

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 652 692**

51 Int. Cl.:

G01S 1/70 (2006.01)

G01S 5/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.04.2015** E 15165181 (7)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.09.2017** EP 2944973

54 Título: **Métodos y aparatos para determinar una posición utilizando fuentes de luz**

30 Prioridad:

12.05.2014 US 201414275483

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

05.02.2018

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**JONES, RICHARD DONOVAN;
BREKKE, DARIN W y
CLINGMAN, DAN J**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 652 692 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

Métodos y aparatos para determinar una posición utilizando fuentes de luz

Campo de la divulgación

5 Esta descripción se refiere en general a la determinación de posición y, más particularmente, a métodos y aparatos para determinar una posición utilizando fuentes de luz.

Antecedentes

10 Los sistemas de posicionamiento basados en satélites se utilizan para mediciones relativamente precisas de la ubicación global. Sin embargo, las señales utilizadas en los sistemas de posicionamiento basados en satélites a menudo no están disponibles o no son confiables en entornos sin línea de visión (NLOS). Por lo tanto, existe una necesidad de posicionamiento preciso en ubicaciones en las que los sistemas de posicionamiento basados en satélites no están disponibles.

En la Publicación de Solicitud de Patente de los Estados Unidos US 2002/0089722 A1, se describe un sistema de localización de base óptica y el método para determinar una ubicación en una estructura incluye una infraestructura de iluminación que tiene luces en una estructura.

15 En la solicitud de patente japonesa JP 2005077172, se describe un sistema de posicionamiento compuesto por un medio de transmisión de señal y un medio de recepción de señal. El medio transmisor de señal está provisto de un medio para generar señales de luz moduladas con señales falsas de GPS diferentes entre sí, y se compone de tres o más radiadores dispuestos en puntos, separados entre sí para irradiar las señales de luz moduladas.

Resumen

20 La presente invención comprende un método y un aparato como se establece en las reivindicaciones adjuntas.

Los métodos de ejemplo divulgados aquí incluyen procesar una salida de un fotodetector basado en códigos anticipados para identificar múltiples fuentes de luz desde las cuales el fotodetector recibe luz en una primera posición, determinando ubicaciones de las fuentes de luz identificadas, y determinando una ubicación de la primera posición basada en las ubicaciones de las fuentes de luz identificadas.

25 El aparato de ejemplo divulgado aquí incluye un fotodetector para convertir luz recibida en una señal eléctrica, un extractor de código para identificar códigos anticipados en la señal eléctrica, un identificador de fuente de luz para identificar múltiples fuentes de luz y ubicaciones respectivas de las fuentes de luz basadas en el extractor de código que identifica los códigos anticipados y un determinador de ubicación para determinar una ubicación basada en las fuentes de luz identificadas y las ubicaciones de las fuentes de luz identificadas.

30 Las características, funciones y ventajas que se han discutido se pueden lograr de forma independiente en diversos ejemplos o se pueden combinar en otros ejemplos más, cuyos detalles se pueden ver con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

Breve descripción de los dibujos

35 La FIG. 1 es un diagrama de bloques de un sistema de ejemplo para determinar la posición de un dispositivo receptor que usa fuentes de luz.

La FIG. 2 es un diagrama de bloques más detallado del receptor de ejemplo de la FIG. 1.

La FIG. 3 es un diagrama de bloques de una fuente de luz de ejemplo para implementar cualquiera de las fuentes de luz de la FIG. 1.

40 La FIG. 4 es un diagrama de flujo de un ejemplo de proceso de sincronización de fuente de luz para sincronizar las fuentes de luz de ejemplo de la FIG. 1.

La FIG. 5 es un diagrama de flujo de un método de ejemplo para determinar una posición de un dispositivo receptor que usa fuentes de luz.

La FIG. 6 es un diagrama de flujo de un método de ejemplo para transmitir códigos desde una fuente de luz para permitir la determinación de ubicaciones de dispositivos receptores.

La FIG. 7 es un diagrama de flujo de la metodología de producción y servicio de la plataforma

La FIG. 8 es un diagrama de bloques de una plataforma.

La FIG. 9 es un diagrama de bloques de una plataforma de procesador de ejemplo que se puede usar para implementar los métodos y el aparato divulgados en este documento.

- 5 Siempre que sea apropiado, se usarán los mismos números de referencia a lo largo de los dibujos y la descripción escrita adjunta para referirse a las mismas partes o similares.

Descripción detallada

10 La iluminación con diodos emisores de luz (LED) se usa ventajosamente en la fábrica y/u otras configuraciones interiores para proporcionar luz visible a la vez que se mejora la eficiencia energética y el ahorro de costes con respecto a la iluminación incandescente o fluorescente. Además de la eficiencia energética, los métodos y aparatos de ejemplo divulgados en la presente memoria modulan los LED para transmitir una secuencia pseudoaleatoria única desde cada fuente de luz basada en LED para proporcionar un sistema de posicionamiento basado en la luz.

15 Utilizando una secuencia pseudoaleatoria, los métodos y aparatos de ejemplo divulgados en este documento miden el tiempo exacto de vuelo (y por lo tanto, las mediciones de distancia de cada accesorio de transmisión LED) desde fuentes de luz identificables de forma única hasta un receptor, incluso en condiciones de luz ambiental ruidosas. En algunos ejemplos divulgados, la secuencia pseudoaleatoria codificada en (por ejemplo, modulada en) la luz permite que el receptor detecte el código pseudoaleatorio en la señal incluso cuando la señal está por debajo del nivel de ruido de fondo. Utilizando distancias múltiples a diferentes fuentes de luz y las ubicaciones conocidas de esas fuentes de luz, los métodos y aparatos de ejemplo triangulan la posición de un receptor para determinar su ubicación dentro de un entorno (por ejemplo, en el interior). Los métodos y aparatos de ejemplo determinan además una ubicación tridimensional que incluye altitud (por ejemplo, altitud relativa a las fuentes de luz LED) y el desplazamiento temporal entre las fuentes de luz LED y el receptor (por ejemplo, un tiempo local o de referencia utilizado por las fuentes de luz LED) si la altura del receptor ya ha sido determinada por otro método (por ejemplo, estar constantemente posicionado a una distancia fija sobre la superficie del piso), los ejemplos divulgados determinan una solución reducida que incluye una posición horizontal bidimensional y el desplazamiento del tiempo del receptor, lo que mejora el funcionamiento del receptor cuando la recepción de la señal luminosa por el receptor se reduce sustancialmente.

20 Los métodos y el aparato de ejemplo divulgados en este documento proporcionan los beneficios de una navegación tridimensional precisa en ubicaciones donde otros sistemas de posicionamiento precisos (por ejemplo, sistemas de posicionamiento por satélite) no están disponibles. Los ejemplos divulgados en este documento permiten un control de ubicación rápido y preciso para aplicaciones tales como automatización de fábrica, comercio minorista (por ejemplo, centro comercial o tienda) y/o navegación de depósito, y/o navegación de vehículos autónomos en entornos interiores (por ejemplo, en estructuras de estacionamiento, túneles de transporte, etc.). Además, los ejemplos divulgados en este documento no requieren visión artificial u otras técnicas de posicionamiento costosas o propensas a errores, y pueden implementarse utilizando un equipo de bajo coste (por ejemplo, circuitos receptores). Los ejemplos divulgados en este documento se implementan sin usar radiofrecuencias (RF) y, por lo tanto, pueden estar libres de limitaciones de espectro de RF y/o regulaciones gubernamentales (por ejemplo, la Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos (FCC)).

30 La FIG.1 es un diagrama de bloques de un sistema 100 de ejemplo para determinar una posición de un dispositivo 102 portátil utilizando fuentes 104-112 de luz. En el ejemplo de la FIG. 1, el dispositivo 102 portátil incluye un receptor 122, que puede determinar la posición del dispositivo 102 portátil. La posición del dispositivo 102 portátil de la FIG. 1 se determina en relación con un área 116 definida (por ejemplo, utilizando un sistema de coordenadas definido para un edificio o campus) y/o con referencia a un sistema de posición más grande (por ejemplo, utilizando coordenadas del sistema de posicionamiento por satélite, tales como WGS84).

35 Ejemplos de dispositivos 102 portátiles que se pueden usar con el sistema 100 incluyen, pero no se limitan a, robots móviles u otras máquinas móviles autónomas, dispositivos de elevación (por ejemplo, grúas), dispositivos de mano capaces de mostrar una ubicación del dispositivo a un usuario, y/o dispositivos de seguimiento (por ejemplo, seguimiento de inventario, seguimiento de material, seguimiento de dispositivo, etc.). El dispositivo 102 portátil puede ejecutar servicios o aplicaciones de software que también dependen de una ubicación y/o temporización con respecto al área 116 y/o el sistema 100.

40 Las fuentes 104-112 de luz de ejemplo de la FIG. 1 cada una incluye una o más diodos emisores de luz (LED). Las fuentes 104-112 de luz de ejemplo pueden ser bancos de iluminación fijos (por ejemplo, luces montadas en el techo) y/o fuentes de luz móviles (por ejemplo, lámparas LED portátiles). Las salidas de las luces LED se pueden modular a altas frecuencias para permitir que las luces LED transmitan datos sin parpadeos observables en humanos. En

algunos ejemplos, cada una de las fuentes 104-112 de luz usa múltiples LEDs dispuestos para permitir el teclado con desplazamiento de espacio, el teclado de encendido y apagado y/u otros esquemas de modulación dependientes del espacio. Cada una de las fuentes 104-112 de luz de ejemplo está en una posición conocida en el área 116 de ejemplo. Sin embargo, las posiciones de una o más de las fuentes 104-112 de luz pueden cambiarse.

5 El sistema 100 del ejemplo ilustrado incluye un administrador 118 de localización de luz para controlar y almacenar las ubicaciones de las fuentes 104-112 de luz. Las ubicaciones de una o más de las fuentes 104-112 de luz pueden fijarse con relación al área 116. En algunos ejemplos, las ubicaciones de una de las fuentes 104-112 fijas de luz se inspeccionan manualmente y se proporcionan al administrador 118 de localización de luz, que almacena la ubicación de cada fuente 104-112 de luz inspeccionada en asociación con un identificador de esa fuente 104-112 de luz. El administrador 118 de localización de luz puede proporcionar entonces una fuente 104-112 de luz con la ubicación de la fuente 104-112 de luz (por ejemplo, cuando se inicializa la fuente de luz).

15 En el ejemplo de la FIG. 1, una o más de las fuentes 104-112 de luz (por ejemplo, la fuente 112 de luz en este ejemplo) deriva su posición en el área 116 basándose en las posiciones de las otras fuentes de luz. De esta manera, la fuente 112 de luz realiza un procedimiento de autoposicionamiento similar al procedimiento de posicionamiento realizado por el dispositivo 102 portátil. A continuación se divulgan ejemplos del procedimiento de posicionamiento. Cuando la fuente 112 de luz ha derivado su posición en el área 116, la fuente 112 de luz de ejemplo proporciona la posición derivada al administrador 118 de ubicación de luz.

20 El administrador 118 de ubicación de luz de ejemplo actualiza el dispositivo 102 portátil con las ubicaciones de las fuentes 104-112 de luz a través de un canal de datos secundario. Por ejemplo, el dispositivo 102 portátil está conectado de manera comunicativa a un punto 120 de acceso inalámbrico, que proporciona un canal de datos para la comunicación con el dispositivo 102 portátil. El punto 120 de acceso inalámbrico puede ser uno de una red de puntos de acceso inalámbrico en el área 116. El dispositivo 102 portátil tiene permitido acceder a una o más redes de comunicación a través del punto 120 de acceso inalámbrico, tal como una o más intranets, internets, y/o Internet. Adicionalmente, el punto 120 de acceso inalámbrico permite que el dispositivo 102 portátil obtenga actualizaciones de ubicación para las fuentes 104-112 de luz desde el administrador 118 de ubicación de luz. En algunos ejemplos, el administrador 118 de ubicación de luz proporciona al dispositivo 102 portátil cualquier otra actualización a las fuentes 104-112 de luz, tales como cambios en códigos pseudoaleatorios transmitidos por las respectivas fuentes 104-112 de luz.

