

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 672 523**

51 Int. Cl.:

G01S 7/20 (2006.01)

G01S 7/41 (2006.01)

G01S 13/04 (2006.01)

G01S 13/89 (2006.01)

G01V 3/12 (2006.01)

G01S 13/88 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.10.2004** **E 09012380 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.03.2018** **EP 2133709**

54 Título: **Detección de un objeto oculto**

30 Prioridad:

30.10.2003 US 697848

30.10.2003 US 697965

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

14.06.2018

73 Titular/es:

**BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE (100.0%)
Pacific Northwest Laboratories Intellectual
Property Services, 902 Battelle Boulevard P.O.
Box 999
Richland, WA 99352, US**

72 Inventor/es:

**KELLER, PAUL E.;
MCMAKIN, DOUGLAS L.;
HALL, THOMAS E.;
SHEEN, DAVID M. y
SEVERTSEN, RONALD H.**

74 Agente/Representante:

TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 672 523 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

Detección de un objeto oculto

5 [0001] Esta invención se realizó con el apoyo del gobierno bajo el número de contrato DE-AC0676RL01830 otorgado por el Departamento de Energía de EE.UU. El gobierno de EE.UU. tiene ciertos derechos sobre la invención.

Antecedentes

10 [0002] La presente invención se refiere a técnicas de escaneo/formación de imágenes con radiación electromagnética, y más particularmente, pero no exclusivamente, se refiere a la detección de objetos ocultos llevados por una persona bajo la ropa.

15 [0003] La detección de armas, contrabando y otros objetos ocultos es de interés significativo en los puestos de control de seguridad y similares. Un método utiliza un magnetómetro para detectar determinados objetos metálicos. Desafortunadamente, este método no detecta la mayoría de materiales compuestos y de polímeros orgánicos que se pueden utilizar para fabricar armas de fuego, explosivos y otros artículos que pueden suponer una amenaza para la seguridad.

20 [0004] En otro método, se puede aplicar radiación electromagnética dentro de un rango de longitud de onda seleccionado para proporcionar imágenes que pueden revelar objetos ocultos con la ropa. Sin embargo, este método se enfrenta típicamente a limitaciones en cuanto a la velocidad de interrogación y/o la resolución de imagen que lo ha hecho indeseable para algunas aplicaciones, tales como determinados puestos de control de seguridad de tránsito de masas. Además, dado que estos sistemas pueden proporcionar imágenes detalladas de partes del cuerpo que son ordinariamente destinadas a ser ocultadas por la ropa, la utilización de un inspector humano puede ser incómoda para la persona que está siendo inspeccionada, y puede plantear el problema de la violación de los derechos de privacidad. Por lo tanto, hay una demanda en curso para otras contribuciones en esta área de tecnología.

25 [0005] US 5,455,590 se refiere a un sistema de vigilancia holográfica que usa radiación electromagnética de onda milimétrica reflejada para producir una imagen casi en tiempo real. De esta manera se puede ver la imagen de objetos bajo la ropa de un sujeto.

30 [0006] US 2002/0130804 se refiere a un método para interrogar a un individuo vestido con radiación electromagnética para determinar información topográfica sobre los rasgos que están bajo la ropa externa. En una disposición, se pueden mostrar imágenes en sección en una pantalla.

35 [0007] US 2003/0178034 se refiere a un método para el escaneo dieléctrico de un sujeto humano para detectar anomalías con respecto a una fisiología normal.

Resumen

40 [0008] Una forma de realización de la presente invención es una técnica única para detectar objetos. Otras formas de realización incluyen sistemas, dispositivos, métodos y equipos únicos para determinar si una persona está ocultando un objeto.

45 [0009] Según la presente invención se proporciona un sistema tal y como se define en la reivindicación 1 y un método tal y como se define en la reivindicación 7. Una técnica puede incluir: detectar radiación electromagnética retornada con una o más frecuencias en un rango de aproximadamente 200 megahercios (MHz) a aproximadamente 1 terahercio (THz), a partir de una superficie bajo la ropa de una persona, establecer datos a partir de la radiación electromagnética retornada que corresponden con la intensidad y la profundidad a lo largo de la superficie, y procesar de manera adaptable los datos para determinar si un objeto sospechoso está siendo llevado por la persona.

50 [0010] Otra técnica puede incluir: irradiar una región de interrogación que incluye una persona que lleva un objeto oculto, detectar la radiación electromagnética retornada desde la región en respuesta a la irradiación, establecer datos representativos de un mapa de intensidad de la radiación electromagnética retornada desde la región de interrogación y un mapa de profundidad a lo largo de la región de interrogación, e introducir los datos en una red neuronal para detectar el objeto oculto basándose en los mapas de intensidad y de profundidad.

55 [0011] Otra técnica puede detectar la radiación electromagnética retornada desde un sujeto, donde la radiación electromagnética incluye una o más frecuencias en un rango de aproximadamente 200 MHz a aproximadamente 1 THz. Se establece que el dato corresponde a la intensidad de la radiación electromagnética retornada desde el sujeto y la diferencia de profundidad a lo largo de una o más superficies del sujeto. Se realiza el procesamiento adaptable con los datos para determinar si un objeto artificial sospechoso de ser al menos uno de contrabando o

una potencial amenaza para la seguridad está presente en función de la diferencia de intensidad y de profundidad. En una forma, el sujeto sometido a la interrogación es una persona y la técnica se realiza para detectar objetos sospechosos que pueden estar ocultos bajo la ropa de la persona. El procesamiento adaptable se puede realizar con una red neuronal que evalúa cada una de las diversas porciones de imagen multipíxel. Para cada una de una primera serie de entradas a la red neuronal, la intensidad de píxeles de la imagen se recibe en correspondencia con los píxeles de la imagen para una respectiva de las porciones de la imagen, y para cada una de una segunda serie de entradas a la red neuronal, una entrada de píxeles de diferencia de profundidad se recibe en correspondencia con los píxeles de la imagen para la una respectiva de las porciones de la imagen.

[0012] Una disposición adicional puede incluir un conjunto operable para interrogar una persona con radiación electromagnética en una o más frecuencias en un rango de aproximadamente 200 MHz a aproximadamente 1 THz y un subsistema de procesamiento. Este subsistema se acopla al conjunto y funciona para definir una red neuronal que incluye una primera serie de entradas y una segunda serie de entradas. La primera serie de entradas recibe datos que corresponden a un mapa de intensidad de radiación electromagnética retornada a lo largo de una superficie bajo la ropa de la persona sometida a la interrogación. La segunda serie de entradas recibe otros datos que corresponden a un mapa de profundidad de superficie. La red neuronal evalúa si uno o más objetos sospechosos de ser al menos uno de contrabando y una potencial amenaza para la seguridad están ocultos por la persona, y proporciona una o más salidas correspondientes. Esta evaluación se realiza en función del mapa de intensidad y del mapa de profundidad.

[0013] Otra disposición adicional puede incluir un dispositivo que lleva lógica ejecutable por uno o más procesadores para analizar datos correspondientes a una imagen de una persona obtenida con radiación electromagnética con una o más frecuencias en un rango de aproximadamente 200 MHz a aproximadamente 1 THz. Estos datos representan un mapa de intensidad de radiación electromagnética y un mapa de profundidad determinados con respecto a la persona. La lógica es operable para realizar un proceso adaptable con los datos para evaluar si uno o más objetos de una naturaleza sospechosa están siendo ocultos por la persona en función del mapa de intensidad y del mapa de profundidad de la radiación electromagnética. En una forma, el dispositivo incluye una memoria legible por procesador y la lógica tiene la forma de una serie de instrucciones almacenadas en la memoria. En otra forma, el dispositivo incluye una o más partes de una red informática y la lógica se codifica en una o más señales para transmisión por esta red.

[0014] Una técnica adicional puede escanear a una persona con radiación electromagnética y determinar si un objeto está siendo llevado por la persona. Esta determinación se puede hacer por evaluación de datos de imágenes a partir del escaneo, lo que puede incluir la inspección de una o más imágenes correspondientes por un operador. En una forma, un operador inspecciona una o más vistas en sección transversal de la persona tomadas a lo largo de la altura de la persona para minimizar las cuestiones de privacidad que pueden surgir de la formación de imágenes de partes del cuerpo que normalmente están ocultas al público.

[0015] En otra disposición, se puede irradiar a una persona con radiación electromagnética dentro de un rango de frecuencias de aproximadamente 200 megahercios (MHz) a aproximadamente 1 terahercio (THz). Los datos representativos de una imagen de la persona se establecen a partir de la irradiación y se proporcionan los datos de imagen correspondientes. En una forma, la irradiación se realiza con un par de conjuntos que siguen cada uno una vía que gira alrededor de la persona. En una implementación específica de esta forma, cada conjunto se proporciona como un par de paneles opuestos que se curvan cada uno alrededor de la persona. Estos paneles se pueden utilizar para proporcionar un punto de control de seguridad, y se pueden usar en conjunción con un otro dispositivo o más para limitar el acceso de individuos.

[0016] En una disposición, el sistema incluye dos o más conjuntos distanciados entre sí para definir una región de interrogación entre ellos. Los conjuntos se estructuran para girar alrededor de esta región para interrogar a una persona u objeto con radiación electromagnética con una o más frecuencias en un rango de aproximadamente 200 MHz a aproximadamente 1 THz. También se incluyen uno o más procesadores operables para establecer datos correspondientes a una imagen determinada a partir de una o más señales de interrogación proporcionadas por los conjuntos. El uno o más procesadores generan una salida en función de estos datos. El sistema además incluye un dispositivo sensible a esta salida para proporcionar una indicación a un operador si se sospecha la presencia de un objeto peligroso para la seguridad.

[0017] Otra disposición puede incluir: proporcionar dos o más conjuntos cada uno formado para girar alrededor de una persona posicionada entre los conjuntos; operar los conjuntos para realizar una interrogación de la persona con radiación electromagnética con una o más frecuencias en un rango de aproximadamente 200 MHz a aproximadamente 1 THz; y generar datos de imágenes a partir de la interrogación para detectar si la persona está ocultando un objeto.

[0018] Una disposición adicional puede incluir: generar radiación electromagnética con una o más frecuencias en un rango de aproximadamente 200 MHz a aproximadamente 1 THz con dos o más conjuntos para realizar una interrogación de una persona posicionada entre ellos; mover al menos uno de los conjuntos a lo largo de una vía

no recta alrededor de la persona durante la interrogación y generar los datos de imágenes a partir de la interrogación para detectar si la persona está ocultando un objeto.

5 [0019] Otra disposición adicional puede incluir realizar una interrogación de una persona con radiación electromagnética que tiene una o más frecuencias en un rango de 200 MHz a aproximadamente 1 THz. Una o más imágenes en sección transversal de la persona se generan basándose en la interrogación y se determina si la persona está llevando un objeto oculto que suponga una amenaza para la seguridad a partir de al menos una de estas imágenes.

10 [0020] Por consiguiente, un objeto de la presente invención es proporcionar una técnica única para detectar artículos de interés.

[0021] Otro objeto es proporcionar un sistema, método, dispositivo o equipo único para determinar si un objeto de interés está oculto.

15 Breve descripción del dibujo

[0022]

20 La fig. 1 es una vista parcial esquemática de un sistema de inspección de seguridad.
 La fig. 2 es una vista parcial desde arriba del sistema de la fig.1 a lo largo de la línea de visión 2-2 mostrada en la fig. 1.
 Las figs. 3 y 4 son organigramas que ilustran un procedimiento para operar el sistema de la fig. 1.
 La fig. 5 es una vista esquemática desde arriba del sistema de la fig. 1 que ilustra una serie de
 25 segmentos de arco superpuestos.
 La fig. 6 es un organigrama de un tipo de rutina de detección de objetos.
 La fig. 7 es un organigrama de otro tipo de rutina de detección de objetos.
 La fig. 8 es un diagrama que ilustra la segmentación de una imagen en porciones rectangulares superpuestas para usar en la rutina de la fig. 7.
 30 La fig. 9 es un diagrama que compara tres tipos diferentes de filtros de rasgos para usar con la rutina de la fig. 7.
 La fig. 10 es un diagrama de bloques esquemático de una disposición para detectar objetos ocultos que utiliza el sistema de la fig. 1 para ejecutar el procedimiento de las fig. 3 y 4 con las dos rutinas de las fig. 6 y 7.
 35 La fig. 11 es una vista lateral parcial esquemática de un sistema según la invención.
 La fig. 12 es una vista parcial desde arriba esquemática del sistema de la fig. 11 a lo largo de la línea de visión 12--12 mostrada en la fig. 11.
 La fig. 13 es un diagrama comparativo que ilustra imágenes en sección transversal generadas conforme a varias técnicas de la presente invención.
 40 La fig. 14 es una vista parcial esquemática de otro sistema.
 La fig. 15 es una vista parcial transversal del portal mostrado en la fig. 14.
 La fig. 16 es una vista parcial esquemática de otro sistema.
 La fig. 17 es una vista parcial esquemática de otro sistema.
 45 La fig. 18 es una vista parcial desde arriba del sistema de la fig. 17 a lo largo de la línea de visión 18-18 mostrada en la fig. 17.

[0023] La fig. 1 ilustra un sistema de inspección de seguridad 20. En operación, el sistema 20 interroga un objeto animado o inanimado iluminándolo con radiación electromagnética en el rango de frecuencia de 200 megahercios (MHz) a 1 terahercio (THz) y detectando la radiación reflejada. Generalmente, las longitudes de onda correspondientes varían de diferentes centímetros a unos pocos micrómetros. Ciertas fibras naturales y sintéticas son frecuentemente transparentes o semitransparentes para tales frecuencias/longitudes de onda, lo que permite la detección y/o formación de imágenes de superficies posicionadas bajo tales materiales. Cuando el sujeto de la interrogación es un individuo vestido, se puede obtener típicamente información de imagen sobre las porciones del cuerpo de una persona cubiertas por ropa o prendas con el sistema 20, al igual que aquellas porciones que no están cubiertas por ropa o prendas. Además, la información de la imagen con respecto a los objetos llevados por una persona bajo la ropa se puede proporcionar con el sistema 20 para composiciones de objetos metálicos y no metálicos comúnmente usadas para armas y contrabando.

[0024] Como se ilustra en la fig. 1, el cuerpo B tiene la forma de una persona 22 sometida a la interrogación por el sistema 20. La persona 22 se representa típicamente cubierta al menos parcialmente con prendas o ropa designadas más específicamente mediante los números de referencia 24a y 24b. Los artículos de ropa 24a e 24b ocultan un objeto 25 mostrado en forma de un arma en el espectro. La persona 22 está posicionada en el portal de escaneo/iluminación 30 del sistema 20. El portal 30 se configura para colocarse en un punto de control de seguridad donde se desee que este detecte armas y/o contrabando. El portal 30 incluye una plataforma 32 conectada a un motor 34. La plataforma 32 se dispone para sostener a la persona 22 o tal otro objeto deseado que se vaya a examinar con el sistema 20. El motor 34 se dispone para girar selectivamente la plataforma 32

alrededor del eje rotacional R mientras la persona 22 se sitúa sobre la misma. En la orientación mostrada, el eje R es aproximadamente vertical, y la persona 22 está generalmente en una posición central con respecto al eje R y la plataforma 32. En una forma, la plataforma 32 puede estar compuesta de un material, tal como un polímero termoplástico o termoestable orgánico, que permita la interrogación en o bajo las suelas de los zapatos donde se pueden ocultar a veces armas.

[0025] El portal 30 incluye además un conjunto de detección de múltiples elementos 36. En referencia adicionalmente a la vista parcial desde arriba de la fig. 2, se ilustra con más detalle la relación de la plataforma 32 con el conjunto 36. El eje R es generalmente perpendicular al plano de vista de la fig. 2 y se representa mediante retículo. A medida que el motor 34 causa que la plataforma 32 gire alrededor del eje R, el conjunto 36 circunscribe una vía generalmente circular P alrededor del eje R. La vía circular P corresponde a un cilindro imaginario C con radio D que corresponde a una región de interrogación del portal 30. El radio D es la distancia desde el eje R al conjunto 36. En una forma preferida, el radio D es de aproximadamente 0,25 a aproximadamente 3 metros. En una forma más preferida, el radio D es de aproximadamente 0,5 metros a 1,5 metros, lo que corresponde a aproximadamente a un diámetro de 1 metro a 3 metros. La flecha A mostrada en las figs.1 y 2 representa la rotación selectiva de la plataforma 32 alrededor del eje R.

[0026] El conjunto de detección 36 incluye una serie de elementos dispuestos linealmente 38, donde solo unos pocos se ilustran esquemáticamente y se designan específicamente mediante números de referencia para preservar la claridad. Los elementos 38 operan cada uno para transmitir o recibir radiación electromagnética dentro de un ancho de banda seleccionado. El conjunto de detección 36 se acopla al subsistema de procesamiento 40. El subsistema 40 incluye un transceptor 42 con un árbol de conmutación 43 acoplado a los elementos 38 del conjunto 36. En una forma, la posición del conjunto 36 con respecto a la plataforma 32 se determina con uno o más codificadores posicionales (no mostrados) que se acoplan al subsistema 40. En otras formas, se pueden usar uno o más dispositivos de rastreo de posición y/o técnicas de rastreo de posicionamiento diferentes.

[0027] Bajo el control del transceptor 42, los elementos individuales 38 se pueden activar selectivamente con el árbol de conmutación 43. Cada elemento 38 se dedica a transmisión o recepción. Los elementos 38 se disponen en dos columnas generalmente verticales dispuestas en una relación de dorso contra dorso entre sí. Los elementos 38 que constituyen una de las columnas se dedican a la transmisión y los elementos 38 que constituyen la otra de las columnas se dedican a la recepción. El número de elementos 38 en cada columna está en un rango de aproximadamente 32 a aproximadamente 2000 elementos y abarca una distancia vertical de aproximadamente 2 a 2,5 metros a lo largo del eje R; sin embargo, en otras formas de realización, se pueden usar una extensión vertical y/o un número de elementos diferentes. El transceptor 42 puede controlar el árbol de conmutación 43 para que irradie el cuerpo B con solo un elemento 38 de la columna de transmisión cada vez y recibir simultáneamente con uno o más elementos 38 de la columna de recepción. El transceptor 42 incluye lógica para dirigir la activación sucesiva de cada elemento 38 de la columna de transmisión y el correspondiente uno o más elementos 38 de la columna de recepción para proporcionar un escaneo de una porción de una persona 22 a lo largo de una dirección vertical con el conjunto 36. La correspondiente información de "alcance" o "tiempo de vuelo" se puede utilizar para proporcionar datos de posición sobre una porción correspondiente de una persona 22 sometida a la interrogación. Otra información acerca de tales disposiciones se proporciona en la patente de EE.UU. de titularidad compartida número 5,859,609.

[0028] En una forma de realización preferida, el transceptor 42 y los elementos 38 del conjunto 36 tienen una forma adecuada para transmitir y/o recibir la radiación electromagnética seleccionada a partir del rango de aproximadamente un gigahercio a aproximadamente un terahercio (aproximadamente 1 GHz a aproximadamente 1 THz), lo que corresponde a un rango de longitud de onda de radiación electromagnética de espacio libre de aproximadamente 0,3 metros (m) a aproximadamente 300 micrómetros (μm). En otra forma de realización preferida, se utiliza una disposición del transceptor de impulsos que genera frecuencias en un rango de aproximadamente 200 MHz a aproximadamente 15 GHz dependiendo del ancho del impulso, lo que corresponde a un rango de longitud de onda de radiación electromagnética de espacio libre de aproximadamente 1,5 m a aproximadamente 0,02 m. En una forma de realización más preferida, el rango de frecuencias es de aproximadamente 1 GHz a aproximadamente 300 GHz con un rango de longitud de onda de espacio libre correspondiente de aproximadamente 0,3 metros a aproximadamente 1 milímetro (mm). En una forma de realización más preferida, el rango de frecuencias es de aproximadamente 5 GHz a aproximadamente 110 GHz con un rango de longitud de onda de espacio libre correspondiente de aproximadamente 0,06 m a aproximadamente 2,7 mm.

