



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 207 686**

51 Int. Cl.:
G01N 23/04 (2006.01)
G01V 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA

T5

- 86 Número de solicitud europea: **96937639 .1**
86 Fecha de presentación : **24.09.1996**
87 Número de publicación de la solicitud: **0793804**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **10.09.1997**

54 Título: **Detección de explosivos u otros objetos de contrabando mediante el uso de rayos X transmitidos y dispersados.**

30 Prioridad: **25.09.1995 US 533646**

45 Fecha de publicación de la mención y de la traducción de patente europea: **01.06.2004**

45 Fecha de la publicación de la mención de la patente europea modificada BOPI: **16.04.2007**

45 Fecha de publicación de la traducción de patente europea modificada: **16.04.2007**

73 Titular/es: **L-3 Communications Security & Detection Systems**
10E Commerce Way
Woburn, Massachusetts 01801, US

72 Inventor/es: **Krug, Kristoph, D.;**
Aitkenhead, William, F.;
Eilbert, Richard, F.;
Stillson, Jeffrey, H. y
Stein, Jay, A.

74 Agente: **Carpintero López, Francisco**

ES 2 207 686 T5

DESCRIPCIÓN

Detección de explosivos u otros objetos de contrabando mediante el uso de rayos X transmitidos y dispersados.

5 La presente invención se refiere a sistemas de inspección por rayos X para el examen de paquetes o de equipajes. De manera más específica, la invención se refiere a sistemas que utilizan la radiación de rayos X del paquete o equipaje examinados o dispersada desde los mismos para detectar armas, explosivos u otro contrabando.

Antecedentes de la invención

10 En los últimos años, los sistemas de inspección de equipajes por rayos X han evolucionado desde los sistemas simples de imágenes de rayos X que eran completamente dependientes de la interpretación por parte de un operador a los sistemas automáticos más sofisticados que puede reconocer automáticamente ciertos tipos de contrabando o ciertas formas de objetos en las piezas del equipaje tal como se describe en el documento DE-A-4 210 516 y en el documento
15 EP-0459648. Los sistemas de inspección más sofisticados han empleado radiación de rayos X de una sola energía o de energía dual transmitida a través del equipaje examinado. Algunos sistemas han usado una disposición detectora de fuente de vista única, otros han utilizado disposiciones de vista doble o disposiciones multivista. Los sistemas de vista única o de vista doble generalmente exploran el equipaje, a medida que éste se desplaza sobre una cinta, usando un haz en abanico o un haz lápiz explorador de rayos X para proporcionar las imágenes de proyección. Los sistemas
20 de tipo CT multivista generalmente exploran equipajes en reposo y procesan los datos correspondientes a la absorción de rayos X para reconstruir una vista en sección del contenido del equipaje. Estos sistemas generalmente visualizan su decisión resaltando en diferentes colores los objetos o las regiones del equipaje examinado.

Los sistemas de inspección de energía dual pueden usar también la relación de los valores de atenuación en las dos
25 energías para discriminar entre materiales de bajo número Z (por ejemplo, plásticos) y materiales de alto número Z (por ejemplo, metales). Sin embargo, muchos sistemas de inspección no pueden distinguir el contrabando cuando está cubierto por un material de alta densidad, tal como una lámina de metal.

Para localizar un material de baja densidad dentro de un equipaje, algunos sistemas de inspección emplean la
30 radiación tanto transmitida como dispersada. Dichos sistemas emplean una fuente de rayos X situada en uno de los lados de una región de inspección y un detector situado en el otro lado de la región de inspección. La fuente de rayos X emite un haz en abanico o un haz de lápiz de exploración de rayos X que se transmiten a través del equipaje examinado y que son detectados por el detector. Estos sistemas pueden emplear también un detector de dispersión frontal de rayos X situado cerca del detector de transmisión de rayos X para detectar los fotones dispersados por el
35 objeto iluminado fuera del trayecto del haz transmitido. Generalmente se dispone un detector de dispersión de retorno en el mismo lado que la fuente de rayos X y detecta los fotones dispersados de retorno por el objeto fuera del trayecto del haz. El sistema puede visualizar a un operador una imagen de transmisión y ambas imágenes de dispersión, quien decide entonces si hay contrabando dentro del equipaje en base a la forma y a la posición de las piezas visualizadas en la imagen. Estos sistemas también pueden manipular digitalmente la imagen de dispersión y producir un parámetro
40 seleccionado asociado con un contrabando particular, por ejemplo, un histograma que se compara entonces con una característica predeterminada del contrabando probado. El sistema también puede hacer sonar una alarma si se detecta el contrabando.

En general, muchos sistemas de transmisión de rayos X no son capaces de detectar de manera efectiva materiales
45 de bajo número Z (tales como plásticos o explosivos plásticos), especialmente cuando adoptan la forma de objetos de sección transversal delgada, ya que provocan una atenuación relativamente pequeña de los rayos X. Por otra parte, algunos sistemas de dispersión de rayos X no son capaces de identificar de una manera consistente armas, explosivos o drogas situadas en la parte más profunda dentro del equipaje. Algunos sistemas de rayos X tienen una capacidad de procesamiento demasiado baja para su empleo como un dispositivo de inspección en línea en el aeropuerto. Existe una
50 necesidad de un dispositivo de inspección por rayos X de alta velocidad que pueda detectar de manera fiable armas, distintos explosivos (u otro contrabando) que tengan diferentes formas y tamaños situados en cualquier lugar en el equipaje examinado.

