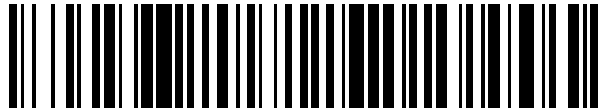


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 605 009**

51 Int. Cl.:

G01S 1/76 (2006.01)

G01S 1/82 (2006.01)

G01S 5/18 (2006.01)

G01S 11/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.03.2011 PCT/IB2011/001091**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.09.2011 WO11117739**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.03.2011 E 11728932 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.10.2016 EP 2550542**

54 Título: **Sistema de posicionamiento de interior ultrasónico sólido con exactitud alta**

30 Prioridad:

23.03.2010 US 316521 P

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

10.03.2017

73 Titular/es:

**UNIVERSITY OF OSLO (100.0%)
Box 1061 Blindern
0316 Oslo**

72 Inventor/es:

HOLM, SVERRE

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 605 009 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

Sistema de posicionamiento de interior ultrasónico sólido con exactitud alta

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a sistemas de posicionamiento de ultrasonidos y, en particular, a sistemas de posicionamiento de ultrasonidos que utilizan al menos un transmisor de ultrasonidos estacionario basado en matrices en combinación con receptores portátiles para proporcionar un sistema de posicionamiento seguro y sólido.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

El ultrasonido en un sistema de posicionamiento se asocia por lo general a una exactitud alta en el intervalo de cm, pero un intervalo más bien corto y a menudo de solidez baja a perturbaciones externas. Por lo tanto, rara vez se usa solo, sino combinado con otras tecnologías. La familia más grande de sistemas híbridos se basa en combinación con RF. Varios de dichos sistemas se han descrito.

El sistema Active Bat [1] usa receptores ultrasónicos en el techo. Cada etiqueta portátil se sondea en un canal de radio de 433 MHz y luego emite un pulso ultrasónico que se usa para una medición de tiempo de vuelo. Requiere encontrar la distancia a un mínimo de tres nodos de referencia y luego los usa para calcular la posición con una exactitud de unos pocos cm. El sistema Cricket [2] tiene una exactitud similar, pero la dirección de transmisión de ultrasonidos se invierte. Sus etiquetas portátiles son receptores de ultrasonidos que miden el tiempo de llegada en base al pulso de disparo de RF. La medición se devuelve entonces por RF para el cálculo de la posición. En el sistema Dolphin, cada nodo tiene transmisores y receptores de RF y ultrasonidos. También cuenta con un algoritmo distribuido para disminuir los costes de configuración. En [3] se informó de una exactitud de alrededor de 15 cm.

Todos estos sistemas combinan ultrasonido y RF y se basan en estimar el tiempo de vuelo en base al tiempo de desplazamiento lento de ultrasonido en comparación con RF. Un requisito de dichos sistemas es línea de visión. Esta es su primera desventaja. Además, hay otra deficiencia, a menudo más seria, con los sistemas de tiempo de vuelo de ultrasonidos. Con el fin de conseguir exactitud, se debe encontrar un tiempo de vuelo dentro de unas pocas longitudes de onda (a 40 kHz, la longitud de onda es de 8,5 mm). Dependiendo de la relación de señal con respecto a ruido, un estimador de este tipo puede requerir varios kHz de ancho de banda y esto hace que sea muy sensible al ruido de fondo. Por esta razón [4] indica el fallo al diseñar rastreadores puramente acústicos que no "se vuelvan locos" cuando se tintinean llaves. El análisis del balance de enlace en [5] muestra por qué esto es así. Los sistemas de ultrasonidos mejor diseñados pueden no ser tan malos como para "volverse locos", sino que simplemente dejarán de funcionar. Un sistema híbrido bien diseñado puede entonces recurrir a la tecnología alternativa para posicionamiento. Esto es válido en particular para sensores inerciales, pero potencialmente también RF. También debe tenerse en cuenta que, en principio, se podría haber aumentado solo la potencia de salida, pero esto podría entrar en conflicto con el nivel de exposición permisible de los seres humanos a los ultrasonidos, véase la sección siguiente.

Por consiguiente, los sistemas basados en tiempo de vuelo de ultrasonidos son buenos para aplicaciones que requieren exactitudes de localización muy altas y donde se puede tolerar el intervalo breve y las interrupciones. Sin embargo, para aplicaciones que requieren intervalos mayores y fiabilidad alta, tal como cuando se requieren posiciones para todo un edificio, deben buscarse otros enfoques.

Resulta que en muchas aplicaciones no se requiere realmente con exactitud en el intervalo de cm, sino más bien en un intervalo más largo y más solidez. El ultrasonido comparte la propiedad con sonido audible para el que las habitaciones y oficinas normales están bien aisladas. Al igual que la voz en una habitación cerrada en un edificio bien diseñado, el ultrasonido no puede detectarse fuera de la habitación. Esta es una propiedad única del ultrasonido que no se comparte con RF.

Esto ha dado lugar a sistemas de ultrasonidos que se usan para posicionamiento de interior con exactitud a nivel de habitación. Esto también puede llamarse posicionamiento por confinamiento. En el análisis de [5], se muestra que esto hace el sistema mucho más sólido, ya que la estimación del retardo temporal ya no es necesaria. En su lugar, se necesita establecer comunicaciones y transferir un mensaje corto con información de identidad. Esto se puede realizar en un ancho de banda de unas pocas decenas de Hz en lugar de kHz. De ahí la tolerancia mucho mayor a niveles de ruido de fondo realistas. Además, debido a las propiedades reflectantes de las paredes, los suelos y el techo, no se requiere línea de visión.

Esta primera generación de sistemas de posicionamiento de interior de exactitud a nivel de habitación de ultrasonidos usaba transmisores de ultrasonidos que eran portátiles (documento US 7.535.796, 19 de mayo de 2009, patente US 7.362.656, 22 de abril de 2008, patente US 7.352.652, 1 de abril de 2008, patente US 7.336.563, 16 de febrero de 2008).

65

Dichos sistemas han demostrado ser útiles, por ejemplo, rastreando recursos y personal. Aun así, tienen varias deficiencias que limitan su uso. La primera de ellas es una tasa de actualización baja. Esto lleva a una probabilidad relativamente grande de artículos perdidos si se van a localizar varios objetos en una habitación en un corto período de tiempo.

5 Una de las principales diferencias del sistema de posicionamiento de interior de ultrasonidos de [6], [7] y nuestras propias patentes de EE.UU., es que la dirección del flujo de ultrasonido se invierte, por lo que se elimina la necesidad de que los seres humanos lleven un transmisor de ultrasonidos. Esto hace que sea posible aumentar la distancia entre los seres humanos y el transmisor de ultrasonidos de nivel alto a varios metros. Aunque no hay un
10 consenso claro sobre el valor de los límites de exposición a ultrasonidos, el sistema propuesto está más de acuerdo con el principio ALARA (tan bajo como sea razonablemente alcanzable) con respecto a la exposición.

No parece haber un consenso internacional sobre la seguridad del ultrasonido en el aire [8] y hay varias directrices con respecto a los niveles de exposición, tales como [9], [10] y [11]. Esto último forma la base del Documento del
15 Departamento de Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de EE.UU. [12].