[0029] La vía de transmisión para un elemento dado 38 de la columna de transmisión se puede seleccionar para que sea aproximadamente de la misma longitud que la vía de transmisión para el elemento (los elementos) correspondiente(s) 38 de la columna de recepción para simplificar la calibración. Sin embargo, en otras formas de realización, la disposición de transmisión/recepción puede diferir. Por ejemplo, en una forma de realización alternativa, uno o más elementos 38 se usan para tanto transmisión como para recepción. En otra forma de realización alternativa, se utiliza una mezcla de ambos métodos. Típicamente, las señales recibidas a partir del conjunto 36 se rebajan en frecuencia y se convierten en un formato procesable a través de la aplicación de

técnicas estándar. En una forma, el transceptor 42 es de un tipo de onda continua modulada por frecuencia (FM/CW) heterodina biestática como la que se describe en la patente de EE.UU. número 5,859,609. Las patentes de EE.UU. de titularidad compartida números 5,557,283 y 5,455,590 proporcionan diferentes ejemplos no limitativos de otras disposiciones del transceptor. En otras formas de realización, se puede utilizar una mezcla de diferentes configuraciones del transceptor/elemento de detección con rangos de frecuencia superpuestos o no superpuestos que pueden incluir uno o más del tipo de impulso, del tipo homodino monoestático, del tipo heterodino biestático, y/o de tal otro tipo como se les ocurriría a los expertos en la técnica.

[0030] El transceptor 42 proporciona los datos correspondientes a las señales del conjunto a uno o más procesadores 44 del subsistema 40. El procesador (los procesadores) 44 puede(n) cada uno estar compuesto(s) de uno o más componentes de cualquier tipo adecuado para procesar los datos recibidos del transceptor 42, que incluyen circuito digital, circuito análogo, o una combinación de ambos. El procesador (los procesadores) 44 puede(n) ser de un tipo programable; una máquina de estado cableado dedicada; o una combinación de estos. Para una forma de procesador múltiple; se puede utilizar procesamiento distribuido, conducido por conductos y/o en paralelo según sea apropiado.

[0031] La memoria 46 se incluye con el procesador (los procesadores) 44. La memoria 46 puede ser de una variedad de estado sólido, variedad electromagnética, variedad óptica, o una combinación de estas formas. Además, la memoria 46 puede ser volátil, no volátil, o una mezcla de estos tipos. La memoria 46 puede estar al menos parcialmente integrada en el procesador (los procesadores) 44. El dispositivo de memoria extraíble (R.M.D., por sus siglas en inglés) 48 también se incluye en el procesador (los procesadores) 44. El R.M.D. 48 puede tener una forma de disquete, cartucho o de cinta de medios de grabación electromagnética extraíbles; un disco óptico, tal como un tipo de CD o DVD; un tipo de estado sólido reprogramable eléctricamente de memoria no volátil, y/o tal variedad diferente como se les ocurriría a los expertos en la técnica. En otras formas de realización, el R.M.D. 48 está ausente.

[0032] El subsistema 40 se acopla al motor 34 para controlar selectivamente la rotación de la plataforma 32 con el procesador (los procesadores) 44 y/o el transceptor 42. El subsistema 40 se aloja en una estación de supervisión/control 50 que también incluye uno o más dispositivos de entrada para el operador 52 y uno o más dispositivos de visualización 54. El dispositivo (los dispositivos) de entrada para el operador 50 puede(n) incluir un teclado, ratón u otro dispositivo de puntero, un subsistema de entrada de reconocimiento de voz y/o una disposición diferente como se les podría ocurrir a los expertos en la técnica. El dispositivo (los dispositivos) de visualización para el operador 52 puede(n) ser de un tipo de tubo de rayos catódicos (CRT), tipo de pantalla de cristal líquido (LCD), tipo de plasma, tipo de diodo de salida de luz orgánica (OLED), o tal tipo diferente como se les podría ocurrir a los expertos en la técnica. La estación 50 se dispone para ser controlada por uno o más operadores del punto de seguridad responsables del funcionamiento del sistema 20 como se describe con más detalle más adelante.

[0033] El sistema 20 además incluye un subsistema de comunicación 60 acoplado al subsistema 40 por enlace de comunicación 62. El subsistema 60 incluye un servidor de red 63 acoplado a la red informática 70. La red informática 70 se puede proporcionar en forma de una red de área local (LAN), una red de área municipal (MAN), y/o una red de área amplia (WAN) o bien un tipo privado o bien tipo abierto públicamente, tal como internet. La conexión 62 se puede proporcionar por tal red o ser de una variedad de canales de comunicación dedicados. El servidor 63 se puede situar remotamente con respecto al subsistema 40. De hecho, en una forma de realización, el servidor 63 se acopla a un número de subsistemas situados remotamente 40 con portales correspondientes 30. En otras formas de realización, más de un servidor 63 se puede acoplar a una disposición común de portal 30 y subsistema 40. Alternativamente o adicionalmente, el servidor 63 puede formar parte integral del subsistema 40. En otras formas de realización, el servidor 63, la red 70 y los sitios 80 están ausentes. De hecho, el R.M.D. 48 se puede utilizar para transferir alternativamente o adicionalmente los datos entre el subsistema 40 y los otros dispositivos informáticos/de procesamiento.

[0034] El servidor 63 se puede operar para comunicarse a través de la red 70. La red informática 70 acopla juntos de manera comunicativa un número de sitios 80. Cada sitio 80 incluye un ordenador 82 dispuesto para interactuar de manera comunicativa con la red informática 70. Cada ordenador 82 incluye uno o más dispositivos de entrada para el operador 50 y uno o más dispositivos de salida para el operador 52 tal y como se ha descrito anteriormente para el subsistema 40, que no se muestran para preservar la claridad. El dispositivo (los dispositivos) 50 y 52 en cada sitio 80 proporcionan selectivamente una capacidad de entrada y de salida (I/O) para el operador. El ordenador 82 puede tener la forma de otro subsistema 40, un ordenador personal o terminal de trabajo informático, otro servidor informático, asistente digital personal (PDA) y/o una configuración diferente como se les podría ocurrir a los expertos en la técnica. Aunque solo se ilustran dos sitios 80 para preservar la claridad, se debería entender que se pueden acoplar más o menos de ellos vía la red informática 70.

[0035] Colectivamente, el servidor 63, la red informática 70 y los sitios 80 proporcionan una disposición para comunicarse remotamente con la estación 50. La interconexión de estos componentes puede ser por cableado, inalámbrica, o una combinación de las dos. En lugar de o además de la red 70, uno o más sitios 80 y un servidor 63 se podrían acoplar mediante cable dedicado o similar. La comunicación a través de la red 70 se puede utilizar

para controlar el rendimiento de la estación 50, actualizar el software asociado al subsistema 40, operar remotamente la estación 50 o el portal 30 y/o proporcionar datos pertinentes al reconocimiento de objetos sospechosos con el sistema 20 como se describirá más pormenorizadamente más adelante. En una tal disposición, uno o más de los sitios 80 se configuran como un repositorio para datos pertinentes para el filtro de seguridad con el sistema 20.

[0036] En referencia adicionalmente al organigrama de la fig. 3, un modo de operación del sistema 20 se ilustra como el procedimiento 120. El procedimiento 120 se realiza con el sistema 20 para proporcionar información de imagen representativa de una persona 22 que lleva un objeto 25. El procedimiento 120 empieza con la operación 121. En la operación 121, la persona 22 entra en el portal 30 en un punto de control de seguridad para ser examinada en cuanto a armas, contrabando y/o otros artículos/materiales. El procedimiento 120 procede a iniciar la operación 122 que establece el índice de interrogación "I" en uno ($I = 1$). Desde la operación 122, el procedimiento 120 entra en el bucle de interrogación 124 y empieza con la rutina de interrogación 130. La rutina de interrogación 130 interroga una porción de la persona 22 dentro de un campo de visión del conjunto 36 a medida que la persona 22 gira en la plataforma 32. El índice I es un índice de número entero para el número de diferentes rutinas de interrogación 130 realizadas como parte del procedimiento 120.

[0037] En referencia a la fig. 4, la rutina de interrogación 130 se ilustra con más detalle. La rutina 130 empieza con la operación de inicialización 132 donde el índice de transmisión N se establece en uno ($N = 1$). A partir de la operación 132, se introduce el bucle de secuenciación del elemento 134, empezando con la operación de transmisión/recepción 136. El índice N es un índice de número entero para el número de operaciones de transmisión/recepción 136 realizadas durante la rutina 130. En la operación 136, una porción de la persona 22 en el campo de visión de un número "N" de los elementos de transmisión del conjunto 36 se irradia con radiación electromagnética y uno o más elementos de recepción correspondientes recopilan la radiación electromagnética reflejada en respuesta a la transmisión. Los elementos de transmisión y de recepción se seleccionan mediante la lógica del transceptor 42 con el árbol de conmutación 43 tal y como se ha descrito anteriormente. Desde la operación 136, la rutina 130 procede al condicional 138, que evalúa si el número "N" de los elementos de transmisión es el último elemento necesitado para transmitir ($N = \text{¿ÚLTIMO?}$); donde ÚLTIMO es el número total de los elementos de transmisión que se activan por el transceptor 42.

[0038] En una forma, para cada ejecución de la rutina 130, el elemento de transmisión "N" hace dos barridos a través de un rango de frecuencias seleccionado, y la información de retrodispersión correspondiente para cada uno de los dos barridos se recibe con un elemento de recepción diferente. Los elementos de transmisión se pueden graduar con respecto a los elementos de recepción de manera que el elemento de transmisión N se alinee con un punto entre los dos elementos de recepción a lo largo de un eje común del conjunto. La patente de EE.UU. número 5,557,283 describe un ejemplo de esta disposición de elementos de transmisión y de recepción. En otras formas, se puede utilizar una técnica diferente que implica más o menos barridos, diferentes tipos de barridos, y/o diferentes orientaciones y números de transmisiones/recepciones.

[0039] Si la prueba del condicional 138 es negativa ($N < \text{ÚLTIMO}$), entonces se realiza un incremento de la operación 142, incrementando N en uno ($N = N + 1$). El bucle 134 retorna de la operación 142 a la operación de transmisión/recepción 136 para la ejecución con el subconjunto de transmisión/recepción de los elementos 38 que corresponden con el nuevo valor incrementado de N a partir de la operación 142. De esta manera, los elementos 38 se activan en una vía vertical a lo largo del conjunto 36 con el transceptor 42 para proporcionar datos a lo largo de una región contigua de la persona 22.

[0040] La resolución de la información de la interrogación obtenida con el transceptor 42 se puede mejorar mediante un barrido de manera lineal a través de un rango de frecuencias ultraamplias seleccionadas durante cada operación 136. En una forma preferida, el transceptor 42 hace barridos a través de un rango de al menos 10 GHz para cada ejecución de la operación 136. Este barrido puede ocurrir, por ejemplo, a través de un rango de aproximadamente 10 GHz a aproximadamente 20 MHz. En una forma más preferida, el transceptor 42 y los elementos 38 se disponen para un rango de barrido de 16 GHz. Este barrido puede ocurrir, por ejemplo, a través de un rango de aproximadamente 24 GHz a aproximadamente 40 GHz. En una forma más preferida, el rango de barrido ultraamplio se selecciona de manera que la resolución del rango sea generalmente igual a la resolución lateral. En estas formas, los elementos 38 se seleccionan para que sean de un tipo con una respuesta de frecuencia adecuada para el rango de barrido seleccionado, que incluyen, pero de forma no limitativa, el tipo de antena de ranura cónica o de radiación longitudinal. En otra forma, el transmisor puede hacer un barrido a través de un rango de frecuencias determinado (tal como de 10 GHz a 20 GHz) en un orden pseudoaleatorio, conocido a veces como salto de frecuencia.

[0041] El bucle 134 se repite el ÚLTIMO número de veces, secuenciando a través de los elementos de transmisión/recepción 38 deseados del conjunto 36 bajo el control del transceptor 42. Cuando la prueba del condicional 138 es verdadera, la derivación afirmativa procede a la operación de los datos 144. Los datos resultantes de la ejecución de la operación 136 se proporcionan por el transceptor 42 al procesador (los procesadores) 44. En la operación de los datos 144, un conjunto de datos de interrogación se establece para la información reunida a través de la ejecución repetida de la operación 136 desde $N = 1$ hasta $N = \text{ÚLTIMO}$. Este

conjunto de datos corresponde al valor actual del índice de número entero I y la porción iluminada durante estas ejecuciones. Inicialmente, el conjunto de datos de interrogación se puede acumular y organizar por el transceptor 42, el procesador (los procesadores) 44 o ambos; y luego almacenarse en la memoria 46 para procesamiento adicional por el procesador (los procesadores) 44 como se describe en relación con el resto del procedimiento 120. Desde la operación 144, la rutina 130 retorna a la fase siguiente del procedimiento 120.

[0042] Con referencia de nuevo a la fig. 3, el procedimiento 120 continúa con el condicional 152 que evalúa si se ha alcanzado el valor final del índice I ($I = \zeta \text{TOTAL?}$); donde TOTAL es el número total de ejecuciones de bucle 124 deseadas (y rutina 130) para el procedimiento 120. Si la prueba del condicional 152 es negativa ($I < \text{TOTAL}$), el procedimiento 120 continúa incrementando la operación 154 para incrementar el índice I en uno ($I = I + 1$). El bucle 124 vuelve entonces a la rutina 130 para la siguiente ejecución hasta que I se incrementa para ser igual que TOTAL.

[0043] Con la ejecución del bucle 124 un número TOTAL de veces, un número TOTAL de conjuntos de datos de interrogación se almacenan en la memoria 46. Cuando la prueba del condicional 152 es verdadera, el procedimiento 120 continúa con la operación de segmentación cilíndrica 160. En la operación 160, los conjuntos de datos de interrogación se procesan con el procesador (los procesadores) 44 para generar un número de conjuntos de datos de imagen cilíndrica que corresponden cada uno con un segmento de arco del cilindro C. En referencia a la fig. 2, el segmento de arco S1 delimita un ángulo de visión V de aproximadamente 90 grados con respecto a la persona 22. El segmento de arco S1 define una abertura cilíndrica CA que se extiende a lo largo del eje R. El conjunto de datos de imagen que corresponden con el segmento de arco S1 representa la superficie tridimensional del cuerpo B que es reflectante con respecto a la radiación electromagnética seleccionada, como si se viera a través de la apertura cilíndrica CA. En una forma conveniente, el conjunto de datos de imagen se define en términos de coordenadas cilíndricas, aunque cualquier sistema de coordenadas tridimensional se puede usar. Cada conjunto de datos de imagen se determina a partir de los datos de interrogación reunidos para el segmento de arco correspondiente por el procesador (los procesadores) 44. Se hace referencia a la patente de EE.UU. de titularidad compartida número 5,859,609 para mayor descripción sobre la determinación de los datos de imagen cilíndrica.

[0044] Durante la operación 160, los conjuntos de datos de imagen cilíndrica se determinan para un número de segmentos de arco alrededor del eje R que circunscriben colectivamente a la persona 22. En la fig. 5, ocho segmentos de arco superpuestos S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7 y S8 (colectivamente segmentos S) se ilustran con respecto a la vía generalmente circular P y el correspondiente cilindro C. Los segmentos S1, S3, S5 y S7 se representan esquemáticamente por flechas de doble punta ligeramente hacia el exterior de la vía P y los segmentos S2, S4, S6 y S8 se representan esquemáticamente por flechas de doble punta ligeramente dentro de la vía P para preservar la claridad. En la fig. 5, los segmentos S corresponden cada uno a un ángulo de visión de aproximadamente 90 grados, y cada uno se superpone a otros dos en aproximadamente 45 grados. Se debe entender que cada segmento S diferente corresponde a una representación de una porción diferente de la persona 22. En otras formas de realización, el ángulo de visión puede diferir y/o puede ser no uniforme de un segmento de arco S al siguiente. Alternativamente o adicionalmente, la superposición puede ser intermitente o estar ausente.

[0045] El procedimiento 120 continúa con la operación de mapeo 162. En la operación 162, los datos de imagen obtenidos para los segmentos de arco S circunscriptores se mapean mediante el procesador (los procesadores) 44 en una superficie común para el cuerpo B, que a su vez define un volumen común del cuerpo B. La operación 162 puede incluir la reconciliación de un punto de datos con uno de los segmentos de arco S para una ubicación determinada que difiere en una cantidad límite del punto de datos de la misma ubicación en otro de los segmentos de arco S. En una forma de realización, una técnica de promedio se usa y se interpolan puntos de datos intermedios. En otra forma de realización, se utiliza una función del peso que reduce progresivamente la contribución de unos puntos de datos a medida que aumenta la distancia de estos puntos de datos desde el punto medio del segmento de arco correspondiente S. Los conjuntos de datos cilíndricos se combinan preferiblemente de manera incoherente (después de calcular la magnitud) para reducir la interferencia de fase indeseable en las imágenes. La operación 162 proporciona una representación topográfica del cuerpo B y el volumen limitado por su(s) superficie(s) alrededor del eje R que son reflectantes con respecto a la radiación electromagnética usada para las interrogaciones de la rutina 130.

[0046] El procedimiento 120 procede con la operación 164. En la operación 164, uno o más conjuntos de datos de imagen se determinan con el procesador (los procesadores) 44 a partir de la representación topográfica del cuerpo B proporcionada por la operación 162. Estos conjuntos de datos de imágenes bidimensionales se representan a partir de los datos volumétricos para el cuerpo B mediante la realización de una proyección de rayos paralelos bidimensional a partir de un ángulo de visión deseado. A lo largo de cada rayo paralelo, la intensidad se atenúa en proporción a los datos que encuentra en la representación volumétrica. Después de la atenuación, la intensidad de vóxel máxima se selecciona para representar una intensidad de píxel de imagen para el rayo correspondiente. El factor de atenuación se ajusta de modo que la superficie posterior de la representación no contribuya a la prestación. Generalmente, el resultado es un mapa bidimensional de la intensidad de píxeles de imagen para cada ángulo de visión seleccionado. Además del mapeo de intensidad,

5 otras características del sujeto interrogado se pueden mapear. Por ejemplo, el rango del conjunto de interrogación 36 en una región seleccionada de un sujeto puede utilizarse para generar un mapa de imagen característico. En una implementación, el rango puede utilizarse para generar un mapa de profundidad relativa de la superficie reflectante del sujeto interrogado con respecto a las ubicaciones de referencia designadas. Específicamente, el rango (profundidad) se puede determinar a partir de diferencias en el retraso temporal entre la transmisión y la detección de energía electromagnética retornada. En una forma particular, un mapa de imagen "pixelada" de profundidad se proporciona a partir de tal información de rango con las ubicaciones de referencia ("píxeles de profundidad") siendo iguales que las ubicaciones de los píxeles de intensidad máxima en el mapa de imagen basado en intensidad. Este ejemplo se considera adicionalmente en relación con la rutina 10 170a de la fig. 6 más adelante.

