelas, etc.), usando el enlace de IoT. Cada sensor de etiquetas usa un intervalo de comunicación en un instante particular y en una banda de frecuencia particular, según lo especificado por la superposición de protocolo de comunicación de IoT, evitando de este modo la interferencia de transmisión debido al uso del mismo intervalo de comunicación por múltiples sensores de etiquetas. Las transmisiones de los sensores de etiquetas pueden ser recibidas por uno o más nodos de red dentro del margen.

En la etapa 404, los datos recibidos pueden ser procesados por los nodos de red que recibieron los datos. El procesamiento puede incluir agregar, filtrar, fusionar, comprimir y/o cifrar los datos. El procesamiento puede incluir además el intercambio de datos con otros puntos de acceso. Por ejemplo, se pueden intercambiar datos de TDOA entre nodos de red para determinar una ubicación de un sensor de etiquetas, en relación con los nodos de red.

En la etapa 406, los datos procesados se proporcionan a un concentrador, usando el enlace de banda ancha que interconecta el nodo o nodos de red y el concentrador. La etapa 406 es opcional y es ejecutada solo si existe un concentrador en la configuración de sistema usada. Si no existe concentrador alguno, los datos procesados se pueden proporcionar, como alternativa, a la nube. Sin importar si el sistema está configurado para usar un concentrador, una nube o ambos, los datos procesados son recibidos por la aplicación de concentrador/nube que se está ejecutando en el concentrador, o en la nube, o en el concentrador y en la nube.

En la etapa 408, los análisis de datos son realizados por la aplicación que se ejecuta en el concentrador. Los análisis de datos pueden incluir módulos que sean genéricos para diversas aplicaciones tales como el seguimiento de ubicaciones, y otros módulos que sean específicos para una aplicación particular, tal como la supervisión de parámetros fisiológicos de los animales. Adicionalmente o como alternativa, los análisis de datos se pueden realizar en la nube.

En la etapa 410, los datos de supervisión procesados se cargan en la nube. Esta etapa se puede realizar en sistemas que incluyen un entorno de nube y en sistemas que incluyen una combinación del concentrador y la nube. En consecuencia, se pueden acceder igualmente a los datos obtenidos desde los sensores de etiquetas a través de la nube y a través del concentrador.

En la etapa 412, a un usuario se le proporciona acceso a los datos de supervisión procesados usando una aplicación de concentrador/nube que se está ejecutando en el concentrador, en la nube o en el concentrador y en la nube. El usuario puede tener acceso a los datos de supervisión procesados usando cualquier tipo de dispositivo informático que sea capaz de interconectarse con la aplicación de concentrador/nube. El usuario puede obtener una visualización de los datos de supervisión procesados, que pueden incluir texto, gráficos, diagramas, etc. El usuario puede tener acceso a un histórico de los datos de supervisión procesados y, además, también puede acceder a los datos no procesados o parcialmente procesados obtenidos de los sensores de etiquetas. Se pueden proporcionar alertas al usuario en ciertas condiciones configurables. Por ejemplo, se puede proporcionar una alerta si un activo móvil (por ejemplo, un animal) está abandonando un área particular, si se detectan patrones de movimiento inusuales (tales como ausencia de movimiento, que indique, por ejemplo, enfermedad o movimiento excesivo, que indique, por ejemplo, un depredador), o si las mediciones fisiológicas están más allá de un margen especificado.

La figura 4B muestra detalles de la etapa 404, ilustrada en la figura 4A anterior, que es realizada por un nodo de red. Inicialmente, en la etapa 420, un reloj interno del nodo de red (por ejemplo, punto de acceso, pasarela, etc.) se sincroniza con un pulso de temporización de GPS cuando el pulso de temporización de GPS está disponible y es recibido por el nodo de red durante al menos un primer periodo de tiempo. En respuesta a la sincronización, el reloj interno se mantiene a un nivel de estabilidad predeterminado de principio a fin de al menos un segundo periodo de tiempo cuando el pulso de temporización de GPS no está disponible y no es recibido por el nodo de red. De esta manera, el pulso de temporización de GPS se usa para sincronizar múltiples nodos de red del sistema de supervisión.

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

En la etapa 424, la señal de IoT se convierte en una señal digitalizada que tiene un preámbulo y una cabida útil. En una o más realizaciones, la marca de tiempo de TOA se genera basándose en la detección de la señal de IoT antes de convertir la señal de IoT. En una o más realizaciones, la marca de tiempo de TOA se genera basándose en el preámbulo sin descodificar la cabida útil.

En la etapa 426, la información contenida en la señal de IoT se extrae de la cabida útil. En una o más realizaciones, la información incluye uno o más de un elemento 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 supervisados del activo móvil. Por ejemplo, los parámetros supervisados pueden incluir parámetros fisiológicos. En particular, la posición de GPS se integra en la señal de IoT por medio del sensor de etiquetas cuando la señal de GPS está disponible y es recibida por el sensor de etiquetas.

En la etapa 428, la marca de tiempo de TOA y la información extraída de la señal de IoT se envía a un sistema de agregación de red. En una o más realizaciones, una o más de la marca de tiempo de TOA, el elemento de datos de RSSI, la posición de GPS del sensor de etiquetas y los parámetros supervisados se envían al sistema de agregación de red a través de la red en malla formada por los nodos de red del sistema de supervisión. En particular, cada nodo de red en la red en malla puede reenviar la información extraída enviada desde otro nodo de red al sistema de agregación de red a través de una trayectoria de red *ad hoc* de la red en malla.

En una o más realizaciones, el envío de la marca de tiempo de TOA se basa en que el elemento de datos de RSSI satisfaga un criterio predeterminado, que indica una calidad aceptable de la señal de IoT recibida. En otras palabras, el nodo de red determina que el elemento de datos de RSSI satisface un criterio predeterminado, que indica una calidad de señal de IoT aceptable, antes de enviar la marca de tiempo de TOA al sistema de agregación de red. Si el elemento de datos de RSSI de la señal de IoT no satisface el criterio predeterminado, que indica una calidad de señal de IoT aceptable, se evita que la marca de tiempo de TOA de la señal de IoT se envíe al sistema de agregación de red.

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

En la etapa 432, cada elemento de datos de RSSI es determinado por el sistema de agregación de red como si satisficiera un criterio predeterminado, indicando la calidad aceptable de la señal de IoT recibida, antes de incluir la marca de tiempo de TOA correspondiente en una colección de marcas de tiempo para generar la geolocalización.

En la etapa 434, una geolocalización del activo móvil es generada por el sistema de agregación de red basándose al menos en las marcas de tiempo de TOA en la colección de marcas de tiempo. En una o más realizaciones, las marcas de tiempo de 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 usando una técnica de localización de TDOA predeterminada, tal como basándose en el modelo descrito con referencia a las figuras 1B, 1C y 1D anteriores.

En la etapa 436, se genera una evaluación de calidad de la geolocalización, generada usando la técnica de localización de TDOA. Una geolocalización suplementaria del activo móvil se genera basándose en los elementos de datos de RSSI usando una técnica de localización de RSSI predeterminada. En particular, la geolocalización suplementaria se refiere a un cálculo diferente de geolocalización para suplementar la geolocalización calculada usando la técnica de localización de TDOA. Si la geolocalización y la geolocalización suplementaria coinciden entre sí dentro de un margen predeterminado, la geolocalización generada usando la técnica de localización de TDOA es apta. En otras palabras, la evaluación de calidad es positiva o se le asigna una calificación más alta. En contraste, si la diferencia entre la geolocalización y la geolocalización suplementaria excede el margen predeterminado, la geolocalización generada usando la técnica de localización de TDOA no es apta. En otras palabras, la evaluación de calidad es negativa o se le asigna una calificación más baja.

En una o más realizaciones, la posición de GPS del sensor de etiquetas, cuando está disponible, y la geolocalización, generada usando la técnica de localización de TDOA, del activo móvil, se comparan para generar además la evaluación de calidad de la supervisión del activo móvil. Si la posición de GPS del sensor de etiquetas, cuando está disponible, y la geolocalización generada usando la técnica de localización de TDOA, coinciden entre sí dentro de un margen predeterminado, la geolocalización generada usando la técnica de localización de TDOA es apta. En otras palabras, la evaluación de calidad es positiva o se le asigna una calificación más alta. En contraste, si la diferencia entre la posición de GPS del sensor de etiquetas, cuando está disponible, y la geolocalización generada usando la técnica de localización de TDOA, excede el margen predeterminado, la geolocalización generada usando la técnica de localización de TDOA no es apta. En otras palabras, la evaluación de calidad es negativa o se le asigna una calificación más baja. En una o más realizaciones, si la geolocalización generada usando la técnica de localización de TDOA no es apta, la posición de GPS del sensor de etiquetas, cuando esté disponible, y/o la geolocalización suplementaria generada usando la técnica de localización de RSSI predeterminada, se envían al sistema de agregación de red.

La figura 4D muestra un diagrama de flujo de un método para calibrar el sistema de supervisión ilustrado en la figura 1A anterior. Inicialmente, en la etapa 440, una señal de IoT simulada es enviada por un nodo de red a través de la red en malla a otros nodos de red cercanos. La señal de IoT simulada incluye una posición del sistema de posicionamiento global (GPS) del nodo de red que actúa como un activo móvil simulado. En respuesta, cada uno de los nodos de red cercanos que recibe la señal de IoT simulada genera una marca de tiempo de TOA de calibración que representa el tiempo cuando se recibe y se detecta la señal de IoT simulada. Como se usa en el presente documento, la marca de tiempo de TOA de calibración es una marca de tiempo de TOA generada a partir de la señal de IoT simulada para fines de calibración.

En la etapa 442, un número de marcas de tiempo de TOA de calibración basándose en la señal de IoT simulada son recibidas por el sistema de agregación de sistema desde los nodos de red que reciben la señal de IoT simulada. Además, la posición de GPS del activo móvil simulado también es recibida por el sistema de agregación de sistema. Por ejemplo, la posición de GPS del activo móvil simulado se puede recibir directamente desde el nodo de red que actúa como un activo móvil simulado. En otro ejemplo, la posición de GPS del activo móvil simulado se puede recibir, junto con las marcas de tiempo de TOA de calibración, desde los nodos de red que reciben la señal de IoT simulada.