Sumario de la invención

55 En general, el sistema de inspección por rayos X detecta diferentes tipos de contrabando (por ejemplo, armas, drogas, dinero, explosivos plásticos como C4, RDX, Semtex, Seismoplast, PE4 u otros explosivos como TNT, dinamita, 4MX, PETN, ANFO) que pueden encontrarse en el equipaje mediante la detección tanto de la radiación de rayos X transmitida a través del equipaje como de la radiación de rayos X dispersada desde el equipaje.

60 Un dispositivo de inspección de rayos X para la detección de un material específico de interés (típicamente contrabando) en piezas de varios tamaños y formas, incluye un sistema fuente de rayos X situado en una región de inspección y construido para exponer la pieza examinada a un haz de radiación de rayos X, un sistema de detección de rayos X situado en la región de inspección y construido para detectar la radiación de rayos X modificada por la pieza exami-
65 nada, que comprende un detector para la radiación de rayos X dispersada. El dispositivo de inspección de rayos X incluye también un detector de dimensión construido para medir una dimensión seleccionada de la pieza examinada, un sistema interfaz conectado a, y que recibe datos de rayos X dispersados del sistema de detección de rayos X, y del detector de dimensión recibe datos de la dimensión, estando el sistema de interfaz construido para ordenar los

datos de rayos X dispersados y los datos de dimensión, y un ordenador conectado de manera operativa a y recibiendo del sistema de interfaz, los datos de rayos X y los datos de dimensión ordenados. El ordenador está programado para utilizar los datos para el reconocimiento de un material específico de interés en la pieza seleccionada y para indicar su presencia en la pieza examinada.

El dispositivo de inspección por rayos X incluye uno o más detectores de dimensión situados en diferentes posiciones en o cerca de la región de inspección. La invención imagina diferentes tipos de detectores de dimensión que utilizan radiación óptica en el intervalo desde los UV hasta los IR o ultrasonidos. De manera alternativa, el detector de dimensión puede usar un sensor mecánico que mide una posición o una dimensión seleccionada de la pieza examinada.

En una realización, el detector de dimensión incluye una fuente óptica, un detector óptico y un procesador. La fuente óptica, situada cerca de la región de inspección está construida para emitir radiación óptica en el intervalo desde los ultravioleta hasta los infrarrojos hacia la pieza examinada. El detector óptico, situado cerca de la región de inspección, está construido para detectar la radiación óptica que puede ser parcialmente modificada por la pieza examinada. El procesador, conectado para recibir los datos ópticos desde el detector óptico, está construido para medir la dimensión seleccionada de la pieza examinada.

En otra realización, el detector de dimensión incluye un transductor ultrasónico, situado cerca de la región de inspección, construido para emitir ondas ultrasónicas hacia la pieza examinada y detectar las ondas ultrasónicas reflejadas desde la pieza examinada, desde la cinta transportadora u otra superficie en la región de inspección. Este detector de dimensión incluye también un procesador conectado para recibir los datos ultrasónicos provenientes del transductor ultrasónico y construido para medir la dimensión seleccionada de la pieza examinada.

El dispositivo de inspección por rayos X incluye uno o más sistemas fuente de rayos X. El sistema fuente de rayos X emite pulsos de una haz en abanico de radiación de rayos X de una energía, o de al menos dos energías sustancialmente diferentes. El dispositivo puede usar dos sistemas fuente de rayos X que emitan dos haces en abanico discretos espaciados una distancia fijada. Estos haces en abanico pueden ser direccionados a la pieza examinada con el mismo ángulo o pueden utilizar ángulos de inspección diferentes. De manera alternativa, el sistema fuente de rayos X puede usar uno o más haces de exploración de lápiz de rayos X.

El dispositivo de inspección por rayos X incluye varios sistemas de detección de rayos X que detectan la radiación de rayos X dispersada o transmitida y dispersada utilizando varias geometrías diferentes. La radiación dispersada puede identificar contrabando que generalmente no tiene ninguna forma particular y que atenúa sólo ligeramente la radiación transmitida debido a su configuración, baja densidad o bajo número atómico z . Puede que hayan uno o más sistemas de detección de la dispersión de retorno de los rayos X, y uno o más sistemas de detección de la dispersión frontal de los rayos X que detecten la radiación de rayos X dispersada con diferentes ángulos desde superficies diferentes de la pieza examinada. Cada sistema de detección incluye una o más matrices de detectores de rayos X colocados en una geometría lineal, circular o semiesférica. Cada sistema de detección puede estar conectado también a una unidad de desplazamiento construida y dispuesta para mover o girar la matriz de detectores a una posición seleccionada relativa a la región de inspección y a la pieza seleccionada.