Las recomendaciones 1984 [9] y la canadiense 1991 [10] dan 110 dB SPL como el nivel máximo de exposición ocupacional en una banda de 1/3 de octava centrada en 40 kHz. Además [9], permite un aumento si la exposición ocupacional es intermitente. Si la exposición de un trabajador es de tan solo 1 hora o menos al día, permite un
20 aumento de hasta 119 dB SPL. Esto no está permitido en los límites de Canadá, argumentando que los efectos subjetivos pueden producirse casi inmediatamente. La directriz más restrictiva es [9] en el caso de exposición pública, cuando se disminuye el límite a 100 dB SPL.

Por otro lado, la directriz más liberal es la de EE.UU. [11], que permite un nivel de 115 dB SPL. Curiosamente, en los
25 últimos años también ha permitido un aumento de 30 dB cuando no hay posibilidad de que el ultrasonido pueda acoplarse con el cuerpo. Las recomendaciones [9] y [10] solo permiten exceder los niveles en el párrafo anterior, si los trabajadores llevan protección auditiva. Pero los límites de 145 dB de EE.UU. no son generalmente aceptados. Como ejemplo, la revisión de los límites de exposición en [13] expone que la ACGIH puede haber empujado sus límites de exposición aceptables hasta el mismo borde de exposición potencialmente nociva en sus comentarios
30 sobre una versión de 1998 de [11] con los mismos límites.

Cabría destacar también que sistemas como Walrus [13] que funcionan a casi audiofrecuencias, entran en límites de nivel de salida aún más estrictos. Otra vez, los límites de EE.UU. son los más tolerantes con el nivel máximo, siendo
35 de 105 dB a 20 kHz [11] frente a 115 (posiblemente + 30) dB a 40 kHz. El límite ocupacional de [9], [10] se ha reducido de 110 dB a 75 dB y el límite público de [9] es 70 dB en lugar de 100 dB. Por consiguiente, en el peor de los casos, los límites pueden ser 30-35 dB más bajos a 20 kHz que a 40 kHz. La dependencia de frecuencia al cuadrado aproximada de atenuación en aire compensará esto en cierta medida. Aun así, el intervalo fácilmente estará demasiado restringido para un rendimiento garantizado en un entorno ruidoso.

40 El documento WO 2004/095056 describe un sistema para estimar la posición de un objeto en una habitación, en el que un pulso de ultrasonidos transmitido se refleja al menos una vez y la reflexión se recibe en un receptor de ultrasonidos. El pulso puede ser emitido por una matriz de emisores para ser fuertemente direccional. La posición del objeto se calcula entonces a partir del retardo temporal después de que la reflexión se recibe en el receptor o combinando una firma de la señal recibida con las plantillas simuladas o medidas para diferentes posiciones de
45 objetos.

A partir de un aspecto, la presente invención proporciona un sistema para determinar la localización de una etiqueta portátil en una zona distinta, según la reivindicación 1.

50 En algunos modos de realización, el primer transmisor de ultrasonidos basado en matriz está configurado para transmitir señales de ultrasonidos a cinco o más sectores distintos dentro de la zona. En algunos modos de realización, el primer transmisor de ultrasonidos basado en matriz está configurado para transmitir señales de ultrasonidos a de cinco a 20 sectores distintos dentro de la zona. En algunos modos de realización, el primer transmisor de ultrasonidos basado en matriz es estacionario.

55 En algunos modos de realización, los sistemas comprenden además al menos un segundo transmisor de ultrasonidos basado en matriz dentro de la zona, estando configurado el segundo transmisor de ultrasonidos basado en matriz para transmitir señales de ultrasonidos a dos o más sectores distintos dentro de la zona. En algunos modos de realización, el segundo transmisor de ultrasonidos basado en matriz está configurado para transmitir
60 señales de ultrasonidos a cinco o más sectores distintos dentro de la zona. En algunos modos de realización, el segundo transmisor de ultrasonidos basado en matriz está configurado para transmitir señales de ultrasonidos a de cinco a 20 sectores distintos dentro de la zona. En algunos modos de realización, el segundo transmisor de ultrasonidos basado en matriz es estacionario. En algunos modos de realización, el segundo transmisor de ultrasonidos basado en matriz está dispuesto para transmitir señales de ultrasonidos en un eje que es

aproximadamente perpendicular al primer transmisor de ultrasonidos basado en matriz, de modo que el primer y segundo transmisores basados en matriz establecen un eje x y un eje y.

5 En algunos modos de realización, la zona distinta tiene una porción superior y el transmisor de ultrasonidos basado en matriz está colocado en la porción superior de la zona distinta. En algunos modos de realización, el transmisor de ultrasonidos basado en matriz es un transmisor de ultrasonidos bidimensional basado en matriz. En algunos modos de realización, el transmisor de ultrasonidos basado en matriz bidimensional es estacionario.

10 En algunos modos de realización, los sistemas comprenden además una pluralidad de transmisores de ultrasonidos basados en matriz en una pluralidad de zonas distintas. En algunos modos de realización, el transmisor de ultrasonidos basado en matriz comprende una matriz unidimensional de transmisores de ultrasonidos. En algunos modos de realización, el transmisor de ultrasonidos basado en matriz comprende una matriz bidimensional de transmisores de ultrasonidos. En algunos modos de realización, la zona distinta corresponde a una habitación en un edificio. En algunos modos de realización, el transmisor de ultrasonidos basado en matriz está configurado para permitir la detección en una zona menor de aproximadamente 1 m². En algunos modos de realización, la etiqueta portátil está asociada a un código de identificación único y en la que el código de identificación único es transmisible por el transmisor de radiofrecuencia como parte de una señal de radiofrecuencia. En algunos modos de realización, los sistemas comprenden además una pluralidad de etiquetas portátiles, cada una de las etiquetas portátiles asociada a un código de identificación único y en la que el código de identificación único es transmisible por el transmisor de radiofrecuencia como parte de una señal de radiofrecuencia.

20 En algunos modos de realización, la presente invención contempla el uso de los sistemas anteriores para localizar una etiqueta portátil. En algunos modos de realización, la presente invención contempla el uso de los sistemas anteriores para localizar objetos. En algunos modos de realización, la presente invención contempla el uso de los sistemas anteriores para localizar personas.

25 En algunos modos de realización, la presente invención proporciona procesos para localizar una etiqueta portátil en una zona predeterminada que comprende: transmitir una señal de ultrasonidos desde al menos un transmisor de ultrasonidos basado en matriz en la zona discreta de al menos una etiqueta portátil que comprende un receptor de ultrasonidos y un transmisor de radiofrecuencia; transmitir una señal de radiofrecuencia desde el transmisor de radiofrecuencia a un receptor de radiofrecuencia; y, a través de un procesador, determinar la localización de la etiqueta portátil en la zona discreta en base a la información transmitida desde el transmisor de radiofrecuencia a un receptor de radiofrecuencia. En algunos modos de realización, la información transmitida desde el transmisor de radiofrecuencia a un receptor de radiofrecuencia comprende un código de identificación para la etiqueta portátil y la localización de la etiqueta portátil dentro de la zona predeterminada.

30 En algunos modos de realización, la presente invención proporciona procesos que comprenden proporcionar un sistema como se describe anteriormente y utilizar el sistema para localizar una etiqueta portátil, objeto o persona.

40 DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La figura 1 es un diagrama de una matriz unidimensional de la presente invención con cuatro elementos.