En la etapa 444, una geolocalización de calibración del activo móvil simulado se genera basándose en las marcas de tiempo de TOA de calibración usando la técnica de localización de TDOA. En particular, las marcas de tiempo de TOA de calibración se comparan entre sí para generar una TDOA, basándose en la cual se genera la geolocalización de calibración. Como se usa en el presente documento, la geolocalización de calibración es una geolocalización del activo móvil simulado que se genera para fines de calibración.

En la etapa 446, se genera una evaluación de calidad del sistema de supervisión en la supervisión de activos móviles. En una o más realizaciones, la posición de GPS del nodo de red que actúa como el activo móvil simulado y la geolocalización de calibración se comparan para generar la evaluación de calidad. Si la posición de GPS del nodo de red que actúa como el activo móvil simulado y la geolocalización de calibración coinciden entre sí dentro de un margen predeterminado, el sistema de supervisión es apto. En otras palabras, la evaluación de calidad es positiva o se le asigna una calificación más alta. En contraste, si la diferencia entre la posición de GPS del nodo de red que actúa como el activo móvil simulado y la geolocalización de calibración excede el margen predeterminado, el sistema de supervisión no es apto. En otras palabras, la evaluación de calidad es negativa o se le asigna una calificación más baja. En una o más realizaciones, si el sistema de supervisión no es apto, la posición de GPS del sensor de etiquetas, cuando esté disponible, y/o la geolocalización suplementaria generada usando la técnica de localización de RSSI predeterminada, se envían al sistema de agregación de red.

La figura 5A muestra un ejemplo del sistema de supervisión (110), ilustrado en la figura 1A anterior, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención. En particular, la figura 5A muestra un sistema de supervisión (110) para supervisar ganado criado en un entorno agrícola, ilustrado como el área geográfica (100). El entorno agrícola puede incluir tierras de explotación agrícola usadas para criar ganado bobino, ovino, caprino o cualquier otro tipo de animal sobre un área grande, tal como cientos de acres, miles de acres, etc. En la descripción de la figura 5A, el animal supervisado corresponde al activo móvil ilustrado en la figura 1A anterior. Cada animal (102) supervisado se equipa con un sensor de etiquetas (104) que se comunica con un nodo de red (112) para posibilitar la supervisión de los animales. En el ejemplo mostrado en la figura 5A, el nodo de red (112) es un punto de acceso configurado para comunicarse con los sensores de etiquetas (104) de los animales supervisados (102) a través de un enlace de Internet de las Cosas (IoT) (106). El punto de acceso (es decir, el nodo de red (112)) se puede interconectar además con un concentrador (118), que puede realizar el procesamiento de los datos recibidos de los animales supervisados a través de los puntos de acceso. En una o más realizaciones de la invención, los datos recabados de los animales se cargan en un entorno de nube (150), desde donde los usuarios pueden acceder a los mismos. Adicionalmente o como alternativa, también se puede acceder a los datos localmente a través del concentrador o a través del punto de acceso.

En consecuencia, para posibilitar la determinación de ubicación de manera energéticamente eficiente en ciertas regiones, los puntos de acceso se pueden colocar estratégicamente de tal modo que tengan regiones de cobertura superpuestas, de tal modo que no se requiere el uso del posicionamiento por GPS, que consume mucha energía. En regiones en donde se deseen servicios de ubicación basada en TDOA, se puede instalar una red densa de puntos de acceso con un grado alto de solapamiento para asegurar que una cobertura superpuesta sea proporcionada por al menos tres puntos de acceso, al tiempo que, en otras regiones, se puede instalar una red dispersa de puntos de acceso. En esas otras regiones, se puede usar un posicionamiento de RSSI menos exacto o, si se requiere una ubicación exacta, se puede usar un posicionamiento por GPS.

Las figuras 5B y 5C muestran un punto de acceso como un nodo de red ilustrativo para supervisar un activo móvil, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención. En la figura 5B, se muestra el diseño general de un punto de acceso ilustrativo y, en la figura 5C, se ilustra la arquitectura del punto de acceso. El punto de acceso ilustrativo mostrado en la figura 5B incluye una antena de interfaz de banda ancha (302), una antena de GPS (312), una antena de radio de IoT (322) y unas células solares (332). Como se muestra en la figura 5C, el punto de acceso incluye además una interfaz de banda ancha (304), una interfaz de GPS (314) y una interfaz de radio de IoT (324).

La interfaz de banda ancha (304) usa la antena de banda ancha (302) para enviar y recibir transmisiones de datos de banda ancha cuando está en contacto con, por ejemplo, otros puntos de acceso, como se ilustra en la figura 1A, y/o con otros dispositivos tales como teléfonos inteligentes, ordenadores portátiles, cámaras y/o drones, que también estén equipados con interfaces de banda ancha. La interfaz de banda ancha puede soportar conexiones de malla, punto a punto y multipunto. La interfaz de banda ancha se puede basar en la norma de Wi-Fi, usando, por ejemplo, las bandas de radio de 2,4 y/o 5 GHz. Como alternativa, la interfaz de banda ancha puede ser una interfaz de datos celular, por ejemplo, una interfaz de 3G o de 4G/LTE o de 5G, o cualquier otra interfaz de datos inalámbrica, sin apartarse de la invención.

La interfaz de GPS (314) usa la antena GPS (312) para obtener señales de posición desde el sistema de posicionamiento global o desde servicios de navegación por satélite alternativos. La señal de posición posibilita que el punto de acceso determine de forma exacta su propia posición. En una o más realizaciones de la invención, la interfaz de GPS obtiene además una base de tiempos exacta que puede ser usada por el punto de acceso para realizar tareas de localización usando métodos de TDOA, como se describe adicionalmente en lo sucesivo.

La interfaz de radio de IoT (324) usa la antena de radio de IoT (322) para comunicarse con uno o más dispositivos IoT, tales como los sensores de etiquetas (por ejemplo, el sensor de etiquetas (104) ilustrado en la figura 1A anterior). La interfaz de IoT se puede basar en una norma de red de área extensa de baja energía tal como, por ejemplo, LoRa. El enlace de banda estrecha resultante es particularmente adecuado para las comunicaciones entre el punto de acceso y los sensores de etiquetas u otros sensores, debido a sus requisitos de baja energía, su largo alcance y su capacidad para interconectarse con muchos sensores de etiquetas y/u otros dispositivos. En una o más realizaciones de la invención, la interfaz de radio de IoT (324) soporta ampliaciones de protocolo de comunicación implementadas sobre uno de un protocolo de comunicación de IoT existente para proporcionar comunicaciones programadas y balizas de temporización como se ha analizado con referencia a la figura 3 anterior.

En una o más realizaciones de la invención, el punto de acceso (300) incluye además un motor de procesamiento de puntos de acceso (342). El motor de procesamiento de puntos de acceso puede manejar el procesamiento de los datos recibidos desde dispositivos, tales como sensores de etiquetas, y puede coordinar la carga de los datos procesados o bien en el concentrador o bien en la nube. El procesamiento de los datos puede implicar, por ejemplo, la agregación de datos, la filtración de datos, la fusión de datos, la compresión de datos y/o el cifrado de datos.

En una o más realizaciones de la invención, el punto de acceso (300) incluye además un motor de localización de sensores de etiquetas (344). El motor de localización de sensores de etiquetas se puede usar para determinar las ubicaciones de sensores de etiquetas que están dentro de la región de cobertura del punto de acceso. La localización se puede realizar, por ejemplo, usando métodos de TDOA. Usando el método de TDOA, se puede realizar una

triangulación, basándose en las diferencias en el retardo de tiempo de una transmisión de datos por un sensor de etiquetas, recibida por al menos tres puntos de acceso. El motor de localización de sensores de etiquetas de un punto de acceso puede usar esta información de retardo de tiempo para determinar la ubicación del sensor de etiquetas responsable de la transmisión de datos. Debido a que los métodos de TDOA dependen de la disponibilidad de una base de tiempos exacta para los sensores de etiquetas cuya ubicación se vaya a determinar, unas ampliaciones de protocolo de comunicación que posibilitan la diseminación de una base de tiempos exacta a los sensores de etiquetas (y otros sensores) a través del enlace de IoT, como se analiza con referencia a la figura 3, son usadas por el punto de acceso. Como alternativa, el motor de localización de sensores de etiquetas puede extraer la ubicación de un sensor de etiquetas de un mensaje proporcionado por un sensor equipado con una unidad de GPS. Además, el motor de localización de sensores de etiquetas también puede determinar una ubicación de un sensor de etiquetas basándose en la intensidad de señal de una transmisión de datos obtenida del sensor de etiquetas, usando el método de RSSI. Los expertos en la materia apreciarán que, aunque el método realizado por el motor de localización de sensores de etiquetas se describe con respecto a los sensores de etiquetas, cualquier dispositivo que esté equipado con una interfaz de IoT, y que sea capaz de comunicarse con los puntos de acceso, puede ser localizado por el motor de localización de sensores de etiquetas.

El motor de procesamiento de puntos de acceso (342) y el motor de localización de sensores de etiquetas (344) pueden ser software que se ejecuta en un dispositivo informático (no mostrado) del punto de acceso (300). El dispositivo informático del concentrador puede ser, por ejemplo, un sistema integrado que incluye todos los componentes del dispositivo informático en una única tarjeta de circuito impreso (PCB), o un sistema sobre un chip (SOC), es decir, un circuito integrado (CI) 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.), e interfaces con dispositivos de almacenamiento, dispositivos de entrada y de salida, etc. El dispositivo informático puede incluir además uno o más dispositivos de almacenamiento (por ejemplo, un disco duro, una unidad óptica tal como una unidad de disco compacto (CD) o una unidad 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 una funcionalidad para ejecutar los métodos descritos adicionalmente en lo sucesivo. Los expertos en la materia apreciarán que la invención no está limitada a la configuración mencionada anteriormente del dispositivo informático.