El dispositivo de inspección de rayos X incluye una pantalla, conectada de manera operativa al ordenador, construida y dispuesta para visualizar una imagen seleccionada de los datos que representan una región seleccionada del objeto. La imagen se crea a partir de los datos de transmisión de rayos X, de los datos de dispersión de retorno de rayos X o de los datos de dispersión frontal de rayos X, o en base a la combinación de los mismos. La imagen se puede crear también en base a la firma seleccionada de un material específico de interés; esta firma se calcula usando los datos de transmisión de rayos X, los datos de dispersión de retorno de rayos X o los datos de dispersión frontal de rayos X, y los datos de dimensión. El dispositivo de inspección de rayos X puede incluir también una interfaz de usuario, conectada de manera operativa al ordenador, construida y dispuesta para hacer posible al operador el obtener diferentes imágenes de la región de la pieza examinada. La interfaz de usuario hace posible también a un operador interactuar con el proceso de reconocimiento y tomar una decisión adicional acerca de la presencia del material específico de interés en la pieza examinada.

El dispositivo de inspección por rayos X es una configuración de precisión de la detección de la transmisión y dispersión de rayos X que alinea las imágenes de radiación dispersadas con las imágenes de transmisión usando una geometría de haz en abanico y una única colimación. Esta colimación permite que los datos provenientes de las distintas matrices de detección sean procesados y comparados siguiendo una técnica de región por región. El dispositivo realiza una serie de secuencias de autocalibración y normalización para producir conjuntos de datos normalizados, y también ecualiza los datos dispersados relativos a los datos de atenuación transmitidos para obtener datos de dispersión ecualizados que posean información del material intrínseco. Las secuencias de normalización y de ecualización emplean datos de dimensión facilitados por uno o más detectores de dimensión. Después, el dispositivo usa estos datos de precisión espacialmente correlacionados y ecualizados para detectar de manera automática objetos amenazantes tales como láminas delgadas de explosivos o contrabando dispuestas en distintas configuraciones y escondidas en el equipaje o en otras piezas usadas por terroristas o por contrabandistas. Los datos del detector de dimensión son útiles también en la evaluación de los datos de radiación de transmisión, por ejemplo, para mejorar la precisión de la estimación de la masa y la densidad de estos objetos. La información de la masa y la densidad sirven entonces para rebajar la tasa de falsas alarmas y mejorar la detección de amenazas.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista de perfil esquemática de un dispositivo de inspección de equipajes por rayos X.

5 La figura 1A muestra en forma de diagrama la arquitectura global del algoritmo de detección.

Las figuras 2 y 2A muestran las vistas esquemáticas de un detector de dispersión de retorno empleado en el dispositivo de la figura 1.

10 La figura 2B muestra en forma de diagrama la electrónica del detector de dispersión.

Las figuras 3 y 3A muestran de manera esquemática las vistas laterales de un detector de dispersión frontal empleado en el dispositivo de la figura 1.

15 La figura 4 muestra de manera esquemática un detector de transmisión empleado en el dispositivo de la figura 1.

Las figuras 5 y 5A muestran de manera esquemática un detector de dimensión empleado en el dispositivo de la figura 1.

20 La figura 5B muestra los datos de altura de un paquete medidos por medio del detector de dimensión de la figura 4.

La figura 5C muestra de manera esquemática una realización alternativa del detector de dimensión.

25 La figura 6 es un diagrama de circuito de una fuente de rayos X empleada en el dispositivo de la figura 1.

La figura 7 es un diagrama de bloques que visualiza el hardware y la organización de datos del dispositivo de la figura 1.

30 Las figuras 8 y 8A muestran en forma de diagrama la calibración y la normalización de los datos medidos.

La figura 9 muestra de manera esquemática otra geometría del detector de fuente de rayos X del dispositivo de inspección de equipajes por rayos X de la figura 1.

35 La figura 10 muestra de manera esquemática el dispositivo de inspección de equipajes por rayos X incluyendo una estación de trabajo y un escáner CT independiente para una inspección adicional.

Descripción de las realizaciones preferidas

40 Con referencia a la figura 1, el sistema de inspección por rayos X 10 incluye una cinta transportadora 20, controlada por un motor 21, construida para transportar las piezas de equipaje o los paquetes (24A, 24B, 24C, ...) desde una región de carga 26 a través de una región de inspección 30 hasta una región de descarga 28. La región de inspección 30 incluye un conjunto de fotocélulas 32, un sistema de fuente de rayos X 40, tres sistemas detectores de rayos X 60, 80 y 100, y un detector de dimensión 120. Las piezas de equipaje 24A, 24B, 24C tienen la altura máxima de 457 mm, para
45 ajustarse entre la superficie de la cinta transportadora y una lámina de limitación 22, y la anchura máxima es de 1016 mm. (Otra realización del sistema de inspección se describe con detalle en la Patente de los Estados Unidos número 5.319.547, que se incorpora por referencia como si fuese descrita por completo en la presente memoria).

El sistema de inspección 10 incluye también un sistema de interfaz de datos y un sistema de ordenador, todo
50 ello se describe con detalle junto con la figura 7. El sistema de ordenador incluye un ordenador principal 80386 basado en VME enlazado a una red de "super-micro" ordenadores basados en I860 con la arquitectura configurada para procesamiento de datos en paralelo expandible en una configuración de Instrucción Múltiple Datos Múltiples (MIMD). Los datos procesados se envían a través del bus VME a una tarjeta gráfica inteligente que incluye un procesador de gráficos TMS34020. Los datos de la imagen se visualizan en un monitor de alta resolución de 1024 x 1280
55 píxeles.