30 Para determinar una posición del dispositivo 102 portátil, el dispositivo 102 portátil de ejemplo incluye el receptor 122. El receptor 122 de ejemplo de la FIG. 1 determina una posición del dispositivo 102 portátil en base a la recepción de señales de luz respectivas desde las fuentes 104-112 de luz. En el ejemplo de la FIG. 1, el receptor 122 recibe señales de luz de las fuentes 104-112 de luz con o sin línea de visión a las fuentes 104-112 de luz. Cada una de las señales de luz de las fuentes 104-112 de luz transmite un código pseudoaleatorio único. Como se usa en el presente documento, el término "código pseudoaleatorio" se refiere a un código que parece ser aleatorio (por ejemplo, ruido aleatorio) pero es una secuencia determinística que se repite después de un período definido. En algunos ejemplos, los códigos pseudoaleatorios únicos se seleccionan para tener bajas correlaciones entre sí (por ejemplo, ortogonal). El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) utiliza ejemplos de tales códigos. Las fuentes 104-112 de luz de ejemplo pueden usar los códigos de 1024 bit "Gold" usados por GPS. También se pueden usar diferentes códigos (por ejemplo, códigos más largos, códigos más cortos) que tienen una correlación conjunta mayor (por ejemplo, códigos pseudoaleatorios que tienen más correlación entre sí que los códigos Gold de GPS). Sin embargo, el uso de otros códigos que tienen mayor correlación permite el uso de un número mayor de códigos pseudoaleatorios únicos que los códigos Gold de GPS. En este ejemplo, el código pseudoaleatorio transmitido desde una fuente de luz (por ejemplo, la fuente 104 de luz) es un código que parece ser un ruido aleatorio, pero se selecciona para ser diferente del código de cualquiera de las otras fuentes 106-112 de luz. Los códigos pseudoaleatorios se modulan en la luz transmitida por las fuentes 104-112 de luz.

45 En algunos ejemplos, cada una de las fuentes 104-112 de luz repite su código pseudoaleatorio respectivo a intervalos predecibles conocidos (por ejemplo, cada 1 milisegundo) para permitir que el receptor 122 se bloquee en el código pseudoaleatorio y/o determinar continuamente su ubicación una vez bloqueado. En algunos otros ejemplos, cada una de las fuentes 104-112 de luz transmite una secuencia de códigos pseudoaleatorios. La secuencia de códigos pseudoaleatorios es conocida por las fuentes 104-112 de luz, el administrador 118 de ubicación de luz y el receptor 122. Cuando una fuente 104-112 de luz alcanza el final de una secuencia de código, la fuente 104 de luz de ejemplo repite la secuencia de código desde el principio.

55 Las fuentes 104-112 de luz de la FIG. 1 pueden transmitir los códigos pseudoaleatorios respectivos en sincronía (por ejemplo, a través de diferentes frecuencias). Adicional o alternativamente, las fuentes 104-112 de luz de ejemplo pueden transmitir los códigos pseudoaleatorios respectivos en períodos superpuestos respectivos o no superpuestos.

Como se explica con más detalle a continuación, el receptor 122 de ejemplo determina una posición del dispositivo 102 portátil de la siguiente manera: 1) identificando códigos pseudoaleatorios en la luz recibida (por ejemplo, códigos

de fuentes 104-112 de luz que transmiten luz que se puede observar directa o indirectamente) por el receptor 122); 2) identificar las fuentes 104-112 de luz correspondientes a los códigos pseudoaleatorios; 3) determinar las distancias desde cada una de las fuentes 104-112 de luz identificadas ; 4) determinar ubicaciones de cada una de las fuentes 104-112 de luz identificadas; y 5) determinar (por ejemplo, triangular) una posición del dispositivo 102 portátil desde las ubicaciones respectivas de las fuentes 104-112 de luz identificadas y las respectivas distancias a las fuentes 104-112 de luz identificadas. En algunos ejemplos, el receptor 122 determina además un tiempo relativo (por ejemplo, un tiempo relativo a una referencia) cuando se identifica un número suficiente de fuentes 104-112 de luz (por ejemplo, 4 de las fuentes 104-112 de luz).

La FIG. 2 es un diagrama de bloques más detallado del receptor 122 de ejemplo de la FIG. 1. El receptor 122 de ejemplo de la FIG. 2 incluye un fotodetector 202, un extractor 204 de código, un libro 206 de códigos, un identificador 208 de fuente de luz, un determinante 210 de ubicación y una interfaz 212 de comunicación de datos.

El fotodetector 202 de ejemplo está expuesto a las condiciones de iluminación ambiental del área en la que se encuentra el receptor 122 (por ejemplo, el área 116 de La FIG. 1). El fotodetector 202 produce una señal eléctrica representativa de la iluminación ambiental. En el ejemplo de las FIGS. 1 y 2, el fotodetector 202 detecta y genera una salida en función de la luz visible. Sin embargo, en algunos ejemplos, el fotodetector 202 puede responder a las longitudes de onda de luz infrarroja, ultravioleta y/u otras cercanas a la luz visible.

El extractor 204 de código de ejemplo recibe la señal eléctrica generada por el fotodetector 202. El extractor 204 de código extrae códigos pseudoaleatorios que están presentes en la señal eléctrica, por ejemplo, desmodulando las señales eléctricas de la banda base utilizando la frecuencia portadora seleccionada para las fuentes 104-112 de luz. En algunos ejemplos, las fuentes de luz modulan los códigos pseudoaleatorios asignados a las fuentes 104-112 de luz (por ejemplo, los códigos asignados a cada una de las posibles fuentes 104-112 de luz) a frecuencias portadora(s) respectivas. Los códigos pseudoaleatorios de las fuentes 104-112 de luz son conocidos por el receptor 122 y están almacenados en el libro 206 de códigos. El libro 206 de códigos de ejemplo proporciona los códigos al extractor 204 de códigos para su uso en la identificación de los códigos pseudoaleatorios en una señal eléctrica desmodulada.

En algunos ejemplos, el extractor 204 de código lleva a cabo la alineación del código utilizando, por ejemplo, un correlacionador para determinar la frecuencia correcta y el inicio de un código pseudoaleatorio particular. En algunos de tales ejemplos, el extractor 204 de código identifica los códigos anticipados al correlacionar la señal eléctrica desmodulada con cada uno de los códigos pseudoaleatorios anticipados. Si un código pseudoaleatorio tiene al menos una correlación de umbral con la señal eléctrica desmodulada, el extractor 204 de código determina que la señal eléctrica contiene ese código pseudoaleatorio y puede determinar un tiempo recibido (por ejemplo, una hora de inicio, un período de tiempo) del código pseudoaleatorio. Por lo tanto, el extractor 204 de código de ejemplo puede procesar repetidamente la señal eléctrica para identificar el inicio de uno o más códigos pseudoaleatorios que están presentes en la señal.

En algunos otros ejemplos, el extractor 204 de código puede usar un filtro adaptado para determinar más rápidamente la alineación de todos los códigos al probar de forma efectiva todas las alineaciones de forma secuencial y continua. En algunos otros ejemplos, se producen poco o ningún cambio de frecuencia y/o diferencias de velocidad en las señales de luz debido a un intervalo relativamente corto entre las fuentes 104-112 de luz y el receptor 122. Se pueden usar adicional o alternativamente otros filtros.

En algunos ejemplos, el extractor 204 de código identifica 3, 4 o más códigos pseudoaleatorios únicos en la señal eléctrica desmodulada. Para identificar múltiples códigos pseudoaleatorios en la señal eléctrica desmodulada, el extractor 204 de códigos de ejemplo determina una correlación entre la señal eléctrica desmodulada y cada uno de los códigos pseudoaleatorios anticipados. Cuando un código pseudoaleatorio tiene una alta correlación con la señal desmodulada, el extractor 204 de código de ejemplo determina que el código pseudoaleatorio está presente en la señal y determina un tiempo de inicio del código pseudoaleatorio (por ejemplo, utilizando un reloj 214).

Cuando el extractor 204 de código ha determinado la alineación del código, el extractor 204 de código de ejemplo proporciona el código pseudoaleatorio para el que se determinó la alineación con el identificador 208 de la fuente de luz. El identificador 208 de fuente de luz de ejemplo determina un identificador de una de las fuentes 104-112 de luz basándose en el código pseudoaleatorio identificado. Por ejemplo, el identificador 208 de fuente de luz puede buscar en el libro 206 de códigos para determinar cuál de las fuentes 104-112 de luz está asociada con el código identificado. Los códigos almacenados en el libro 206 de códigos son, por lo tanto, códigos anticipados o esperados que podría esperar que se representen en la salida del fotodetector 202, dependiendo de la ubicación del receptor 202 en el área 116. El libro 206 de códigos de ejemplo devuelve un identificador de la fuente 104-112 de luz correspondiente a (por ejemplo, asignado a) un código pseudoaleatorio identificado. En el ejemplo de la FIG. 2, el libro 206 de códigos también proporciona la ubicación (por ejemplo, coordenadas y/o altitud dentro del área 116) y un período para la fuente 104-112 de luz identificada. El período define los tiempos (por ejemplo, los tiempos de inicio y/o finalización esperados) de las transmisiones del código pseudoaleatorio por la fuente 104-112 de luz

identificada. Para permitir la determinación precisa de la ubicación por el receptor 122, los relojes de las fuentes 104-112 de luz que controlan la temporización de los períodos en el ejemplo de la FIG. 1 están sincronizados.

5 El identificador 208 de la fuente de luz de ejemplo y/o el determinante 210 de localización pueden realizar una reducción utilizando un código pseudoaleatorio identificado para identificar un mensaje. El mensaje transmitido por la fuente 104-112 de luz (y difundido utilizando el código pseudoaleatorio) puede proporcionar información sobre la fuente 104-112 de luz que transmitió el mensaje, una hora local en la que se transmitió el mensaje y/o cualquier otra información. Si el mensaje incluye la hora local, el identificador 208 de fuente de luz de ejemplo y/o el determinante 210 de ubicación pueden determinar una hora local (cuando el reloj 214 del receptor 122 se ha sincronizado) en función del tiempo en el que se transmitió el mensaje de la fuente 104-112 de luz y el tiempo de propagación del mensaje al receptor 122.

15 El determinante 210 de ubicación de ejemplo determina una ubicación del receptor 122 de ejemplo (y, por lo tanto, el dispositivo que contiene el receptor 122) basado en la extracción de los códigos pseudoaleatorios de la señal eléctrica, los períodos y ubicaciones de las fuentes 104-112 de luz de las que se recibieron códigos pseudoaleatorios, y los tiempos en que se reciben los códigos pseudoaleatorios (por ejemplo, cada vez que se recibe el inicio de un código pseudoaleatorio, cada vez que finaliza un código pseudoaleatorio se recibe el código, etc.).

20 Para determinar la ubicación del receptor 122, el determinante 210 de ubicación determina una compensación de reloj del reloj 214. Por ejemplo, si las fuentes 104-112 de luz están configuradas para transmitir los códigos en sincronía, el determinante 210 de ubicación compara los tiempos recibidos de los códigos pseudoaleatorios y determina una ubicación y tiempo en los que los códigos pseudoaleatorios se recibirían en los tiempos respectivos (por ejemplo, basándose en los códigos que se transmiten al mismo tiempo desde las ubicaciones respectivas de las fuentes 104-112 de luz a los que se les asignaron dichos códigos). Cuando se determina la ubicación, el determinante 210 de ubicación de ejemplo determina el tiempo en el que se transmitieron las señales para alcanzar la ubicación determinada en los tiempos respectivos. El determinante 210 de ubicación sincroniza entonces el reloj 214 con el tiempo determinado. En otras palabras, el determinante 210 de ubicación sincroniza el reloj 214 con una ubicación y hora en las cuales los códigos recibidos son consistentes con la sincronización observada y las ubicaciones conocidas de las fuentes 104-112 de luz.