En una o más realizaciones de la invención, el punto de acceso incluye además un sistema de alimentación que puede incluir las células solares (332), una batería (334) y un controlador de carga (336), que alimentan al punto de acceso. La batería puede ser capaz de realizar un ciclo profundo para garantizar un funcionamiento continuado durante la noche o en condiciones nubladas cuando la alimentación proporcionada por las células solares es insuficiente. Las celdas solares se pueden dimensionar para posibilitar la alimentación del punto de acceso al tiempo que también se recarga la batería. Como alternativa, el punto de acceso se puede alimentar externamente, por ejemplo, usando una alimentación a través de Ethernet (PoE) o usando una entrada de alimentación dedicada. El controlador de carga en combinación con el motor de procesamiento de puntos de acceso (342) puede proporcionar carga, estado de batería y análisis de consumo de energía, posibilitando la gestión de energía del punto de acceso. Se puede usar energía de corriente continua (CC) y datos sobre el enlace de energía de CC para alimentar el punto de acceso por medio del sistema de alimentación, pero también para posibilitar que el controlador de carga comunique información de estado (tal como nivel de batería, temperatura, etc.) al punto de acceso.

Varias realizaciones de la invención tienen una o más de las siguientes ventajas. Las realizaciones de la invención posibilitan la supervisión completa de uno o más activos móviles, tales como los animales de granja. La supervisión puede incluir la supervisión de la ubicación de los animales, el comportamiento de los animales y/o la fisiología de los animales. La cobertura proporcionada por el sistema de supervisión, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención, es ajustable a escala, por ejemplo, de decenas de acres a decenas de miles de acres. El número de animales que sean supervisados por el sistema para vigilar ganado, de acuerdo con una o más realizaciones de la invención, es ajustable a escala, por ejemplo, de cientos de animales a cientos de miles de animales.

La figura 6 muestra un sistema informático de acuerdo con una o más realizaciones de la invención. Las realizaciones de la invención se pueden implementar en un sistema informático. Se puede usar cualquier combinación de hardware móvil, de escritorio, de servidor, integrado o de otros tipos. Por ejemplo, como se muestra en la figura 6, el sistema informático (600) puede incluir uno o más procesadores de ordenador (602), memoria asociada (604) (por ejemplo, memoria de acceso aleatoria (RAM), memoria caché, memoria flash, etc.), uno o más dispositivos de almacenamiento (606) (por ejemplo, un disco duro, una unidad óptica tal como una unidad de disco compacto (CD) o una unidad de disco versátil digital (DVD), una llave de memoria flash, etc.), y numerosos otros elementos y funcionalidades. El procesador o procesadores de ordenador (602) pueden ser un circuito integrado para procesar instrucciones. Por ejemplo, el procesador o procesadores de ordenador pueden ser de uno o más núcleos, o micronúcleos de un procesador. El sistema informático (600) también puede incluir uno o más dispositivos de entrada (610), tales como una pantalla táctil, un teclado, un ratón, un micrófono, una almohadilla 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), tales como una pantalla (por ejemplo, un visualizador de cristal líquido (LCD), un visualizador de plasma, una pantalla táctil, un monitor de tubo de rayos catódicos (CRT), un proyector u otro un dispositivo de visualización), una impresora, un almacenamiento externo o cualquier otro dispositivo de salida. Uno o más del dispositivo o dispositivos de salida

pueden ser iguales o diferentes que el dispositivo o dispositivos de entrada. El sistema informático (600) se puede conectar a una red (612) (por ejemplo, una red de área local (LAN), una red de área extensa (WAN) tal como Internet, una red móvil o cualquier otro tipo de red) a través de una conexión de interfaz de red (no mostrada). Los dispositivos de entrada y de salida se pueden conectar de forma local o remota (por ejemplo, a través de la red (612)) conectada al procesador o procesadores de ordenador (602), la memoria (604) y el dispositivo o dispositivos de almacenamiento (606). Existen muchos tipos diferentes de sistemas informáticos y el dispositivo o dispositivos de entrada y de salida mencionados anteriormente pueden adoptar otras formas.

Las instrucciones de software en forma de código de programa legible por ordenador para realizar las realizaciones de la invención se pueden almacenar, en su totalidad o en parte, de forma temporal o permanente en un medio legible por ordenador no transitorio tal como un CD, un DVD, un dispositivo de almacenamiento, un disco flexible, 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 código de programa legible por ordenador que, cuando sea ejecutado por un procesador, esté configurado para realizar las realizaciones de la invención.

Además, uno o más elementos del sistema informático (600) mencionado anteriormente se puede ubicar en una ubicación remota y conectarse a otros elementos a través de una red (612). Además, las realizaciones de la invención se pueden implementar en un sistema distribuido que tenga una pluralidad de nodos, en donde cada porción de la invención se puede ubicar sobre un nodo diferente dentro del sistema distribuido. En una realización de la invención, el nodo corresponde a un dispositivo informático diferenciado. Como alternativa, el nodo puede corresponder a un procesador de ordenador con memoria física asociada. El nodo puede corresponder, como alternativa, a un procesador de ordenador o a un micronúcleo de un procesador de ordenador con memoria y/o recursos compartidos.

Las realizaciones de la invención pueden posibilitar, por ejemplo, la implementación de funcionalidades de geocercado para evitar escapes o para detectar la proximidad a elementos peligrosos tales como acantilados. Las realizaciones de la invención pueden posibilitar además la detección de la regularidad del uso (o de la falta de uso) de ubicaciones con alimento o con agua, de movimientos rápidos (resultantes, por ejemplo, del ataque de un depredador) y/o de la falta de movimiento (resultante, por ejemplo, de una lesión). Se pueden detectar comportamientos adicionales usando sensores adicionales. Por ejemplo, se puede usar un acelerómetro para detectar un movimiento de la cabeza que sea característico de comer y de beber. Se pueden supervisar variables fisiológicas, incluyendo la temperatura, la frecuencia cardíaca, la presión sanguínea y la actividad digestiva, para supervisar la salud de los animales. Se pueden activar alertas cuando cualesquiera una o más combinaciones de mediciones se encuentren más allá de un margen especificado, habilitando de este modo una detección temprana de amenazas, enfermedades u otras anomalías.

Aunque la invención se ha descrito con respecto a un número limitado de realizaciones, los expertos en la materia, que cuenten con el beneficio de esta divulgación, apreciarán que se pueden contemplar otras realizaciones que no se aparten del alcance de la invención como se divulga en el presente documento. En consecuencia, el alcance de la invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de supervisión (110) para supervisar uno o más activos móviles en un área geográfica, que comprende:

5 una pluralidad de nodos de red (112, 113, 114-119) dispuestos en el área geográfica, la pluralidad de nodos de red en comunicación entre sí a través de una red, en donde al menos un nodo de red (112) de la pluralidad de nodos de red comprende:

10 un receptor de Internet de las cosas, IoT, (201) configurado para recibir una señal de IoT comunicada desde un sensor de etiquetas (104) dispuesto en un activo móvil (101);
un módulo de tiempo de llegada, TOA, (202) acoplado al receptor de IoT (201) y configurado para generar una marca de tiempo que representa un TOA de la señal de IoT tal como es recibido por el módulo de TOA (202);
y

15 un motor de procesamiento (204) acoplado al receptor de IoT (201) y al módulo de TOA (202) y configurado para:
extraer un elemento de datos de indicación de intensidad de señal recibida, RSSI, integrado en la señal de IoT;
y
transmitir la marca de tiempo y el elemento de datos de RSSI, y

20 un sistema de agregación de red (120) configurado para:

recibir (430) una pluralidad de marcas de tiempo que incluyen la marca de tiempo generada para la señal de IoT desde la pluralidad de nodos de red;
25 recibir (430) el elemento de datos de RSSI extraído de la señal de IoT desde la pluralidad de nodos de red, generar (432) una diferencia de tiempo de llegada, TDOA, basándose en la pluralidad de marcas de tiempo, generar (434) una geolocalización del activo móvil basándose al menos en la TDOA, y generar (436) una evaluación de calidad de la geolocalización basándose en una comparación entre la geolocalización y una geolocalización suplementaria del activo móvil generada basándose al menos en el
30 elemento de datos de RSSI,

en donde la evaluación de calidad generada indica que la geolocalización es apta si se determina que la geolocalización y la geolocalización suplementaria coinciden entre sí dentro de un margen predeterminado.

35 2. El sistema de supervisión (110) de la reivindicación 1,

en donde el receptor de IoT (201) está configurado además para convertir la señal de IoT en una señal digitalizada que comprende un preámbulo y una cabida útil,
en donde el módulo de TOA (202) genera la marca de tiempo basándose en el preámbulo sin descodificar la cabida
40 útil, y
en donde el motor de procesamiento (204) extrae el elemento de datos de RSSI de la cabida útil.

3. El sistema de supervisión (110) de la reivindicación 1,

45 en donde el al menos un nodo de red (112) comprende un circuito de acondicionamiento de señal (203) configurado para sincronizar un reloj interno con un pulso de temporización de sistema de posicionamiento global, GPS, en donde el módulo de TOA (202) genera la marca de tiempo basándose en el reloj interno, en donde el pulso de temporización de GPS, cuando está disponible durante al menos un primer período de tiempo, es usado por la pluralidad de nodos de red para sincronizar la pluralidad de marcas de tiempo, y
50 en donde el circuito de acondicionamiento de señal (203) está configurado además para mantener un nivel de estabilidad predeterminado del reloj interno de principio a fin de al menos un segundo período de tiempo cuando el pulso de temporización de GPS no está disponible.

4. El sistema de supervisión (110) de la reivindicación 1,

55 en donde el al menos un nodo de red (112) está configurado para determinar que el elemento de datos de RSSI satisface un criterio predeterminado antes de transmitir la marca de tiempo y el elemento de datos de RSSI al sistema de agregación de red; y/o
en donde el sistema de agregación de red está configurado para determinar que el elemento de datos de RSSI
60 satisface el criterio predeterminado antes de incluir la marca de tiempo en la pluralidad de marcas de tiempo para generar la geolocalización.

5. El sistema de supervisión (110) de la reivindicación 1,

65 en donde la pluralidad de nodos de red está configurada para enviar una pluralidad de elementos de datos de RSSI generados por la pluralidad de nodos de red basándose en la señal de IoT al sistema de agregación de red, en

donde la pluralidad de elementos de datos de RSSI comprende el elemento de datos de RSSI, y
 en donde la geolocalización suplementaria del activo móvil se genera basándose al menos en la pluralidad de
 elementos de datos de RSSI; y
 en donde el sistema de agregación de red está configurado para determinar que la geolocalización y la
 geolocalización suplementaria coinciden entre sí dentro de un margen predeterminado, en donde la evaluación de
 calidad generada indica que la geolocalización es apta si se determina que la geolocalización y la geolocalización
 suplementaria coinciden entre sí dentro del margen predeterminado.