Las fotocélulas 32, situadas en la entrada a la región de inspección 30, detectan la entrada de una pieza de equipaje o un paquete y envían una señal de control al sistema de ordenador a través del sistema de interfaz de datos. El ordenador activa el detector de dimensión 120, que registra la altura (25H) del equipaje examinado 24B y puede detectar también
60 su anchura (25W) y su longitud (25L). El sistema de ordenador activa también el sistema de fuente de rayos X 40, que emite rayos X pulsados de energía dual 44, colimados en un haz en abanico de radiación de rayos X 45, que choca contra el equipaje examinado 24B. La radiación de rayos X transmitida es detectada por un detector de transmisión 60, la radiación de rayos X dispersada desde las capas superiores del equipaje 24B es detectada por el detector de dispersión de retorno 80, y la radiación de rayos X dispersada desde las capas inferiores del equipaje 24B es detectada
65 por el detector de dispersión frontal 100.

Con referencia a la figura 1A, en general, los algoritmos de reconocimiento utilizan datos de transmisión digitalizados 78, datos de dispersión de retorno 98, datos de dispersión frontal 118, y datos de altura 128. Los distintos

ES 2 207 686 T5

algoritmos usan estas fuentes de datos en diferentes combinaciones para detectar explosivos y dispositivos explosivos o contrabando en una variedad de configuraciones buscadas.

Con referencia a las figuras 2 y 2A, el detector de dispersión de retorno 80 incluye un colimador 84, una matriz de 21 detectores de rayos X 86 y la electrónica correspondiente. El detector de dispersión de retorno 80 está situado en una caja apantallada 81 montada justo fuera del plano del haz en abanico de rayos X 45. La caja 81 está montada sobre el lado de desplazamiento del haz en abanico directamente por encima de la parte de la cinta transportadora por la que sale el haz en abanico 45. El colimador 84 está fabricado de un material delgado, denso (por ejemplo, plomo, estaño, cobre) y está diseñado para que tenga una alta relación de colimado. El colimador 84 define la vista de cada detector 86; esta vista es paralela a la vista del detector de transmisión de rayos X 68 (descrito más adelante). Aunque la radiación de rayos X se dispersa en todas las direcciones, cada detector de rayos X 86 recibe la radiación 85 dispersada de retorno primeramente desde las partes superiores del equipaje sometido a radiación 24B. Además, la radiación Compton detectada por medio del detector de dispersión de retorno 86 puede ser correlada por medio de la localización y de la orientación respecto a los datos de atenuación de rayos X detectados por el detector de transmisión 60.

Con referencia también a la figura 2B, cada detector de rayos X de dispersión de retorno 86 incluye un cristal de NaI 87 (u otro cristal, pantalla o papel escintiladores) situado en la ventana de detección de un tubo fotomultiplicador (PMT) 88 conectado a una red de polarización de alta tensión (89a) y una fuente de alimentación 89. La fuente de alimentación 89 es una fuente de tipo convertor CA-CA. Montada dentro de la caja 81 y conectada a cada PMT 88 hay una circuitería de acondicionamiento, amplificación y procesado. La circuitería incluye un preamplificador 91, un integrador 92, un circuito de muestreo y retención 93, un multiplexor 95 y un convertor analógico a digital 97. La radiación de rayos X dispersada de retorno 85 excita en el cristal 87 luz visible que es detectada por el PMT 88. La señal del detector es amplificada por medio del preamplificador 91 e integrada sobre un tiempo de recogida seleccionado por medio del integrador 92. Un circuito de muestreo y retención 93 conserva la señal integrada hasta que es leída por un multiplexor de ocho canales 95, que recibe las señales del detector desde siete detectores. Tras haber digitalizado la señal analógica procesada por medio del convertor analógico a digital 97, los datos digitalizados 98 son enviados a la placa de interfaz de dispersión (SCIB).

En una realización alternativa, se puede conectar una unidad de desplazamiento 82 a la caja 81. La unidad de desplazamiento 82 mueve el detector 80 a una posición seleccionada relativa a la región de inspección y equipaje 24B. La unidad de desplazamiento incluye un servomontaje sensible a las señales provenientes del detector de dimensión 120, que mueve la caja 81 sobre una guía 83. Moviendo el detector de dispersión 80 a una posición seleccionada, los datos del detector de dispersión son compensados para la distancia variante desde la superficie del equipaje 24B a la matriz de detectores 86. Esta compensación incrementa la relación señal a ruido en los datos dispersados y mejora de esta manera la probabilidad de detección de objetos amenazantes en el equipaje de diferentes tamaños.