30 En base al tiempo determinado, el determinante 210 de ubicación de ejemplo determina las distancias a cada una de las fuentes 104-112 de luz de ejemplo a partir de las cuales se recibieron códigos pseudoaleatorios. Por ejemplo, para determinar una distancia entre el receptor 122 y una de las fuentes de luz (por ejemplo, la fuente 104 de luz), el determinante 210 de ubicación multiplica la velocidad de propagación de la luz a través de la atmósfera por una diferencia de tiempo entre a) la transmisión calculada de los códigos pseudoaleatorios (por ejemplo, basados en el reloj 214 sincronizado) y b) el momento en el que el código pseudoaleatorio para la fuente 104 de luz se recibió en el fotodetector 202 (que puede determinarse a partir del momento en que el extractor 204 de código recibió la señal eléctrica del fotodetector 202). El determinante 210 de localización luego triangula la posición del receptor 122 utilizando las distancias calculadas a las fuentes 104-112 de luz y las ubicaciones conocidas de las fuentes 104-112 de luz. Ejemplos de ecuaciones (1)-(4) de pseudorange que pueden resolverse en combinación para determinar la posición del receptor se muestran a continuación:

40

$$P_1 = \sqrt{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 + (z_1 - z)^2} + c\tau - c\tau_1 \quad \text{Ecuación (1)}$$

$$P_2 = \sqrt{(x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 + (z_2 - z)^2} + c\tau - c\tau_2 \quad \text{Ecuación (2)}$$

$$P_3 = \sqrt{(x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2 + (z_3 - z)^2} + c\tau - c\tau_3 \quad \text{Ecuación (3)}$$

$$P_4 = \sqrt{(x_4 - x)^2 + (y_4 - y)^2 + (z_4 - z)^2} + c\tau - c\tau_4 \quad \text{Ecuación (4)}$$

En las ecuaciones (1)-(4), P_n es el pseudorange medida desde la fuente de luz n , x_n es la ubicación del eje x de la fuente de luz n , y_n es la ubicación del eje y de la fuente de luz n , z_n es la ubicación del eje z de la fuente de luz n , $c\tau_n$ es el tiempo de recepción en el receptor 122 de la señal de luz que contiene el código pseudoaleatorio transmitido

por la fuente de luz n en el tiempo τ . El determinante 210 de localización de ejemplo resuelve las ecuaciones (1)-(4) para x , y y z , que proporciona la ubicación del receptor 122 en el sistema de coordenadas x , y , z . En algunos ejemplos, el determinante 210 de localización resuelve las ecuaciones (1)-(4) utilizando un método estadístico tal como error por mínimos cuadrados o similar.

- 5 En algunos otros ejemplos, el determinante 210 de localización resuelve la ubicación del receptor 210 utilizando un estimador de estado tal como un Filtro Kalman que estima el estado de posición (y otros aspectos tales como desviaciones) utilizando los pseudorrangos calculados.

10 En algunos ejemplos, el determinante 210 de localización combina la solución de localización determinada utilizando el fotodetector 202 con soluciones de localización determinadas utilizando otros métodos tales como una unidad de medida inercial y/o un codificador de rueda. Por ejemplo, después de que se determina una primera posición mediante el fotodetector 202, el determinante 210 de ubicación de ejemplo puede verificar que las soluciones de localización posteriores son consistentes con el movimiento relativo detectado a través de la unidad de medida inercial y/o un codificador de rueda (o codificador giratorio).

15 El receptor 122 de ejemplo puede propagar el tiempo y/o la ubicación calculados a otros componentes y/o aplicaciones del dispositivo 102 portátil para su uso en el cumplimiento de las tareas dependientes de la ubicación y/o dependientes del tiempo del dispositivo 102 portátil.

20 La interfaz 212 de comunicaciones de datos de ejemplo se comunica con el administrador 118 de ubicación de luz de ejemplo (por ejemplo, a través del punto 120 de acceso inalámbrico) para, por ejemplo, actualizar (por ejemplo, en el libro 206 de códigos) las ubicaciones de las fuentes 104-112 de luz, códigos pseudoaleatorios usados por las fuentes 104-112 de luz, los períodos de las fuentes 104-112 de luz, y/o cualquier otra información para determinar la posición del receptor 122. En algunos ejemplos, la interfaz 212 de comunicaciones de datos es una interfaz de comunicaciones inalámbricas (por ejemplo, una interfaz inalámbrica IEEE 802.xx). En algunos otros ejemplos, la interfaz 212 de comunicaciones de datos es una interfaz cableada que se conecta a una red local.

25 Aunque el ejemplo anterior describe un único fotodetector 202 y un único canal de detección de código que incluye un único extractor 204 de código, el receptor 122 de ejemplo de las FIGS. 1 y/o 2 pueden incluir múltiples fotodetectores 202 y/o múltiples canales (por ejemplo, múltiples extractores 204 de código). Por ejemplo, un único fotodetector 202 puede proporcionar una señal de salida a múltiples extractores 204 de código para realizar una extracción de códigos simultánea más rápida de múltiples códigos de la señal. Cuando uno de los extractores 204 de código identifica y/o bloquea en un código (por ejemplo, un código en el libro 206 de códigos), el extractor 204 de código de identificación informa a los canales restante (por ejemplo, extractores 204 de código) que el código ha sido identificado, y los otros canales buscan diferentes códigos.

35 En algunos otros ejemplos, el receptor 122 incluye múltiples fotodetectores 202, que emiten señales a múltiples canales (por ejemplo, extractores 204 de código). Utilizando múltiples fotodetectores 202, el receptor 122 de ejemplo puede mitigar efectos de trayectoria múltiple creando diferentes campos de visión para diferentes fotodetectores 202 (por ejemplo, orientando los fotodetectores 202 para recibir señales de luz desde un campo de visión particular). En algunos ejemplos, dos o más de los fotodetectores 202 son espacialmente diferentes y tienen campos de vista en dirección ascendente (por ejemplo, hacia fuentes de luz situadas en el techo del entorno) para mitigar efectos de sombreado o bloqueos de señal debido a otros objetos en la zona. En algunos ejemplos, haciendo que los fotodetectores múltiples sean espacialmente diferentes, el determinante 210 de ubicación de ejemplo determina la altitud (por ejemplo, orientación) del receptor 122 y/o el dispositivo 102 portátil determinando las diferencias de tiempo entre la recepción de señales de luz en diferentes fuentes.

45 La FIG. 3 es un diagrama de bloques de una fuente 300 de luz de ejemplo para implementar cualquiera de las fuentes 104-112 de luz de la FIG. 1. La fuente 300 de luz de ejemplo de la FIG. 3 incluye un conjunto 302 LED, un modulador 304 de código, un generador 306 de código, un sincronizador 308 de tiempo, y una interfaz 310 de comunicaciones de datos. La fuente 300 de luz de ejemplo de la FIG. 3 incluye además el receptor 122 de ejemplo de las FIGS. 1 y 2, cuya descripción no se repetirá a continuación.

50 El conjunto 302 LED de ejemplo de la FIG. 3 produce luz visible. Adicional o alternativamente, el conjunto 302 LED puede producir luz infrarroja, ultravioleta, y/o cualquier otra longitud de onda de luz casi visible. El conjunto 302 LED es capaz de modular la luz transmitida por el LED 302 (por ejemplo, a través del teclado de encendido-apagado, la modulación de la posición del impulso variable, etc.) para transmitir datos.

55 El conjunto 302 LED del ejemplo ilustrado transmite, a través de la luz visible, los datos proporcionados por el modulador 304 de código. El modulador 304 de código de ejemplo de la FIG. 3 modula el código pseudoaleatorio asignado a la fuente 300 de luz (almacenado en y/o generado por el generador 306 de código) para su transmisión a través del conjunto 302 LED. Por ejemplo, el modulador 304 de código puede recibir el código pseudoaleatorio del generador 306 de código, seleccionar un esquema de modulación y generar una señal de control para el conjunto

302 LED. El modulador 304 de código y/o el generador 306 de código incluyen un reloj 312 para permitir la transmisión del código pseudoaleatorio en un momento designado (por ejemplo, en sincronía con otras fuentes de luz, en un momento reservado para la fuente 300 de luz, etc.).

5 La modulación a través del conjunto 302 LED puede usar, por ejemplo, multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM), modulación de amplitud en cuadratura (QAM), modulación espacial, teclado por desplazamiento espacial y/o cualquier otro tipo de esquema(s) de modulación.

10 El sincronizador 308 de tiempo de ejemplo de la FIG. 3 sincroniza el reloj 312 para permitir la sincronización precisa de la transmisión del código con las otras fuentes de luz. Como se usa en el presente documento, la sincronización de tiempo se define con el significado de tener los mismos valores (o derivables) (dentro de un margen de error), y no incluye necesariamente la transmisión de señales en sincronía. Por ejemplo, dos relojes pueden sincronizarse si
 15 a) los relojes se configuran para tener el mismo valor en el mismo momento (dentro de un margen de error) y/o b) si los relojes se configuran de modo que se configure un primer reloj para tener un primer valor designado en el mismo momento en que el segundo reloj tiene un segundo valor designado derivable del primer valor designado. Como se usa en el presente documento, "en sincronía" se define con el significado de realizar acciones simultáneamente (dentro de un margen de error).

20 El sincronizador 308 de tiempo de ejemplo puede sincronizar el tiempo, por ejemplo, accediendo a una base de tiempo común compartida por todas las fuentes de luz en el sistema de posicionamiento (por ejemplo, el sistema 100 de La FIG. 1). Un ejemplo de tal base de tiempo común podría ser la fase de una fuente de alimentación de corriente alterna (AC) que se proporciona a todas las fuentes de luz. El sincronizador 308 de tiempo de ejemplo puede determinar el tiempo de una fase diseñada de la base de tiempo común y sincronizar el reloj 312 basándose en la fase. Debido a que el tiempo de propagación de la fuente de alimentación principal de AC puede ser diferente para
 25 diferentes fuentes de luz (por ejemplo, diferentes fuentes 104-112 de luz pueden ver una fase determinada de la fuente de alimentación principal de AC en diferentes momentos), el sincronizador 308 de tiempo de ejemplo de la FIG. 3 determina la(s) diferencia(s) de tiempo de propagación entre la fuente de luz (300) y una o más fuentes de luz diferentes para sincronizarse en la fuente de alimentación principal de AC.

30 Como ejemplo, el sincronizador 308 de tiempo puede realizar repetidamente sonidos de rango a través de la fuente de alimentación de la red de AC con un nodo de referencia conectado a la fuente de alimentación principal de AC. Por ejemplo, el sincronizador 308 de tiempo puede enviar un primer sonido de prueba a través del circuito de fuente de alimentación principal de AC al otro sincronizador de tiempo, que devuelve un segundo sincronizador 308 de tiempo de sonido de prueba al recibir el primer sonido de prueba. El tiempo de ida y vuelta, menos el tiempo de procesamiento, multiplicado por la velocidad de propagación de la señal y dividido por dos da como resultado una estimación de la distancia eléctrica entre el sincronizador 308 de tiempo y el nodo de referencia. Al colocar el nodo de referencia en un lugar accesible a las fuentes 104-112 de luz, los sincronizadores 308 de tiempo de ejemplo de las fuentes 104-112 de luz pueden determinar sus respectivos retardos con respecto al nodo de referencia y seleccionar las fases respectivas de la señal de alimentación principal de AC para dar como resultado la sincronización.