45 La figura 2 es una representación de un modo de realización de la invención en el que un transmisor de ultrasonidos basado en matriz se usa para dividir una zona en múltiples sectores.

La figura 3 es una representación de un modo de realización de la invención en el que dos transmisores de ultrasonidos basados en matriz se usan para dividir una zona en múltiples sectores.

50 La figura 4 es un diagrama de una matriz bidimensional de la presente invención con siete elementos.

La figura 5 es un diagrama de una matriz bidimensional de la presente invención con doce elementos.

55 La figura 6 es un diagrama de una matriz unidimensional con una bocina en la dimensión vertical.

La figura 7 es una representación de un modo de realización de la presente invención donde se usan dos matrices de transmisor para determinar dos componentes de velocidad.

60 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

65 La presente invención aborda cómo se puede combinar ultrasonido (US) con radiofrecuencia (RF) para superar los inconvenientes mencionados anteriormente usando transmisores de ultrasonidos estacionarios. Esto representa un nuevo tipo de sistema híbrido. Los sistemas de la presente invención no tienen la fiabilidad baja de los sistemas híbridos basados en la estimación de retardo temporal y, en contraste con los sistemas de RFID activos, tendrán exactitud a nivel de habitación con un 100 % de fiabilidad en la práctica. Los sistemas de la presente invención

también poseen la tasa de actualización alta y gran capacidad inherente a los sistemas de RF. En modos de realización preferidos adicionales de la presente invención, un receptor de ultrasonidos portátil que tiene capacidad para medir el nivel de señal y desplazamiento Doppler, tal como en la solicitud de patente anterior del inventor ("Sistema de localización de zona de ultrasonidos con capacidad alta", Solicitud PCT WO/2009/062956) se usa en conjunción con haces de ultrasonidos estrechos orientables, para lograr un posicionamiento fiable con exactitudes mucho mejores que una habitación.

Esta invención difiere de otros sistemas de posicionamiento de ultrasonidos en al menos dos maneras: Solidez y seguridad. Con respecto a la solidez, casi todos los sistemas de posicionamiento de ultrasonidos se basan en alguna forma de estimación de retardo temporal. Esta operación es muy sensible al ruido y la experiencia es que tienden a romperse en entornos de la vida real. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es lograr la máxima exactitud de posicionamiento sin el uso de estimación de retardo temporal. Esto significa que otros parámetros tales como intensidad de señal y desplazamiento Doppler tienen que utilizarse de una manera óptima con el fin de lograr posicionamiento. En lo que respecta a la seguridad, en muchos sistemas donde la gente lleva transmisores de ultrasonidos, existe una posibilidad de que los niveles puedan exceder los límites de exposición recomendados. Por lo tanto, esta invención se basa, en su lugar, en receptores de ultrasonidos que se llevan para garantizar que los transmisores están a una distancia segura de la gente.

La solicitud también en trámite de la Solicitud PCT WO/2009/062956 describe sistemas para lograr una exactitud de posición mejor que una habitación. Los sistemas descritos usaban receptores de ultrasonidos portátiles que detectaban datos y medían amplitud (indicador de intensidad de señal recibida - RSSI) y desplazamiento de Doppler que se puede medir en el mismo ancho de banda pequeño y, por consiguiente, de una manera sólida. El receptor de EE.UU. se conecta a los artículos a rastrear y recibe datos de identificación sobre el canal de ultrasonidos y encuentra desplazamiento Doppler y RSSI de ultrasonidos. La capacidad alta se debe a la existencia de un canal de RF que la etiqueta usa para la transmisión de estos datos a los receptores estacionarios. En algunos modos de realización de la presente invención, estas características se combinan con un transmisor novedoso con el fin de lograr exactitudes a nivel de cama o hasta alrededor de 1 x 1 m.

Como se ha descrito anteriormente, los sistemas anteriormente descritos pueden exponer a los seres humanos a niveles de dB inadecuados. Los modos de realización preferidos del sistema de la presente invención, donde las unidades portátiles solo contienen receptores de ultrasonidos, exponen a los seres humanos a niveles más bajos que un sistema con transmisores que se pueden llevar puestos. Con la incertidumbre respecto a los efectos de la exposición a ultrasonidos, los sistemas de la presente invención están, por lo tanto, más en línea con el principio ALARA (tan bajo como sea razonablemente alcanzable). En algunos modos de realización, se utiliza una distancia mínima de 1 m desde un transmisor a una persona, por consiguiente, el nivel de exposición máximo es de 110 dB SPL para el transmisor analizado en [5]. Esto es equivalente o menor que el límite ocupacional de las directrices actuales. En algunos modos de realización, se utiliza una distancia más grande, ya que los transmisores se montan típicamente en el techo de una zona distinta, tal como una habitación. Si la distancia mínima es de 3 m, la exposición máxima será de $20\log(1/3)$ o alrededor de 10 dB inferior, es decir, 100 dB SPL, que es el límite de exposición pública de [9]. Este es el valor más conservador de todas las recomendaciones, y un valor al que se cree que el público puede estar expuesto continuamente. En habitaciones más pequeñas, el nivel de salida también puede reducirse aún más, por lo que es posible garantizar niveles de exposición por debajo de 100 dB SPL, incluso a distancias de menos de 3 m.

Los sistemas de la presente invención tienen preferentemente las siguientes características de solidez. En algunos modos de realización, los sistemas de comunicación de la presente invención funcionan preferentemente en todos los tipos de ruido de fondo y reverberaciones ambientales. Los sistemas de posicionamiento basados en estimación de retardo temporal tienden a romperse en entornos de la vida real. En algunos modos de realización, los sistemas de la presente invención proporcionan máxima exactitud de posicionamiento sin estimación de retardo temporal. Una segunda característica es la seguridad. En algunos sistemas donde las personas llevan transmisores de ultrasonidos, existe una posibilidad de que los niveles puedan exceder los límites de exposición recomendados. En algunos modos de realización de la presente invención, los receptores se llevan, asegurando que los transmisores están a una distancia segura de las personas.

En algunos modos de realización preferidos, los sistemas de la presente invención comprenden uno o más transmisores de ultrasonidos basados en matriz estacionarios por zona distinta, tal como una habitación. La matriz puede ser bien unidimensional o bidimensional. La matriz 1-d está generalmente orientada en el plano horizontal y puede consistir en tan solo 2 elementos. Es bien sabido que dicha matriz tendrá en cada dimensión un ángulo aproximado de iluminación dado por λ/D (radianes), donde λ es la longitud de onda del ultrasonido y D es la abertura (es decir, la extensión desde un extremo de la matriz al otro). La presente invención no se limita al uso de cualquier transmisor de ultrasonidos basado en matriz particular. Como ejemplos no limitativos, las figuras 1, 4, 5 y 6 representan diferentes tipos de transmisores de ultrasonidos basados en matriz. La figura 1 representa una matriz 1-D 100 de la presente invención con 4 elementos 105. La figura 4 representa una matriz bidimensional 400 de la presente invención con siete elementos 405. La figura 5 representa una matriz bidimensional 500 de la presente invención con doce elementos 505. La figura 6 representa una matriz unidimensional 600 de tres

elementos con una bocina 610 (en sección transversal) en la dimensión vertical. Todas estas configuraciones requieren la dirección de haces desde una matriz de elementos. Esto se logra como es conocido en la técnica por los retardos relativos entre las señales de transmisión de cada elemento en la matriz. Esta es una práctica estándar en sistemas matriz de radar y sónar.