Con referencia a la figura 3, el detector de dispersión frontal 100 incluye un colimador 104, una matriz de 28 detectores de rayos X 106 y la electrónica correspondiente. El detector de dispersión frontal 100 está situado en una caja apantallada 101 montada por debajo de la cubierta 19 justo fuera del plano del haz en abanico de rayos X 45 y justo por encima del detector de transmisión 60. La mayoría de la radiación de rayos X que llega al fondo del equipaje 24B se transmite directamente al detector 60, pero una parte de la radiación es dispersada en todas las direcciones. Con referencia también a la figura 3A, el colimador 104 está construido para fijar la vista de cada detector de rayos X 106 de forma que reciba los rayos X 105 dispersados desde los primeros 2 cm a 3 cm de la superficie del fondo del equipaje 24B. Además, el colimador 104 fija la vista de cada detector 106 para que sea paralela a la vista de un número seleccionado de detectores de transmisión de rayos X 68. De esta manera, las localizaciones observadas por la matriz de detectores 106 pueden ser especialmente correlacionadas con las localizaciones observadas por la matriz principal de detectores 68. Cada detector de rayos X 106 incluye un cristal de CdWO_4 108 (u otro cristal o papel escintiladores) situado en la ventana de detección de un tubo fotomultiplicador (PMT) 110 conectado a una fuente de alimentación de alta tensión 112. La matriz de detectores de dispersión frontal 106 usa una electrónica similar a la electrónica de la matriz de detectores de dispersión de retorno 86, mostrada en la figura 2B.

Con referencia a la figura 4, el detector de transmisión de rayos X 60 incluye una matriz en forma de L 68 de 960 detectores diseñada para detectar el haz en abanico de rayos X 45 en bandas de energía alta y baja transmitido a través del equipaje 24B. Cada detector incluye un fotodiodo de área grande 70 con un material escintilador 72 pegado sobre su área activa con una epoxi ópticamente transparente. De manera similar que para los detectores de dispersión, cuando la matriz 68 es expuesta a la radiación de rayos X, el material escintilador convierte parte de los rayos X en fotones de luz visible, que son detectados entonces por medio de los fotodiodos 70 y convertidos en pequeñas corrientes eléctricas. Esta señal es amplificada por medio del preamplificador 74 y la salida es enviada a un multiplexor 76. El multiplexor distribuye 8 señales a la vez a través de ocho buses analógicos a una placa de conversión analógica a digital (A/D) 77 (figura 7).

El detector de transmisión 60 proporciona a una placa interfaz de detector (DIB) 160 de la figura 7, un flujo digitalizado de valores (78) que representan los valores de detección de la banda alta y baja de rayos X, y opcionalmente valores de "corriente oscura" (que incluyen también persistencia lumínica del escintilador) para cada detector por pulso de rayos X. La placa DIB puede realizar la sustracción de la corriente oscura para producir datos de rayos X altos (H) y bajos (L) de corriente oscura corregidos. De manera similar, la placa SCIB puede producir datos de dispersión de rayos X altos (H) y bajos (L) de corriente oscura corregidos detectados por medio del detector de dispersión frontal y del detector de dispersión de retorno.

ES 2 207 686 T5

Con referencia a las figuras 5 y 5A, el detector de dimensión 120 es un detector óptico que incluye una matriz de 40 diodos emisores de luz de IR (LED) 122 y de 40 correspondientes diodos sensibles a la posición (PSD) 127; la matriz funciona de la siguiente manera. Cada LED 122 emite un haz pulsado de IR 124, a una frecuencia constante, que pasa a través de una lente de focalización 123 e irradia la superficie superior de la cinta transportadora 20 o del equipaje 24B. La luz de IR reflejada (124a) es focalizada por medio de una lente 126 y es detectada por el PSD 127. Se puede usar un colimador óptico 125 para reducir la intermodulación perturbadora entre los LED independientes. El PSD 127 saca señales de tensión analógica Va (127A) y Vb (127B) correspondientes a una localización del haz sobre su superficie. En un esquema de detección diferencial, las señales de tensión son amplificadas (128A, 128B) y detectadas de manera síncrona (129A, 129B) para el tiempo de pulso “encendido” de los LED. La salida de la etapa de detección se filtra después por medio de un filtro paso bajo (130A, 130B) y se presenta a un conversor analógico a digital 131 por medio de un demultiplexor de señal.

Estas señales representan la potencia óptica total recibida por el PSD y la posición del haz de luz focalizado a lo largo de la longitud del PSD. La relación de cada señal del canal respecto al total de la suma de ambos canales representa la posición del centro de la energía de luz relativa al área activa del PSD. Los datos de la distancia se calculan por triangulación por medio de un procesador de la siguiente manera:

$$\text{Distancia} = \frac{K_1}{\frac{(V_a - V_b - Z_a + Z_b)}{(V_a + V_b - Z_a - Z_b)} K_2 + K_3} + K_4$$

en donde

K₁ es una distancia horizontal de la lente del detector 126 al LED 122 multiplicada por la distancia vertical de la lente 126 al PSD 127;

K₂ es una constante de conversión de la posición PSD;

K₃ es una constante de punto medio cuando V_a-V_b-Z_a+Z_b = 0;

K₄ es una distancia de la lente del detector al punto O de medida;

Z_a = ZLED_a + Z_aDa es una salida cero de canal A del detector;

Z_b = ZLED_b + Z_aDb es una salida cero de canal B del detector; y V_a y V_b son las tensiones de salida del PSD.