15 [0047] Los conjuntos de datos (mapa) de imagen bidimensional se pueden usar cada uno para mostrar una imagen correspondiente con el dispositivo (los dispositivos) 52 según sea apropiado. En una forma de realización, un número de imágenes bidimensionales desde distintos ángulos de vista se representan a partir de la representación volumétrica en la operación 164. Estas imágenes se pueden presentar en una secuencia seleccionada para proporcionar una animación del cuerpo B. En una forma, una secuencia de aproximadamente 32 a aproximadamente 64 vistas distanciadas generalmente uniformemente alrededor del eje R se utilizan para generar una animación rotativa del cuerpo B alrededor del eje R. En otras formas de realización, datos representativos de una o más imágenes/mapas bidimensionales se pueden determinar sin la formación intermedia de una representación topográfica. Los sistemas que utilizan una forma plana de conjunto para escanear un sujeto son particularmente adecuados para la generación directa de datos de imagen/mapa bidimensional, tal como el sistema descrito, por ejemplo, en relación con las fig. 14 y 15 más adelante. En otras formas de realización, la visualización de la imagen puede mostrarse solo parcialmente, registrarse esquemáticamente, y/o dependiente de la detección de un objeto sospechoso como se describe más 25 pormenorizadamente a continuación.

30 [0048] A partir de la operación 164, el procedimiento 120 continúa con la realización de la operación de detección de objetos 170. En la operación 170, se hace una determinación de si la persona está llevando uno o más objetos de interés, tales como los que pueden suponer una amenaza para la seguridad. Estos objetos pueden estar ocultos completamente o parcialmente por la ropa de la persona 22. En una forma, la determinación se realiza inicialmente por inspección de una o más imágenes representadas en la operación 164. Alternativamente o adicionalmente, el procesamiento digital de datos de imagen se realiza para determinar si uno o más objetos sospechosos están siendo llevados por la persona 22, tal como el objeto oculto 25 mostrado en la fig. 1. Ejemplos no limitativos de tales técnicas digitales se describen con más detalle en relación con las fig. 6-10 más adelante. Después de la operación 170, el condicional 195 evalúa si algún objeto sospechoso fue indicado. Si la prueba del condicional 195 es negativa (falsa), el procedimiento 120 se detiene. Si la prueba del condicional 195 es positiva (verdadera), el procedimiento 120 continúa con la operación 200. En la operación 200, la presencia de objetos sospechosos se comunica a un operador.

40 [0049] Esta comunicación puede incluir la visualización de una imagen de parte o de todo el sujeto asociado con el objeto sospechoso generada en la operación 164. Se pueden generar señales de alerta visuales y/o audibles en la operación 200 para centrar la atención del operador en la persona que se está sometiendo a la inspección y/o una imagen correspondiente. Opcionalmente, los rasgos de imagen sospechosos se pueden destacar mediante una característica visual tal como un color de identificación, un titileo/parpadeo u otra variación de intensidad y similares. Basándose en esta visualización, un operador puede determinar si se justifica inspección adicional, si la persona 22 debería ser retenida como un riesgo para la seguridad y similares. Adicionalmente o 45 alternativamente, la información relativa a la clasificación y la detección de los objetos se pueden visualizar en formato de texto o gráfico para la consideración del operador. Como otra opción, diferentes vistas de la persona y/o regiones de imagen sospechosas se pueden visualizar simultáneamente. En variaciones adicionales, un operador puede cambiar entre vistas diferentes y/o puede acercarse o alejarse para cambiar el tamaño relativo de una imagen que se está visualizando usando un dispositivo (dispositivos) de entrada 52. En otras formas de realización, se pueden utilizar falsas alarmas para refinar el criterio de detección como se desee.

55 [0050] Para esconder/ocultar los rasgos del cuerpo a los que se podría poner una objeción de privacidad, el cuerpo de la persona se puede mostrar como una imagen de cuerpo esquemática, tal como una silueta, maniquí, cuerpo de alambre, otra representación de género neutro, y/o como una fotografía de rango de luz visible o representación en vídeo de la persona. En tales representaciones del cuerpo, una superposición situada correspondientemente de cualquier objeto sospechoso se puede mostrar para el visionado del operador. Alternativamente o adicionalmente, se puede hacer frente a las cuestiones de privacidad mediante la inspección 60 de imágenes en sección transversal tomadas a lo largo de la altura de persona 22 para evaluar al menos parcialmente si un objeto sospechoso está siendo llevado potencialmente. Un método para la formación de imágenes en sección transversal se describe con más detalle en la patente de EE.UU. n.º 6,507,309 (incorporada por referencia), que, en cambio, se dirige para reunir información dimensional acerca de la región seccionada, tal como su circunferencia. Otros aspectos inventivos de vistas en sección se describen con más detalle en relación con los ejemplos experimentales ilustrados en relación con la fig. 13 más adelante.

[0051] Para reducir adicionalmente la cantidad de imágenes inspeccionadas por el operador que podrían ser objeto de una queja de privacidad, se puede usar procesamiento digital en la operación 170 para identificar inicialmente qué imágenes se deben presentar a un operador, específicamente solo aquellas para las que tal procesamiento ha indicado la presencia de un objeto sospechoso. Por consiguiente, un operador solo revisa las imágenes que se indican que muestran uno o más objetos de interés, tal como un arma o contrabando, y los problemas de privacidad como mínimo se reducen razonablemente si no se eliminan completamente. En otras formas de realización, la visualización de imágenes del cuerpo bajo la ropa puede ser aceptable condicionalmente o incondicionalmente, o puede estar completamente ausente. Alternativamente o adicionalmente, la información reunida con el subsistema 40 se envía vía la red informática 64 a uno o más sitios remotos 80. Los sitios 80 pueden realizar parte o la totalidad del procesamiento de datos del procedimiento 120 en lugar del procesador (los procesadores) 44. En un proceso, se escanea de manera no intrusiva un individuo vestido mediante el portal 30 y la información de la imagen se envía vía el servidor 63 y la red 70 a un ordenador designado 82. Alternativamente o adicionalmente, se puede acceder a la información de los antecedentes de una persona que lleva un objeto de interés vía el servidor 63 y la red 70.

[0052] Después de la ejecución de la operación 200, el procedimiento 120 termina. También, si el condicional 195 es negativo, el procedimiento 120 termina, evitando la operación 200. Se debería entender que el procedimiento 120 se puede repetir para cada persona que pasa a través de un punto de control de seguridad determinado y/o se puede repetir múltiples veces para una persona determinada si los resultados parecen ser ambiguos.

[0053] Las rutinas de procesamiento digital 170a y 170b se describen con más detalle en relación con las fig. 6-10. Las rutinas 170a y/o 170b pueden implementarse con el sistema 20 de la misma manera que el procedimiento 120 o como una parte del mismo. Respecto a la rutina 170a en particular, se ha descubierto que la intensidad y la profundidad se pueden utilizar para discernir objetos artificiales llevados por un sujeto humano. Generalmente, los objetos artificiales del tipo usado como un arma o contrabando tienen frecuentemente superficies planas y bordes agudos que se pueden discriminar de las superficies más suaves típicamente curvadas de un sujeto humano basándose en el mapeo de intensidad y de profundidad proporcionado con energía electromagnética reflejada/retornada con una o más frecuencias en el rango de 200 MHz a 1 THz. La rutina 170a es una forma de realización que implementa este descubrimiento.

[0054] En la rutina 170a, el procesamiento digital de datos de la imagen se realiza en la operación 170 en vez de o además de cualquier otro método de detección para determinar si uno o más objetos sospechosos están presentes, tales como un arma y/o contrabando llevados bajo la ropa de la persona 22. En referencia a la fig. 6, la rutina 170a se muestra en forma de organigrama. La rutina 170a empieza estableciendo el contador de imagen F en uno ($F = 1$) en la operación 172a. El contador F indexa las imágenes adyacentes de la operación 162 para el procesamiento en la rutina 170a. Inicialmente, la rutina 170a genera dos mapas de datos de imagen bidimensional diferentes del tipo previamente descrito en relación con la operación 164 del procedimiento 120. Estos son: (a) un mapa bidimensional derivado de la representación topográfica basándose en la intensidad de píxel máxima (un mapa de intensidad) y (b) un mapa bidimensional basándose en la profundidad relativa de la superficie reflectante determinada a partir de la información del rango (un mapa de profundidad).

[0055] Para cada mapa de imagen F, la rutina 170a selecciona un número de porciones de imagen más pequeñas para que se evalúen cada una separadamente en una operación de núcleo indexada por el contador K. Cada núcleo de mapa de imagen K corresponde a un grupo de píxeles de imagen del mapa de intensidad y del mapa de profundidad.

Este grupo de píxeles de imagen tienen las mismas ubicaciones relativas en cada uno de los dos mapas. En la operación 174a, el contador del índice del núcleo K se establece en uno ($K = 1$). Desde la operación 174a, la rutina 170a procede a la operación 176a. En la operación 176a, se selecciona el núcleo K de la imagen actual F para el procesamiento.

[0056] Desde la operación 176a, la rutina 170a continúa con la operación 178a. En la operación 178a, un operador de diferencia se aplica al mapa de profundidad al núcleo K para proporcionar un mapa de diferencia de profundidad correspondiente. Específicamente, este operador de diferencia aproxima un derivado del mapa de profundidad bidimensional usando una operación de diferencia. En otras formas, un operador de diferencia se podría utilizar de forma similar. Como se utiliza en este caso, "diferencia de profundidad" para un mapa o imagen se destina para referirse al resultado de una operación diferencial continua y/o una operación de diferenciación discreta aplicada a un mapa de profundidad. Por consiguiente, se debería entender que una operación realizada como una función de la profundidad abarca, pero no de forma limitativa, una operación más específica realizada como función de la diferencia de profundidad.

[0057] Desde la operación 178a, la rutina 170a procede a la operación 180a. En la operación 180a, la entrada desde el mapa de intensidad para el núcleo K y el mapa de diferencia de profundidad para el núcleo K se proporciona a entradas correspondientes de una red neuronal para procesamiento adaptable. En una forma, los rasgos extraídos se introducen en una forma de perceptrón multicapa de la red neuronal. La red se configura para la identificación de objetos a través de un proceso de aprendizaje repetitivo, tal como una propagación

posterior del algoritmo de error. En otras formas de realización, se puede utilizar adicionalmente o alternativamente un tipo diferente de red neuronal y/o técnica de aprendizaje. En otras formas de realización adicionales, un tipo diferente de técnica de procesamiento adaptable se puede utilizar además de o como una alternativa a una red neuronal, tal como lógica difusa, un sistema de aprendizaje experto asistido por operador, o similares. Además, se puede usar alternativamente o adicionalmente procesamiento no adaptable. También, se debería apreciar que parte de o la totalidad de la información de diferencia de profundidad deseada se puede realizar intrínsecamente a la operación 180a en lugar de la operación 178a basándose en la entrada de la información del mapa de variación de profundidad directa y/o una función diferente dependiente de la profundidad se puede introducir en la red neuronal usando técnicas conocidas por los expertos en la técnica. Alternativamente o adicionalmente, una función diferente dependiente de la información de la imagen de intensidad se puede introducir en la red neuronal en lugar de parte o la totalidad de la información del mapa de intensidad directa usando técnicas conocidas por los expertos en la técnica.

[0058] En una forma particular, un tamaño de núcleo de 7 por 7 píxeles se utiliza para tanto los datos de profundidad como de intensidad. En esta disposición, una forma de red neuronal de perceptrón que se ha utilizado incluía cuatro capas con 98 entradas ($7 \times 7 = 49$ píxeles de cada una de las dos fuentes de entrada para proporcionar un total de $49 \times 2 = 98$ entradas). Esta red incluía 140 neuronas en la primera capa oculta, 25 neuronas en la segunda capa oculta, y dos salidas. Estas salidas representan las clases: (1) identificable como un objeto artificial y (2) no identificable como un objeto artificial. Se podrían incluir otras clases, tales como una que corresponda con la identificación de un atributo "humano". En el experimento realizado, la red neuronal examinó simultáneamente las dos áreas de 49 píxeles del mapeo de diferencia de intensidad y de profundidad para decidir si había un objeto artificial en la ventana del núcleo. Para cada núcleo K procesado, las salidas se comparan con un valor límite para proporcionar un resultado discreto en la operación 181a. Este límite se puede ajustar manualmente y/o dinámicamente basándose en el índice de falsa alarma, índice de detección o similares.

[0059] Desde la operación 180a, la rutina 170a procede al condicional 182a que evalúa si el núcleo K es el último núcleo (FINAL) de la imagen determinada que requiere análisis. Si no, la derivación negativa (falsa) del condicional 182a procede al operador 183a para incrementar K ($K = K + 1$). Desde la operación 183a, la rutina 170a retorna a la operación 176a vía un bucle 184a para procesar el siguiente núcleo de intensidad K y el núcleo de profundidad K de la imagen F. Para cada ejecución del bucle 184a, el núcleo K cambia a un grupo diferente de píxeles; sin embargo, uno o más píxeles se pueden incluir en dos o más núcleos K, de manera que haya un grado de superposición. En otras formas de realización, uno o más píxeles se pueden saltar de un núcleo K al siguiente núcleo K. En otras formas de realización, la composición de píxeles del núcleo K puede ser dependiente de la naturaleza de la salida de la red neuronal. En un ejemplo particular, el grado de superposición entre núcleos K se aumenta cuando se indica un objeto sospechoso mediante procesamiento adaptable y/o el procesamiento del núcleo seleccionado se reconfigura para procesar píxeles saltados previamente próximos a cualquier píxel que indique tal objeto.

[0060] A medida que núcleos K diferentes de los dos mapas se procesan por la red neuronal en el bucle 184a, los resultados de salida límites se acumulan en la operación 181a para proporcionar un correspondiente mapa de imagen procesado adaptablemente con una indicación discreta de cualquier objeto artificial sospechoso detectado. Este mapa de imagen corresponde a la salida para cada núcleo K y correspondientemente puede tener una resolución dependiente de la(s) técnica(s) usada(s) para definir los núcleos. También, se debería entender que mientras que el bucle 184a procesa un núcleo K a la vez, en otras formas de realización se podrían procesar dos o más núcleos en paralelo y/o se podrían utilizar diferentes tamaños o configuraciones de núcleos. Si la prueba del condicional 182a indica que el núcleo final K ha sido procesado para la imagen F, entonces la derivación afirmativa (verdadera) del condicional 182 procede a la operación 187a.

[0061] En la operación 187a, uno o más filtros se aplican para eliminar falsas alarmas y/o falsos negativos de la imagen procesada adaptablemente resultante proporcionada para la imagen F por el procesamiento repetitivo de diferentes núcleos K en el bucle 184a. En una forma, se aplica un filtro medio que reemplaza cada píxel con el valor medio de sus vecinos para eliminar generalmente píxeles remotos únicos producidos potencialmente por ruido. Alternativamente o adicionalmente, se puede utilizar uno o más filtros morfológicos para cambiar la estructura de una imagen. Tales filtros morfológicos pueden incluir un tipo de dilatación y/o de erosión. Como se utiliza en este documento, un "filtro de dilatación" aumenta un objeto llenando los espacios vacíos, y un "filtro de erosión" disminuye un objeto reduciendo los píxeles aislados. En un ejemplo experimental particular, se utilizó una serie de tres a cuatro filtros con ajustes diferentes para producir primero una operación de filtración de erosión y luego una operación de filtración de dilatación.

[0062] A partir de la operación 187a, se encuentra el condicional 188a que evalúa si hay disponibles múltiples fotogramas para el tipo particular de técnica de formación de imágenes. De forma notable, se producen generalmente múltiples fotogramas mediante el procedimiento 120, lo que proporciona un resultado afirmativo (verdadero) para el condicional 188a. A partir de esta derivación afirmativa, se encuentra la operación 189a que compara las ubicaciones de objetos sospechosos de un fotograma al siguiente para proporcionar una medida de validación de detección de objeto si se descubre un objeto artificial sospechoso en los fotogramas adyacentes. Si el control fotograma a fotograma verifica el objeto detectado por el condicional 190a, entonces la rutina 170a

procede a la operación 192a desde la derivación positiva (verdadera) del condicional 190a. En la operación 192, la ubicación del objeto sospechoso se almacena con respecto al mapa de imagen de la persona 22 para procesamiento posterior en la operación 200 del procedimiento 120. Si el control fotograma a fotograma es incoherente, entonces la prueba del condicional 190a es negativa (falsa), y la rutina 170a procede al condicional 194a. Además, para formas de realización donde no hay disponibles múltiples fotogramas, y/o para las que no se desea un control fotograma a fotograma, la prueba del condicional 188a es negativa (falsa), lo que da como resultado que la rutina 170a procede incondicionalmente a la operación 192a.

[0063] El condicional 194a evalúa si todas las imágenes F han sido procesadas. Si la prueba del condicional 194a es negativa (falsa), entonces el índice F se incrementa ($F = F + 1$) en la operación 195a y la rutina 170a retorna a la operación 174a vía el bucle 196a para repetir el análisis núcleo a núcleo de la imagen siguiente F. Si todas las imágenes se han analizado, entonces se encuentra la derivación afirmativa del condicional 194a y la rutina 170a se detiene y retorna a su rutina de llamada (tal como el procedimiento 120).

[0064] Como una adición o alternativa a la rutina 170a, se puede realizar procesamiento digital de datos de imagen en la operación 170 conforme a la rutina 170b para determinar si uno o más objetos sospechosos están presentes, tales como un arma y/o contrabando llevados bajo la ropa de la persona 22. En referencia a la fig. 7, la rutina 170b se muestra en forma de organigrama. La rutina 170b empieza estableciendo el contador de imagen F en 1 ($F = 1$) en la operación 172b. El contador F indexa las imágenes adyacentes de la operación 164 para el procesamiento en la rutina 170b. Desde la operación 172b, la rutina 170b procede a la operación 174b. En la operación 174b, la imagen actual F se segmenta o se divide en una serie de porciones.

[0065] En referencia adicionalmente a la fig. 8, una región de imagen rectangular IR se ilustra en tres campos adyacentes. En el campo más a la izquierda, la región de imagen IR se segmenta en un primer conjunto, conjunto 1, de porciones de imagen numeradas 0-17. En el campo del medio, la región de imagen IR se segmenta en un segundo conjunto, conjunto 2, de porciones de imagen numeradas 18-27. Las porciones de imagen 0-17 se superponen a las porciones de imagen 18-27 como se ilustra en el conjunto combinado en la representación más a la derecha de la región de imagen IR en la fig. 8. En una forma de realización, el tamaño de un segmento se selecciona para ser lo suficiente grande como para contener la mayor parte de la región necesaria para indicar un tipo de objeto común de interés, pero no tan grande como para hacer difícil localizar tal objeto. En una disposición con utilización de radiación electromagnética de banda Ku, se descubrió que era deseable un tamaño de segmento de aproximadamente 32 por 32 píxeles. Sin embargo, en otras formas de realización, otros tamaños, formas, modelos, grados de uniformidad y/o atributos diferentes se pueden variar como se les ocurriría a los expertos en la técnica con o sin porciones superpuestas.

[0066] Con referencia de nuevo a la fig. 7, la rutina 170b continúa con la operación 176b. En la operación 176, los datos de imagen para cada segmento sufren una transformación de Fourier en el espacio de frecuencia espacial de Fourier.

La operación 176b se puede realizar con el subsistema 40 para proporcionar una representación de frecuencia espacial correspondiente para cada segmento de imagen. Típicamente, tal representación es de valor complejo. Se ha descubierto que los objetos artificiales frecuentemente tienen una representación de frecuencia espacial que típicamente tiene un porcentaje más alto de frecuencias espaciales superiores con respecto a los objetos naturales, tales como el cuerpo humano. También, las representaciones de frecuencia espacial para objetos artificiales tienden a dominar en direcciones determinadas en una distribución de frecuencias espaciales sobre el espacio de Fourier. Tales distinciones se pueden utilizar para clasificar porciones de imagen sospechosas de revelar un objeto artificial.