5 El transmisor de ultrasonidos basado en matriz está configurado para transmitir datos y dirigir su haz en el plano de matriz. De esta forma, se forman múltiples sectores con un ancho de aproximadamente λ/D radianes. La figura 2 proporciona un diagrama esquemático de un sistema de la presente invención 200 desplegado en una zona distinta 205 en la que está colocado un transmisor de ultrasonidos basado en matriz 210. Como ejemplo, el
10 transmisor de ultrasonidos basado en matriz 210 en la figura 2 está configurado para iluminar o dirigir ondas de ultrasonidos en cinco sectores distintos, 220, 221, 222, 223 y 224, indicados por líneas discontinuas. En algunos modos de realización, el transmisor de ultrasonidos basado en matriz 210 primero envía sus datos al sector 220, a continuación, al sector 211, y así sucesivamente, y puede repetir este patrón continuamente. En otros modos de realización, el transmisor de ultrasonidos basado en matriz envía 1 haz por sector, se detiene y luego repite la
15 transmisión en cada sector. En algunos modos de realización, los datos transmitidos pueden consistir en un código de identificación de habitación (opcional) y códigos de identificación de sector. En algunos modos de realización, la matriz escanea la habitación que ilumina y para cada sector cambia la información de ID de sector.

Todavía con referencia a la figura 2, en algunos modos de realización los sistemas comprenden además una o más
20 etiquetas portátiles 230 y 231. En un modo de realización ejemplar, las etiquetas portátiles 230 y 241 estarían asociadas a un paciente (no mostrado) en una cama 240 y 241. En algunos modos de realización, la etiqueta portátil (por ejemplo, 230 y 231) comprende un transmisor de radiofrecuencia que transmite una señal de radiofrecuencia y un receptor de ultrasonidos configurado para comunicarse con el primer transmisor de ultrasonidos basado en matriz. En modos de realización preferidos adicionales, la etiqueta portátil está asociada a un código de
25 identificación único que es transmisible por el transmisor de radiofrecuencia como parte de una señal de radiofrecuencia. En un modo de realización ejemplar, una matriz unidimensional única, tal como se representa en la figura 1, se usa para iluminar varios sectores como se representa en la figura 2. El receptor de ultrasonidos de la etiqueta portátil (por ejemplo, 230 y 231) recibe el código de identificación de sector y determina la intensidad de señal. En el caso más simple, la etiqueta portátil solo recibirá datos cuando se encuentre en el sector iluminado. De
30 esta forma, puede determinarse el sector donde se localiza la etiqueta portátil. En otros casos, el receptor de ultrasonidos de la etiqueta portátil también recibirá datos cuando se iluminen otros sectores. En este caso, el RSSI se usa para determinar que se reciben los datos del sector más fuerte y, de esta forma, determinar el sector en el que se localiza la etiqueta portátil. En algunos modos de realización, la etiqueta portátil comprende además un receptor de radio. El receptor de radio puede utilizarse para programar la etiqueta portátil, causar la activación de
35 luces u otros dispositivos de señalización de la etiqueta portátil, activar o "despertar" la etiqueta portátil según sea necesario y comunicarse de otra forma con un procesador central (no mostrado).

En algunos modos de realización preferidos, el transmisor de ultrasonidos basado en matriz 210 y las etiquetas portátiles 230 y 231 están en comunicación con un procesador (no mostrado). Por ejemplo, en algunos modos de
40 realización, el procesador está asociado a un receptor de radio y la etiqueta portátil y/o transmisor de ultrasonidos basado en matriz se comunica con el procesador a través de conexiones de radiofrecuencia inalámbricas. El procesador procesa los datos recibidos del transmisor de ultrasonidos basado en matriz y/o etiqueta portátil (por ejemplo, uno o más de los códigos de identificación de etiqueta portátil, sector y habitación) para determinar la localización de la etiqueta portátil dentro de una zona y/o sector. El procesador tiene preferentemente una interfaz de
45 usuario que permite a los usuarios acceder a datos de localización, ya sea usando una salida gráfica que proporciona una visión general de todas las zonas o una selección de algunas de todas las zonas, y/o por medio de la recepción de una entrada de usuario en forma de una solicitud de localización de una persona u objeto específico, a la que el procesador puede responder ya sea con una salida de texto y/o salida audible. El procesador puede, en sistemas más grandes, estar conectado a una red tal como una red informática interna de una empresa, a fin de
50 permitir a los usuarios de la red acceder a información de localización de zona, ya sea para rastrear personas u objetos. De esta forma, los sistemas de la presente invención logran una exactitud que es adecuada para determinar, por ejemplo, la cama en la que se encuentra un paciente en una habitación de hospital con múltiples camas (véase la figura 2).

55 Se entenderá que el modo de realización representado en la figura 2 puede ampliarse para incluir una pluralidad de zonas distintas, cada una asociada a un transmisor de ultrasonidos basado en matriz. Del mismo modo, se pueden usar diferentes configuraciones de transmisores de ultrasonidos basados en matriz para crear una pluralidad de sectores en una pluralidad de zonas distintas, por ejemplo 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 o de los sectores 50 a 50, 5 a 40,
60 5 a 30, 5 a 20 o 5 a 15.

En modos de realización preferidos adicionales, los sistemas de la presente invención utilizan uno o más
65 transmisores de ultrasonidos basados en matriz por zona distinta. Se contempla que se proporciona una mayor exactitud mediante sistemas que utilizan dos transmisores de ultrasonidos basados en matriz (por ejemplo, transmisores de ultrasonidos basados en matriz unidimensionales). En algunos modos de realización, los transmisores de ultrasonidos basados en matriz están colocados en diferentes localizaciones dentro de una zona

distinta, de modo que los haces transmitidos por los transmisores de ultrasonidos basados en matriz se intersecan entre sí en un ángulo. Como ejemplo, los transmisores de ultrasonidos basados en matriz se pueden colocar en paredes perpendiculares. En algunos modos de realización, los transmisores de ultrasonidos basados en matriz transmiten su información a cada sector en secuencia, primero el primer transmisor cubre sus sectores y luego la segunda matriz rastrea sus sectores y así sucesivamente. De esta forma, pueden determinarse las secciones que se intersecan y se puede lograr una mayor exactitud. En algunos modos de realización, se logran exactitudes objetivo por debajo de 1x1 m. Un modo de realización de este tipo se representa en la figura 3. La figura 3 proporciona un diagrama esquemático de un sistema de la presente invención 300 desplegado en una zona distinta 305 en la que están colocados dos transmisores de ultrasonidos basados en matriz unidimensionales 310 y 311. Los transmisores de ultrasonidos basados en matriz 310 y 311 están configurados para iluminar o dirigir ondas de ultrasonidos en múltiples sectores distintos, 320, indicados por líneas discontinuas. En algunos modos de realización, los datos transmitidos pueden consistir en un código de identificación de habitación (opcional) y códigos de identificación de sector. En algunos modos de realización, la matriz escanea la habitación que ilumina y para cada sector cambia la información de ID de sector. Los sistemas comprenden además los componentes descritos anteriormente en referencia a la figura 2, incluyendo etiquetas portátiles 330 y 331, un procesador y transmisores y receptores de señales de radiofrecuencia.