A medida que el equipaje 24B se mueve sobre la cinta transportadora 20, el detector de dimensión 120 recoge para cada píxel los datos de distancia. Como la distancia entre la superficie de la cinta transportadora y cada diodo láser es conocida, un procesador puede recalcular los datos detectados para obtener los datos de la altura del equipaje 24B. Los datos de la altura (es decir, la topología de la superficie) del equipaje en movimiento medidos por el detector de dimensión 120 se muestran en la figura 5B. La resolución de la altura del detector de dimensión 120 es de 1 cm a 2 cm. Si un píxel devuelve un valor anormal o un valor de “sin datos”, el sistema estima el valor que falta promediando los datos de los píxeles circundantes a éste.

Como las piezas que vayan a ser inspeccionadas son de alturas y de tamaños que varían, las eficiencias del detector de radiación de dispersión son una función altamente dependiente de la distancia desde el objetivo de dispersión al detector de dispersión. El detector de dimensión proporciona los datos de distancia usados para normalizar los datos del detector de dispersión que se vayan a compensar para la distancia variable desde la superficie del equipaje examinado. La normalización mejora la probabilidad de la detección de objetos amenazantes en el equipaje de diferentes tamaños.

Con referencia a la figura 6, el sistema de fuente de rayos X 40 incluye un controlador de rayos X 41, que dispara una fuente de rayos X 42 produciendo haces pulsados de rayos X de bandas de alta y baja energía con intervalos oscuros (sin rayos X) entre los pulsos. La fuente de rayos X 42 incluye un transformador de alta tensión 46 con una tensión primaria nominal de 300 voltios (de pico) y que tiene dos secundarios de 75 kV cada uno conectados a un montaje de diodos de alta tensión 47. Estos diodos están conectados a un tubo generador de rayos X 43 de forma que durante un conjunto de semiciclos alternos, ambos secundarios del transformador (150 kV) están conectados a través del tubo de rayos X. Durante el otro conjunto de semiciclos, solamente uno de los secundarios (75 kV) se sitúa a través del tubo generador de rayos X 43. Todos los componentes fuente anteriores se montan dentro de un depósito de aceite y se sumergen en aceite aislante.

La placa controladora de rayos X 41 recibe la tensión CA del sistema de distribución de potencia y las señales de temporización, control e interbloqueo desde la Placa de Interfaz de Sistema. La placa Controladora 41 suministra las tensiones de activación al transformador de alta tensión 46, que se ajusta entonces en base a la tensión desarrollada a través del tubo generador de rayos X 43 supervisada por un circuito divisor de tensión resistivo 48. La placa controladora 41 supervisa también la corriente del tubo durante el pulso de rayos X de baja energía usando un paralelo resistivo 49 y usa el valor obtenido para ajustar la tensión del filamento del tubo a través del transformador de filamento 50

ES 2 207 686 T5

para mantener la corriente del tubo de rayos X en un valor constante. El controlador de rayos X proporciona señales de estado y de relectura al ordenador principal.

El dispositivo de inspección usa también recipientes de calibración situados al lado de la fuente de rayos X para permitir una inserción programable de materiales de fondo y de primer plano dentro del haz durante una secuencia de calibración. El propósito de los recipientes de calibración es comprobar la estabilidad del dispositivo, ya que cada muestra de materiales conocidos debería medirse dentro de ciertos límites especificados, y para supervisar las derivas a largo plazo. Los recipientes contienen un surtido de materiales que van desde materiales de bajo número Z (plásticos) a materiales de alto número Z (metales) todos ellos hechos en tiras de varios grosores diferentes.

El dispositivo de inspección usa un tambor de filtro que está controlado por medio de un motor, cilindro giratorio de lexan u otro plástico y está en línea con tiras de latón alineadas a lo largo de su eje más largo. Las tiras son insertadas dentro del haz de rayos X para llevar a efecto un filtro para el pulso de rayos X alto (150 kVP) solamente. Una rueda de temporización, consistente en un disco con agujeros ranurados dispuestos alrededor del perímetro y acoplada mecánicamente al tambor de filtro, actúa junto con un circuito interruptor óptico para emitir pulsos de temporización de haz bajo y de haz alto a la placa interfaz de sistema (SIB), y en última instancia a la fuente de rayos X y a la electrónica de la matriz detectora. Uno de los agujeros de la rueda de temporización es un doble agujero que proporciona un doble pulso de sincronización a la placa interfaz de sistema, proporcionando así al sistema una referencia posicional a un conjunto específico de tiras de tambor de filtro para la calibración de la temporización del sistema a tiras de filtro individuales. Este montaje está controlado por un motor síncrono en línea y de esta forma todos los pulsos de temporización y pulsos de rayos X están sincronizados a la frecuencia de línea proporcionando una medida del rechazo de frecuencia de línea de errores del sistema.

La figura 7 muestra en forma de diagrama la organización hardware y el movimiento de los datos detectados por el detector de transmisión 60, los detectores de dispersión 80 y 100, y el detector de dimensión 120. Los detectores de dispersión y de dimensión envían los datos sobre enlaces bidireccionales de comunicaciones a una placa interfaz de dispersión (SCIB) 150.

El detector de transmisión 60 envía una secuencia de tensiones representativas de las respuestas de los detectores individuales al enlace de comunicaciones bidireccional analógico a digital. Tanto la SCIB 150 como la DIB 160 proporcionan las señales de temporización y de secuenciado a y desde la matriz de detectores a la que están conectadas, en base a las señales recibidas desde una placa Interfaz de Sistema (SIB) 180. Las señales se distribuyen entre la DIB y la SCIB por medio de una placa de interconexión de sistema 190.