6. El sistema de supervisión (110) de la reivindicación 5,

en donde el motor de procesamiento (204) transmite la marca de tiempo y el elemento de datos de RSSI al sistema
 de agregación de red (120) a través de una red de malla formada por al menos la pluralidad de nodos de red,
 en donde el motor de procesamiento (204) está configurado además para retransmitir, desde una porción de la
 pluralidad de nodos de red al sistema de agregación de red (120) a través de la red de malla, una primera porción
 correspondiente de la pluralidad de marcas de tiempo y una segunda porción correspondiente de la pluralidad de
 elementos de datos de RSSI, y
 en donde el sistema de agregación de red (120) comprende al menos uno seleccionado de un grupo que consiste
 en un concentrador de red y un servidor en la nube.

7. El sistema de supervisión (110) de la reivindicación 6, en donde el al menos un nodo de red está configurado
 además para:

enviar, a través de la red de malla a la porción de la pluralidad de nodos de red, una señal de IoT simulada que
 comprende una posición de un sistema de posicionamiento global, GPS, del nodo de red, en donde el nodo de red
 actúa como un activo móvil simulado,
 en donde el sistema de agregación de red (120) está configurado además para:

recibir, desde la porción de la pluralidad de nodos de red que reciben la señal de IoT simulada, una pluralidad
 de marcas de tiempo de calibración basándose en la señal de IoT simulada;
 generar una geolocalización de calibración del activo móvil simulado basándose al menos en la pluralidad de
 marcas de tiempo de calibración; y
 comparar la posición de GPS desde el nodo de red y la geolocalización de calibración para generar una
 evaluación de calidad de la supervisión del activo móvil.

8. El sistema de supervisión (110) de la reivindicación 1, en donde el al menos un nodo de red está configurado
 además para:

extraer, de la señal de IoT para enviar al sistema de agregación de red, la posición de GPS del sensor de etiquetas
 (204) durante al menos un período de tiempo cuando la posición de GPS está disponible a partir de la señal de
 IoT.

9. El sistema de supervisión (110) de la reivindicación 1, en donde el elemento de datos de RSSI representa una
 relación de señal a ruido, SNR, de la señal de IoT.

10. El sistema de supervisión (110) de la reivindicación 1, en donde el sistema de agregación de red para generar la
 geolocalización del activo móvil basándose al menos en la pluralidad de marcas de tiempo mediante al menos uno de
 aplicar un primer algoritmo de generación de geolocalización a tres marcas de tiempo de la pluralidad de las marcas
 de tiempo y aplicar un segundo algoritmo de generación de geolocalización a cuatro o más marcas de tiempo de la
 pluralidad de marcas de tiempo.

11. El sistema de supervisión (110) de la reivindicación 10, en donde el primer algoritmo de generación de
 geolocalización se selecciona para generar la geolocalización del activo móvil usando las tres marcas de tiempo
 cuando una porción restante de la pluralidad de marcas de tiempo no es apta basándose en elementos de datos de
 RSSI correspondientes.

12. El sistema de supervisión (110) de la reivindicación 2, en donde supervisar el activo móvil comprende extraer, de
 la cabida útil, un parámetro supervisado del activo móvil para enviarlo al sistema de agregación de red.

13. Un método para supervisar un activo móvil en un área geográfica, que comprende:

recibir, por un nodo de red de una pluralidad de nodos de red dispuestos dentro del área geográfica para recibir
 una señal de Internet de las cosas, IoT, la señal de IoT desde un sensor de etiquetas dispuesto en el activo móvil;
 generar, por el nodo de red, una marca de tiempo de la señal de IoT entre una pluralidad de marcas de tiempo
 generadas por la pluralidad de nodos de red basándose en la señal de IoT;
 extraer, por el nodo de red, un elemento de datos de indicación de intensidad de señal recibida, RSSI, integrado
 en la señal de IoT;

enviar, por la pluralidad de nodos de red, la pluralidad de marcas de tiempo y al menos el elemento de datos de RSSI a un sistema de agregación de red,
generar, por el sistema de agregación de red, una diferencia de tiempo de llegada, TDOA, basándose en la pluralidad de marcas de tiempo,
5 generar, por el sistema de agregación de red, una geolocalización del activo móvil basándose al menos en la TDOA; y
generar, por el sistema de agregación de red, una evaluación de calidad de la geolocalización basándose en comparar la geolocalización con una geolocalización suplementaria del activo móvil generada basándose al menos en el elemento de datos de RSSI,
10 en donde la evaluación de calidad generada indica que la geolocalización es apta si se determina que la geolocalización y la geolocalización suplementaria coinciden entre sí dentro de un margen predeterminado.

14. El método de la reivindicación 13, que comprende además:

15 convertir la señal de IoT en una señal digitalizada que comprende un preámbulo y una cabida útil,
en donde la marca de tiempo se genera basándose en el preámbulo sin descodificar la cabida útil, y
en donde el elemento de datos de RSSI se extrae de la cabida útil.

15. El método de la reivindicación 13, que comprende además:

20 sincronizar, cuando un pulso de temporización del sistema de posicionamiento global, GPS, está disponible durante al menos un primer período de tiempo, un reloj interno del dispositivo de red con el pulso de temporización de GPS;
y
25 mantener, en respuesta a la sincronización, un nivel de estabilidad predeterminado del reloj interno de principio a fin de al menos un segundo período de tiempo cuando el pulso de temporización de GPS no está disponible,
en donde la marca de tiempo se genera además basándose en el reloj interno, y
en donde el pulso de temporización de GPS es usado por la pluralidad de nodos de red para sincronizar la pluralidad de marcas de tiempo durante al menos el primer período de tiempo.

16. El método de la reivindicación 13, en donde calificar la geolocalización usando al menos el elemento de datos de RSSI comprende al menos uno seleccionado de un grupo que consiste en:

determinar, por el nodo de la red, que el elemento de datos de RSSI satisface un criterio predeterminado antes de enviar la marca de tiempo al sistema de agregación de red; y
35 determinar, por el sistema de agregación de red, que el elemento de datos de RSSI satisface el criterio predeterminado antes de incluir la marca de tiempo en la pluralidad de marcas de tiempo para generar la geolocalización.

17. El método de la reivindicación 13, que comprende además:

40 recibir, por el sistema de agregación de red, desde la pluralidad de nodos de red que reciben la señal de IoT, una pluralidad de elementos de datos de RSSI generados por la pluralidad de nodos de red basándose en la señal de IoT, en donde la pluralidad de elementos de datos de RSSI comprende el elemento de datos de RSSI,
45 en donde la geolocalización suplementaria del activo móvil se genera basándose al menos en la pluralidad de elementos de datos de RSSI; y

determinar que la geolocalización y la geolocalización suplementaria coinciden entre sí dentro de un margen predeterminado, en donde la evaluación de calidad generada indica que la geolocalización es apta si se determina que la geolocalización y la geolocalización suplementaria coinciden entre sí dentro del margen predeterminado.

18. El método de la reivindicación 17, que comprende además:

55 retransmitir, por el nodo de red desde una porción de la pluralidad de nodos de red a través de una red de malla, una primera porción correspondiente de la pluralidad de marcas de tiempo y una segunda porción correspondiente de la pluralidad de elementos de datos de RSSI al sistema de agregación de red,
en donde la red de malla está formada por al menos la pluralidad de nodos de red, y
en donde el sistema de agregación de red comprende al menos uno seleccionado de un grupo que consiste en un concentrador de red y un servidor en la nube.

19. El método de la reivindicación 18, que comprende además:

65 enviar, por el nodo de red a través de la red de malla a la porción de la pluralidad de nodos de red, una señal de IoT simulada que comprende una posición del sistema de posicionamiento global, GPS, del nodo de red, en donde el nodo de red actúa como un activo móvil simulado;
recibir, desde la porción de la pluralidad de nodos de red que reciben la señal de IoT simulada, una pluralidad de

marcas de tiempo de calibración basándose en la señal de IoT simulada;
generar una geolocalización de calibración del activo móvil simulado basándose al menos en la pluralidad de
marcas de tiempo de calibración; y
comparar la posición de GPS desde el nodo de red y la geolocalización de calibración para generar una evaluación
de calidad de la supervisión del activo móvil.

5

20. El método de la reivindicación 13, que comprende además:

extraer, de la señal de IoT para enviar al sistema de agregación de red, una posición del sistema de
posicionamiento global, GPS, del sensor de etiquetas durante al menos un período de tiempo cuando la posición
de GPS está disponible a partir de la señal de IoT; y comparar la posición de GPS del sensor de etiquetas recibida
desde el nodo de red y la geolocalización del activo móvil para generar una evaluación de calidad de la supervisión
del activo móvil.

10

21. El método de la reivindicación 14, que comprende además:

extraer, por el nodo de red, de una cabida útil, un parámetro supervisado del activo móvil para enviarlo al sistema
de agregación de red.