40 En algunos ejemplos, el sincronizador 308 de tiempo selecciona la fase de la fuente de alimentación principal de AC para usar en la sincronización cuando el sincronizador 308 de tiempo realiza una sincronización basada en el receptor como se describió anteriormente. Por ejemplo, después de sincronizar con una fuente de luz de referencia, el sincronizador 308 de tiempo de ejemplo determina la fase aplicable de la señal para mantener la sincronía con la fuente de luz de referencia (por ejemplo, determina la fase de la fuente de alimentación principal de AC en el momento que transmitió su código y se recibió en la fuente 300 de luz). De este modo, el sincronizador 308 de tiempo de ejemplo rastrea la fase determinada para mantener la sincronía y puede volver a sincronizarse con la fuente de luz de referencia a intervalos más largos (por ejemplo, con menos frecuencia).

45 En algunos otros ejemplos, el sincronizador 308 de tiempo está provisto de la ubicación (por ejemplo, una ubicación inspeccionada) de una fuente de luz de referencia (que no es la fuente 300 de luz) y la ubicación (por ejemplo, una ubicación inspeccionada) de la fuente 300 de luz (por ejemplo, desde el administrador 118 de localización de luz de La FIG. 1 a través de la interfaz 310 de comunicaciones de datos). Adicional o alternativamente, el sincronizador 308 de tiempo puede recibir la distancia entre la fuente de luz de referencia y la fuente 300 de luz. El sincronizador 308 de tiempo de ejemplo también recibe un tiempo en el que un código pseudoaleatorio asignado a la fuente de luz de referencia (por ejemplo, recibido del administrador 118 de ubicación de luz de La FIG. 1 a través de la interfaz 310 de comunicaciones de datos) se recibe en el receptor 122 de la FIG. 3. En base al tiempo determinado por el receptor 122, la distancia entre la fuente de luz de referencia y la fuente 300 de luz, y la velocidad de la luz a través de la atmósfera, el sincronizador 308 de tiempo de ejemplo determina el tiempo en el que la fuente de luz de referencia transmitió el código pseudoaleatorio. El sincronizador 308 de tiempo de ejemplo sincroniza entonces el reloj 312 (y/o el generador 306 de código) para hacer que el modulador 304 de código y el conjunto 302 LED transmitan el código pseudoaleatorio precisamente en el período de la fuente 300 de luz.

Múltiples fuentes 104-112 de luz de ejemplo que incluye el receptor 122 de las FIGS. 2 y 3 pueden estar sincronizados con una fuente de luz de referencia. Por ejemplo, las fuentes 104-112 de luz pueden sincronizarse sucesivamente sincronizando la(s) primera(s) fuente(s) de luz de referencia que están en el rango de comunicación de la fuente de luz de referencia, sincronizando luego la(s) segunda(s) fuente(s) de luz que está en el rango de comunicación de las primeras fuentes de luz sincronizadas pero no en el rango de comunicación de la fuente de luz de referencia, y así sucesivamente.

La interfaz 310 de comunicaciones de datos de ejemplo transmite y recibe datos a través, por ejemplo, del punto 120 de acceso inalámbrico de la FIG. 1. En algunos ejemplos, la interfaz 310 de comunicaciones de datos es una interfaz de comunicaciones inalámbricas (por ejemplo, una interfaz inalámbrica IEEE 802.xx). En algunos otros ejemplos, la interfaz 310 de comunicaciones de datos es una interfaz cableada que se conecta a una red local. La interfaz 310 de comunicaciones de datos de ejemplo permite que el sincronizador 308 de tiempo reciba actualizaciones de ubicación y/o código pseudoaleatorio desde el administrador 118 de ubicación de luz. Adicional o alternativamente, el receptor 122 puede actualizar el administrador 118 de ubicación de luz a través de la interfaz de comunicaciones de datos con una ubicación actual de la fuente 300 de luz (por ejemplo, si la fuente 300 de luz se ha movido).

La FIG. 4 es un diagrama de flujo de un ejemplo de proceso 400 de sincronización de fuente de luz para sincronizar las fuentes 104-112 de luz de ejemplo de la FIG. 1. El ejemplo de proceso 400 de sincronización de la fuente de luz puede realizarse mediante el sincronizador 308 de tiempo de ejemplo de la FIG. 3 para cada una de las fuentes 104-112 de luz de ejemplo.

El sincronizador 308 de tiempo de ejemplo de la fuente 300 de luz recibe una misma señal de fuente de alimentación AC como otras de las fuentes 104-112 de luz. La temporización relativa entre las fuentes 104-112 de luz se puede mantener por referencia a la señal 402 de AC de la red de alimentación. Como se ilustra en la FIG. 4, el sincronizador 308 de tiempo de ejemplo detecta cruces 404 por cero de la señal 402 de AC suministrada. El sincronizador 308 de tiempo compara tiempos 406 de los cruces por cero medidos con los tiempos 408 de cruce por cero predichos por el reloj 312 local de la fuente 300 de luz. El sincronizador 308 de tiempo filtra (por ejemplo, filtros de paso bajo) las diferencias entre los tiempos de cruce cero medidos y los tiempos de cruce predichos por el reloj 312 local (por ejemplo, error de predicción) son filtrados (por ejemplo, filtrado de paso bajo) y promediados 410. El sincronizador 308 de tiempo calcula un ajuste 412 de reloj a partir de los errores de predicción procesados, y alimenta los ajustes de reloj 412 al reloj 312, que genera nuevas predicciones 408 basadas en los ajustes. Cada fuente 104-112 de luz en el sistema 100 de ejemplo de la FIG. 1 realiza el proceso 400 de ejemplo. Aunque los relojes de todas las fuentes 104-112 de luz pueden derivar a medida que fluctúa la señal de AC compartida, se mantiene la temporización relativa entre los relojes del transmisor de las fuentes 104-112 de luz.

La temporización relativa entre cada una de las fuentes 104-112 de luz en el sistema 100 de ejemplo puede ser adicional o alternativamente resuelta a través de la calibración del sistema. Por ejemplo, pares de fuentes 104-112 de luz pueden realizar una transferencia de tiempo bidireccional, en el que una primera fuente de luz (por ejemplo, la fuente 104 de luz) envía una señal a una segunda fuente de luz (por ejemplo, la fuente 106 de luz). La segunda fuente 106 de luz devuelve la señal a la primera fuente 104 de luz, permitiendo que el tiempo de transmisión de dos vías y la compensación de reloj relativo sean calculados por los sincronizadores 308 de tiempo de las fuentes 104-106 de luz. Las fuentes 104-112 de luz pueden transmitir la primera y la segunda señales a través de la infraestructura de energía de AC de la instalación, a través de un canal cableado o inalámbrico secundario, y/o mediante transmisión de luz entre las fuentes 104-112 de luz. En otros ejemplos, el receptor 122 de ejemplo de la FIG. 1 se mueve dentro del sistema 100 durante el proceso de calibración del sistema. El receptor 122 de ejemplo estima las ubicaciones relativas y los retardos de tiempo de las fuentes 104-112 de luz, que luego se proporcionan a los sincronizadores 308 de tiempo de las fuentes 104-112 de luz (por ejemplo, a través del administrador 118 de ubicación de luz) para ajustar los relojes 308 respectivos.

Mientras que una manera ejemplar de implementar el receptor 122 y las fuentes 104-112 de luz de la FIG. 1 se ilustran en las FIGS. 2 y 3, uno o más de los elementos, procesos y/o dispositivos ilustrados en la FIG. 2 y 3 pueden combinarse, dividirse, reorganizarse, omitirse, eliminarse y/o implementarse de cualquier otra manera. Además, el fotodetector 202 de ejemplo, el extractor 204 de códigos de ejemplo, el libro 206 de códigos de ejemplo, el identificador 208 de fuente de luz de ejemplo, el determinante 210 de localización de ejemplo, las interfaces 212, 310 de comunicaciones de datos de ejemplo, los relojes 214, 312, el conjunto 302 de LED de ejemplo, el modulador 304 de código de ejemplo, el generador 306 de código de ejemplo, el sincronizador 308 de tiempo de ejemplo y/o, más generalmente, el receptor 122 de ejemplo y las fuentes 104-112 de luz de la FIG. 1 puede implementarse mediante hardware, software, firmware y/o cualquier combinación de hardware, software y/o firmware. Así, por ejemplo, cualquiera del fotodetector 202 de ejemplo, el extractor 204 de código de ejemplo, el libro 206 de códigos de ejemplo, el identificador 208 de fuente de luz de ejemplo, el determinante 210 de localización de ejemplo, las interfaces 212, 310 de comunicaciones de datos de ejemplo, los relojes 214, 312, El conjunto 302 LED de ejemplo, el modulador 304 de código de ejemplo, el generador 306 de código de ejemplo, el sincronizador 308 de tiempo de ejemplo y/o, más generalmente, el receptor 122 de ejemplo y las fuentes 104-112 de luz podrían implementarse por uno o más circuitos analógicos o digitales, circuitos lógicos, procesadores programables, circuitos integrados específicos de la aplicación (ASIC(s)), dispositivos lógicos programables (PLD(s)) y/o dispositivo lógico programable

de campo(s) (FPLD(s)). Cuando se lee cualquiera de las reivindicaciones de sistema o aparato de esta patente para cubrir una implementación puramente de software y/o firmware, al menos uno del fotodetector 202 de ejemplo, el extractor 204 de código de ejemplo, el libro 206 de códigos de ejemplo, el identificador 208 de fuente de luz de ejemplo, el determinante 210 de ubicación de ejemplo, las interfaces 212, 310 de comunicaciones de datos de ejemplo, los relojes 214, 312, el conjunto 302 LED de ejemplo, el modulador 304 de código de ejemplo, el generador 306 de código de ejemplo y/o el sincronizador 308 de tiempo de ejemplo es/se definen expresamente para incluir un dispositivo de almacenamiento legible por ordenador tangible o un disco de almacenamiento como una memoria, un disco versátil digital (DVD), un disco compacto (CD), un disco Blu-ray, etc. que almacena el software y/o firmware. Además, el ejemplo del receptor 122 de ejemplo y las fuentes 104-112 de luz de las Figs. 1 puede incluir uno o más elementos, procesos y/o dispositivos además de, o en lugar de, los ilustrados en las FIGS. 2 y/o 3, y/o puede incluir más de uno o todos los elementos ilustrados, procesos y dispositivos.

Un diagrama de flujo representativo de un método de ejemplo para implementar el receptor 122 de las Figs. 1-3 se muestra en la FIG. 5. Un diagrama de flujo representativo de un método de ejemplo para implementar la fuente 300 de luz de la FIG.3 se muestra en la FIG. 6. En estos ejemplos, los métodos pueden implementarse utilizando instrucciones legibles por máquina que comprenden programas para ejecución por un procesador tal como el procesador 912 mostrado en la plataforma 900 del procesador de ejemplo discutida a continuación en conexión con la FIG. 9. Los programas pueden incorporarse en software almacenado en un medio de almacenamiento legible por ordenador tangible, como un CD-ROM, un disquete, un disco duro, un disco versátil digital (DVD), un disco Blu-ray o una memoria asociada con el procesador 912, pero los programas completos y/o sus partes podrían ser ejecutados alternativamente por un dispositivo que no sea el procesador 912 y/o incorporados en firmware o hardware dedicado. Además, aunque los programas de ejemplo se describen con referencia a los diagramas de flujo ilustrados en la FIG. 5 y 6, se pueden usar alternativamente muchos otros métodos de implementación del receptor 122 de ejemplo y/o la fuente 300 de luz de ejemplo. Por ejemplo, el orden de ejecución de los bloques se puede cambiar, y/o algunos de los bloques divulgados se pueden cambiar, eliminar o combinar.