En otros modos de realización preferidos, se utiliza una forma alternativa para aumentar la exactitud de detección de localización. En estos modos de realización, un transmisor de ultrasonidos basado en matriz está colocado en la parte superior de una zona distinta, por ejemplo, el techo de una habitación. En algunos modos de realización, el transmisor de ultrasonidos basado en matriz es una matriz 2D (por ejemplo, como se representa en la figura 5). Esta colocación es ventajosa, ya que normalmente se desea información con respecto a la posición en el plano x, y, y la altura sobre el suelo no es tan interesante (z). Una matriz montada en el techo puede, por consiguiente, lograr la misma exactitud que la configuración descrita anteriormente que utilizaba dos matrices 1-D.

En algunos modos de realización, el receptor de ultrasonidos en la etiqueta portátil tiene una capacidad de medición de desplazamiento Doppler. En estos modos de realización, esta capacidad se puede usar para encontrar el componente de velocidad a lo largo del haz de ultrasonidos, es decir, a lo largo del vector entre el receptor y el transmisor de ultrasonidos. Una matriz 1D dará solo el componente de velocidad a lo largo de esta dirección. Sin embargo, el uso de dos matrices 1D, en, por ejemplo, la configuración de pared perpendicular descrita anteriormente, dará componentes de velocidad en dos direcciones. Estos datos son suficientes para la determinación de la velocidad y de su dirección, es decir, el vector de velocidad total en dos dimensiones, tal como se representa en el diagrama esquemático en la figura 7. Haciendo referencia a la figura 7, un sistema 700 de este tipo comprende, por ejemplo, dos transmisores de ultrasonidos basados en matriz 1D 710 y 711, una etiqueta portátil 720, así como los otros componentes descritos anteriormente (por ejemplo, procesador, receptor de radiofrecuencia, etc.). Las flechas 730 indican los vectores de movimiento. En algunos modos de realización, la adición de un tercer transmisor, por ejemplo, en el techo, permite la determinación de la velocidad 3D total. Solo tener una matriz montada en el techo no es ventajoso para Doppler, ya que el movimiento principal de interés está usualmente en la dirección x, y, es decir, perpendicular a los haces de una matriz montada en el techo, por lo que se prevé que se detecte poco desplazamiento Doppler para una matriz montada en el techo.

Una tecnología de la competencia se basa en acelerómetros, pero esa tecnología requiere que la orientación de la etiqueta sea fija o conocida con el fin de alcanzar un resultado comparable. A menudo es difícil controlar o encontrar una etiqueta portátil. En la práctica puede variar todo el tiempo. La orientación puede encontrarse en principio a través del uso de una brújula incorporada, pero como rara vez son muy exactas cerca de estructuras metálicas, sus exactitudes a menudo no son muy buenas en interiores.

En algunos modos de realización, se pueden añadir más transmisores de ultrasonidos basados en matriz, bien estén montados en la pared o en el techo, a los sistemas de la presente invención en casos particulares donde la habitación es grande o la geometría de la habitación es particularmente difícil con, por ejemplo, obstrucción parcial de los haces por muebles u otras divisiones de cubículos y una señal reflejada puede alcanzar el receptor con una amplitud más fuerte que la señal directa. En algunos modos de realización, se añaden matrices adicionales más para redundancia y entonces se usa un procedimiento para excluir los datos recibidos de la matriz que se desvía más de las otras en el procesamiento en la estación base.

En algunos modos de realización, puede ser deseable limitar la extensión del haz de ultrasonidos, en particular en el plano vertical con el fin de evitar reflexiones en el techo o suelo que pueden hacer que las mediciones RSSI y Doppler sean ambiguas. En algunos modos de realización, el transmisor de ultrasonidos basado en matriz se puede extender de 1D a 2D, que tiene también elementos en la dimensión vertical. De esta forma, los sectores pueden estar formados también en la dirección vertical, con el fin de evitar el problema de reflexiones del techo y suelo. La figura 4 proporciona una representación de un transmisor de ultrasonidos basado en matriz bidimensional adecuado con siete elementos. Se entiende que son posibles muchas otras configuraciones con en general N elementos en el eje horizontal y M elementos en el eje vertical, véase, por ejemplo, la figura 5 en la que N=4 y M=3. En otros modos de realización, se utiliza una bocina en la dimensión vertical para limitar la propagación del haz en el plano vertical, por ejemplo, como se representa en la figura 6.

5 En algunos modos de realización, el refinamiento de la exactitud angular del posicionamiento basado en RSSI se logra enviando haces que se superponen en ángulo. En estos modos de realización, se realizan varias mediciones de amplitud en haces en ángulos ligeramente diferentes. En modos de realización preferidos adicionales, se usa interpolación para encontrar el ángulo con una exactitud que es mejor que la separación entre haces. Una limitación de este procedimiento es que la adición de más haces requerirá más tiempo con el fin de cubrir el sector deseado. El procedimiento de interpolación permite tiempo de intercambio para la adquisición de exactitud de localización frente a posición.