15

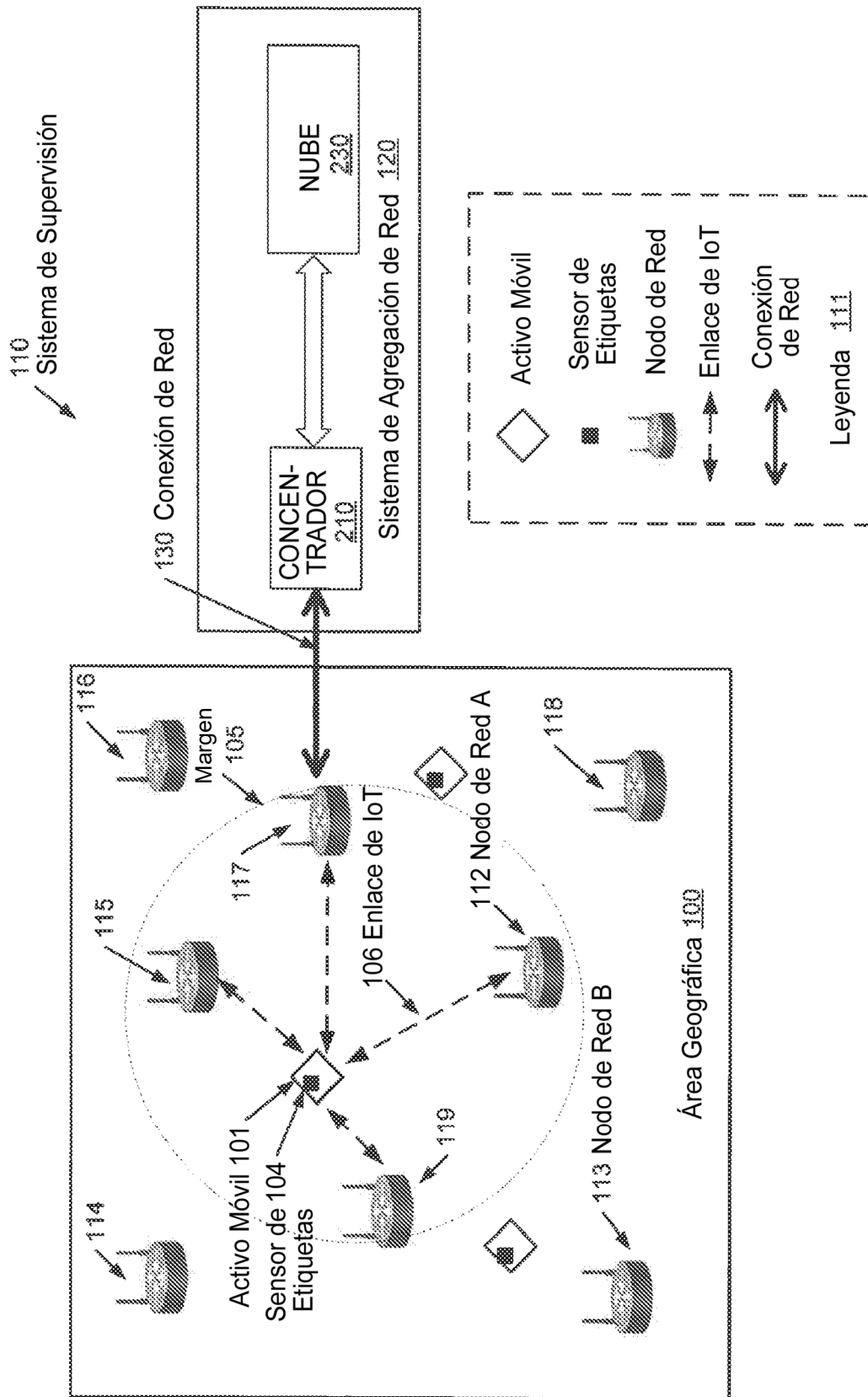


FIG. 1A

Multilateración de 4 pasarelas con variación de separación para posiciones de Tx (-500, -500) a (1500, 1500)

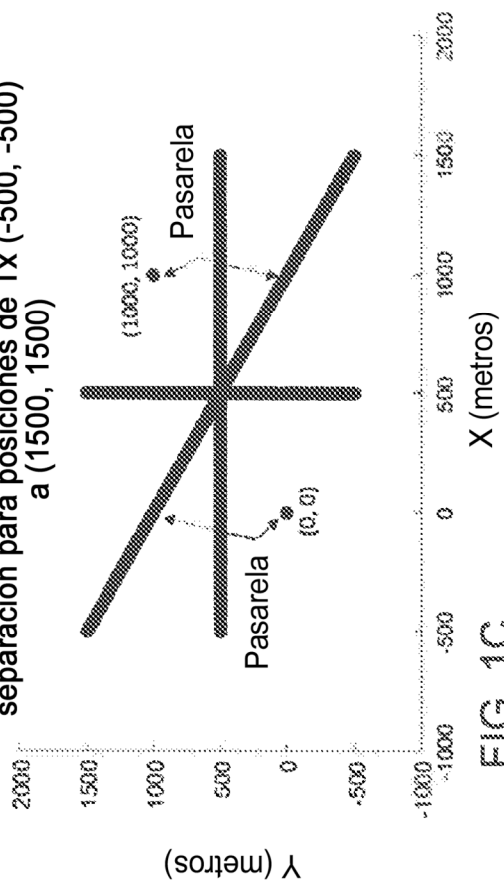


FIG. 1C

Multilateración de 4 pasarelas con variación de separación para posiciones de Tx (-500, -500) a (2000, 2000)