Como se menciona anteriormente, los métodos de ejemplo de las Figs. 5 y/o 6 pueden implementarse utilizando instrucciones codificadas (por ejemplo, instrucciones legibles por ordenador y/o máquina) almacenadas en un medio de almacenamiento legible por ordenador tangible, como un disco duro, una memoria FLASH, una memoria de solo lectura (ROM), un disco compacto (CD), un disco versátil digital (DVD), una caché, una memoria de acceso aleatorio (RAM) y/o cualquier otro dispositivo de almacenamiento o disco de almacenamiento en el que la información se almacena para cualquier duración (por ejemplo, por tiempo prolongado) períodos, de forma permanente, para instancias breves, para el almacenamiento temporal en memoria intermedia y/o para el almacenamiento en caché de la información). Como se usa en el presente documento, el término medio de almacenamiento legible por ordenador tangible se define expresamente para incluir cualquier tipo de dispositivo de almacenamiento legible por ordenador y/o disco de almacenamiento y para excluir señales de propagación y medios de transmisión. Tal como se usa en la presente memoria, el término "medio de almacenamiento legible por ordenador tangible" y el "medio de almacenamiento legible por máquina tangible" se usan indistintamente. Adicional o alternativamente, los métodos de ejemplo de las Figs. 5 y/o 6 pueden implementarse utilizando instrucciones codificadas (por ejemplo, instrucciones legibles por ordenador y/o máquina) almacenadas en un ordenador no transitoria y/o en un medio legible por máquina, como una unidad de disco duro, una memoria FLASH, una memoria de solo lectura, un disco compacto, un disco versátil digital, una caché, una memoria de acceso aleatorio y/o cualquier otro dispositivo de almacenamiento o disco de almacenamiento en el que la información se almacena por cualquier duración (por ejemplo, por períodos de tiempo prolongados, de forma permanente, por instancias breves, para almacenar temporalmente, y/o para el almacenamiento en caché de la información). Como se usa en este documento, el término medio legible por ordenador no transitorio se define expresamente para incluir cualquier tipo de dispositivo de almacenamiento legible por ordenador y/o disco de almacenamiento y para excluir señales de propagación y medios de transmisión. Como se usa en el presente documento, cuando la frase "al menos" se utiliza como el término de transición en un preámbulo de una reivindicación, es abierto de la misma manera que el término "que comprende" es abierto.

La FIG. 5 es un diagrama de flujo de un método 500 de ejemplo para determinar una posición de un dispositivo receptor (por ejemplo, el receptor 122 de las figuras 1-3) utilizando fuentes de luz (por ejemplo, las fuentes 104-112-300 de luz, de las figuras 1 y/o 3). El método 500 de ejemplo se describe con referencia al receptor 122 mostrado en la FIG. 2 dentro del sistema 100 de ejemplo de la FIG. 1.

El receptor 122 de ejemplo comienza (por ejemplo, al encender el receptor 122) actualizando ubicación (es) y/o código(s) pseudoaleatorio(s) para las fuentes de luz (bloque 502). Por ejemplo, el libro 206 de códigos puede actualizar sus códigos y/o ubicaciones pseudoaleatorios asociados con las fuentes 104-112 de luz en el área 116 solicitando una actualización desde el administrador 118 de localización de luz a través de la interfaz 212 de comunicaciones de datos y/o el punto 120 de acceso inalámbrico.

El extractor 204 de código de ejemplo procesa la salida (por ejemplo, una señal eléctrica) del fotodetector 202 para identificar uno o más códigos pseudoaleatorios (bloque 504). Por ejemplo, el extractor 204 de código puede procesar continuamente la señal eléctrica para determinar un comienzo de la transmisión de uno o más códigos

pseudoaleatorios en función de la luz detectada por el fotodetector 202. En algunos ejemplos, el extractor 204 de código compensa la interferencia multirayecto y/u otras fuentes de error en la señal eléctrica. El número de códigos pseudoaleatorios que son detectables se basa en un número de fuentes 104-112 de luz en el rango del receptor 122.

5 El extractor 206 de código de ejemplo determina si se ha identificado algún código pseudoaleatorio (bloque 506). Si no se han identificado códigos pseudoaleatorios (bloque 506), el control vuelve al bloque 504 para continuar procesando la salida del fotodetector 202. Cuando se identifican uno o más códigos pseudoaleatorios (bloque 506), el extractor de código de ejemplo selecciona un código pseudoaleatorio identificado (bloque 508).

10 El identificador 208 de fuente de luz de ejemplo de la FIG. 3 identifica la fuente 104-112 de luz asociada con el código seleccionado y la ubicación de la fuente 104-112 de luz identificada (bloque 510). Por ejemplo, el identificador 208 de fuente de luz busca el código pseudoaleatorio único seleccionado en el libro 206 de códigos para determinar cuál de las fuentes 104-112 de luz está asociada con (por ejemplo, asignado) el código pseudoaleatorio seleccionado (bloque 510). El identificador 208 de fuente de luz también puede determinar la ubicación de la fuente 104-112 de luz identificada del libro 206 de códigos, que puede almacenar la ubicación en asociación con el código pseudoaleatorio y la identificación de la fuente 104-112 de luz.

15 El determinante 210 de ubicación de ejemplo determina un tiempo de recepción del código pseudoaleatorio seleccionado (bloque 512). Por ejemplo, el determinante 210 de ubicación puede obtener el tiempo de recepción del código desde el extractor 204 de código, que se basa en el reloj 214.

20 Utilizando el tiempo de recepción del código, el determinante 210 de localización determina una distancia del receptor 122 desde la fuente de luz asociada con el código pseudoaleatorio seleccionado (bloque 514). Por ejemplo, el determinante 210 de ubicación multiplica el tiempo entre la transmisión esperada del código pseudoaleatorio por la fuente 104-112 de luz asociada y la velocidad de propagación de la luz (por ejemplo, un valor constante almacenado, un valor determinado algorítmicamente, etc.) para determinar la distancia. Si el reloj 214 no se ha sincronizado recientemente, la distancia calculada puede tener un error significativo. El determinante 210 de ubicación almacena la identificación de la fuente 104-112 de luz (y/o la ubicación de la fuente de luz) y la distancia calculada desde el receptor 122 a la fuente 104-112 de luz como un punto de datos de ubicación (bloque 516).

25 El determinante 210 de ubicación de ejemplo determina si se desea sincronizar el reloj 214 (bloque 518). Por ejemplo, el determinante 210 de localización puede sincronizar el reloj 214 a intervalos designados, cuando se alcanza un umbral de error, y/o continuamente. El determinante 210 de ubicación de la FIG. 2 usa al menos 5 puntos de datos de ubicación para sincronizar el reloj 214. Si se han recolectado suficientes puntos de datos de ubicación para sincronizar (bloque 518), el determinante 210 de ubicación sincroniza el reloj 214 utilizando los puntos de datos de ubicación (bloque 520). Para sincronizar el reloj 214, el determinante 210 de ubicación de ejemplo de la FIG. 2 usa los tiempos de transmisión de código esperados para determinar una ubicación y un tiempo en el que los tiempos de transmisión del código (por ejemplo, mediante las fuentes 104-112 de luz en las posiciones conocidas) y los tiempos de recepción (por ejemplo, por el receptor 122) son consistentes entre sí. Como resultado, en algunos ejemplos, el determinante 210 de ubicación también usa el proceso de sincronización de tiempo como un proceso de determinación de ubicación para el receptor 122. El determinante 210 de ubicación de ejemplo entonces establece o reinicia el reloj 214 del receptor 122 para tener un valor sincronizado con las fuentes 104-112 de luz en base al tiempo de transmisión y el tiempo de recepción de uno o más de los códigos pseudoaleatorios.

30 Después de sincronizar el reloj 214 (bloque 520), y/o si el reloj 214 no debe sincronizarse (bloque 518), el determinante 210 de ubicación de ejemplo determina si se han recopilado suficientes puntos de datos de ubicación para determinar una ubicación (bloque 522). Por ejemplo, el determinante 210 de localización puede requerir un punto de datos de ubicación de 3, 4 o más diferentes de las fuentes 104-112 de luz. En algunos ejemplos, el determinante 210 de ubicación determina además si el reloj 214 se ha sincronizado menos de un umbral de tiempo antes del bloque 522.

35 Si hay suficientes puntos de datos de ubicación para determinar una ubicación del receptor (bloque 522), el determinante 210 de ubicación de ejemplo calcula una ubicación del receptor 122 (bloque 524). Por ejemplo, el determinante 210 de ubicación determina la ubicación triangulando una posición desde los puntos de datos utilizando las distancias de las respectivas fuentes 104-112 de luz y las ubicaciones conocidas de las fuentes 104-112 de luz. En algunos ejemplos, cuando hay más de 4 puntos de datos disponibles, el determinante 210 de ubicación de ejemplo puede descartar o ignorar algunos de los puntos de datos para reducir un error calculado en la posición.

40 El determinante 210 de ubicación calcula un tiempo local o relativo a partir de los puntos de datos de ubicación (bloque 526). Por ejemplo, el determinante 210 de localización puede usar un mensaje desmodulado y/o desplegado desde una fuente 104-112 de luz que contiene un tiempo de transmisión del código pseudoaleatorio para determinar un tiempo local. Después de calcular el tiempo desde los puntos de datos de ubicación (bloque 526) o si se han recolectado puntos de datos de ubicación insuficientes para determinar la ubicación (bloque 522), el extractor 204 de

código determina si se han identificado códigos pseudoaleatorios adicionales (bloque 528). Si se han identificado códigos adicionales (bloque 528), el control vuelve al bloque 508 para seleccionar otro de los códigos identificados. Por el contrario, si no se han identificado códigos adicionales (bloque 528), el control vuelve al bloque 504 para procesar la salida adicional del fotodetector 202 para identificar códigos pseudoaleatorios.

5 La FIG. 6 es un diagrama de flujo 600 de un ejemplo de método para transmitir códigos (por ejemplo, códigos pseudoaleatorios) desde una fuente de luz (por ejemplo, las fuentes 104-112-300 de luz, de las figuras 1 y/o 3) para permitir la determinación de ubicaciones de dispositivos receptores. El método de ejemplo 600 se describe con referencia a la fuente 300 de luz de ejemplo de la FIG. 3 que implementa la fuente 104 de luz en el sistema 100 de la FIG. 1.

10

La fuente 300 de luz de ejemplo (por ejemplo, a través de la interfaz 310 de comunicaciones de datos, el sincronizador 308 de tiempo y/o el receptor 122) actualiza las ubicaciones y/o códigos pseudoaleatorios para las fuentes 104-112 de luz en el sistema 100 (bloque 602). La actualización de las ubicaciones puede incluir una ubicación de la fuente 300 de luz que realiza el método 600 (por ejemplo, si la fuente 300 de luz está fijada en una ubicación). El receptor 122 de la FIG. 3 determina si la ubicación de la fuente 300 de luz es conocida (bloque 604). Por ejemplo, el receptor 122 puede determinar una ubicación de la fuente 300 de luz como se describió anteriormente con referencia a la FIG. 5 y/o pueden determinar si la información de ubicación para la fuente 300 de luz indica que la ubicación de la fuente 300 de luz es fija.

15

Si no se conoce la ubicación de la fuente 300 de luz (por ejemplo, la fuente 300 de luz se ha movido) (bloque 604), el receptor 122 de ejemplo determina la ubicación de la fuente 300 de luz (bloque 606). El bloque 606 puede implementarse realizando el método 500 de la FIG. 5. El receptor 122 actualiza la ubicación determinada al administrador 118 de ubicación de luz (bloque 608). Por ejemplo, el receptor 122 puede transmitir la ubicación y el tiempo al administrador 118 de ubicación de luz a través de la interfaz 310 de comunicaciones de datos.