[0067] Dado que la información de frecuencia espacial del tipo proporcionado por una operación de transformación de Fourier implica típicamente valores complejos, resulta frecuentemente deseable simplificar los datos como parte del procedimiento de detección de objetos. En la operación 178b, un filtro de extracción se aplica para extraer rasgos a partir de la representación de frecuencia espacial que pueden ser indicativos de un objeto artificial. En referencia adicionalmente a la fig. 9, tres filtros extractores de rasgos diferentes FR1, FR2 y FR3 se ilustran de forma esquemática con respecto al espacio de Fourier. El extractor de rasgos FR1 tiene una configuración de anillos y cuñas, que incluye un medio plano de cuñas y un medio plano de anillos centrados en el componente de frecuencia cero (0) en el espacio de Fourier. En este extractor, las cuñas proporcionan invariancia de escala y los anillos proporcionan invariancia rotacional. El filtro de extracción FR2 tiene una configuración de sectores. Integrando las frecuencias espaciales dentro de cada sector, se puede generar un conjunto de rasgos que representan aspectos angulares y radiales del segmento de imagen correspondiente. Aunque no invariante, el filtro de extracción FR2 se puede utilizar para identificar objetos que tienen orientaciones y/o tamaños preferidos. El filtro de extracción FR3 tiene una configuración de anillos que es invariante en rotación y representa así un segmento basado en un componente de frecuencia espacial radial. En la operación 178b, se puede aplicar uno o más de estos tipos de filtro de extracción (FR1, FR2, FR3) y/o se puede utilizar un tipo diferente de filtro de extracción. En otras formas de realización, la extracción en esta fase puede estar ausente.

[0068] En la operación 180b, los rasgos extraídos durante la operación 178b se introducen en una red neuronal definida con el subsistema 40. En una forma, los rasgos extraídos se introducen en una forma de perceptrón multicapa de red neuronal. La red se configura para la identificación de objetos a través de un proceso de aprendizaje repetitivo, tal como una propagación posterior del algoritmo de error. En otras formas de realización, un tipo diferente de red neuronal y/o técnica de aprendizaje se puede utilizar adicionalmente o alternativamente. En otras formas de realización adicionales, un tipo diferente de técnica de procesamiento adaptable se puede utilizar además de o como una alternativa a una red neuronal, tal como lógica difusa, un sistema de aprendizaje experto asistido por operador, o similares. Alternativamente o adicionalmente, se puede utilizar procesamiento no adaptable.

[0069] Desde la operación 180b, la rutina 170b continúa con el condicional 182b que evalúa si todas las imágenes han sido procesadas conforme a las operaciones 174b-180b. Si no, el contador F se indexa ($F = F + 1$) en la operación 184b y el bucle 186b retorna a la operación 174b para procesar la imagen siguiente. Si el condicional 182b es afirmativo, la rutina 170b continúa con la operación 188b donde los resultados obtenidos del bucle 186b para diferentes fotogramas de imagen se comparan para determinar si son coherentes unos con otros. En un ejemplo no limitativo con respecto a los segmentos de arco S, los resultados de imagen para segmentos de arco S1 y S2 se podrían comparar unos con otros en la medida en que se superponen (véase la fig. 5). Asimismo, los resultados de imagen de superposición para los pares de segmentos de arco S2 y S3, S3 y S4, S4 y S5, S5 y S6, S6 y S7, S7 y S8, y S8 y S1 se pueden comparar para coherencia durante la operación 188b. En otras formas de realización, se pueden hacer más o menos fotogramas y/o una comparación diferente fotograma a fotograma. En otras formas de realización, no se hace comparación fotograma a fotograma en absoluto.

[0070] A partir de la operación 188b, se encuentra el condicional 190b en donde se evalúan los resultados de la comparación de fotogramas y/o un límite/criterio o más de detección deseado diferente para determinar si se indica algún objeto de interés. Si se indican tales objetos, entonces la ubicación relativa a la persona y los datos de imagen del objeto se almacenan en la operación 192b. Si la prueba del condicional 190b es negativa, entonces la rutina 170b retorna, evitando la operación 192b. Se debería entender que la realización de cualquiera de las operaciones 174b-180b y 188b y/o el condicional 190b puede implicar la comparación de resultados de procesamiento para uno o más valores límite u otros criterios para determinar si una correspondiente imagen, porción de imagen o representación, rasgo de imagen, o similares indica un objeto de interés. Cualquier tal criterio puede ser de naturaleza estática o dinámica. Los criterios dinámicos pueden ser ajustables por el operador, ajustados por la máquina de manera adaptable, y/o cambiados selectivamente mediante una técnica diferente como se les ocurriría a los expertos en la técnica. En referencia de nuevo a la fig. 3, una vez que la rutina 170b está completa, el procedimiento 120 puede proceder al condicional 195, y si uno o más objetos sospechosos se detectaron, a la operación 200.

[0071] La fig. 10 ilustra la disposición de detección de objetos 200 en forma de diagrama de bloques. La disposición 200 se puede implementar con el sistema 20. En el sistema 200, datos nuevos, datos de referencia y datos de igualación para un conjunto de transductores determinados se introducen en el preprocesador 204 designado generalmente por el número de referencia 202. La salida del preprocesador 204 se proporciona adicionalmente al generador de imagen 206 que puede producir datos de imagen interna con respecto al sujeto sometido a la interrogación. Estos datos de imagen interna se representan en una forma generada por ordenador en escala de grises como la imagen 206a. Se debería entender que estos datos de imagen interna no se pueden visualizar debido a cuestiones de privacidad y/o se pueden presentar de una manera que oculte los rasgos basados en el género, tal y como se ha descrito anteriormente en relación con el procedimiento 120.

[0072] Los datos de imagen interna proporcionados por el generador 206 se proporcionan adicionalmente a la red neuronal I, que se incluye en el operador 208. La red neuronal I se configura para determinar la presencia de objetos basándose en la información de diferencia de intensidad y profundidad como se describe en relación con la rutina 170a.

En una forma, el operador 208 se dispone para realizar la rutina 170a previamente descrita en relación con la fig. 6 para detectar posibles objetos artificiales o rasgos estructurales. Además del operador 208, los datos de imagen se proporcionan adicionalmente a la red neuronal II que se incluye en el operador 210. El operador 210 se dispone para detectar moteado en una imagen que es a veces indicativo de tipos determinados de materiales dieléctricos, que incluyen tipos determinados de explosivos. Además, los datos de imagen del generador 206 se proporcionan a la red neuronal III que se incluye en el operador 212. El operador 212 se dirige a la detección de rasgos estructurales artificiales basándose en la información de frecuencia espacial. En una forma, la red neuronal 212 se dispone para realizar la rutina 170b previamente descrita en relación con las fig. 7-9. Las salidas de los operadores 208, 210 y/o 212 se proporcionan a varios filtros 214, tales como los descritos en relación con las rutinas 170a y/o 170b, para proporcionar una salida que indica la presencia de uno o más objetos sospechosos. La representación (las representaciones) visual(es) de objeto(s) puede(n) estar cubierta(s) con una visualización de silueta de género neutro si se detecta. En una forma, las regiones correspondientes a tal(es) objeto(s) se muestran en un color de contraste, tono, sombreado, o mediante otros medios, tales como los previamente descritos para el procedimiento 120. La imagen 214a es un ejemplo generado por ordenador en

escala de grises de tal salida. En la imagen 214a, dos objetos sospechosos se indican mediante un sombreado en escala de grises de contraste en las regiones 215.

[0073] Se debe apreciar que la disposición 200 se puede implementar con el sistema 20 a través de varias técnicas de hardware y de software tal y como se ha descrito anteriormente. Además, mientras que las redes neuronales 208, 210 y 212 se muestran en serie, se pueden disponer además en paralelo o una combinación de en serie/en paralelo, al igual que en una variedad de otras maneras como se les ocurriría a los expertos en la técnica. De hecho, hay muchas otras implementaciones estructurales y sistemas que se pueden utilizar para implementar el procedimiento 120, la rutina 170a, la rutina 170b y/o una o más operaciones de disposición 200.

[0074] En referencia de nuevo al sistema 20 de la fig.1, el transceptor 42 y el procesador (los procesadores) 44 incluyen lógica que se puede disponer para realizar las diversas operaciones descritas en este documento, incluidas aquellas descritas en relación con el procedimiento 120, la rutina 170a, la rutina 170b, la disposición 200 y/o variaciones de estas. Esta lógica puede tener la forma de instrucciones de programación de software, firmware, y/o una forma cableada, por nombrar algunos casos. Además, tal lógica puede tener la forma de una o más señales llevadas con la memoria 46, el R.M.D. 48, y/o una o más partes de la red informática 70. En un ejemplo, las señales de la lógica para realizar una o más operaciones se transmiten a/desde el procesador (los procesadores) 44 vía la red 70. Alternativamente o adicionalmente, la programación para el procesador (los procesadores) 44 se transporta o disemina a través del R.M.D. 48 y/o uno o más dispositivos de almacenamiento diferentes. Ejemplos no limitativos de otros sistemas que pueden implementar las operaciones del procedimiento 120, la rutina 170a, la rutina 170b, y/o la disposición 200 (que incluyen lógica asociada) incluyen aquellos descritos en relación con las fig. 11-18 como se indica a continuación.

[0075] Las fig. 11 y 12 ilustran el sistema 220 de una forma de realización de la presente invención que puede utilizarse para realizar el procedimiento 120, la rutina 170a, la rutina 170b, y/o una o más operaciones descritas en relación con la disposición 200. El sistema 220 ilumina la persona 222 con la radiación electromagnética seleccionada en cuestión descrita en relación con el sistema 20. En el sistema 220, la persona 222 lleva artículos de ropa que ocultan el objeto 225 mostrado en el espectro. Como en la forma de realización previamente descrita del sistema 20, el sistema 220 también puede utilizarse para interrogar objetos inanimados. El sistema 220 incluye paneles bivalvos dobles 238 que definen un portal de escaneo 230 en un punto de control de seguridad 231.

[0076] El sistema 220 también incluye una estación de supervisión/control 250 que está atendida típicamente por uno o más operadores y acoplada a los paneles 238 del portal 230. La estación 250 incluye un subsistema de procesamiento 240. El subsistema 240 se puede configurar igual que el subsistema 40, teniendo en cuenta las diferencias en las técnicas de escaneo del portal 230, como se describe más pormenorizadamente más adelante. La estación 250 también incluye una o más entradas para el operador y dispositivos de salida (no mostrados) como se describe en relación con el sistema 20 que se acoplan al subsistema 240. El portal 230 incluye una plataforma fija 232 dispuesta para sostener a la persona 222. La plataforma 232 puede estar hecha de un material que sea generalmente transparente para la radiación de la interrogación. El portal 230 también incluye un conjunto 236 y un motor/mecanismo de accionamiento 234 para cada uno de los paneles 238. El conjunto 236 se comprende en una columna de elementos 38 como se describe en relación con el sistema 20. El mecanismo 234 y los conjuntos 236 se acoplan mecánicamente entre sí y se acoplan operativamente al subsistema 240. Bajo el control del subsistema 240, el motor/mecanismo de accionamiento 234 se configura para mover de forma controlada cada uno de los conjuntos 236 a lo largo de una vía de desplazamiento correspondiente P1 o P2 como se ilustra mejor en la fig. 12. Notablemente, las vías P1 y P2 son de un tipo no recto curvilíneo que rotan alrededor del eje Z. El eje Z se representa mediante retículo en la fig. 12 y corresponde a la dirección vertical como se ilustra mejor en la fig. 11. Correspondientemente, los conjuntos 236 siguen cada uno una vía que gira alrededor de una región de interrogación 239 que incluye la plataforma 232 y la persona 222, cuando se acciona por el respectivo mecanismo 234. Alternativamente o adicionalmente, cualquiera de las vías P1 y P2 o ambas podrían estar compuestas de al menos un segmento de vía recta acoplado a al menos un otro segmento de vía en una manera curvilínea o angular. En otra disposición, una o más vías P1 y P2 están compuestas de una serie de segmentos de vía recta acoplados juntos el uno al otro en ángulos oblicuos para girar colectivamente alrededor de una porción de la región de interrogación. En una forma particular de esta disposición, los segmentos de vía se orientan para aproximarse a una forma de arco u otra forma curvilínea. Además, aunque las vías P1 y P2 son generalmente de la misma longitud y simétricas respecto a un eje Z, en otras formas de realización las vías P1 y P2 pueden no ser de la misma longitud y/o pueden no ser simétricas. En una variación alternativa, se utilizan más de dos paneles, conjuntos y vías correspondientes.

[0077] El mecanismo 234 puede incluir un motor eléctrico u otro impulsor principal controlado para impulsar una disposición de transporte para el conjunto respectivo 236. Tal disposición podría incluir una transmisión por correa, una transmisión por cadena, una transmisión por rodillos, o tal otra conexión mecanizada como se les ocurriría a los expertos en la técnica para mover selectivamente el conjunto 236. En otras formas de realización, se puede utilizar un único impulsor principal al que se enlazan mecánicamente múltiples conjuntos 236 en paneles diferentes para moverse en tándem. En formas de realización adicionales, se podría utilizar otra disposición de escaneo para transmitir y/o recibir el rango deseado de energía electromagnética.

[0078] En el sistema 220, el subsistema 240 se configura igual que el subsistema 40 del sistema 20, y se dispone de manera similar para realizar el procedimiento 120, la rutina 170a, la rutina 170b, y/o una o más de las operaciones descritas en relación con la disposición 200; y puede incluir uno o más transceptores y/o árboles de conmutación según sea apropiado. Sin embargo, la operación del subsistema 240 no proporciona interrogación completamente alrededor de la circunferencia de la persona 220. En cambio, la interrogación se realiza alrededor de una circunferencia parcial de menos de 360°. La interrogación realizada corresponde a los ángulos A1 y A2 subtendidos por las vías P1 y P2 seguidas por los conjuntos 236. En una forma de realización preferida, los ángulos A1 y A2 son cada uno de al menos 90°. En una forma de realización más preferida, los ángulos A1 y A2 son cada uno de 120° o menos. En una forma de realización preferida adicional, los ángulos A1 y A2 proporcionan colectivamente una cobertura de escaneo de circunferencia de al menos 240° alrededor de la región 239. El sistema 220 puede incluir uno o más codificadores (no mostrados) acoplados operativamente al sistema 240 y/u otros dispositivos/técnicas para rastrear la posición de los conjuntos 236 con respecto a la plataforma 232. El sistema 220 puede además incluir un subsistema de comunicación (no mostrado) igual que el subsistema 60 para comunicarse remotamente con el subsistema 240.

[0079] En una disposición particular, los paneles 238 se forman y se configuran para alojar un conjunto respectivo de los conjuntos 236 que son cada uno de aproximadamente siete pies de alto, incluyen 224 elementos 38, y operan en el rango de frecuencia de 10 a 20 GHz. Más específicamente, los conjuntos 236 incluyen cada uno dos subconjuntos de 112 elementos 38 cada uno. En cada conjunto 236, el correspondiente par de subconjuntos se disponen dorso contra dorso. Esta disposición utiliza dos transceptores ultraamplios, y dos árboles de conmutación correspondientes, uno para cada uno de los conjuntos 236, para transmitir selectivamente con un elemento 38 y recibir con otro elemento 38 en una secuencia deseada. Un ordenador de alta velocidad dentro del subsistema 240 controla los mecanismos 234, los conjuntos 236, los transceptores y los árboles de conmutación para obtener datos topográficos para el procesamiento. Los paneles 238 son opuestos unos a otros para proporcionar un rango de escaneo angular de aproximadamente 240° en esta disposición. En un modo de operación de este sistema, una persona 222 bajo vigilancia entra a lo largo de la flecha de "ENTRADA" en la región 239 entre los paneles 238. La persona 222 gira entonces y se pone enfrente de los paneles 238 durante de uno a dos segundos mientras los conjuntos 236 se mueven a lo largo de las vías P1 y P2 para realizar el escaneo. La persona 222 gira entonces y sale a lo largo de la flecha de "SALIDA" después del escaneo. Se ha descubierto que la cobertura de 240° proporcionada por este método es adecuada para detectar la mayoría de objetos que plantean una amenaza para la seguridad. Los paneles 238 se hacen para que sean al menos parcialmente transparentes para facilitar la visión a través de ellos por un operador durante la interrogación de la persona 222 en la región 239.

[0080] En referencia a la fig. 13, se muestran imágenes en sección transversal del maniquí 222a producidas por experimentos de simulación en laboratorio realizados conforme a la presente invención. Tales imágenes en sección transversal facilitan la detección de objetos sospechosos al tiempo que reducen la probabilidad de proporcionar imágenes para las que se pueden hacer objeciones de privacidad. El maniquí 222a se muestra en la imagen en una serie de vistas en las columnas 260, 270 y 280 que fueron tomadas con respecto a las diferentes líneas de sección 255a, 255b y 255c del maniquí 222a. Las imágenes en sección transversal 260a, 270a y 280a corresponden a secciones tomadas a lo largo de la línea de sección 255a y transversales al eje Z. Asimismo, las imágenes en sección transversal 260b, 270b y 280b corresponden a secciones tomadas a lo largo de la línea de sección 255b y transversales al eje Z. Además, las imágenes en sección transversal 260c y 280c corresponden a secciones tomadas a lo largo de la línea de sección 255c y transversales al eje Z. Las imágenes en sección transversal 260a, 260b y 260c mostradas en la columna 260 corresponden cada una a una vista en sección transversal a lo largo del eje Z en donde no hay objeto que esté siendo llevado y en el cual se muestra en imagen una circunferencia de 360° completa. Las imágenes 270a y 270b de la columna 270 también proporcionan secciones transversales de circunferencia de 360° completa y además representan varias amenazas ocultas por la ropa. Específicamente, en la imagen en sección transversal 270a se detectan una pistola pequeña 235 y placa dieléctrica 235a. En la imagen en sección transversal 270b, se detecta una granada de mano 235b. Las imágenes 280a, 280b y 280c de la columna 280 representan cada una una vista de circunferencia parcial de 240° que corresponde con una disposición del sistema 220. En este sistema, la cobertura incompleta (circunferencia parcial) sigue revelando la granada de mano 235d. Se ha descubierto que la disposición del sistema 220 con menos de 360° de cobertura proporciona un escaneo y tiempo de procesamiento más rápidos que pueden resultar deseables en determinadas aplicaciones.

[0081] En esta disposición experimental particular del sistema 220, los paneles 238 se accionan en un modo FM/CW con un barrido de 10-20 GHz en menos de 20 microsegundos para proporcionar una resolución de formación de imágenes de aproximadamente 1 centímetro y una resolución de rango de aproximadamente 1,5 centímetros. Durante la operación de esta manera, los conjuntos 236 se proporcionan cada uno en forma de dos subconjuntos orientados verticalmente dispuestos dorso contra dorso. Un subconjunto se dedica para transmisión y el otro para recepción. En una forma, cada subconjunto se fabrica con 112 elementos del tipo de antena de ranura cónica. Para cada subconjunto, los elementos se distancian el uno del otro una distancia uniforme. Durante la operación, cada subconjunto se escanea electrónicamente elemento a elemento a medida que el escáner se mueve rápidamente sobre la vía de desplazamiento generalmente horizontal P1 o P2. A

medida que el conjunto se mueve, se realiza un número de escaneos con solo un elemento transmitiendo a la vez y solo uno recibiendo radiación electromagnética reflectante a causa de tal transmisión. Cada elemento transmisor y cada elemento receptor se activa de acuerdo con una secuencia deseada durante el escaneo. Sin embargo, en otras formas de realización, un número, tamaño o tipo diferente de disposición de conjunto lineal se puede utilizar como se les ocurriría a los expertos en la técnica. En otros ejemplos, diferentes tipos de conjuntos de escaneo rotativo y/o lineal se pueden utilizar por separado o en combinación. Además, como una alternativa o adición para las imágenes en sección transversal, otros tipos de imágenes y/o técnicas de detección de objetos ocultos automáticas se pueden utilizar como se describe en relación con las formas de realización de las fig. 1-10 para afrontar las cuestiones de privacidad.