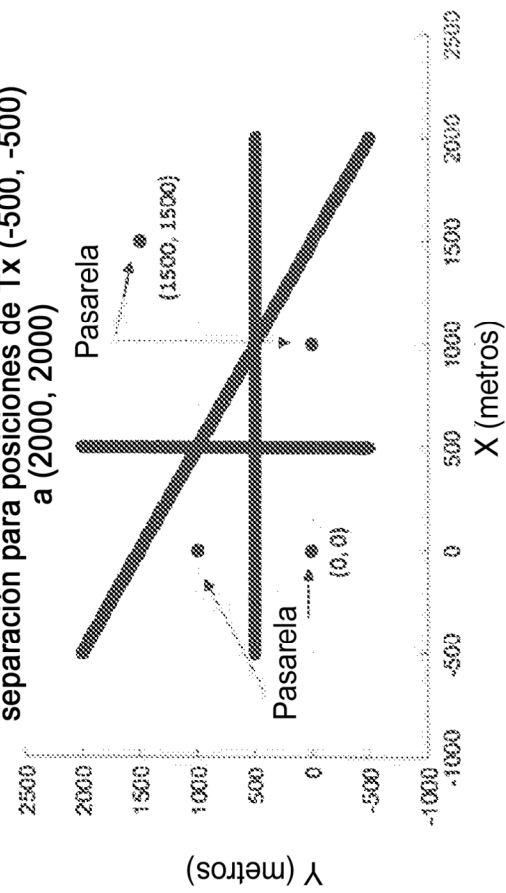


FIG. 1D

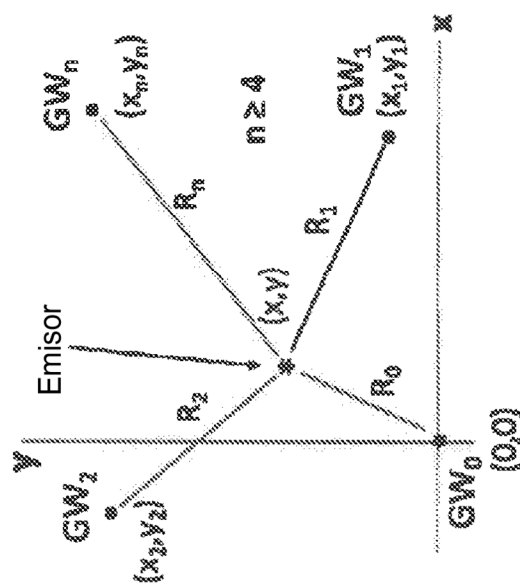


FIG. 1B

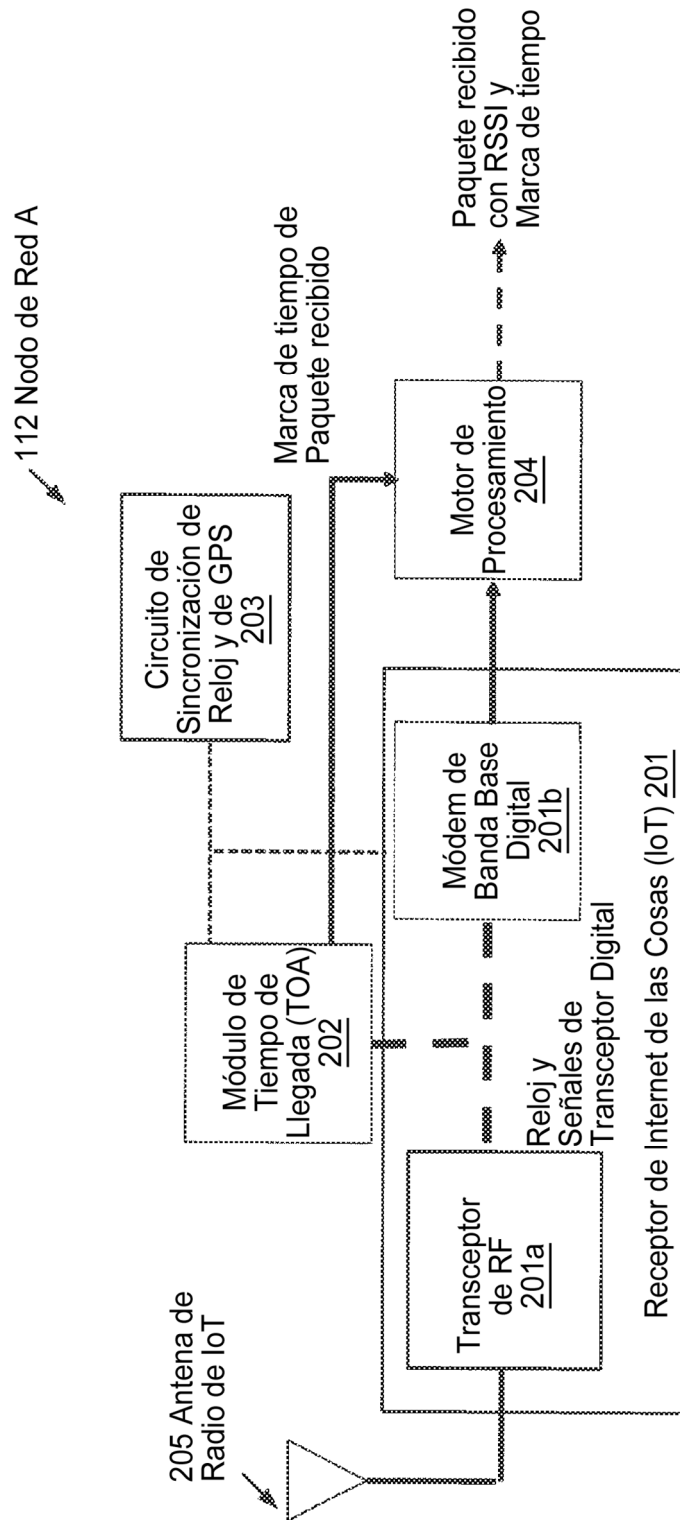
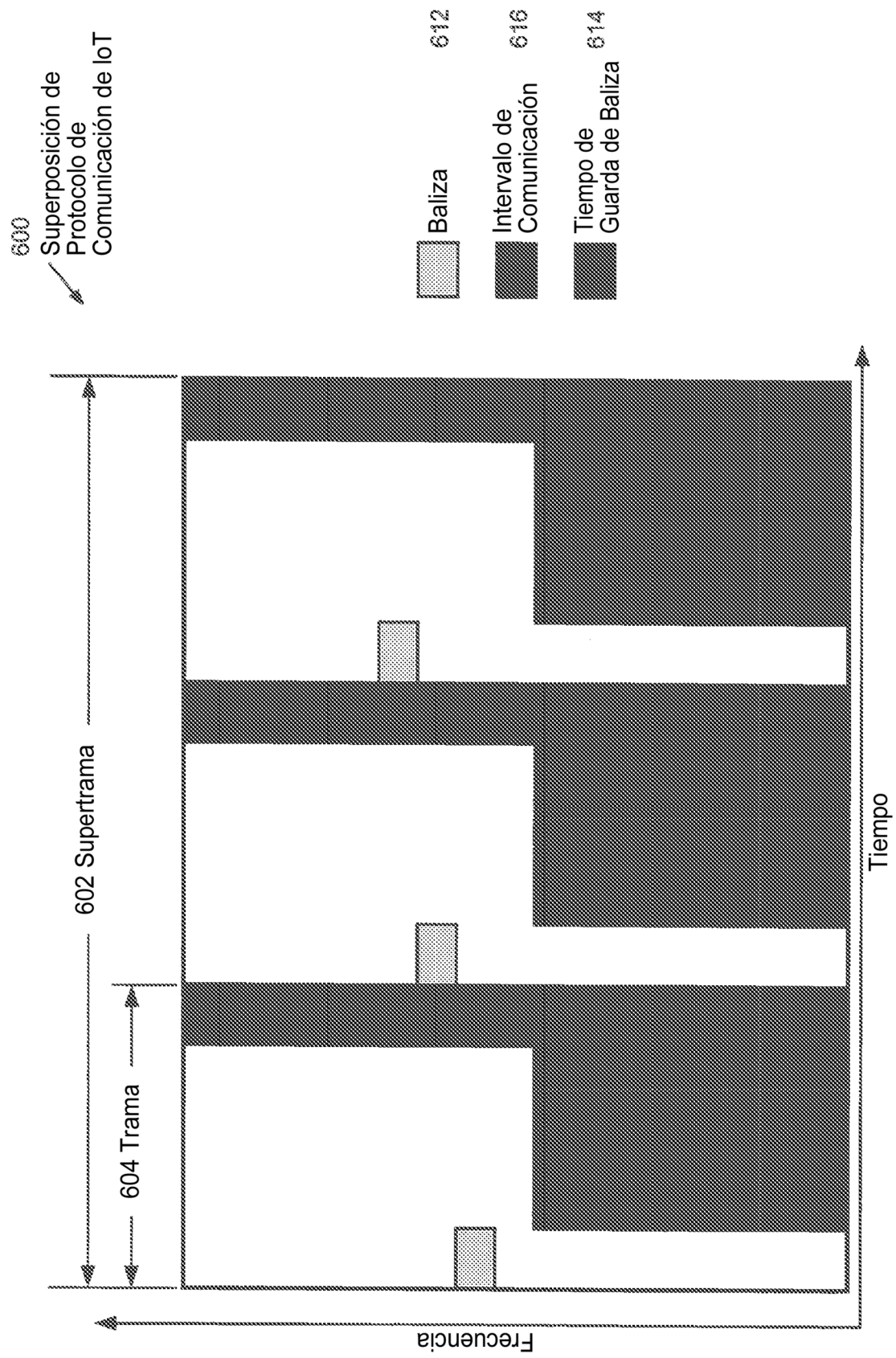