20

Después de actualizar la ubicación (bloque 608), o si la ubicación ya es conocida (bloque 604), el sincronizador 308 de tiempo de ejemplo determina si el reloj 312 está sincronizado (bloque 610). Por ejemplo, el sincronizador 308 de tiempo puede determinar que el reloj 312 no está sincronizado al encender la fuente 300 de luz, si se ha detectado un error de temporización (por ejemplo, el receptor 122 recibe un código pseudoaleatorio de otra fuente 300 de luz a la vez que indica una pérdida de sincronización), y/o si la sincronización no se ha producido en al menos un umbral de tiempo.

25

Si el reloj 312 no está sincronizado (bloque 610), el sincronizador 308 de tiempo de ejemplo determina si está disponible una base de tiempo común (bloque 612). Por ejemplo, se puede proporcionar una señal común a cada una de las fuentes 104-112 de luz que puede ser utilizada por el sincronizador 308 de tiempo para bloquear en la fase. Si está disponible una base de tiempo común (bloque 612), el sincronizador 308 de tiempo de ejemplo sincroniza el reloj 312 utilizando la base de tiempo común (bloque 614).

30

En contraste, si una base de tiempo común no está disponible (bloque 612), el sincronizador 308 de tiempo de ejemplo sincroniza la base de tiempo utilizando el receptor 122 (bloque 616). Por ejemplo, el sincronizador 308 de tiempo puede sincronizar el reloj 312 como se describió anteriormente con referencia a los bloques 502, 504, 508-516 y 520 de la FIG. 5 Después de sincronizar el reloj 312 utilizando el receptor 122 (bloque 616) o sincronizando el reloj 312 utilizando una base de tiempo común (bloque 614), o si el reloj 312 ya está sincronizado (bloque 610), el modulador 304 de código determina si el período asociado a la fuente 300 de luz ha comenzado (bloque 618). El período es el tiempo durante el cual la fuente 300 de luz debe transmitir su código pseudoaleatorio único. En algunos ejemplos, el período es el mismo para todas las fuentes 104-112 de luz. En algunos otros ejemplos, los períodos son diferentes para diferentes fuentes 104-112 de luz.

35

40

Si el período ha comenzado (bloque 618), el modulador 304 de código modula un código pseudoaleatorio proporcionado por el generador 306 de código en una frecuencia portadora (bloque 620). En algunos ejemplos, el modulador 304 de código modula la portadora para que tenga un componente de corriente continua (DC) distinta de cero y un componente de corriente alterna (AC) distinta de cero, de modo que el conjunto LED proporcione luz de forma constante (por ejemplo, no se apague) en vista de una larga cadena de 0 bits o chips). El modulador 304 de código controla el conjunto 302 LED para transmitir el código modulado (por ejemplo, en la frecuencia de portadora) a través de señales de luz (bloque 622). Por ejemplo, el modulador 304 de código controla la corriente al conjunto 302 LED para hacer que el conjunto 302 LED varíe su salida de luz para transmitir el código pseudoaleatorio a través de la frecuencia portadora.

45

50

El receptor 122 de ejemplo (o, por ejemplo, un acelerómetro) determina si la fuente de luz se ha movido (bloque 624). Si la fuente de luz no se ha movido (bloque 624), el control vuelve al bloque 618 para continuar transmitiendo el (los) código(s) pseudoaleatorio(s) durante períodos posteriores para la fuente 300 de luz. Si el receptor 122

55

determina que la fuente de luz 624 se ha movido (bloque 624), el control vuelve al bloque 606 para determinar la nueva ubicación utilizando el receptor 122.

Los ejemplos de la descripción se pueden describir en el contexto de un método 700 de fabricación y servicio de plataforma como se muestra en la FIG. 7 y una plataforma 800, tal como una aeronave, como se muestra en la FIG. 8. Durante la preproducción, el método 700 de ejemplo puede incluir especificación y diseño (bloque 702) de la plataforma 800 (por ejemplo, una aeronave). La preproducción puede incluir además la adquisición de material (bloque 704). Durante la producción, tiene lugar la fabricación del componente y del subconjunto (bloque 706) y la integración del sistema (bloque 708) de la plataforma 800 (por ejemplo, una aeronave). A continuación, la plataforma 800 (por ejemplo, una aeronave) puede pasar por la certificación y la entrega (bloque 710) con el fin de colocar en servicio (bloque 712). Mientras está en servicio por un cliente, la plataforma 800 (por ejemplo, una aeronave) está programada para mantenimiento y servicio de rutina (bloque 714), que también puede incluir modificación, reconfiguración, reacondicionamiento, etc. El sistema 100 de ejemplo, el receptor 122 y/o las fuentes 104-112 de luz de la FIG. 1, y/o los métodos de ejemplo de las FIGS. 5 y/o 6, pueden implementarse durante y/o en apoyo de los procedimientos de mantenimiento y servicio del bloque 714.

Cada una de las operaciones del método 700 de ejemplo puede ser realizada o llevada a cabo por un integrador de sistema, un tercero y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Para los propósitos de esta descripción, un integrador de sistema puede incluir, sin limitación, cualquier cantidad de fabricantes de plataformas (por ejemplo, aeronaves) y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, entre otros, cualquier número de vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, una empresa de alquileres, una entidad militar, una organización de servicio, etc.

Como se muestra en la FIG. 8, la plataforma 800 (por ejemplo, una aeronave) producida mediante el método 700 de ejemplo puede incluir un elemento 802 con una pluralidad de sistemas 804 y un interior 806. Los ejemplos de sistemas 804 de alto nivel incluyen uno o más de un sistema 808 de propulsión, un sistema 810 eléctrico, un sistema 812 hidráulico y un sistema 814 ambiental. Los sistemas y métodos de ejemplo divulgados en este documento pueden usarse durante las etapas de fabricación y/o mantenimiento (por ejemplo, bloques 704, 706, 708, 710 y/o 714) para, por ejemplo, controlar el inventario de automatización de fabricación y/o monitoreo. Se puede incluir cualquier cantidad de otros sistemas.

El aparato y los métodos incorporados aquí se pueden emplear durante una cualquiera o más de las etapas de fabricación y/o mantenimiento (por ejemplo, los bloques 704, 706, 708, 710 y/o 714) del método 700 de ejemplo. Por ejemplo, los dispositivos automatizados que mecanizan y/o ensamblan componentes o subconjuntos correspondientes al proceso 706 de producción se pueden controlar y/o mover basándose en la determinación de sus ubicaciones respectivas utilizando las fuentes de luz y los receptores divulgados en este documento. Además, una o más realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos o una combinación de los mismos pueden implementarse durante las etapas 706 y 708 de producción, por ejemplo, agilizando sustancialmente el ensamblaje o reduciendo el coste de una plataforma 800 (por ejemplo, una aeronave) mediante automatización. De manera similar, una o más realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos o una combinación de los mismos pueden utilizarse mientras la plataforma 800 (por ejemplo, vehículos espaciales) está en servicio 712, por ejemplo y sin limitación, para mantenimiento y servicio 714, automatizando todos o una porción de los subprocesos de mantenimiento y/o servicio.

La FIG. 9 es un diagrama de bloques de una plataforma 900 del procesador de ejemplo para implementar los métodos de las FIGS. 5 y 6, y/o para implementar las fuentes 104-112 de luz, el receptor 122, y/o el administrador 118 de localización de luz de las Figs. 1, 2 y/o 3. La plataforma 900 del procesador puede ser, por ejemplo, un servidor, un ordenador personal, un ordenador portable u ordenador portátil, una tableta, un dispositivo móvil o cualquier otro tipo de dispositivo informático o combinación de dispositivos informáticos.

La plataforma 900 del procesador del ejemplo actual incluye un procesador 912. Por ejemplo, el procesador 912 puede implementarse por uno o más microprocesadores o controladores de cualquier familia o fabricante deseado.

El procesador 912 incluye una memoria 913 local (por ejemplo, un caché) y está en comunicación con una memoria principal que incluye una memoria 914 volátil y una memoria no volátil (por ejemplo, memoria 916 de solo lectura (ROM) a través de un bus 918. La memoria 914 volátil puede implementarse mediante la memoria de acceso aleatorio dinámica síncrona (SDRAM), la memoria de acceso aleatorio dinámica (DRAM), la memoria de acceso aleatorio dinámico RAMBUS (RDRAM) y/o cualquier otro tipo de dispositivo de memoria de acceso aleatorio. La memoria 916 puede implementarse mediante memoria FLASH y/o cualquier otro tipo de dispositivo de memoria deseado. El acceso a la memoria 914, 916 principal se controla mediante un controlador de memoria.

La plataforma 900 del procesador también incluye un circuito 920 de interfaz. El circuito 920 de interfaz puede implementarse mediante cualquier tipo de estándar de interfaz, tal como una interfaz Ethernet, un bus en serie universal (USB) y/o una interfaz expresa PCI.

Uno o más dispositivos 922 de entrada están conectados al circuito 920 de interfaz. Los dispositivos 922 de entrada permiten a un usuario ingresar datos y comandos en el procesador 912. El(los) dispositivo(s) de entrada pueden implementarse, por ejemplo, mediante un teclado, un mouse, una pantalla táctil, un sistema de reconocimiento de voz y/o cualquier otro método de entrada o dispositivo de entrada.

5 Uno o más dispositivos 924 de salida también están conectados al circuito 920 de interfaz. Los dispositivos 924 de salida pueden implementarse, por ejemplo, mediante dispositivos de visualización (por ejemplo, una pantalla de cristal líquido, una pantalla de tubo de rayos catódicos (CRT), una impresora y/o altavoces). El circuito 920 de interfaz, por lo tanto, típicamente incluye una tarjeta controladora de gráficos.

10 El circuito 920 de interfaz también incluye un dispositivo de comunicación tal como un módem o tarjeta de interfaz de red para facilitar el intercambio de datos con ordenadores externos a través de una red 926 (por ejemplo, una conexión Ethernet, una conexión de red de área local inalámbrica (WLAN), un cable coaxial, sistema de telefonía celular, etc.).

15 La plataforma 900 del procesador también incluye uno o más dispositivos 928 de almacenamiento masivo para almacenar software y datos. Los ejemplos de tales dispositivos 928 de almacenamiento masivo incluyen unidades de disquete, discos de disco duro, unidades de disco compacto y unidades de discos versátiles digitales (DVD).

Las instrucciones 932 codificadas para implementar los métodos de las Figs. 5 y/o 6 pueden almacenarse en el dispositivo 928 de almacenamiento masivo, en la memoria 914 volátil, en la memoria 916 no volátil, y/o en un medio de almacenamiento extraíble tal como un CD o DVD.