Una placa de transordenador, la BO14 (195), recibe los datos desde la placa DIB 160, toma decisiones iniciales tales como si los datos de transmisión son atribuibles al "aire" o al equipaje explorado. El transordenador realiza también la resta del aire y envía entonces los datos procesados a la tarjeta interfaz "Skylink" 199 que está enchufada en la primera tarjeta de procesado 1860.

La placa SCIB contiene un procesador DSP (Motorola DSP 56166) que proporciona la conveniencia y la flexibilidad de programación y de secuenciado. La velocidad de datos en la SCIB es a un nivel que habilite la potencia de procesado suficiente. Toda la memoria SCIB es legible sobre el bus VME 192 con el fin de poder realizar diagnósticos de memoria y de matriz de detectores. La memoria de procesador es "iniciada" desde el ordenador principal (80386) y no necesita firmware adicional sobre la placa. Los datos de distancia, los datos de dispersión de retorno y de dispersión frontal enviados a la SCIB se encuentran disponibles en la RAM de transferencia de datos SCIB. Se lee y se escribe la SCIB sobre la tarjeta base VME a través de una interfaz de bus VME rápida por medio de las placas de procesador 1860 disponibles comercialmente 205, 215 que actúan como maestros de bus VME.

Las placas de procesador 1860 1 (205) a la 4 (215) comunican a través del bus VME 192 y del bus VSB 210 con el fin de dividir el trabajo de cálculo necesario entre los cuatro procesadores. La decisión producida por el software automático es comunicada a la tarjeta de vídeo y a la pantalla de vídeo. La información de decisión y de imagen de equipaje pueden ser reenrutadas de manera opcional a redes de ordenadores que se comuniquen con sistemas de control de equipaje y estaciones de trabajo de imagen.

La placa de interconexión de sistema 190 lleva señales de E/S a y desde las matrices de detectores y las distribuye a la DIB y a la SCIB, así como proporciona las señales de sincronización desde la placa SIB a las placas DIB y SCIB. La placa de interconexión de sistema contiene también la circuitería que proporciona el número de serie del sistema y la ID del sistema y lee la integridad de todos los entrelazados de cable incluyendo los entrelazados de cable de los cables del sistema de dispersión y de los cables del sistema detector. Este registro de desplazamiento de ID de sistema y de entrelazado de cables está conectado a la SIB a través del conector VME P2 y es leído por la CPU 80386.

En general, el algoritmo de reconocimiento mostrado en la figura 1A utiliza datos de transmisión digitalizados 78, datos de dispersión de retorno 98, datos de dispersión frontal 118, y datos de distancia 128. Los datos brutos son calibrados usando valores medidos de fábrica y/o valores de calibración diarios así como los valores actuales preexploración de "aire" y "oscuridad". Los datos de dispersión de retorno 98 son adicionalmente normalizados usando los datos de distancia 128, y los datos de dispersión frontal son adicionalmente normalizados usando los datos de transmisión 78, como se describe con más detalle más adelante. Además, el algoritmo elimina datos adicionales de

ES 2 207 686 T5

procesado atribuibles a “aire” solamente; dichos datos muestran valores de absorción por debajo de un valor umbral de aire seleccionado.

De manera específica, como se muestra en las figuras 8 y 8A, una placa I860 y/o SCIB 150 realiza los procedimientos de calibración para los datos de dispersión y de distancia adquiridos. En momentos preseleccionados, el sistema ejecuta las secuencias de calibración para los detectores de rayos X 60, 80 y 100, y el detector de dimensión 120 frente a la cinta transportadora vacía 20 para suplementar la calibración de fábrica. Esta calibración se realiza para tener en cuenta derivas potenciales debidas a influencias externas. Además, las secuencias de calibración pueden detectar fallos de equipo en los casos en los que los valores de calibración detectados se diferencian de manera sustancial de los valores de calibración de fábrica.

El detector de dimensión 120 ejecuta a intervalos preseleccionados una secuencia de calibración frente a la cinta transportadora vacía 20 para recoger “datos de calibración de preexploración diarios” (226). Estos conjuntos de datos se usan junto con los “datos de calibración de fábrica” (224) en un procedimiento de “calibración de ajuste” para obtener un conjunto de “datos de calibración ajustados” (228). Estas medidas de calibración se usan para verificar los valores de posicionamiento de las distancias y ángulos de los LED de IR 122 y los PSD 127. En un procedimiento de detección, se detectan un conjunto de “datos de distancia brutos” (230) con el equipaje 24B sobre la cinta transportadora en movimiento 20. Entonces, el procesador “borra” los datos de distancia adquiridos (232) para sustituir los píxeles malos (que pueden ser artefactos producidos por el cambio rápido de la reflectividad de IR o por áreas con muy baja reflectividad). El procesador calibra entonces los datos de la distancia usando los “datos de calibración ajustados” (228), que fijan los valores de distancia máximo y mínimo, y calcula los “datos de distancia ajustados” (240). El procesador puede usar también procedimientos de llenado (236) o procedimientos de suavizado (238).