[0082] Las fig. 14 y 15 ilustran el sistema 320 como un ejemplo que se puede utilizar para realizar el procedimiento 120, la rutina 170a, la rutina 170b y/o una o más operaciones de disposición 200 como se describe en relación con la fig. 10. El sistema 320 ilumina la persona 322 con radiación electromagnética seleccionada de la manera descrita en relación con el sistema 20. Para el sistema 320, la persona 322 lleva artículos de ropa que ocultan el objeto 325 mostrado en el espectro. Como en las formas de realización previamente descritas, el sistema 320 también se puede utilizar para interrogar objetos inanimados. El sistema 320 incluye un portal de escaneo de paneles planos dobles 330 y un subsistema de procesamiento 340 incluido en la estación de supervisión/control 350. El portal 330 se acopla al subsistema de procesamiento 340 y se puede configurar igual que el subsistema 40, teniendo en cuenta las diferencias en la técnica de escaneo del portal 330 como se describe más pormenorizadamente más adelante. La estación 350 incluye uno o más dispositivos de entrada y salida para el operador como se describe en relación con el sistema 20 que se acoplan al subsistema 340. La estación 350 se puede disponer para proporcionar un portal adyacente de interfaz para el operador del punto de control de seguridad 330.

[0083] El portal 330 incluye una plataforma fija 332 dispuesta para sostener a la persona 322 y un subsistema de motor/accionamiento elevado 334. Bajo el control del subsistema 340, el subsistema 334 se configura para deslizar de forma controlada cada uno de los dos conjuntos 336 a lo largo de las barras de guiado correspondientes 337 hacia arriba y hacia abajo con respecto al eje vertical VA. Correspondientemente, los conjuntos 336 siguen cada uno una vía generalmente recta lineal en lados opuestos de la persona 322 y se incluyen dentro de un panel opuesto correspondiente 338. La fig. 15 muestra uno de los paneles 338 con mayor detalle utilizando una vista parcial recortada.

En el sistema 320, el subsistema 340 se configura igual que el subsistema 40 del sistema 20 para realizar generalmente las mismas operaciones previamente descritas y puede incluir un transceptor y/o árbol de conmutación según sea apropiado. Sin embargo, a diferencia del sistema 20, la operación del subsistema 340 tiene en cuenta el movimiento del conjunto 336 con respecto a la persona 322 en una manera lineal translacional en lugar de una manera rotacional como se describe en relación con el sistema 20. El sistema 320 puede incluir uno o más codificadores (no mostrados) acoplados operativamente al sistema 340 y/o otros dispositivos/técnicas para rastrear la posición de los conjuntos 336 con respecto a la plataforma 332. El sistema 320 puede además incluir un subsistema de comunicación (no mostrado) igual que el subsistema 60 para comunicarse remotamente con el subsistema 340.

[0084] En una disposición particular, los paneles 338 se distancian aproximadamente 1,22 metros y se realiza un barrido de frecuencia en la banda Ku de aproximadamente 12,5-18 GHz para proporcionar una resolución lateral de aproximadamente 1 centímetro y una resolución de profundidad de aproximadamente 2,7 centímetros. En esta disposición, los conjuntos 336 incluyen cada uno dos subconjuntos de aproximadamente 56 elementos cada uno que están dispuestos dorso contra dorso. Un subconjunto se dedica para transmisión y el otro subconjunto se dedica para recepción dentro de cada conjunto 336. En una forma, cada subconjunto se fabrica con antenas de ranura cónica distanciadas las unas de las otras por aproximadamente 2 centímetros. Durante la operación, cada subconjunto se escanea electrónicamente elemento a elemento a medida que el escáner se mueve rápidamente sobre la longitud vertical de la persona 322. A medida que el conjunto se mueve, se realiza una serie de escaneos con el conjunto 336. Durante cada escaneo, solo un elemento del subconjunto de transmisión ilumina la persona y solo un elemento del subconjunto de recepción recoge la radiación electromagnética reflejada en cualquier momento determinado. Por consiguiente, cada elemento transmisor y cada elemento receptor se activa de acuerdo con una secuencia deseada durante el escaneo. En una configuración de transceptor heterodino FM/CW de esta disposición, el barrido de frecuencia de 5,5 GHz se realiza en aproximadamente 12,75 microsegundos. En una forma, el sistema 320 puede no incluir la generación de una representación topográfica y/o fotografías en la operación 162, de manera que la comprobación de la coherencia fotograma a fotograma descrita en relación con la rutina 170a y 170b no se realiza. En otras formas de realización, un número, tamaño o tipo diferente de disposición de conjunto lineal se puede utilizar como se les ocurriría a los expertos en la técnica. En otros ejemplos, diferentes tipos de conjuntos de escaneo rotativo y/o lineal se pueden utilizar por separado o en combinación. Además, el sistema 320 se puede utilizar para generar una o más vistas en sección transversal de la persona 322 y/o utilizar uno o más métodos diferentes descritos en relación con las formas de realización de las fig. 1-10 para afrontar cuestiones de privacidad.

[0085] La fig. 16 ilustra un sistema de interrogación 420 de otro ejemplo. El sistema 420 ilumina la persona 422 con radiación electromagnética seleccionada de la manera descrita en relación con el sistema 20. En el sistema

420, la persona 422 lleva artículos de ropa 424a y 424b que esconden el objeto 425. Como en las formas de realización previamente descritas, el sistema 420 también se puede utilizar para interrogar objetos inanimados.

[0086] El sistema 420 incluye una cabina de escaneo 430 acoplada al control y al subsistema de procesamiento 440. La cabina de escaneo 430 incluye una plataforma fija 432 dispuesta para sostener a la persona 422 y un bastidor 433 para sostener el motor 434 acoplado al conjunto 436. A diferencia de la rotación de la plataforma del portal 30 y el movimiento translacional asociado al portal 330, la cabina de escaneo 430 gira selectivamente el conjunto 436 alrededor del eje rotacional R y la plataforma 432 durante la interrogación. En esta disposición, el conjunto 436 sigue una vía generalmente circular para proporcionar un cilindro imaginario correspondiente alrededor de la plataforma 432. En una forma adecuada para escanear a una persona en la posición vertical, el radio de este cilindro es de aproximadamente 1 metro. El conjunto 436 se configura de otro modo igual que el conjunto 36.

[0087] En el sistema 420, el subsistema 440 se configura igual que el subsistema 40 del sistema 20 y se dispone de forma similar para realizar el procedimiento 120, la rutina 170a, la rutina 170b, y/o una o más operaciones de disposición 200 para detectar objetos que pueden plantear una amenaza para la seguridad. Sin embargo, la operación del subsistema 440 tiene en cuenta el movimiento del conjunto 436 con respecto a la plataforma 432 en vez del movimiento de la plataforma 32 con respecto a los conjuntos 36 en cuanto al sistema 20. El sistema 420 puede incluir uno o más codificadores (no mostrados) acoplados operativamente al subsistema 440 y/o otros dispositivos/técnicas para rastrear la posición del conjunto 436 con respecto a la plataforma 432. El sistema 420 puede además incluir un subsistema de comunicación (no mostrado) igual que el subsistema 60 para comunicarse remotamente con el subsistema 440. El sistema 420 se puede utilizar para generar una o más vistas en sección transversal de la persona 422 y/o utilizar unos o más métodos diferentes descritos en relación con las formas de realización de las fig. 1-10 para afrontar cuestiones de privacidad.

[0088] La fig. 17 ilustra un sistema de interrogación con radiación electromagnética 520 de otro ejemplo. El sistema 520 ilumina la persona 522 con radiación electromagnética seleccionada del tipo previamente descrito. En el sistema 520, la persona 522 lleva prendas/ropa designadas por los números de referencia 524a y 524b que ocultan el objeto 525. Como en las formas de realización previamente descritas, el sistema 520 se puede utilizar para interrogar objetos animado o inanimados.

[0089] El sistema 520 incluye una cabina de escaneo 530 acoplada al control y al subsistema de procesamiento 540. La cabina de escaneo 530 incluye un bastidor 533 dispuesto para recibir a la persona 522 y un conjunto de soporte 536. A diferencia de los conjuntos orientados linealmente 36, 336 y 436 de los sistemas previamente descritos 20 y 420, el conjunto 536 se dispone como un anillo o aro centrado generalmente con respecto a la línea central del eje vertical CVA. Una serie de elementos de transmisión/recepción de radiación electromagnética se disponen en una vía generalmente circular a lo largo del anillo. Estos elementos operan para interrogar la persona 522 con radiación electromagnética con una o más longitudes de onda en las bandas de longitudes de ondas de milímetros, microondas y/o adyacentes. El conjunto 536 se dispone para movimiento translacional a lo largo del eje CVA para escanear a la persona 522 como se representa con la flecha de desplazamiento T. Uno o más motores u otro(s) impulsor(es) principal(es) (no mostrados) se utilizan para mover selectivamente el conjunto 536 a lo largo del eje CVA.

[0090] En referencia adicional a la vista parcial desde arriba de la fig. 18, el conjunto 536 se dimensiona con una abertura 537 para recibir a la persona 522 a través de la misma a medida que el conjunto 536 se mueve hacia arriba y hacia abajo a lo largo del eje CVA. En la fig. 18, el eje CVA es generalmente perpendicular al plano de visión y se representa con retículo. Con el movimiento vertical del conjunto 536, un cilindro imaginario se define alrededor de la persona 522 conforme a la vía circular definida por el anillo del conjunto; sin embargo, ni la persona 522 ni el conjunto 536 se rotan con respecto al otro, en cambio se usa movimiento translacional del conjunto 536 para escanear a la persona 522 verticalmente.

[0091] El subsistema 540 se configura igual que el subsistema 40, y es operable para realizar el procedimiento 120, la rutina 170a, la rutina 170b, y/o una o más operaciones o disposición 200, excepto que el procesamiento del subsistema 540 se adapta para tener en cuenta el movimiento translacional vertical del conjunto 436 con su disposición circunferencial. El sistema 520 puede además incluir un subsistema de comunicación (no mostrado) igual que el subsistema 60 para comunicarse remotamente con el subsistema 540. Como en las formas de realización previamente descritas, el sistema 520 se utiliza para detectar objetos ocultos como se ha explicado en relación con el procedimiento 120.

[0092] En comparación con el conjunto 36, se necesita típicamente un mayor número de elementos de transmisión/recepción para que el conjunto 536 tenga una resolución comparable a las formas de realización previamente descritas. En un ejemplo no limitativo comparativo, se desearían entre 500 y 2000 elementos de transmisión/recepción para el conjunto 536 frente a de 200 a 600 para el conjunto 36 para resolución comparable, dependiendo de la banda de frecuencia seleccionada. Sin embargo, bajo condiciones apropiadas, la cabina de escaneo 530 puede realizar un escaneo sustancialmente más rápido que el portal 30. En un ejemplo

no limitativo, el tiempo de escaneo para el portal 30 está en un rango de aproximadamente 10 a 20 segundos frente a aproximadamente de 2 a 5 segundos para la cabina de escaneo 530. El sistema 520 se puede utilizar para generar una o más vistas en sección transversal de la persona 522 y/o utilizar uno o más métodos diferentes descritos en relación con las fig. 1-10 para afrontar cuestiones de privacidad.

5

[0093] En otro ejemplo, se mueven tanto el cuerpo sometido a la interrogación como el conjunto. En un tal ejemplo, los elementos del conjunto se disponen en un segmento de arco que se puede mover verticalmente mientras el cuerpo gira. En otros ejemplos, tanto el conjunto como el cuerpo giran y/o se mueven translacionalmente. El procesamiento de los datos de la interrogación se puede ajustar para estos esquemas de movimiento diferentes usando técnicas conocidas para los expertos en la técnica.

10

[0094] Como se describe en relación con el sistema 220, la interrogación y la correspondiente información de la imagen pueden no corresponder a la circunferencia completa del cuerpo sometido a la interrogación. En cambio, el segmento de interés puede ser de menos de 360 grados. Para tales formas de realización, la información de imagen se puede interpolar combinando datos correspondientes a dos o más ángulos de visión diferentes. Alternativamente o adicionalmente, menos que la altura, anchura y/o longitud completa del sujeto se puede escanear en otras formas de realización. En tales alternativas, el tamaño del conjunto y/o el modelo de escaneo se pueden ajustar de manera correspondiente.

15

20

[0095] En otras formas de realización de la presente invención, los datos de imagen reunidos con el sistema 20, 220, 320, 420 y/o 520 corresponden a un número de imágenes cilíndricas sin combinar parte o la totalidad de las imágenes para proporcionar una representación topográfica. En cambio, las imágenes cilíndricas se usan sin combinar o solo parcialmente combinadas. En otras formas de realización, la formación de imágenes puede ser de naturaleza completamente o parcialmente no cilíndrica con o sin un grado de combinación para proporcionar una representación topográfica. En un caso particular, los paneles planos del sistema 320 pueden proporcionar información de imagen cilíndrica plana, en vez de cilíndrica, sin múltiples fotogramas.

25

[0096] En una forma de realización adicional, la información de imagen se obtiene de acuerdo con el procedimiento 120, la rutina 170a, la rutina 170b, la disposición 200, el sistema 20, el sistema 220, el sistema 320, el sistema 420 y/o el sistema 520 se utiliza adicionalmente para identificar un individuo. Una forma de esta forma de realización incluye una técnica para controlar el acceso a un área restringida, que comprende: escanear un individuo que intenta tener acceso al área restringida; determinar si el individuo oculta algún objeto a partir de los escaneos; comparar uno o más aspectos de la información de imagen correspondiente con relación a los rasgos del individuo con los datos almacenados de aquellos con acceso permitido al área restringida; y permitir el acceso al área restringida al individuo si hay una comparación favorable y no se indica ningún objeto oculto sospechoso. La determinación de una correspondencia se puede utilizar para activar una puerta u otro dispositivo de control de acceso.

30

35

[0097] En otra forma de realización, la información de la imagen reunida conforme al procedimiento 120, la rutina 170a, la rutina 170b, la disposición 200, el sistema 20, el sistema 220, el sistema 320, el sistema 420 y/o el sistema 520 se usa adicionalmente o alternativamente para identificar individuos a los que no se les debería permitir el acceso, tales como criminales sospechosos, terroristas conocidos y similares. En una variación más de tales formas de realización, se comparan uno o más elementos biométricos diferentes (tales como una huella digital, huella palmar, imagen de retina, modelo vocal, etc.) del individuo además de los datos de representación topográfica como parte de la determinación de si se le permite el acceso o no. Los rasgos usados para la identificación se pueden cambiar para cada acceso para reducir la probabilidad de que las medidas de control de acceso sean eludidas. Alternativamente o adicionalmente, la detección de objetos conforme a la presente invención se puede utilizar para determinar si un individuo toma un objeto de un área sin permiso para hacerlo. Cualquiera de estas formas de realización se puede proporcionar como un método, equipo, sistema y/o dispositivo.

40

45

50

REIVINDICACIONES

1. Sistema, que comprende:

5 dos o más conjuntos (36) distanciados entre sí para definir una región de interrogación entre ellos, donde los conjuntos se estructuran cada uno para girar alrededor de la región de interrogación para interrogar a una persona (22) en la región de interrogación con radiación electromagnética con una o más frecuencias en un rango de aproximadamente 200 MHz a aproximadamente 1 THz para proporcionar señales de interrogación correspondientes; y
 10 uno o más procesadores (44) operables para generar una o más imágenes en sección transversal de la persona basándose en las señales de interrogación y generar una salida basándose en la una o más imágenes en sección transversal;
caracterizado por el hecho de que los conjuntos se configuran para interrogar a la persona (22) en la región de interrogación moviendo un par de conjuntos opuestos alrededor de la persona a lo largo de una vía no recta donde los ángulos subtendidos por las vías no rectas mediante las vías respectivas de cada uno de los conjuntos son de al menos 90 grados y los ángulos proporcionan colectivamente una cobertura de escaneo de circunferencia parcial de 240 grados o menos, y donde el sistema comprende un dispositivo (44) sensible a la salida para proporcionar una indicación a un operador si se sospecha que la persona lleva uno o más objetos ocultos que suponen una amenaza para la seguridad.

20 2. Sistema según la reivindicación 1, donde la una o más imágenes en sección transversal se generan por el uno o más procesadores a partir de una serie de conjuntos de datos que corresponden cada uno con una imagen cilíndrica diferente de la persona.

25 3. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde la vía no recta es una vía curvilínea alrededor de la región de interrogación.

30 4. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, donde los conjuntos son operables para proporcionar la radiación electromagnética en una pluralidad de frecuencias diferentes.

5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además una visualización configurada para mostrar la una o más imágenes en sección transversal.

35 6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde las imágenes en sección transversal son vistas parciales en sección de 240 grados.

7. Método, que comprende:

40 realizar una interrogación de una persona (22) en una región de interrogación, que se define entre dos o más conjuntos (36) que están distanciados entre sí, donde la interrogación se realiza con radiación electromagnética con una o más frecuencias en un rango de aproximadamente 200 MHz a aproximadamente 1 THz, y donde los dos o más conjuntos se estructuran para girar alrededor de la región de interrogación; y
 45 generar una o más imágenes en sección transversal de la persona basándose en la interrogación;
caracterizado por el hecho de que el método comprende el paso de mover un par de conjuntos opuestos alrededor de la persona (22) a lo largo de una vía no recta, donde los ángulos subtendidos por las respectivas vías no rectas de cada uno de los conjuntos son de al menos 90 grados y los ángulos proporcionan colectivamente una cobertura de escaneo de circunferencia de 240 grados o menos de modo que las imágenes en sección transversal son vistas parciales en sección, y donde el método comprende el paso adicional de determinar si la persona lleva un objeto oculto que suponga una amenaza para la seguridad a partir de al menos una de la una o más imágenes en sección transversal.

50 8. Método según la reivindicación 7, donde dicha generación incluye proporcionar la una o más imágenes en sección transversal a partir de un número de conjuntos de datos que corresponden cada uno con una imagen cilíndrica diferente de la persona.

9. Método según la reivindicación 7 o reivindicación 8, donde los conjuntos son operables cada uno para proporcionar la radiación electromagnética en una pluralidad de frecuencias diferentes.

60 10. Método según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, donde dicha determinación incluye la visualización de la una o más imágenes en sección transversal para un operador.

65 11. Método según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10 donde las imágenes en sección transversal son vistas parciales en sección de 240 grados.

12. Método según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11 que comprende además los pasos de:

establecer datos correspondientes a un mapa de intensidad y un mapa de profundidad;
introducir el mapa de intensidad y el mapa de profundidad en una red neuronal para determinar si la
persona lleva o no un objeto oculto que suponga una amenaza para la seguridad.

5

13. Método según la reivindicación 12 que comprende los pasos adicionales de:

seleccionar un primer grupo de píxeles del mapa de intensidad y un correspondiente primer grupo de
píxeles del mapa de profundidad;

10

seleccionar un segundo grupo de píxeles del mapa de intensidad y un correspondiente segundo grupo
de píxeles del mapa de profundidad, donde uno o más píxeles se incluyen tanto en el primer como en el
segundo grupo de manera que haya un grado de superposición entre el primer y el segundo grupo de
píxeles; e

15

introducir el primer y el segundo grupo de píxeles en la red neuronal.