REFERENCIAS

- 5 [1] A. Ward, A. Jones, A. Hopper, "A New Location Technique for the Active Office," IEEE Personal Communications, vol. 4, n.º 5, octubre 1997, páginas 42-47.
- [2] N. B. Priyantha, A. Chakraborty, H. Balakrishnan, "The Cricket Location-Support system," Proc. 6th ACM MOBICOM, Boston, MA,
- 10 [3] Y. Fukuju, M. Minami, H. Morikawa, T. Aoyama, "DOLPHIN: An Autonomous Indoor Positioning System in Ubiquitous Computing Environment," in Proc. IEEE Workshop on Software Technologies for Future Embedded Systems, Japan, páginas 53-56, mayo 2003.
- [4] G. Welch, E. Foxlin, "Motion Tracking: No Silver Bullet, but a Respectable Arsenal," IEEE Computer Graphics and Applications, noviembre/diciembre 2002, vol. 22, n.º 6, páginas 24-38.
- 15 [5] S. Holm, "Hybrid ultrasound-RFID indoor positioning: Combining the best of both worlds," IEEE Int. Conf. RFID, Orlando, FL, 27-28 abril, 2009. [6] Holm, O.B. Hovind, S. Rostad, R. Holm, "Indoors data communications using airborne ultrasound," in Proc. IEEE Int. Conf. Acoust., Speech, Sign. Proc. 2005, Philadelphia, PA, marzo 2005.
- 20 [6] Holm, O.B. Hovind, S. Rostad, R. Holm, "Indoors data communications using airborne ultrasound," in Proc. IEEE Int. Conf. Acoust., Speech, Sign. Proc. 2005, Philadelphia, PA, March 2005.
- [7] S. Holm, "Airborne Ultrasound Data Communications: The Core of an Indoor Positioning System," in Proc IEEE Ultrasonics Symposium, Rotterdam, Netherlands, sep. 2005.
- 25 [8] F. A. Duck, "Medical and non-medical protection standards for ultrasound and infrasound," Progress in Biophys, Molecul. Biol., Effects of ultrasound and infrasound relevant to human health, enero-abril 2007, páginas 176-191.
- [9] International Non-Ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association, "Interim guidelines on limits of human exposure to airborne ultrasound," Health Physics, vol. 46, n.º 4, páginas 969-974, abril 1984 (véase www.icnirp.de).
- 30 [10] Environmental Health Directorate of Canada, Guidelines for the safe use of ultrasound: part II - industrial and commercial applications. Safety Code 24, 1991
- 35 [11] American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices, 2003.
- [12] US Dept. of Labor, Occupational Safety & Health Adm. Document, http://www.osha.gov/dts/osta/otm/noise/health_effects/ultrasonics.html, acceso 28 noviembre, 2008.
- 40 [13] G Borriello, A Liu, T. Offer, C. Palistrant, R. Sharp, "WALRUS: wireless acoustic location with room-level resolution using ultrasound," Int. Conf. Mobile Systems, Appl. & Services, Seattle, WA, páginas 191-203, 2005.
- 45 Diversas modificaciones y variaciones del procedimiento descrito y el sistema de la invención serán evidentes para aquellos expertos en la técnica sin apartarse del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para determinar la localización de una etiqueta portátil (230, 231; 330, 331) en una zona distinta (205; 305), que comprende:
- 5 al menos un primer transmisor de ultrasonidos basado en matriz (210; 310), en el que dicho transmisor de ultrasonidos basado en matriz está configurado para dirigir un haz en un plano de matriz y transmitir datos a dos o más sectores distintos (220 - 224; 320) dentro de dicha zona (205; 305), en el que los datos transmitidos a cada sector consisten en un código de identificación de sector; una etiqueta portátil (230, 231; 330, 331) que comprende
- 10 (i) un transmisor de radiofrecuencia configurado para transmitir una señal de radiofrecuencia y (ii) un receptor de ultrasonidos configurado para recibir un código de identificación de sector desde dicho primer transmisor de ultrasonidos basado en matriz y determinar una intensidad de señal recibida;
- 15 un receptor de radiofrecuencia configurado para comunicarse con el transmisor de radiofrecuencia a través de dicha señal de radiofrecuencia; y
- un procesador en comunicación con el primer transmisor de ultrasonidos basado en matriz y el receptor de radiofrecuencia, en el que el procesador está configurado para determinar la localización de la etiqueta portátil dentro de dichos dos o más sectores distintos en base a la información transmitida desde el transmisor de radiofrecuencia en la etiqueta portátil a través de dicha señal de radiofrecuencia al receptor de radiofrecuencia, en el que el sistema está configurado para usar la intensidad de señal recibida para determinar que se reciben los datos del sector más fuerte y determinar, de este modo, el sector en el que se encuentra la etiqueta portátil.
2. El sistema de la reivindicación 1, en el que dicho primer transmisor de ultrasonidos basado en matriz (210; 310) está configurado para transmitir señales de ultrasonidos a cinco o más sectores distintos (220 - 224; 320) dentro de dicha zona (205; 305).
3. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además al menos un segundo transmisor de ultrasonidos basado en matriz (311) dentro de dicha zona (305), estando configurado dicho segundo transmisor de ultrasonidos basado en matriz para transmitir señales de ultrasonidos a dos o más sectores distintos (320) dentro de dicha zona.
4. El sistema de la reivindicación 3, en el que dicho segundo transmisor de ultrasonidos basado en matriz (311) está configurado para transmitir señales de ultrasonidos a cinco o más sectores distintos (320) dentro de dicha zona (305).
5. El sistema de la reivindicación 3 o 4, en el que los transmisores de ultrasonidos basados en matriz (310, 311) están colocados en diferentes localizaciones dentro de dicha zona (305), de modo que los haces transmitidos por los transmisores de ultrasonidos basados en matriz se intersecan entre sí en un ángulo.
6. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que dicho segundo transmisor de ultrasonidos basado en matriz (311) está dispuesto para transmitir señales de ultrasonidos en un eje que es aproximadamente perpendicular a dicho primer transmisor de ultrasonidos basado en matriz (310), de modo que dicho primer y segundo transmisores basados en matriz establecen un eje x y un eje y.
7. El sistema de la reivindicación 1, en el que dicha zona distinta (205; 305) tiene una porción superior y dicho transmisor de ultrasonidos basado en matriz (210; 310) está colocado en dicha porción superior de dicha zona distinta.
8. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el sistema está configurado para determinar la localización de la etiqueta portátil (230, 231; 330, 331) sin el uso de estimación de retardo temporal.
9. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende medios para dirigir haces de ultrasonidos desde al menos el primer transmisor de ultrasonidos basado en matriz (210; 310) mediante retardos relativos entre las señales de transmisión de cada elemento (105; 405; 505) en la matriz.
10. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que al menos el primer transmisor de ultrasonidos basado en matriz (210; 310) comprende una matriz bidimensional de transmisores de ultrasonidos.
11. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que dicha zona distinta (205; 305) corresponde a una habitación en un edificio.
12. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que al menos dicho primer transmisor de ultrasonidos basado en matriz (210; 310) está configurado para permitir la detección en una zona (205; 305) de menos de aproximadamente 1 m^2 .

13. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que el primer transmisor de ultrasonidos basado en matriz (210; 310) está configurado para enviar haces de ultrasonidos que se superponen en ángulo, y en el que el sistema está configurado para realizar varias mediciones de amplitud en haces en ángulos ligeramente diferentes y usar la interpolación para determinar el ángulo con una exactitud que es mejor que el espacio entre los haces.

5 14. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, que comprende además una pluralidad de etiquetas portátiles (230, 231; 330, 331), cada una de dichas etiquetas portátiles asociada con un código de identificación único y en el que dicho código de identificación único es transmisible mediante un transmisor de radiofrecuencia respectivo de cada etiqueta portátil como parte de una señal de radiofrecuencia.

10 15. Uso del sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14 para localizar una etiqueta portátil (230, 231; 330, 331), objeto (240, 241) o persona.