REIVINDICACIONES

1. Un método, que comprende:
- 5 procesar, a través de un circuito lógico que comprende una pluralidad de extractores (204) de código, una salida de un fotodetector (202) en base a códigos anticipados para identificar múltiples fuentes (104-112) de luz desde las cuales el fotodetector recibe luz en una primera posición;
- determinar, utilizando el circuito lógico, ubicaciones de las fuentes de luz identificadas;
- determinar, utilizando el circuito lógico, las distancias desde cada una de las fuentes de luz identificadas al fotodetector;
- 10 determinar una ubicación de la primera posición basándose en las ubicaciones de las fuentes de luz identificadas y en base a las distancias determinadas desde cada una de las fuentes de luz identificadas hasta el fotodetector; y
- caracterizado el método porque comprende adicionalmente, en uno de la pluralidad de extractores de código, los pasos de:
- desmodular la salida del fotodetector para generar una señal desmodulada;
- correlacionar la señal desmodulada con uno de los códigos anticipados;
- 15 identificar uno de los primeros códigos anticipados como en la señal desmodulada basada en la señal desmodulada que tenga al menos una correlación de umbral con el primero de los códigos anticipados, donde el primero de los códigos anticipados es diferente de cualquier otro de los códigos anticipados; e
- informar a los extractores de códigos restantes de la identificación del primero de los códigos anticipados de modo que los extractores de códigos restantes busquen otro de los códigos anticipados.
- 20 2. El método como se define en la reivindicación 1, que comprende además determinar los códigos anticipados basados en un libro de códigos o secuencias de códigos asociadas con las fuentes de luz.
3. El método como se define en la reivindicación 1, que comprende además determinar los códigos anticipados en base a un libro de códigos asociado con las fuentes de luz,
- 25 donde el lugar para cada fuente de luz se almacena en el libro de códigos en asociación con el código anticipado para cada fuente de luz, y el método comprende además recibir las ubicaciones de las fuentes de luz a través de un canal de datos, y determinar las ubicaciones de las fuentes de luz identificadas comprende buscar los códigos detectados de los códigos anticipados en el libro de códigos para determinar qué fuentes de luz están asociadas con las detectadas de los códigos anticipados y determinar las ubicaciones recibidas asociadas con los códigos anticipados detectados.
- 30 4. El método como se define en las reivindicaciones 1-3, que comprende además determinar una diferencia de tiempo entre un tiempo en el que se recibe uno de los primeros códigos anticipados y un tiempo de referencia.
5. El método como se define en las reivindicaciones 1-4, en el que la determinación de la ubicación de una primera posición comprende:
- 35 calcular, para al menos tres de los códigos anticipados, una distancia entre el fotodetector y la fuente de luz asociada con el código anticipado con base en el tiempo en que se recibió el código anticipado y un tiempo de transmisión esperado por la fuente de luz asociada con el código anticipado; y
- triangular la ubicación de la primera posición basada en las distancias calculadas.
6. El método como se define en las reivindicaciones 1-5, en el que la fuente de luz comprende una fuente de luz visible en una ubicación interior.
- 40 7. El método como se define en las reivindicaciones 1-6, que comprende además determinar un desplazamiento de tiempo entre la fuente de luz y el fotodetector en base a la salida del fotodetector.
8. Un aparato, que comprende:

- un fotodetector (202) para convertir la luz recibida en una señal eléctrica;
- una pluralidad de extractores (204) de código, configurado cada extractor de código para identificar códigos anticipados en la señal eléctrica;
- 5 un identificador (208) de fuente de luz para identificar múltiples fuentes (104-112) de luz y ubicaciones respectivas de las fuentes de luz basadas en el extractor de código que identifica los códigos anticipados; y
- un determinador (210) de ubicación para determinar las distancias desde cada una de las fuentes de luz identificadas al fotodetector y determinar una ubicación basada en las fuentes de luz identificadas, las ubicaciones de las fuentes de luz identificadas y las distancias determinadas desde cada una de las fuentes de luz identificadas hasta el fotodetector;
- 10 caracterizado el aparato porque cada uno de la pluralidad de extractores de código está configurado para:
- desmodular la salida del fotodetector para generar una señal desmodulada;
- correlacionar la señal desmodulada con uno de los códigos anticipados;
- 15 identificar uno de los primero códigos anticipados como en la señal desmodulada basada en la señal desmodulada que tiene al menos una correlación de umbral con el primero de los códigos anticipados, en el que el primero de los códigos anticipados es diferente de cualquier otro de los códigos anticipados; e
- informar al resto de los extractores de código de la identificación del primero de los códigos anticipados, de modo que los extractores de código restantes busquen otros de los códigos anticipados.
9. El aparato como se define en la reivindicación 8, en el que el determinador de ubicación debe determinar un tiempo basado en uno o más de los códigos anticipados identificados.
- 20 10. El aparato como se define en las reivindicaciones 8 o 9, que comprende además un libro de códigos para almacenar cada código anticipado para cada fuente de luz en asociación con una ubicación de dicha fuente de luz y una interfaz de comunicaciones de datos para recibir las ubicaciones de las fuentes de luz a través de un canal de datos, el determinador de ubicación para determinar las ubicaciones de las fuentes de luz identificadas al buscar las detectadas de los códigos anticipados en el libro de códigos para determinar qué fuentes de luz están asociadas con
- 25 las detectadas de los códigos anticipados y para determinar las ubicaciones recibidas asociadas con los detectados de los códigos anticipados.
11. El aparato como se define en la reivindicación 8, que comprende además un libro de códigos para almacenar los códigos anticipados, en el que el primero de los códigos anticipados comprende un código pseudoaleatorio asociado con una primera de las fuentes de luz.
- 30 12. El aparato como se define en las reivindicaciones 8-11, en el que el determinador de ubicación debe sincronizar un reloj basado en el extractor de código que identifica los códigos anticipados.
13. El aparato como se define en las reivindicaciones 8-12, en el que el determinador de la ubicación debe determinar la ubicación mediante:
- 35 calcular, para al menos tres de los códigos identificados, la distancia entre el fotodetector y la fuente de luz asociada con el código identificado en base al tiempo en que se recibió el código identificado y un tiempo de transmisión esperado por la fuente de luz asociada con el código identificado; y
- triangular una posición basada en las distancias calculadas.