14. Método según la reivindicación 12 que comprende los pasos adicionales de:

seleccionar un primer grupo de píxeles del mapa de intensidad y un correspondiente primer grupo de
píxeles del mapa de profundidad;

20

seleccionar un segundo grupo de píxeles del mapa de intensidad y un correspondiente segundo grupo
de píxeles del mapa de profundidad, donde el segundo grupo de píxeles se desplaza del primer grupo
de píxeles de modo que se saltan uno o más píxeles entre el primer y el segundo grupo; e
introducir el primer y el segundo grupo de píxeles en la red neuronal.

25

15. Método según la reivindicación 12 que comprende el paso de aplicar un filtro medio a los píxeles en el mapa
de intensidad y el mapa de profundidad de modo que cada píxel se sustituye con el valor medio de sus vecinos.

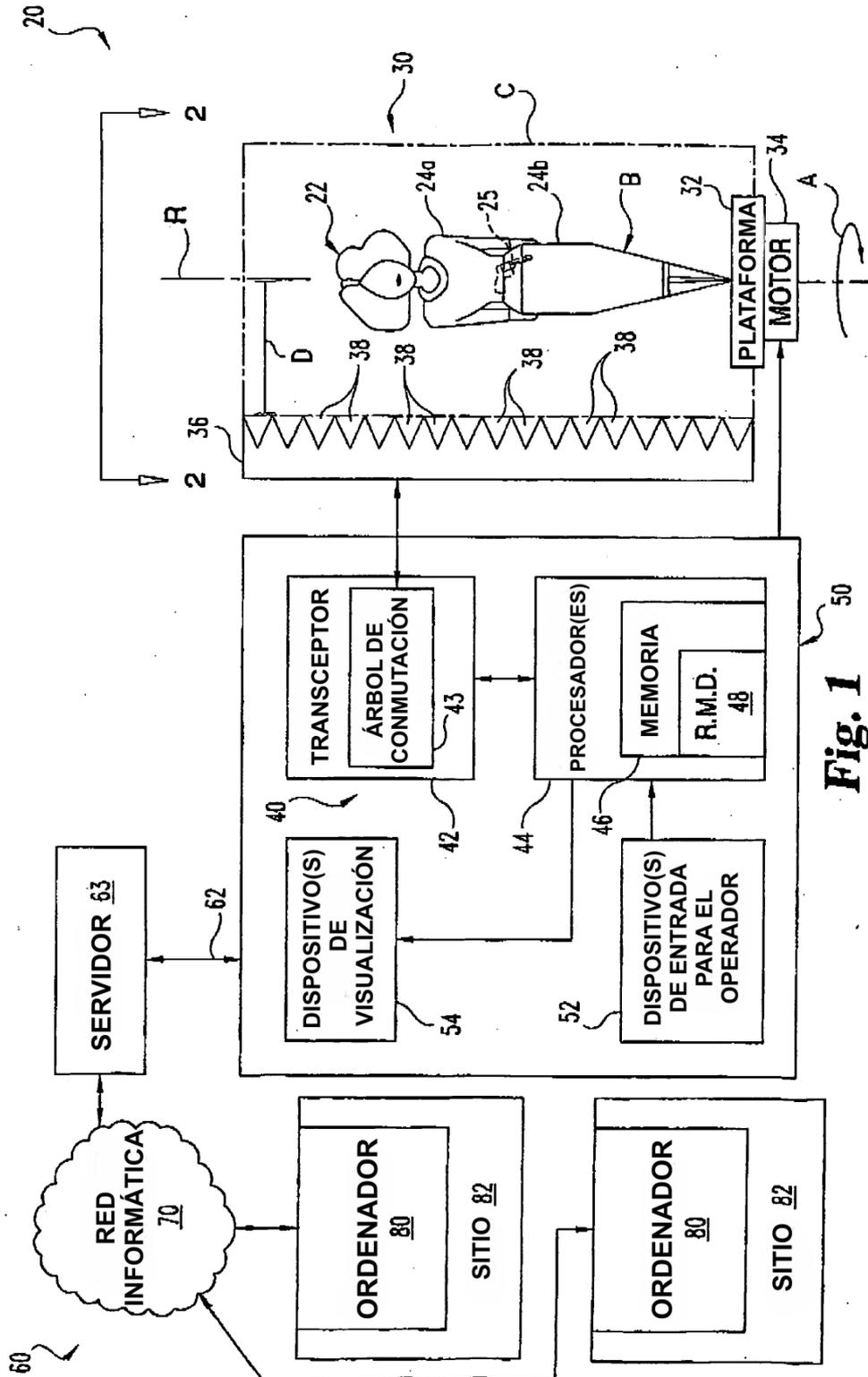


Fig. 1

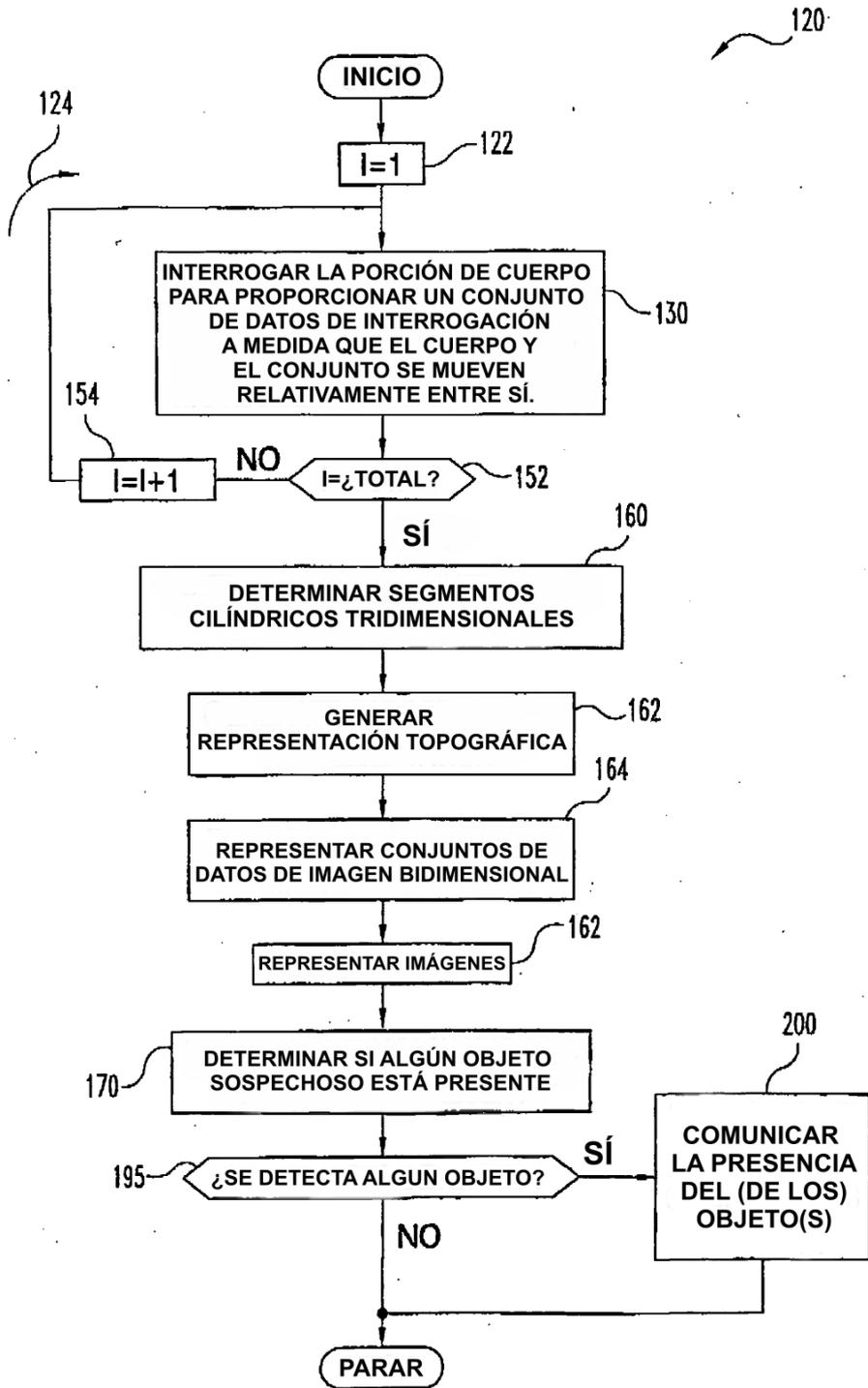


Fig. 3

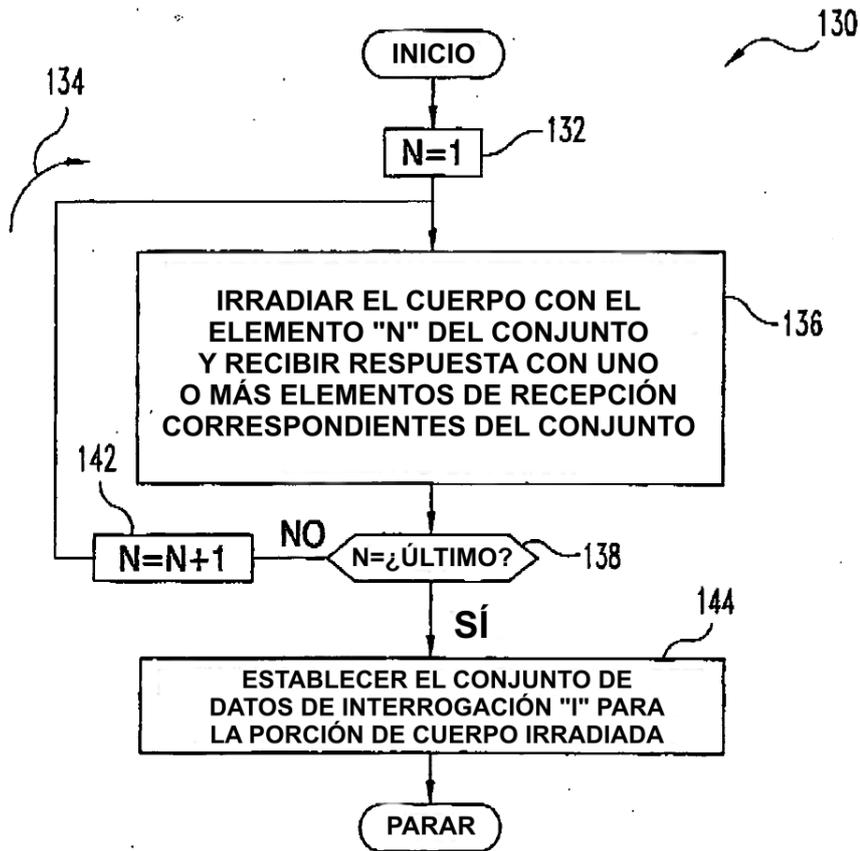


Fig. 4

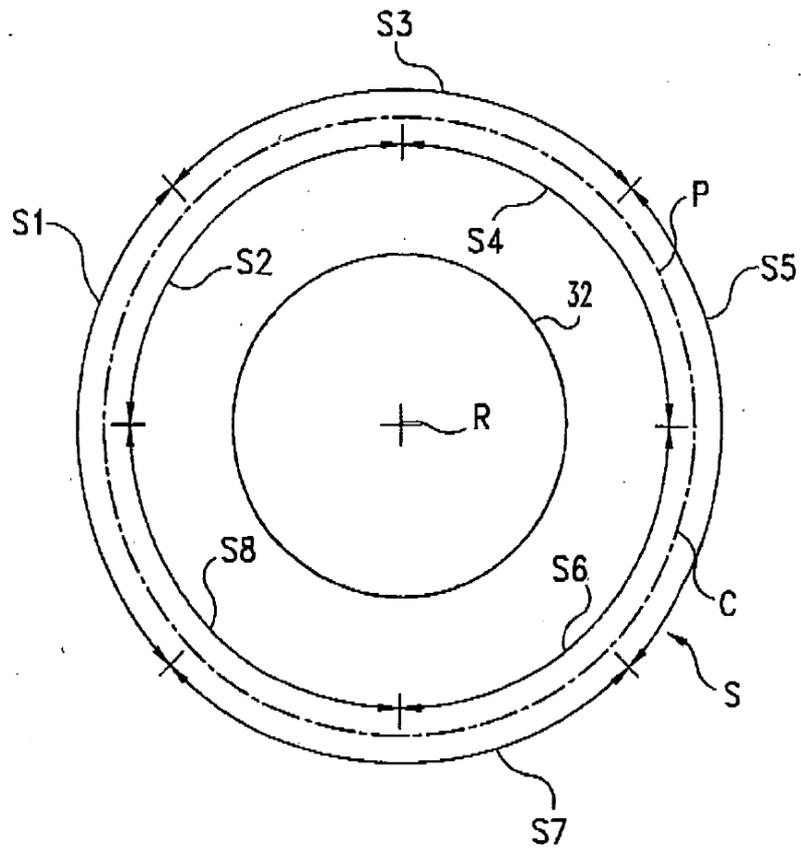


Fig. 5

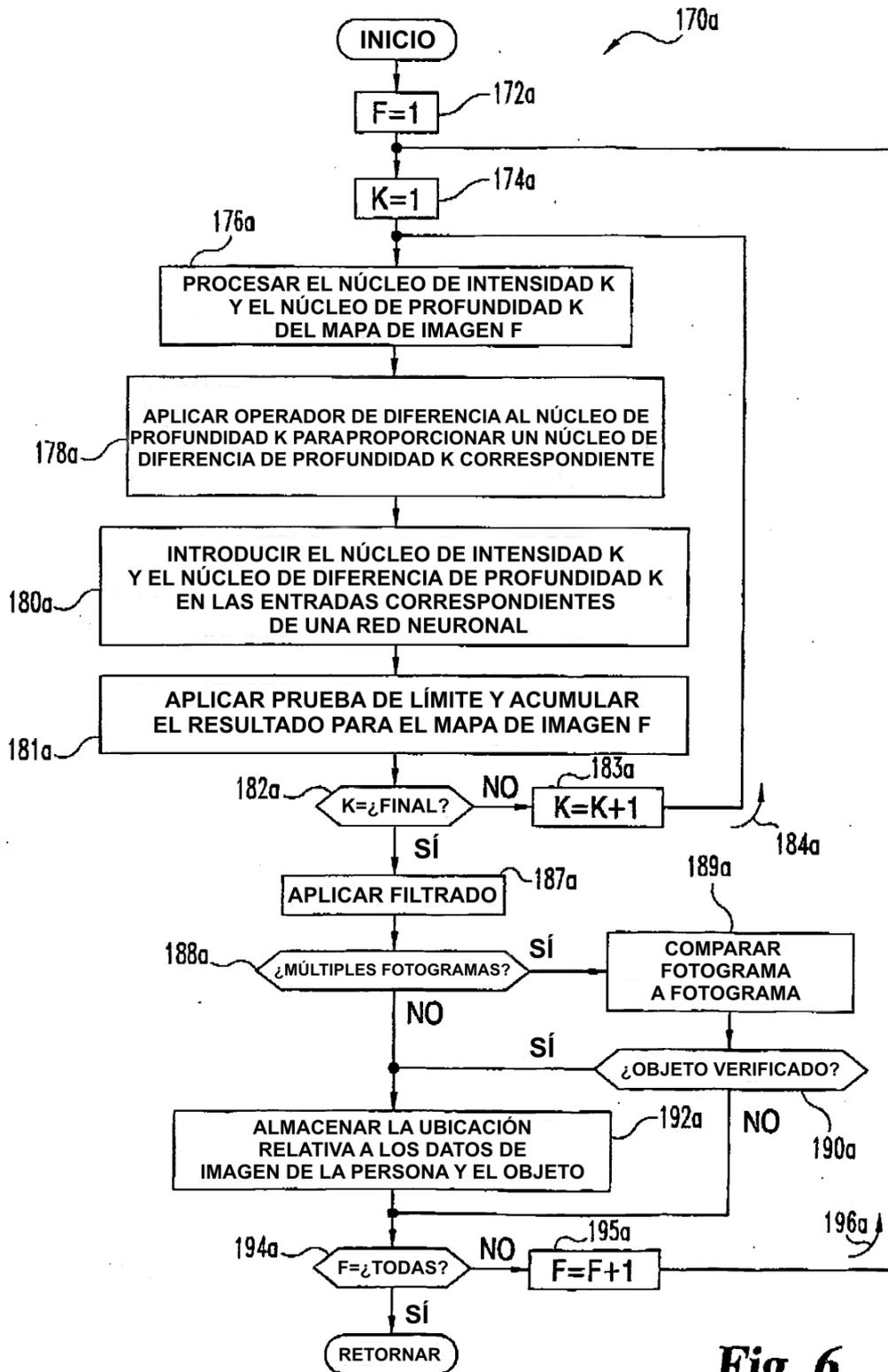


Fig. 6

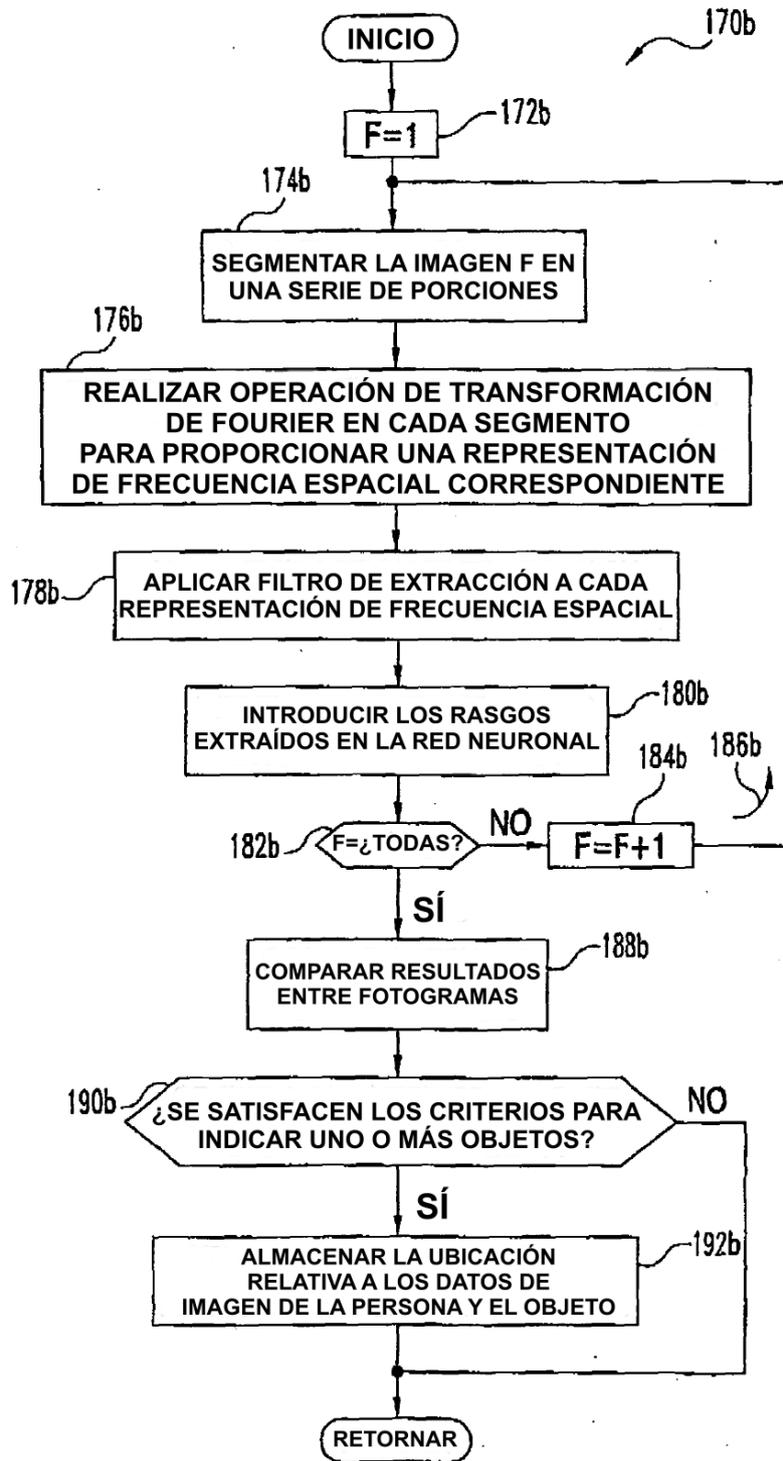


Fig. 7