FIG. 2



36

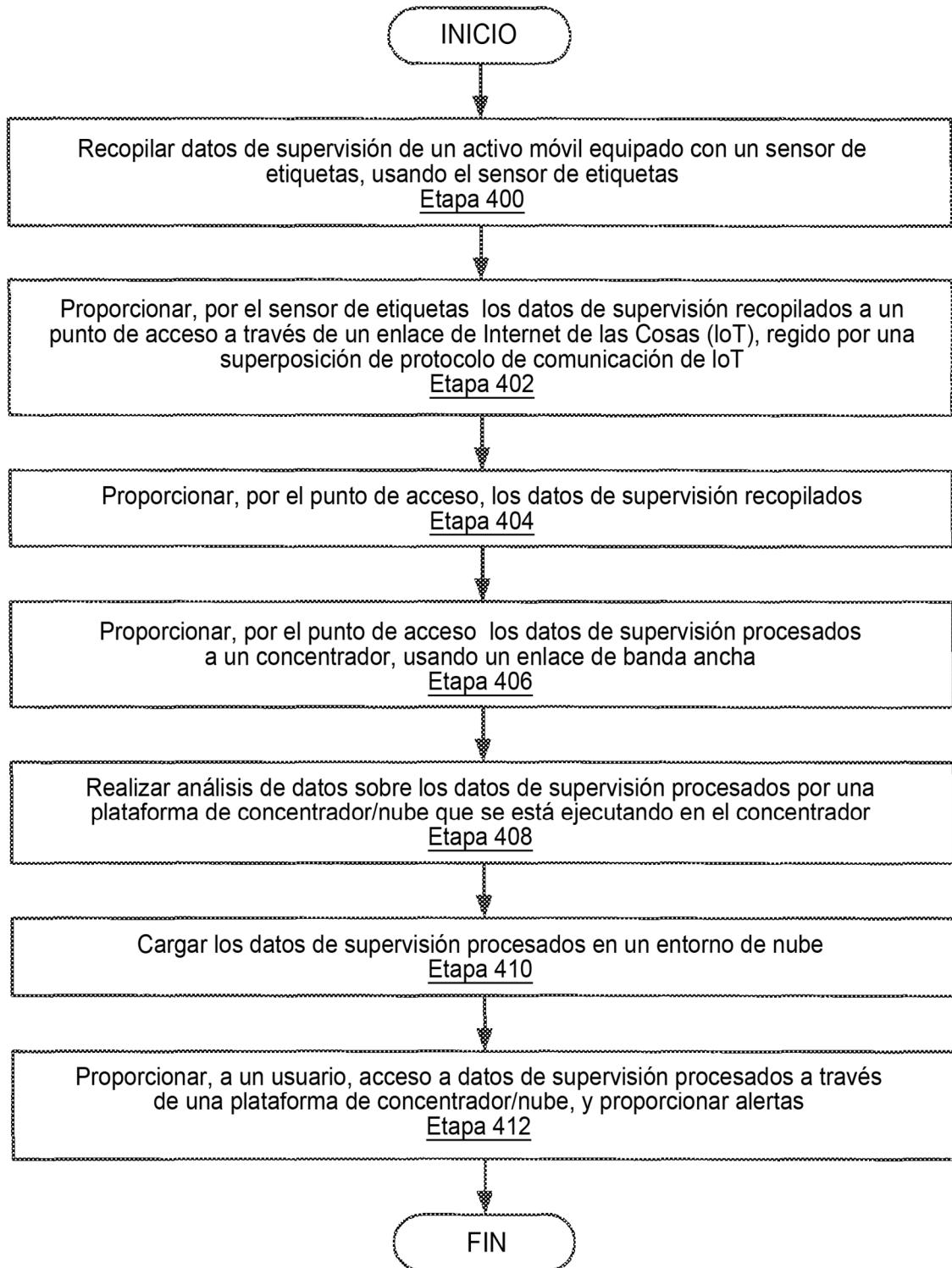


FIG. 4A

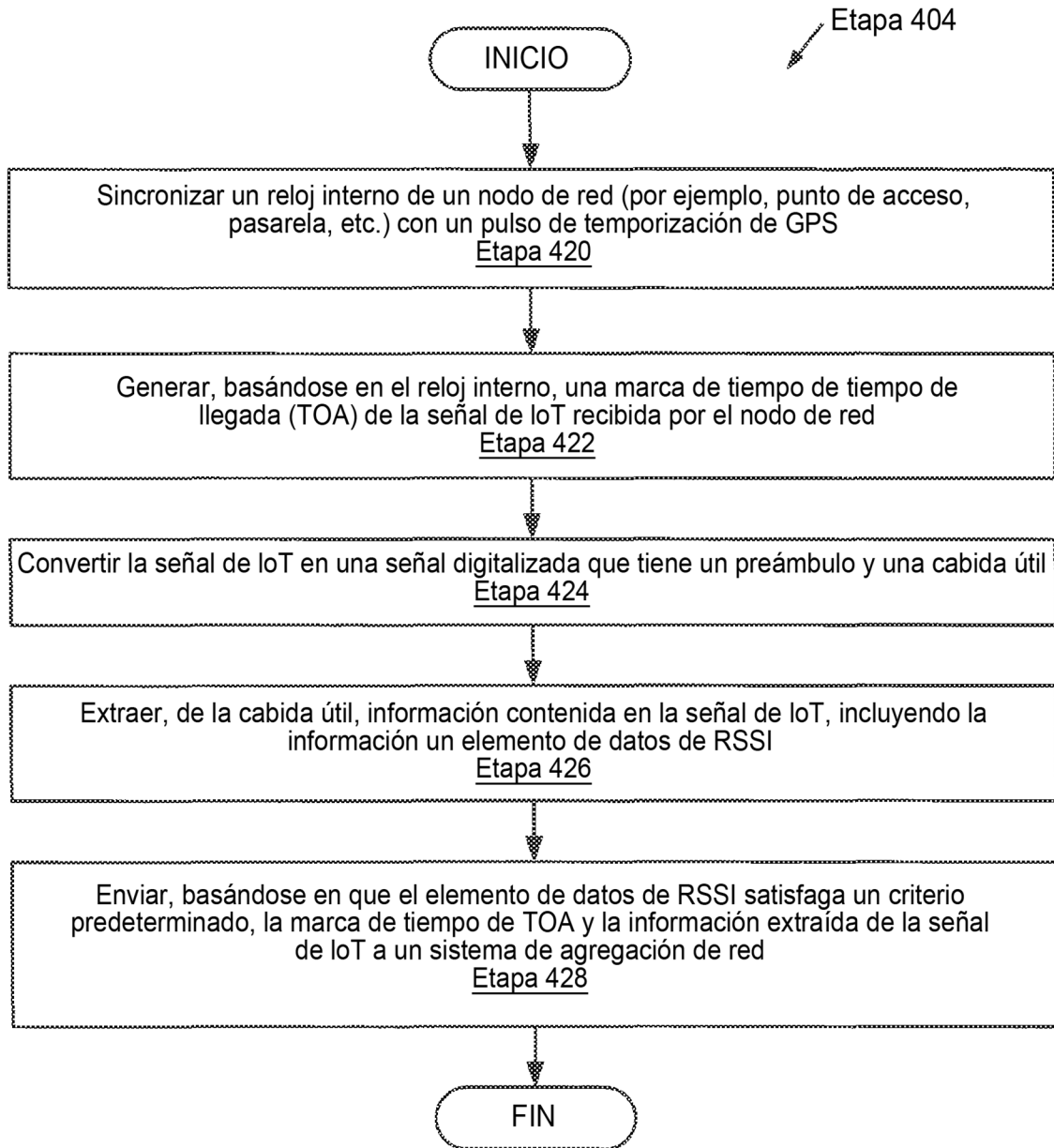


FIG. 4B

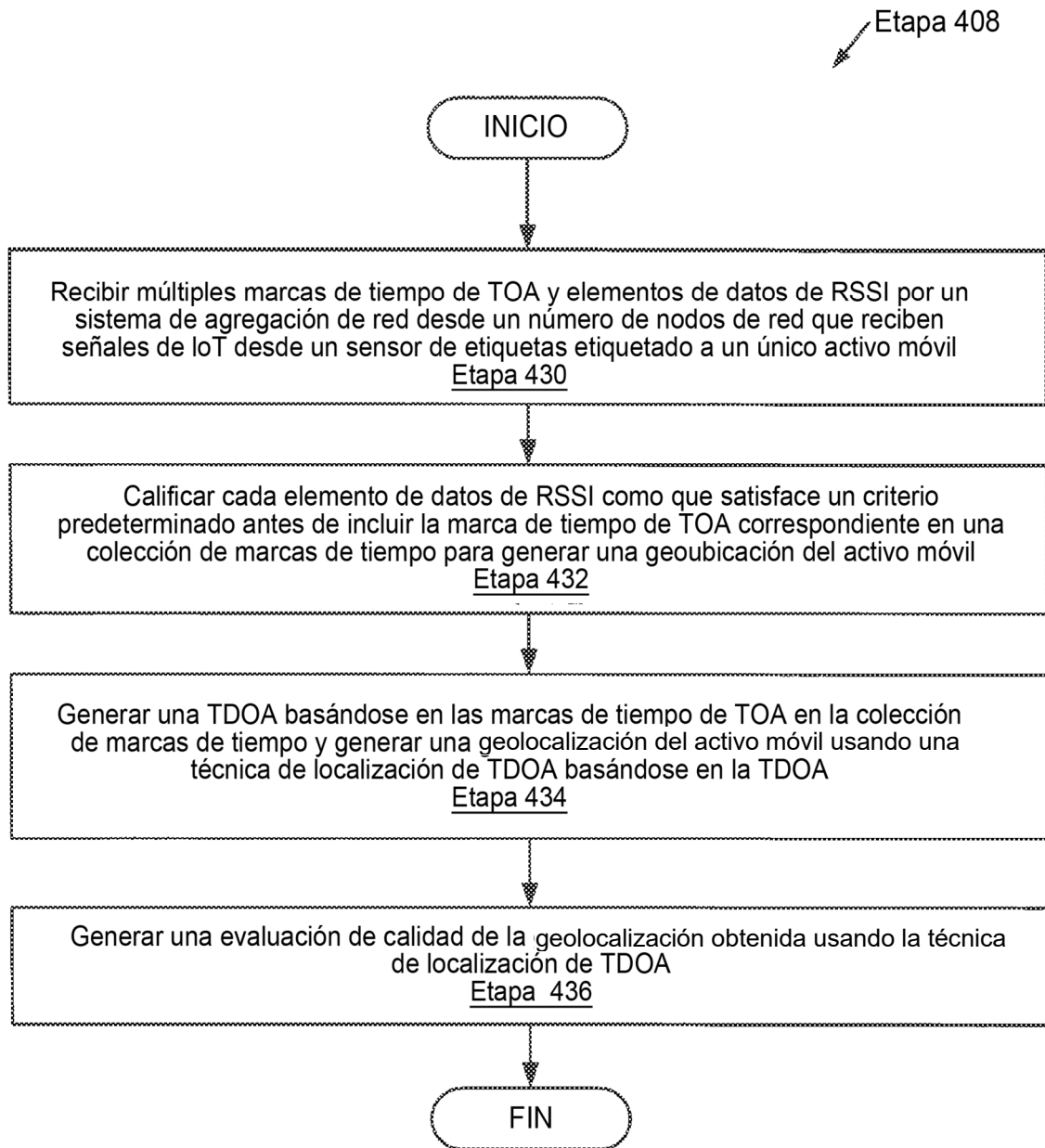


FIG. 4C

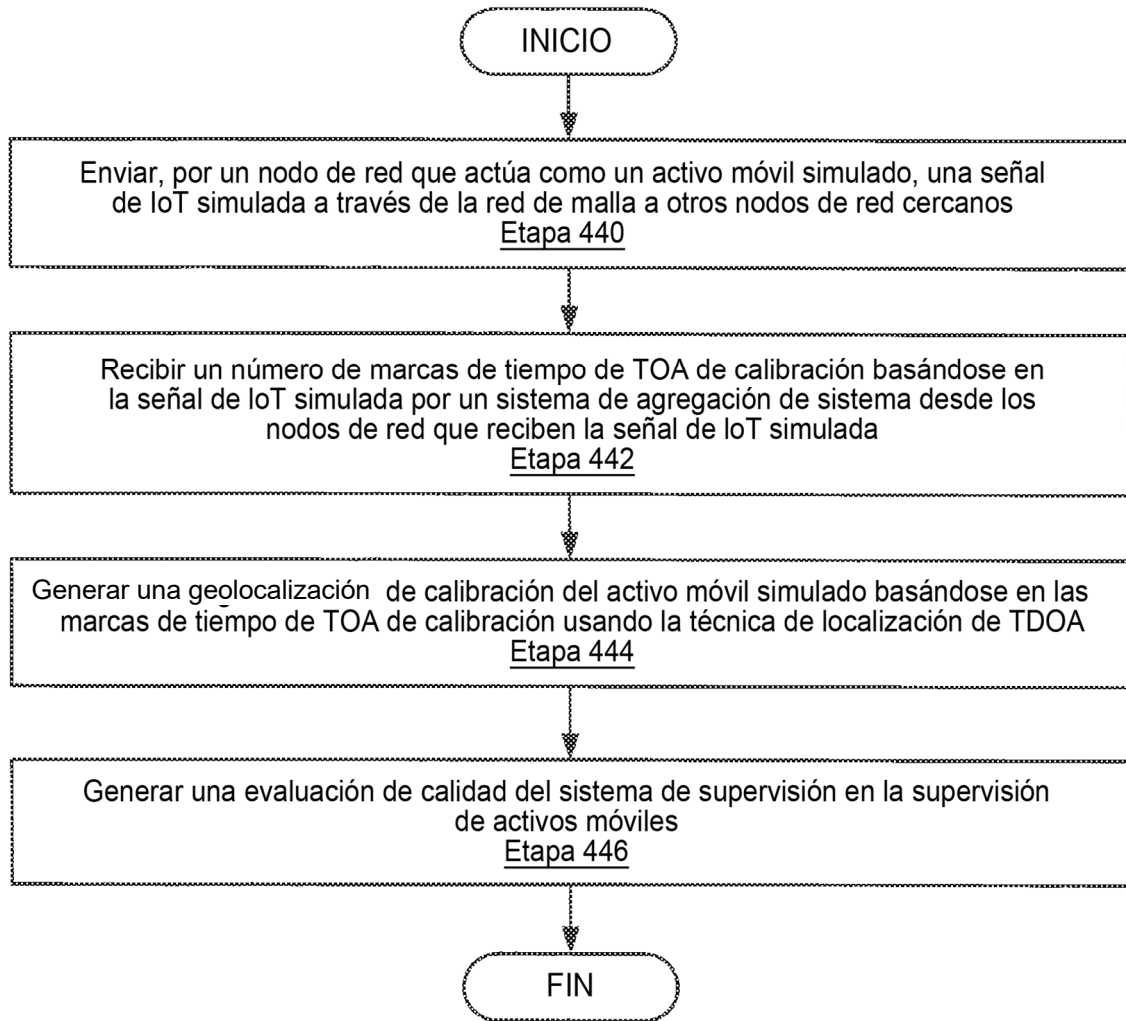