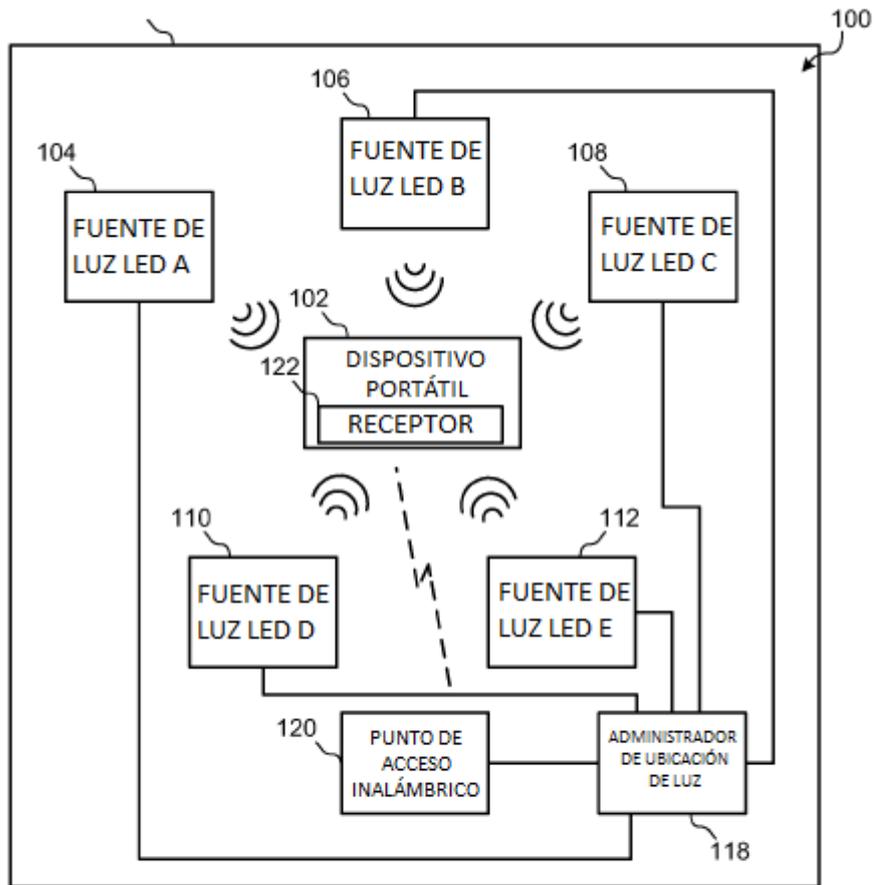


FIG. 1

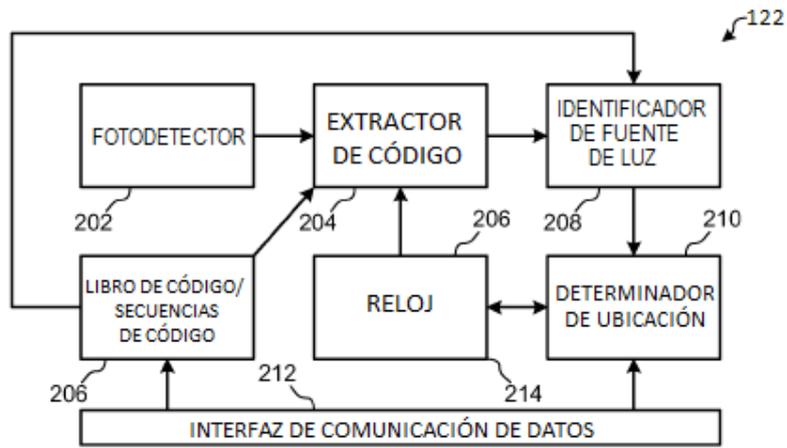


FIG. 2

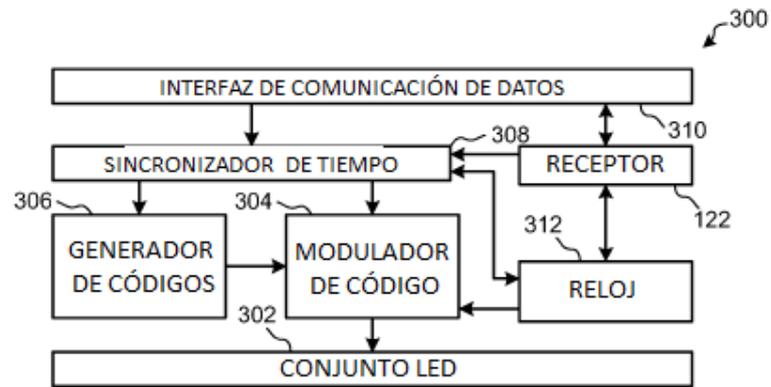


FIG. 3

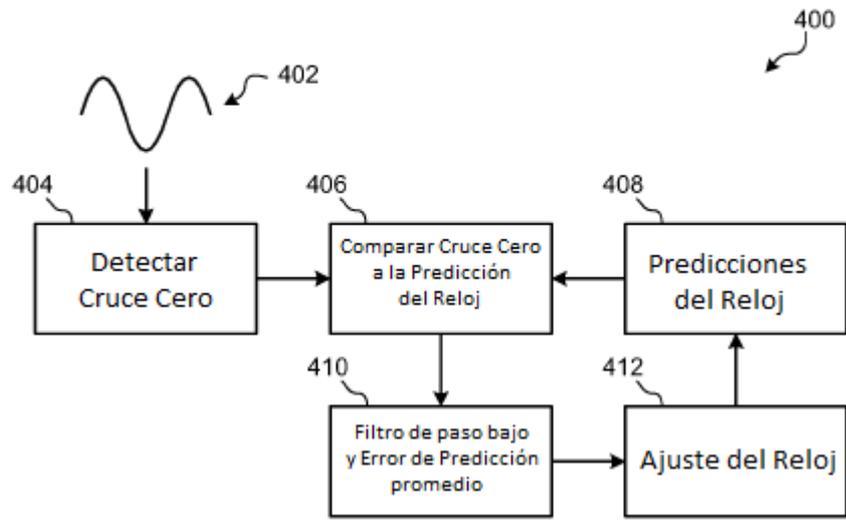


FIG. 4

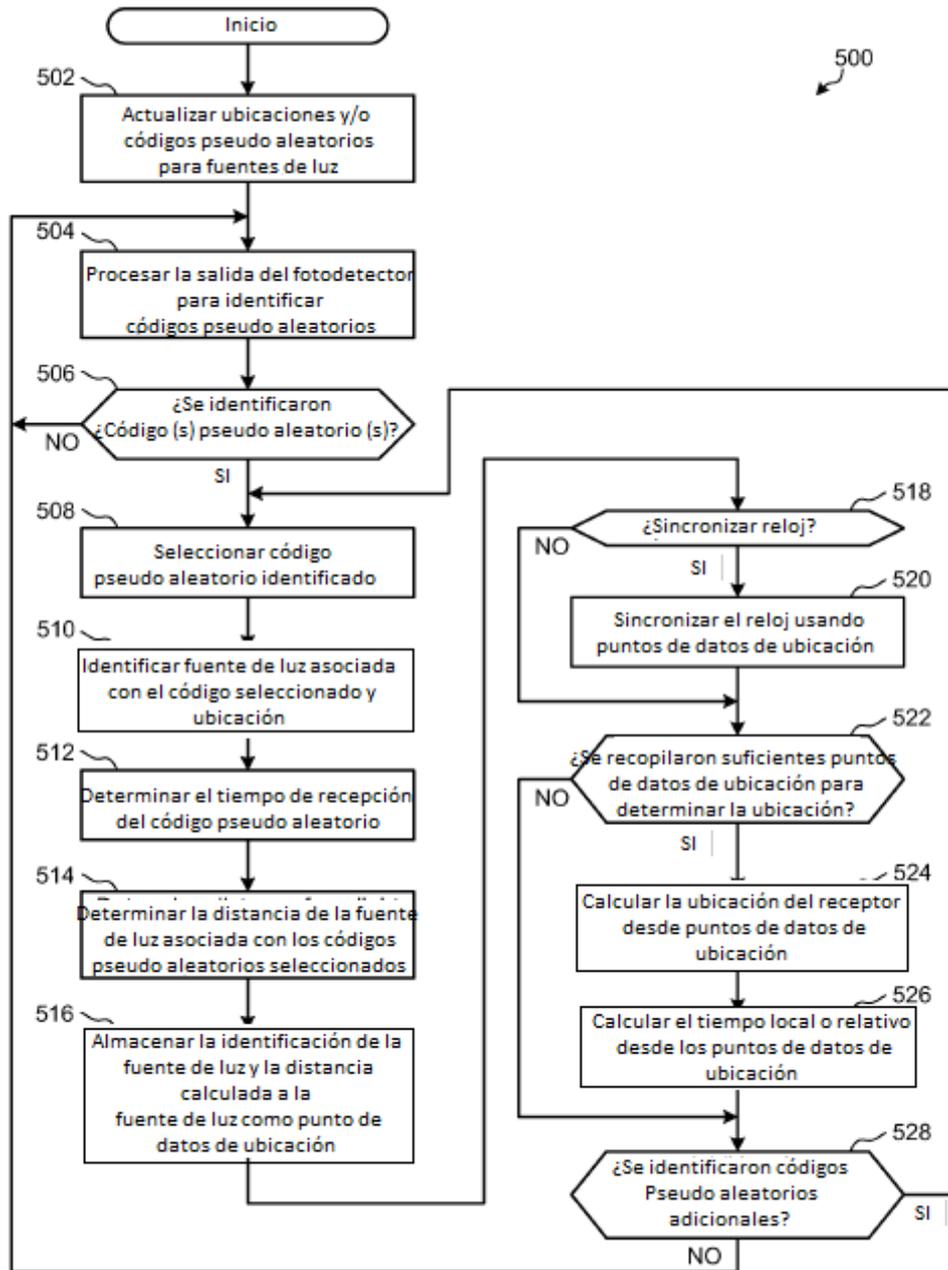


FIG. 5

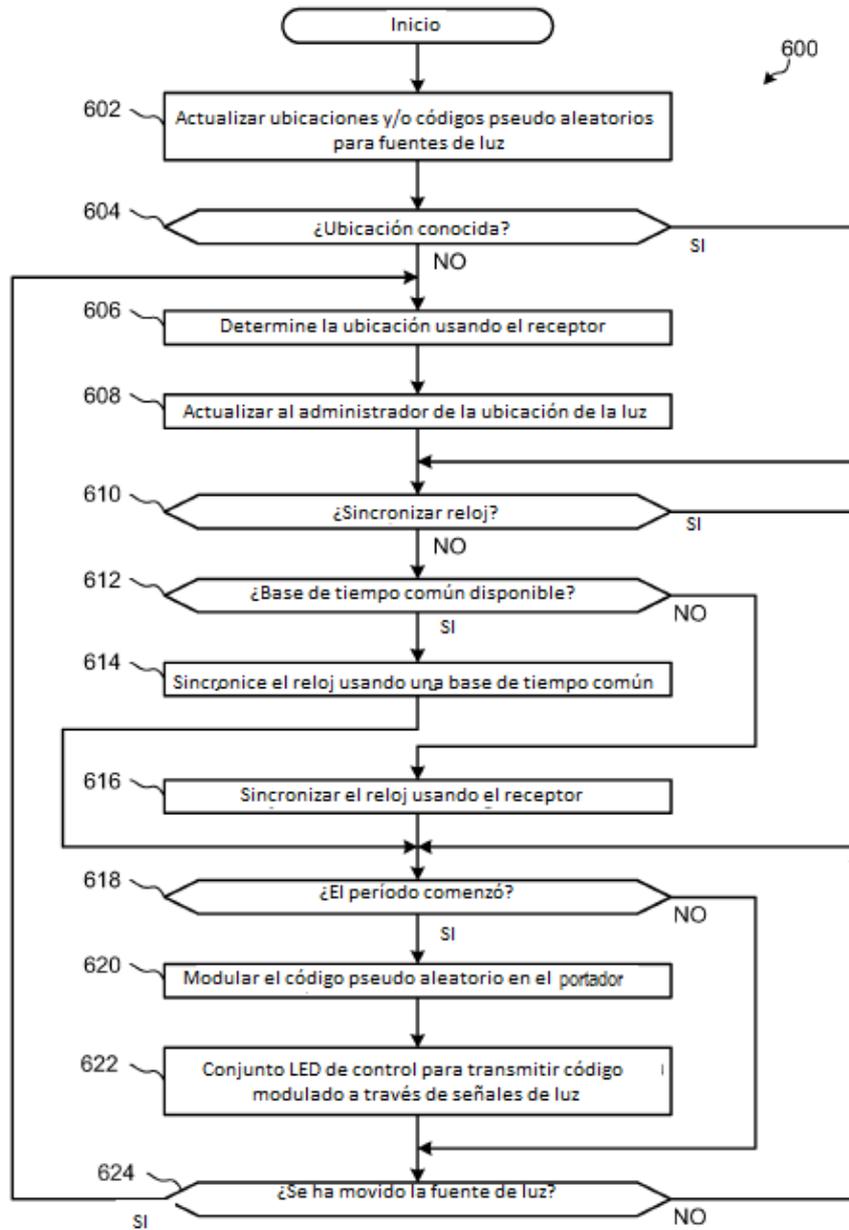


FIG. 6

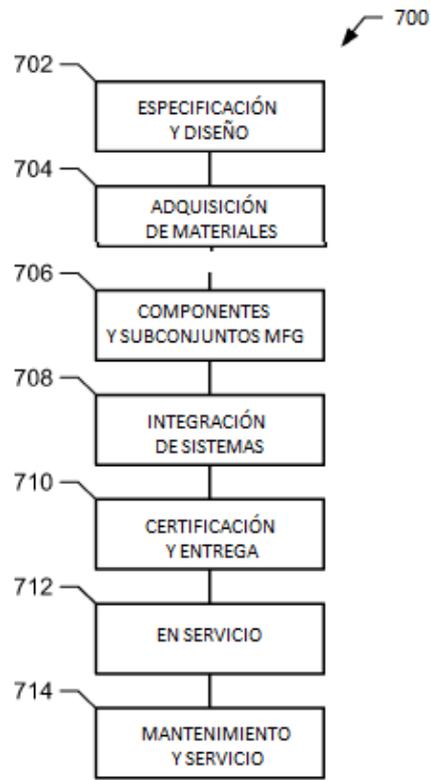


FIG. 7

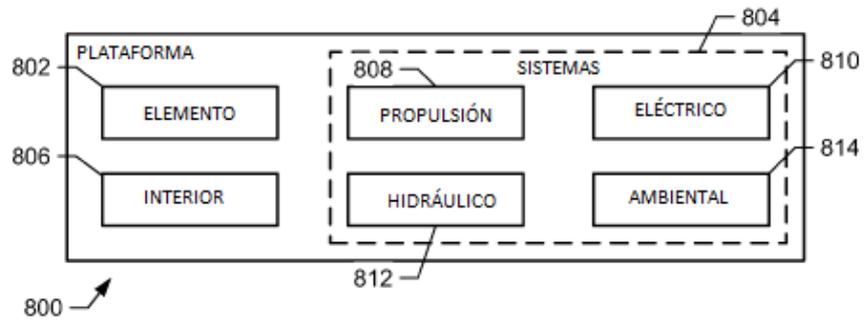


FIG. 8

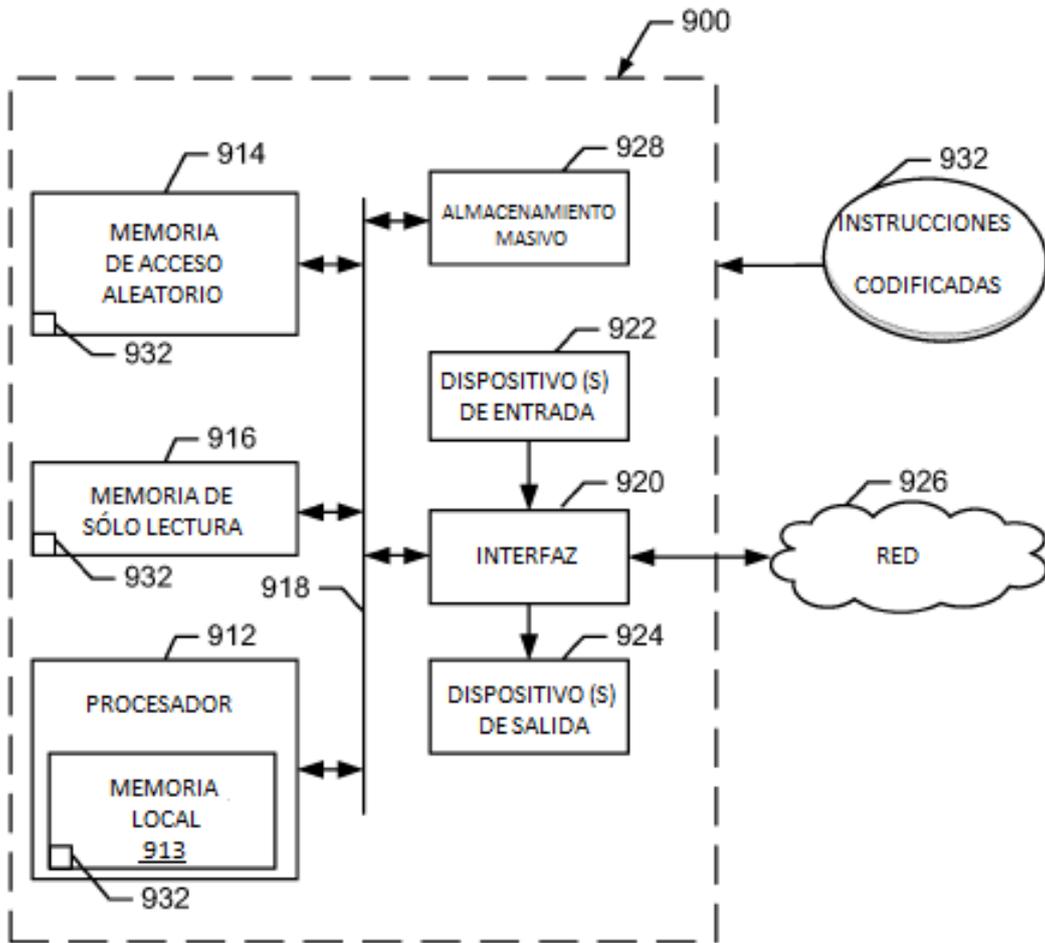


FIG. 9