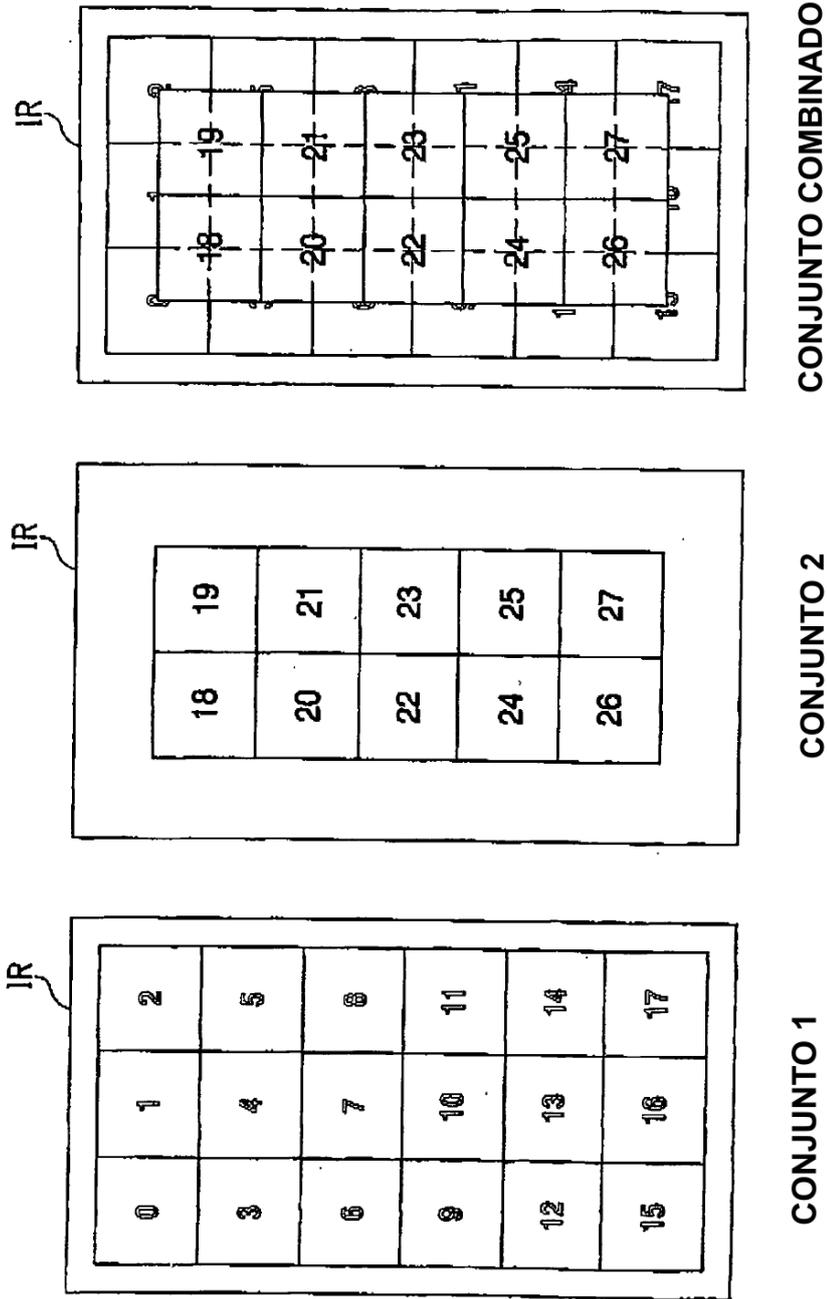


Fig. 8

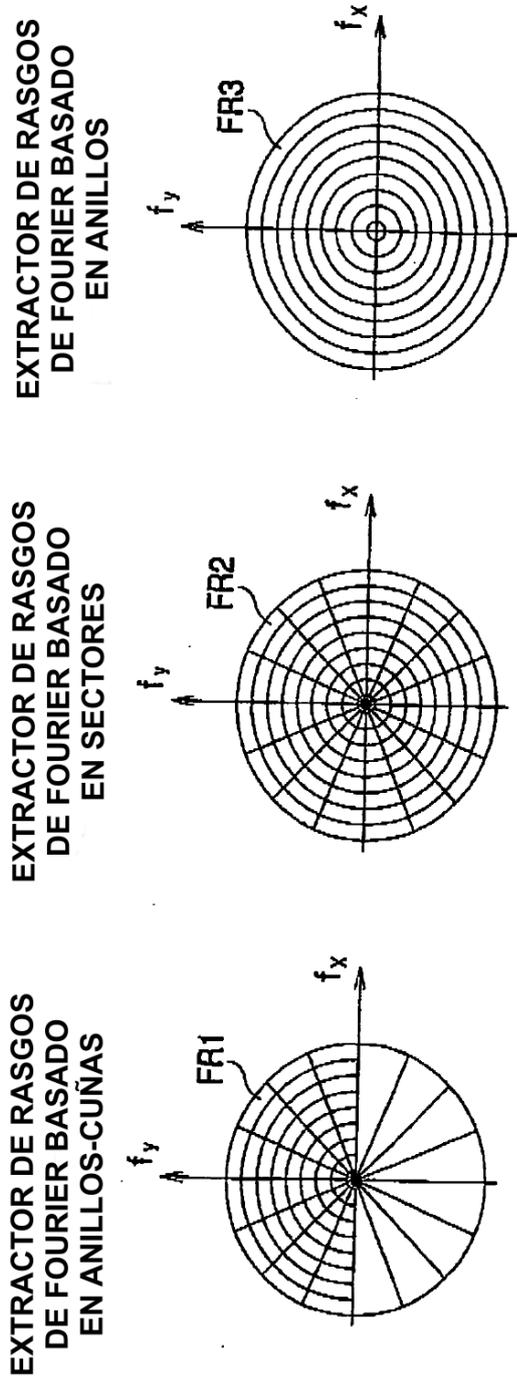


Fig. 9

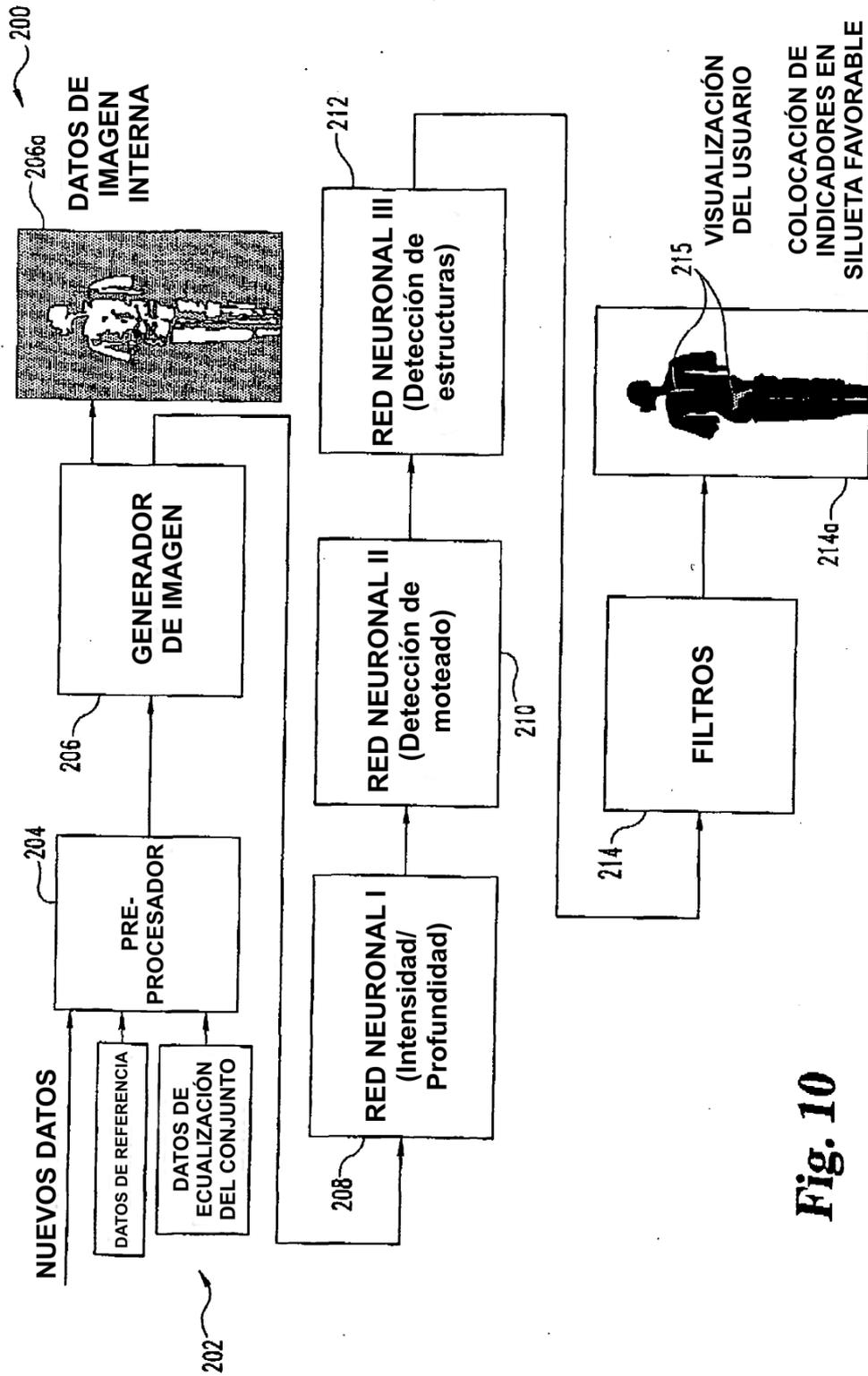


Fig. 10

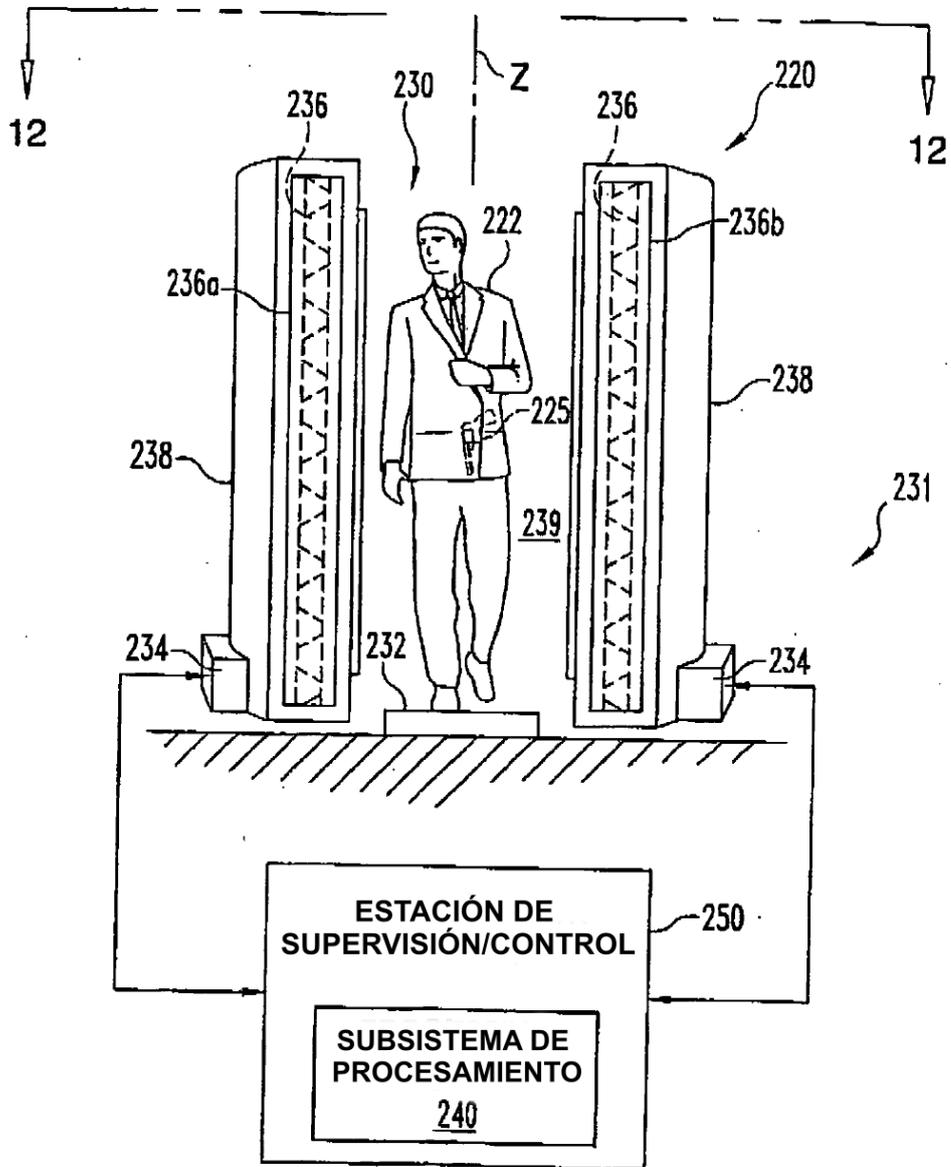


Fig. 11

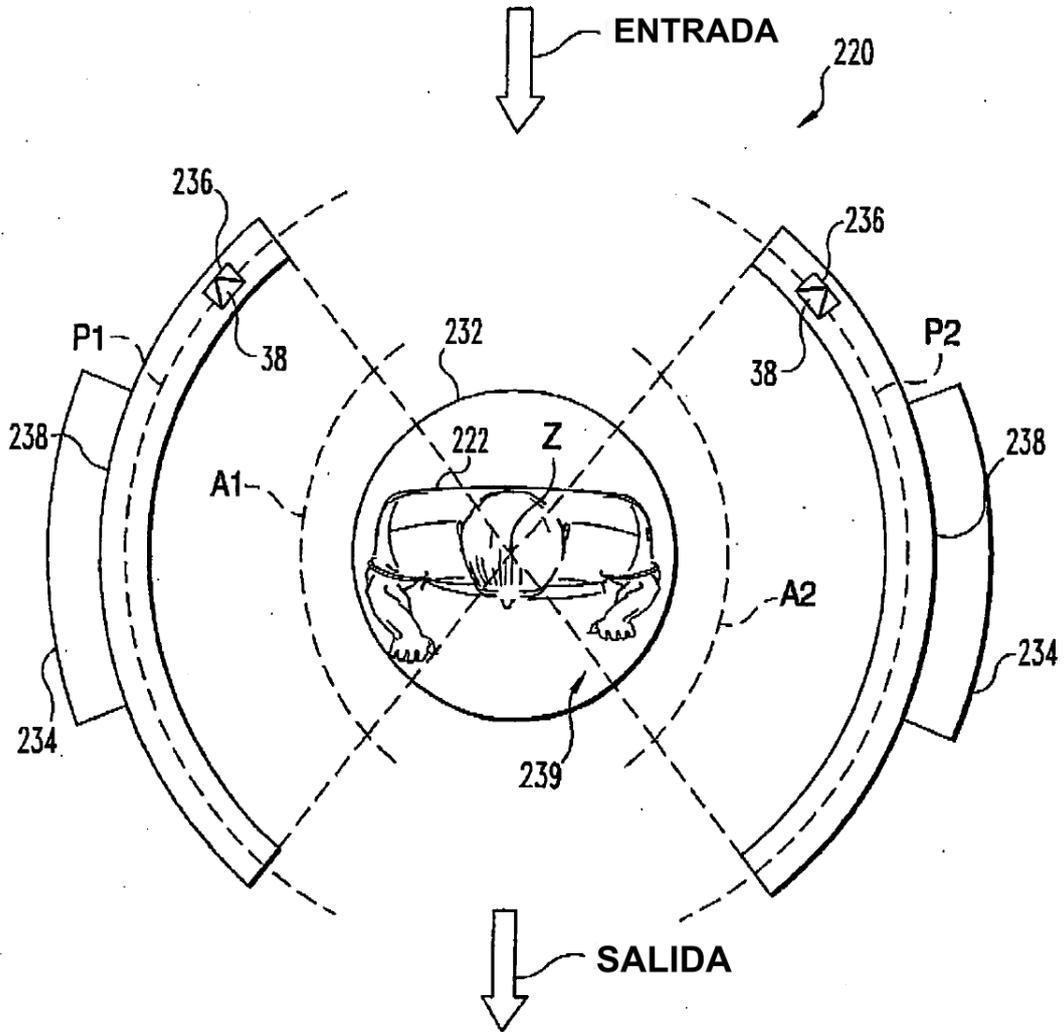


Fig. 12

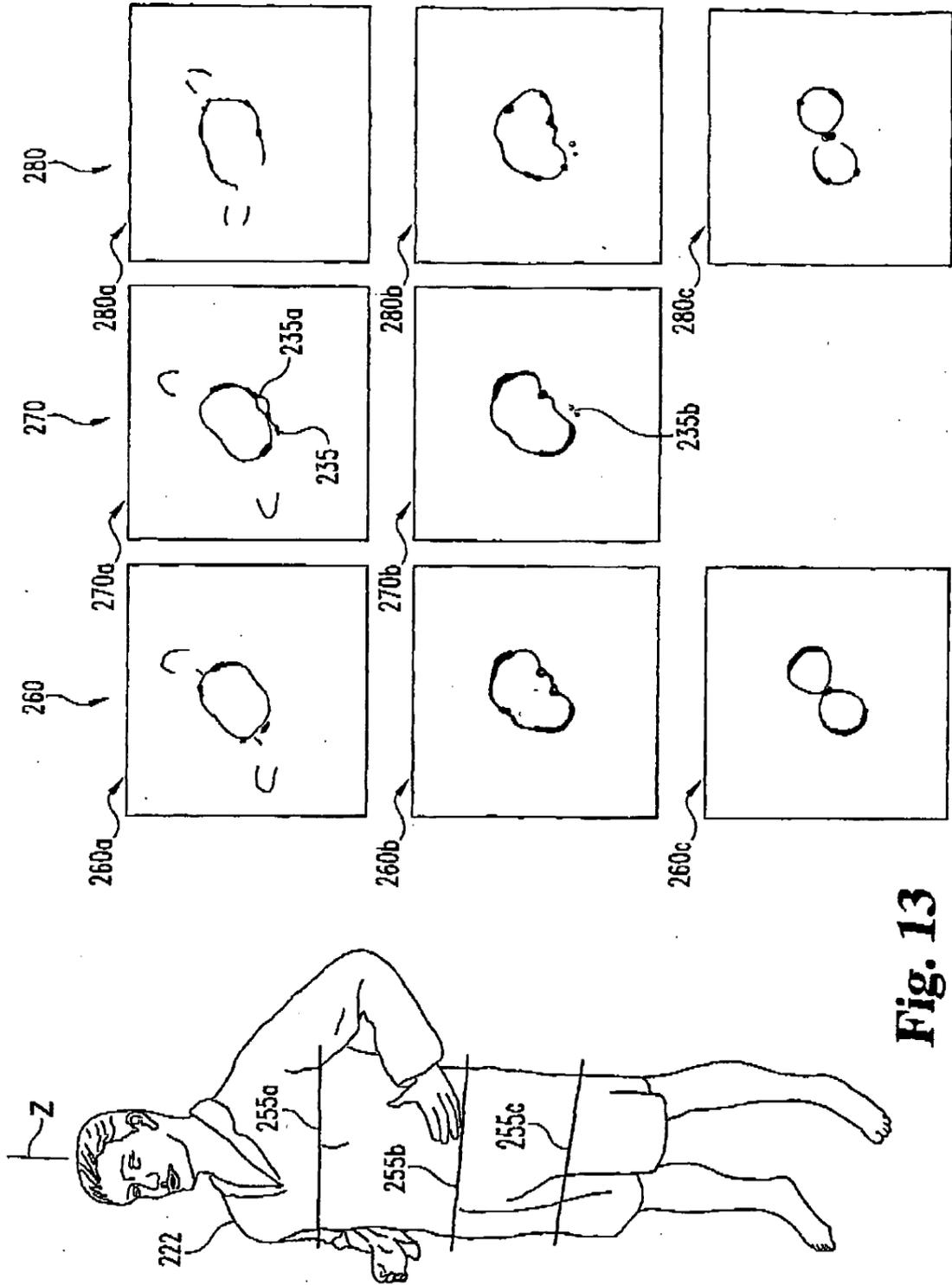


Fig. 13

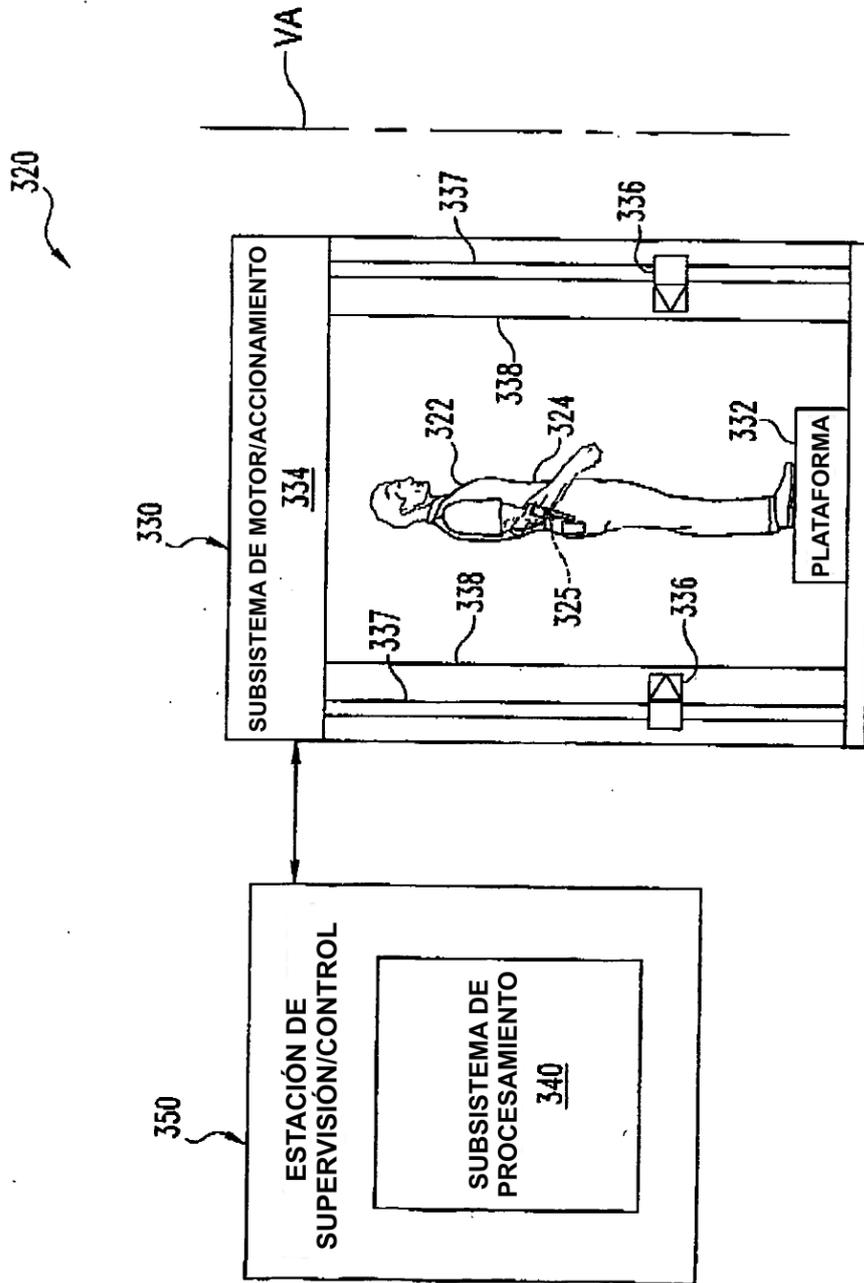


Fig. 14

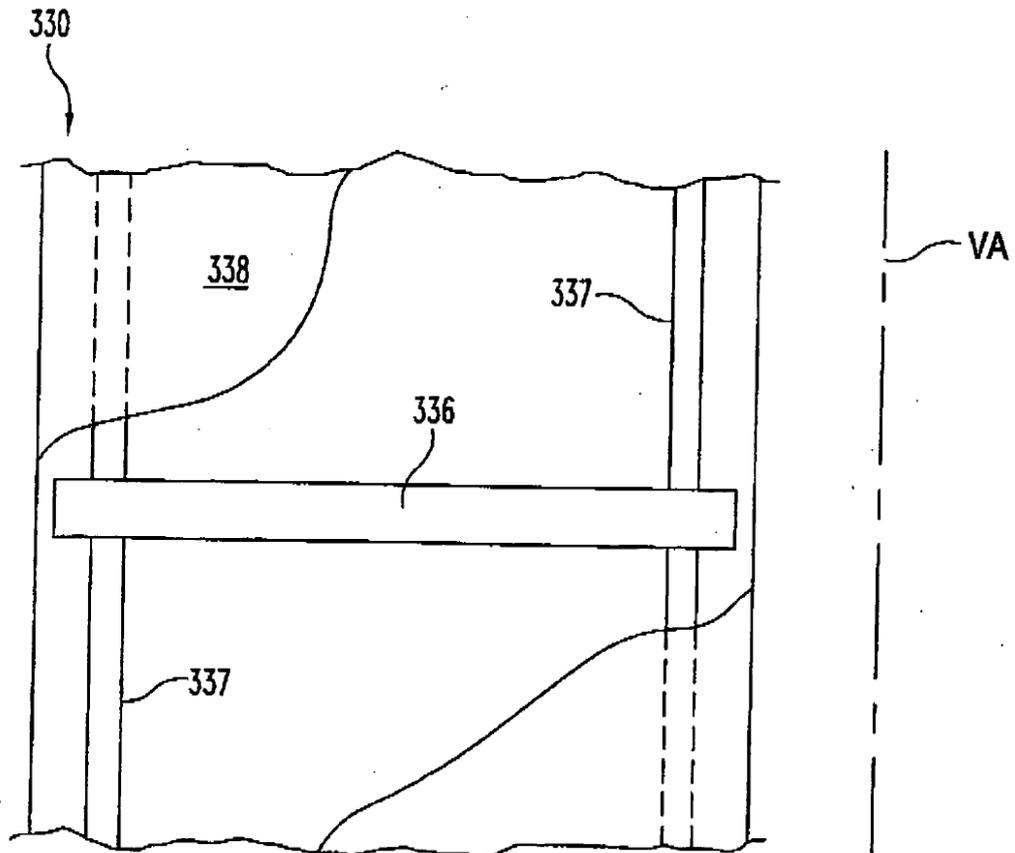


Fig. 15

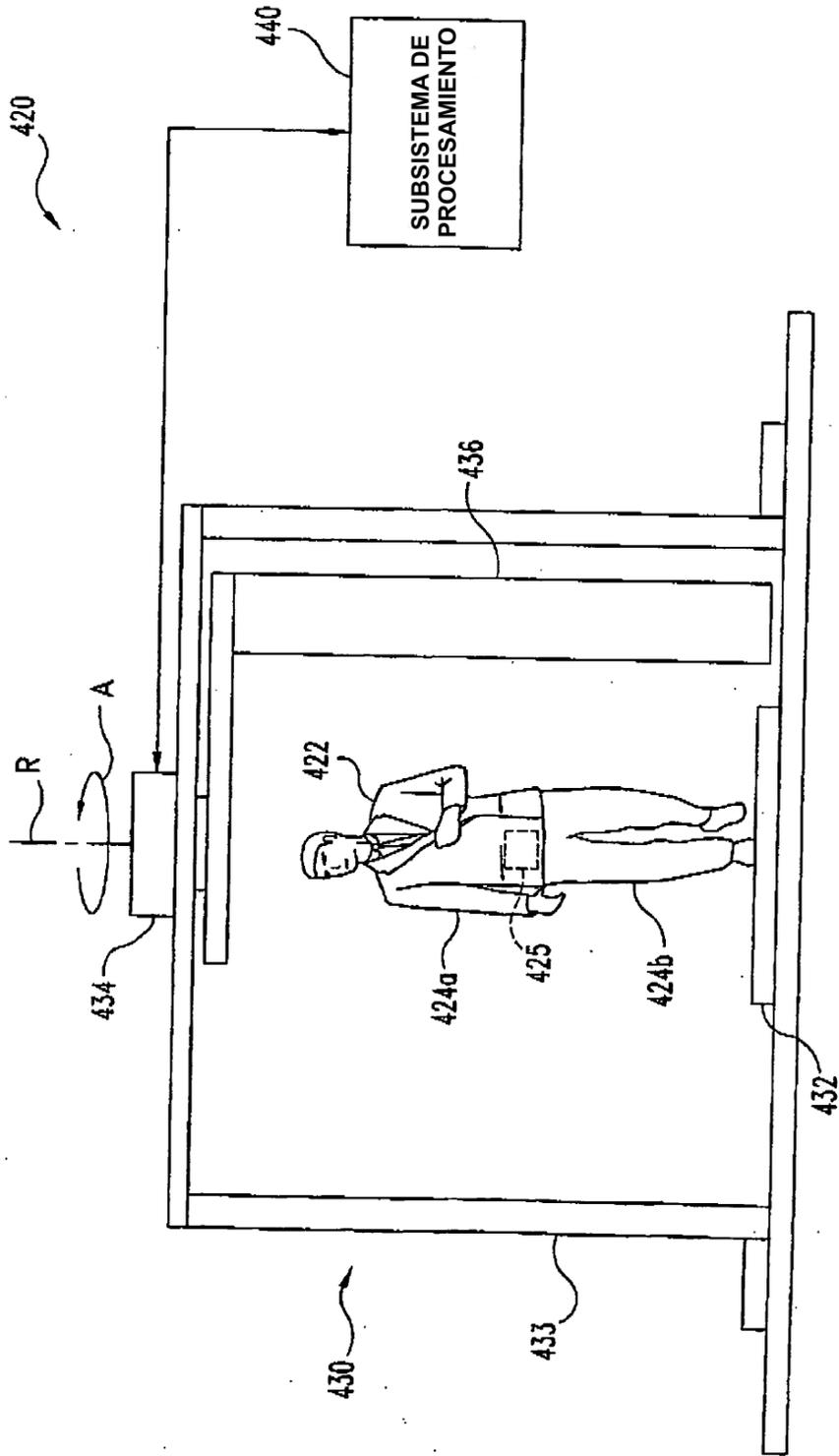


Fig. 16

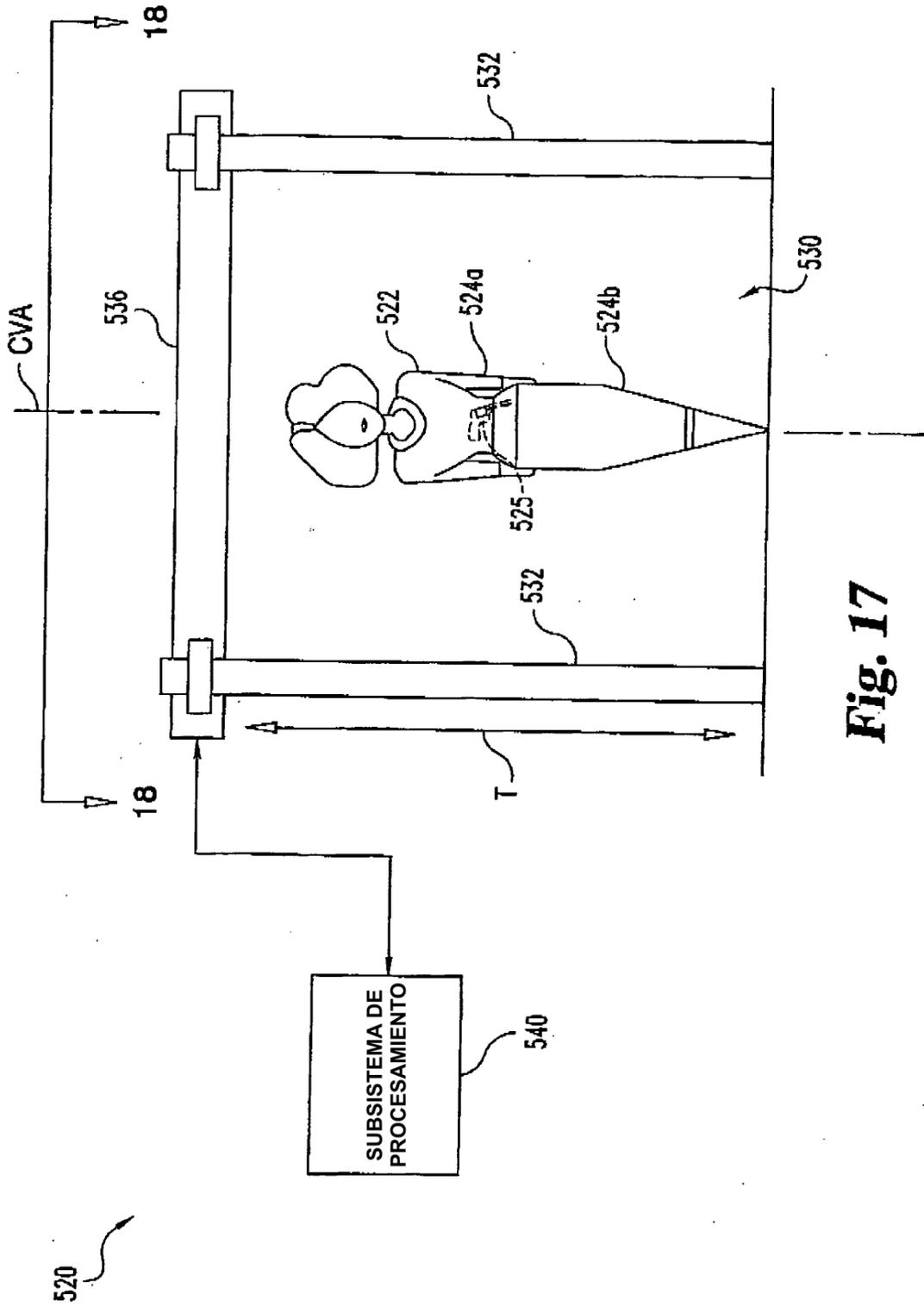


Fig. 17

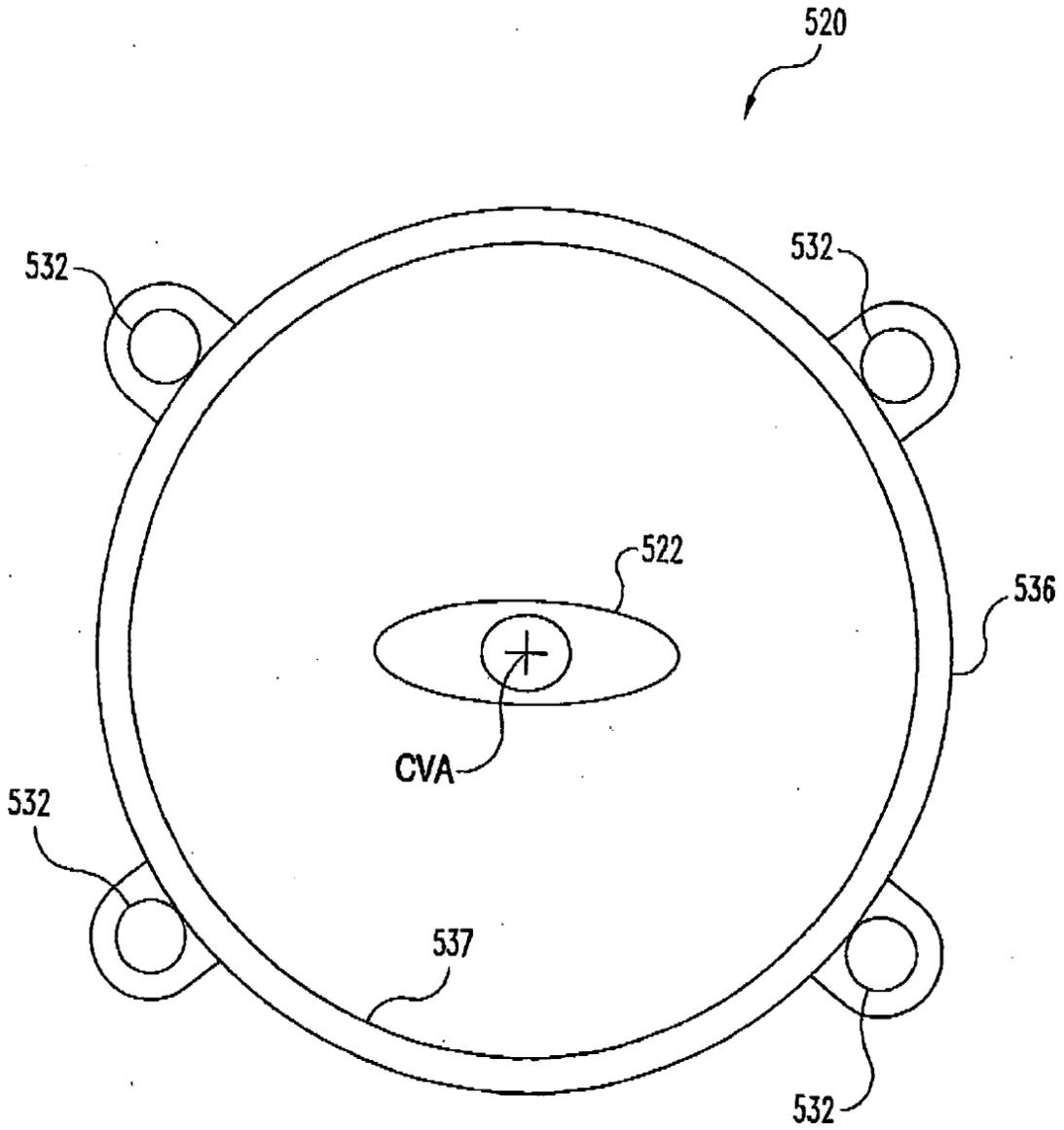


Fig. 18