FIG. 1

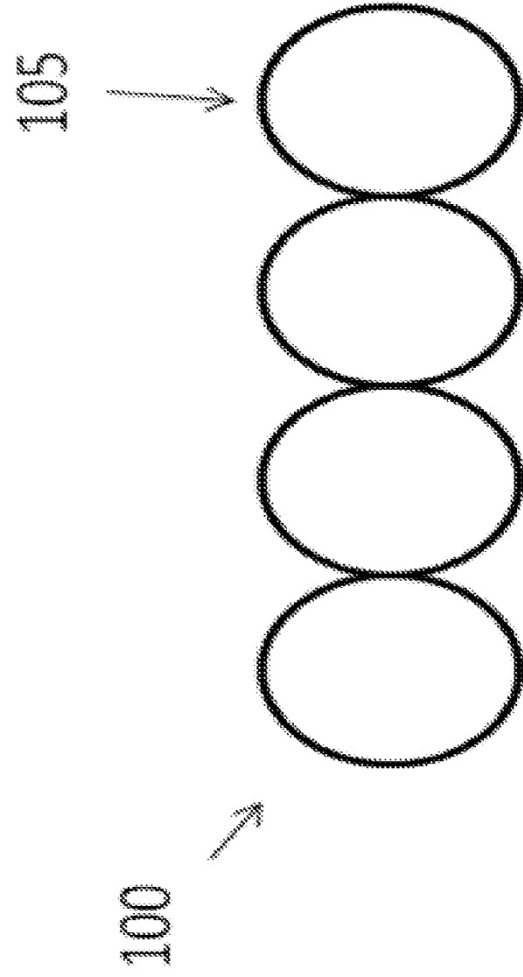
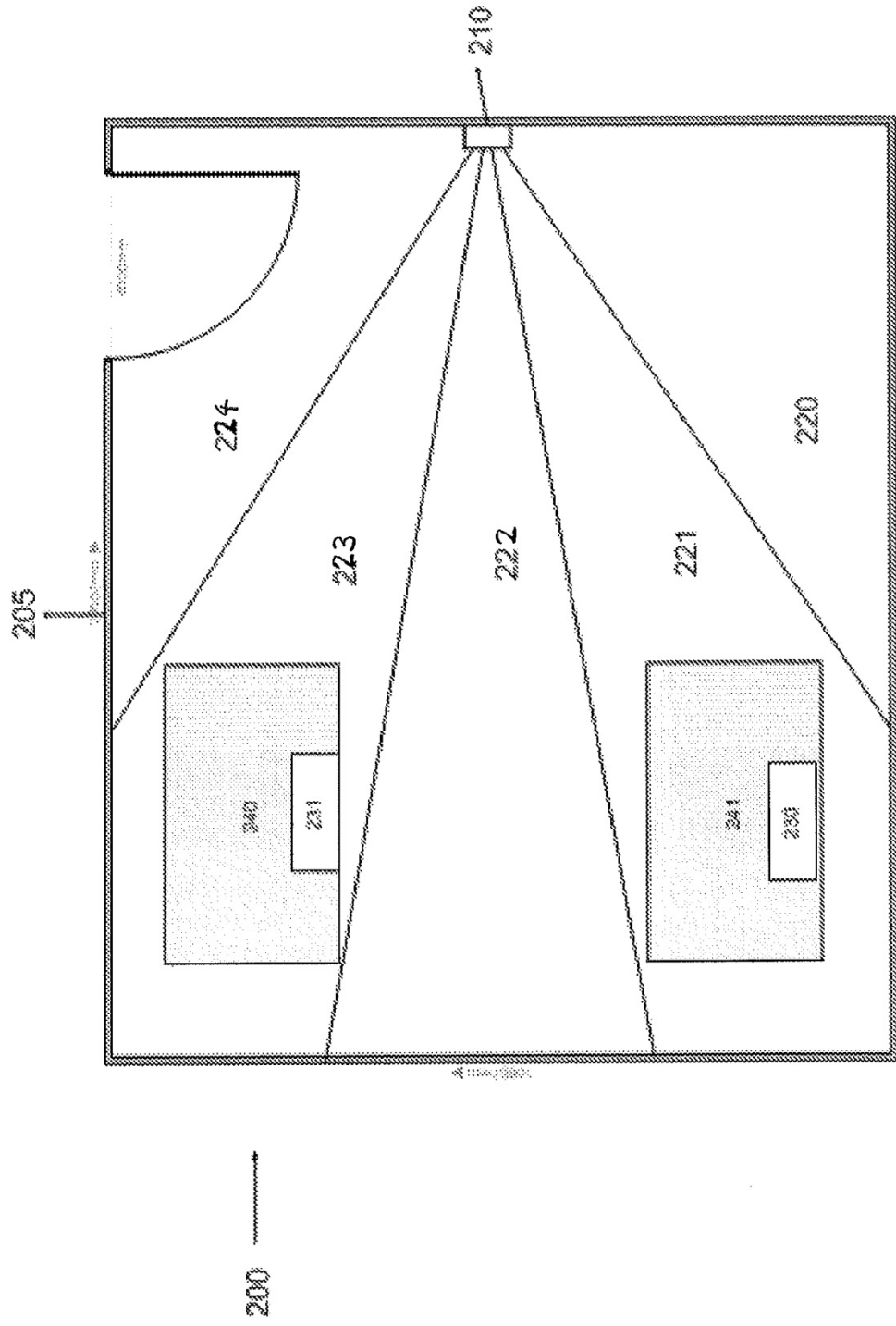