FIG. 4D

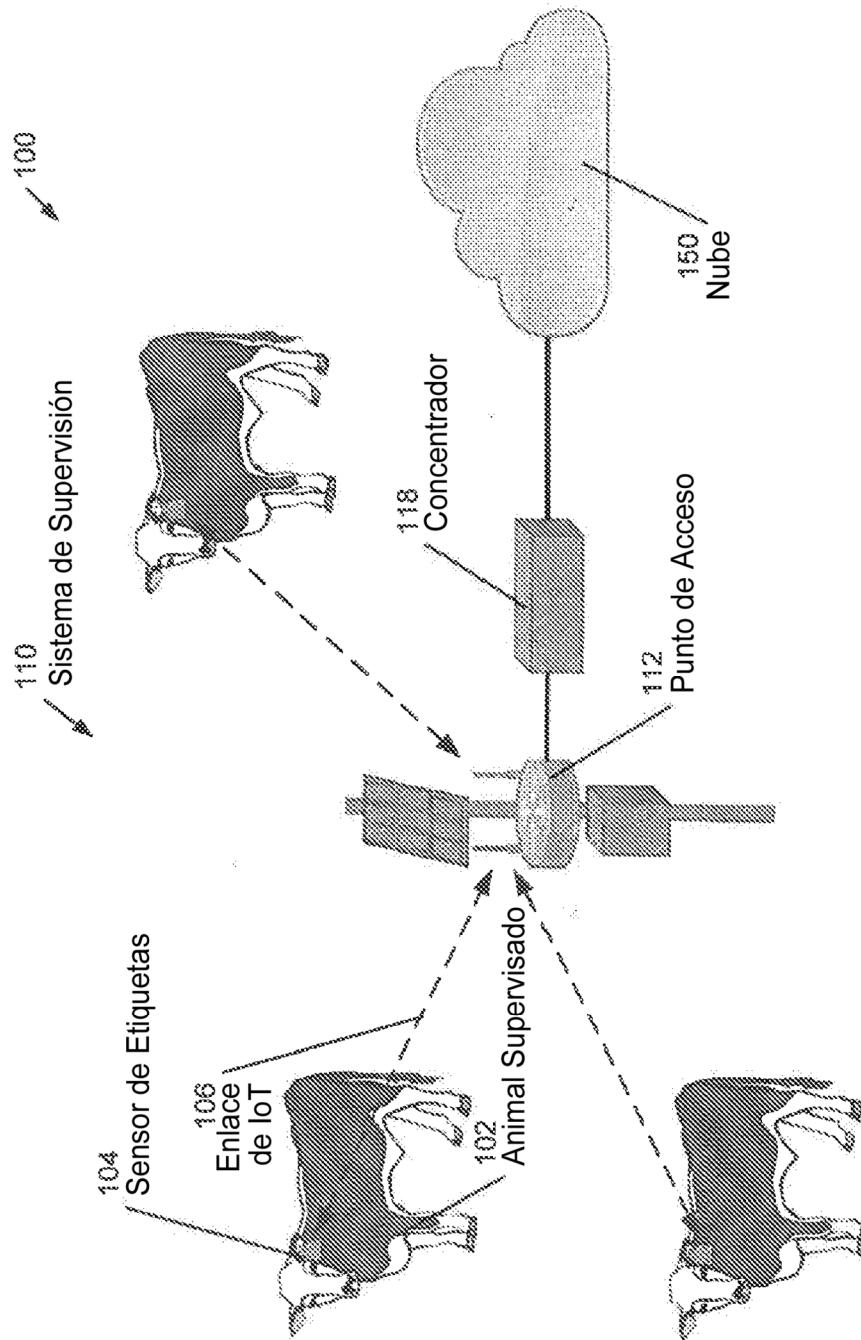


FIG. 5A

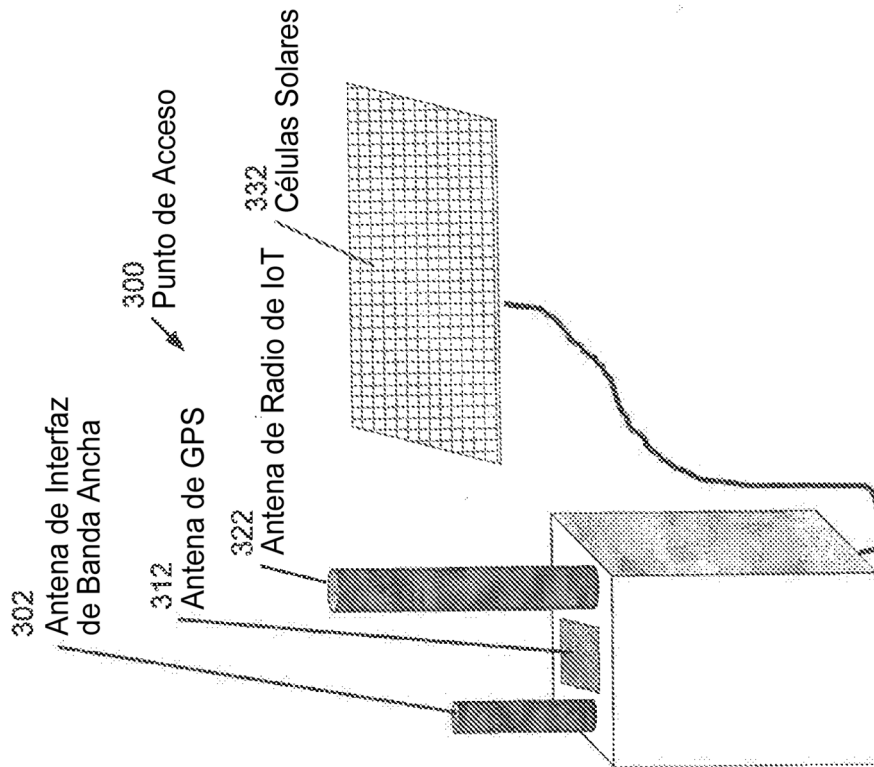


FIG. 5B

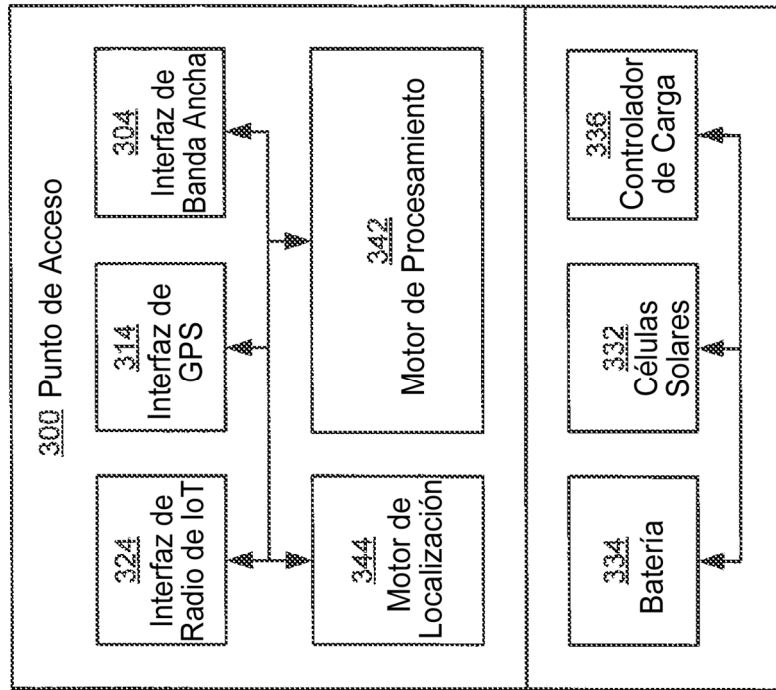


FIG. 5C

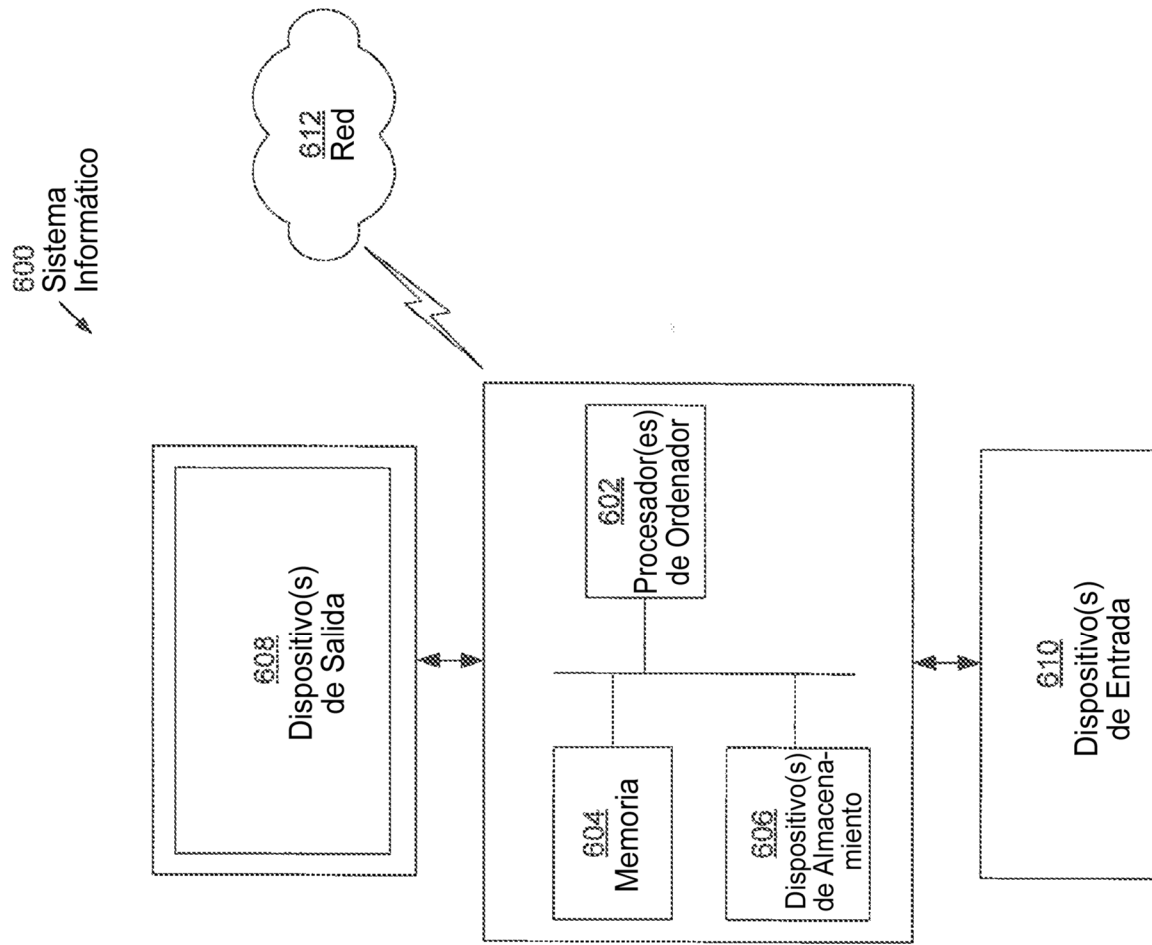


FIG. 6