FIG. 2



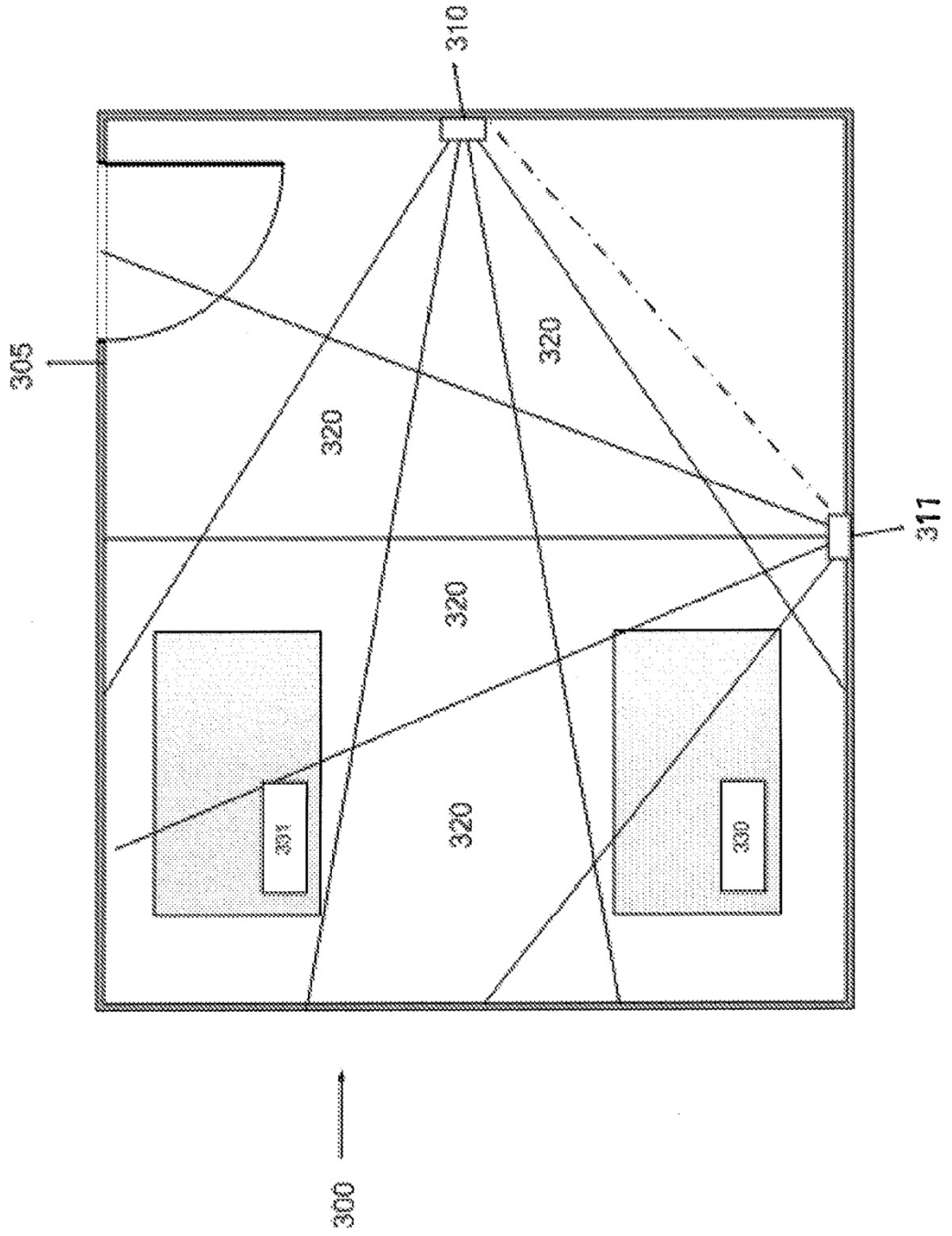


FIG. 3

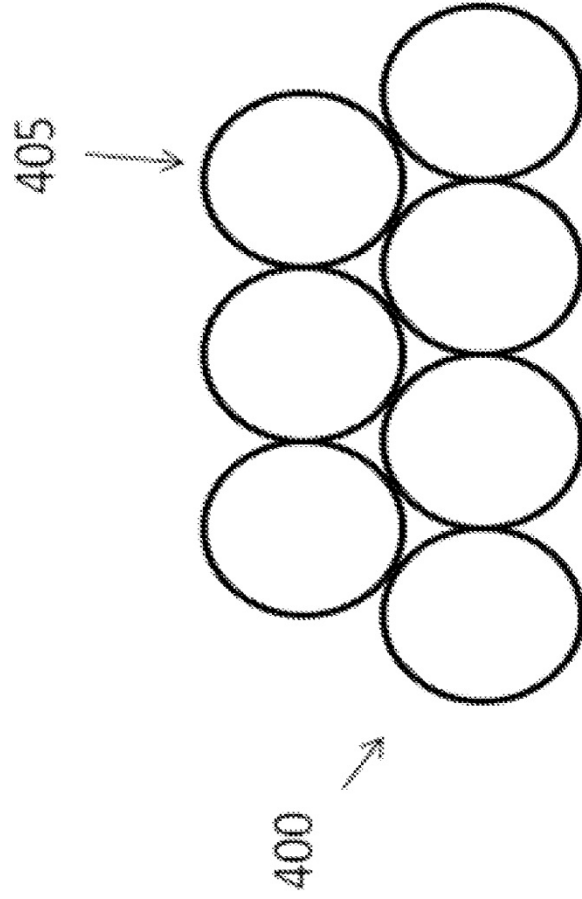


FIG. 4

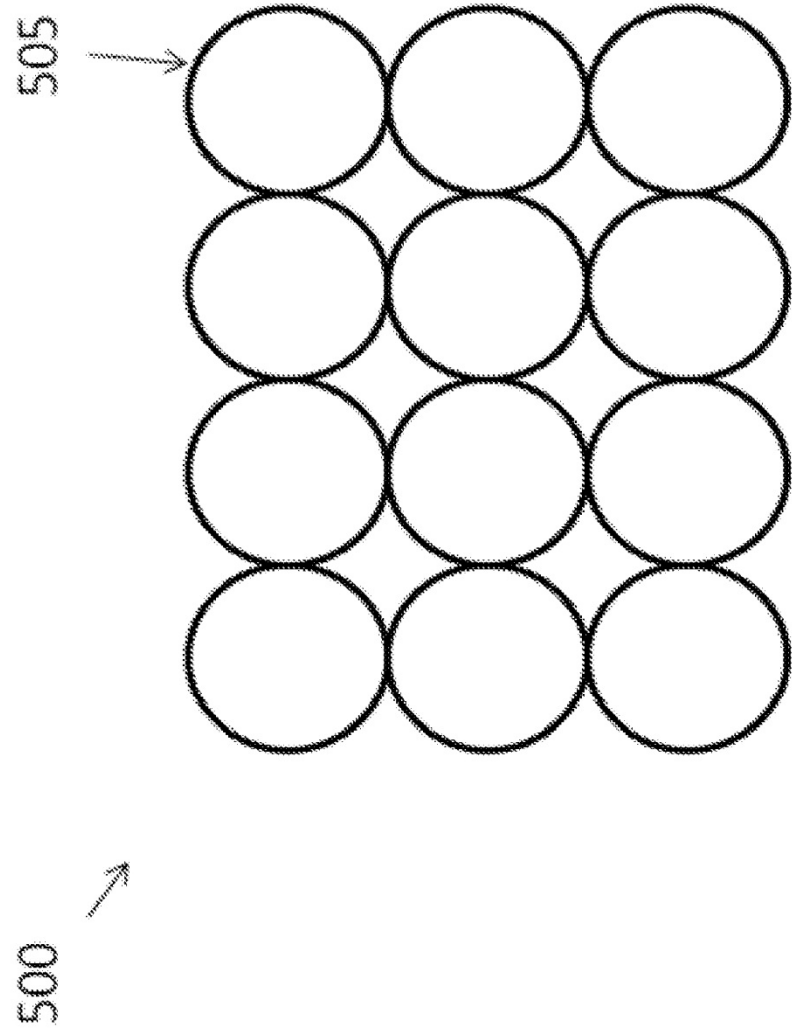


FIG. 5

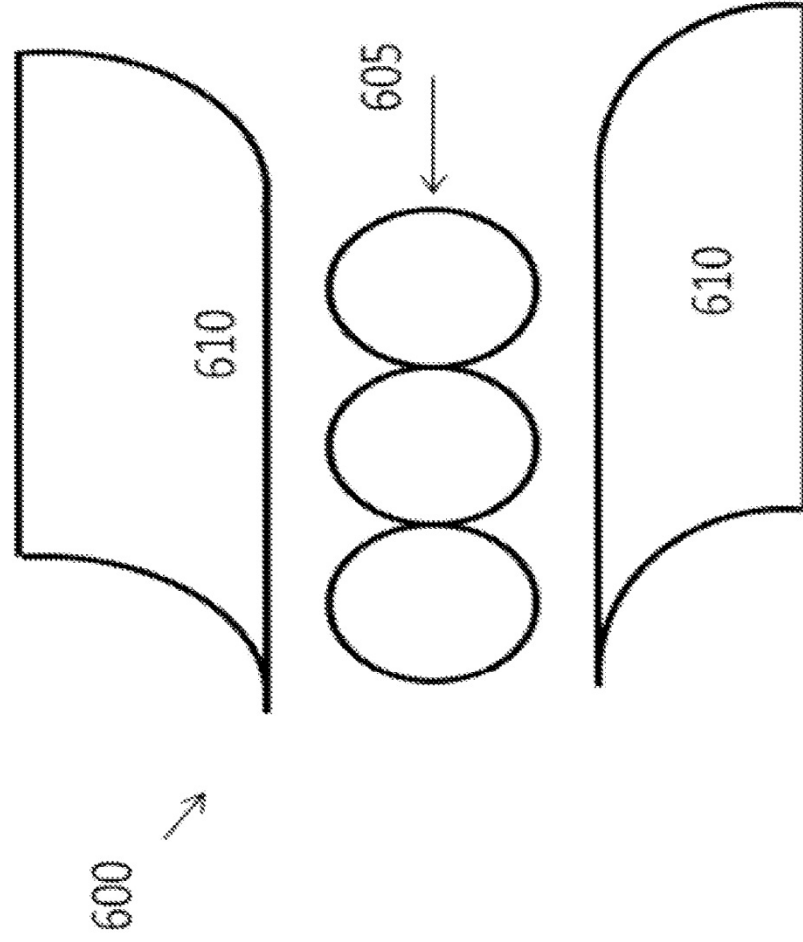


FIG. 6

FIG. 7