El detector de dispersión de retorno 80 ejecuta también a intervalos preseleccionados una secuencia de calibración frente a la cinta transportadora vacía 20 para recoger “datos de calibración de preexploración diarios” (256). Después de que el detector de dispersión de retorno 80 detecte “datos de dispersión de retorno brutos” (250) con el equipaje 24B sobre la cinta transportadora en movimiento 20, el procesador sustituye los píxeles malos (252) en el conjunto de datos detectado. Los “datos de calibración de preexploración diarios” (256) se usan junto con los “datos de calibración de fábrica” (254) en un procedimiento de calibración que fija la escala y el desplazamiento en los “datos de dispersión de retorno calibrados” (258). La escala completa se fija de manera que los datos de calibración estén en un nivel fraccional, por ejemplo, nivel del 15%; sin embargo, son posibles otras escalas, incluyendo una escala no uniforme a través de la fila de datos detectados. El procesador normaliza entonces los datos de dispersión de retorno calibrados (258) usando una tabla de consulta de normalización de dispersión de retorno (BSN) (242). La tabla de consulta BSN incluye valores que reflejan la respuesta de los detectores de dispersión de retorno de rayos X 86 incluyendo la geometría del colimador 84. Una realización de la tabla de consulta BSN incluye los valores detectados para una placa de plexiglass delgada montada a distintas alturas desde la cinta transportadora (por ejemplo, 0; 5,08; 10,16; ..., 45,72 cm). Para cada píxel, la tabla de consulta BSN devuelve un valor que corresponde con los datos ajustados de distancia (240); este valor es multiplicado por los datos de dispersión de retorno calibrados (258) para obtener “datos de dispersión de retorno normalizados” (260). De esta manera, los datos de dispersión de retorno normalizados tienen en cuenta también las eficiencias variables del detector, debidas a las variaciones del ángulo sólido con respecto a la distancia de la superficie inspeccionada a los detectores de dispersión de retorno individuales, así como las variaciones electrónicas en la ganancia y en el desplazamiento, y también compensa el ángulo y el campo variables de visión de los colimadores de dispersión de retorno individuales.

De manera similar, el detector de dispersión frontal 60 recoge los “datos de calibración de preexploración diarios” (268) detectados con la cinta transportadora vacía 20 y los “datos de dispersión frontal brutos” (262). El procesador sustituye los píxeles malos en los “datos de dispersión frontal” (262) y calibra también los datos usando los “datos de calibración de fábrica” (266) y los “datos de calibración de preexploración diarios” (268). Los “datos de calibración de preexploración diarios” definen toda la escala, y los datos detectados sin rayos X definen el cero. La escala completa se fija de manera que los datos de calibración estén en un nivel fraccional, por ejemplo, nivel del 50%; sin embargo, son posibles otras escalas, incluyendo una escala no uniforme a través de la fila de datos detectados. Además, el procesador puede ejecutar también un algoritmo de “eliminación de píxeles malos” tanto sobre los datos de dispersión de retorno como sobre los datos de dispersión frontal. Este algoritmo elimina los diferentes datos de ruido, tales como los datos producidos por rayos cósmicos.

Los “datos de dispersión frontal calibrados” redimensionados (270) son ecualizados después usando datos de matriz de transmisión para tener en cuenta las diferencias de absorción de varios objetos y los contenidos dentro del equipaje 24B. Como, en el montaje de fuente-detector de rayos X de la figura 1, la distancia a la superficie de dispersión frontal está definida por la posición de la cinta transportadora 20 y es fija, no se necesita normalización de la altura de los “datos de dispersión frontal calibrados” (270). Sin embargo, para otros montajes, (por ejemplo, la disposición de fuente-detector descrita en la Patente de los Estados Unidos número 5.319.547), los “datos de dispersión frontal calibrados” (270) pueden necesitar ser normalizados. Esta normalización usa una tabla de normalización de dispersión frontal (FSN) (271) y los “datos de distancia ajustados” (269) comprendiendo las distancias locales medidas entre la superficie de dispersión frontal del equipaje examinado y la matriz de detectores de dispersión frontal 106.

Los “datos de dispersión frontal calibrados” (270) dependen en gran medida del flujo de rayos X que alcanza la superficie de dispersión frontal, y este flujo de rayos X, que a su vez, depende de los objetos que haya dentro del equipaje 24B. Por lo tanto, los “datos de dispersión frontal calibrados” (270) (o los “datos de dispersión frontal

ES 2 207 686 T5

normalizados" (272)) son ecualizados por medio de los "datos de transmisión calibrados" (280) detectados por los detectores de transmisión 68. Esta ecualización tiene la forma:

$$H_{\text{frontal}} = (((H_{\text{brutafrontal}} / H_{\text{normalizadafrontalaire}}) * (\exp(\beta * H_{\text{trans}}) - 1) * H_{\text{fábricaescalafrontal}})$$

en donde

H_{frontal} son los datos de dispersión frontal ecualizados para pulsos de alta energía;

$H_{\text{brutafrontal}}$ son los datos de dispersión frontal brutos (sin ecualizar);

$H_{\text{normalizadafrontalaire}}$ son los datos de aire medidos de preexploración;

β es una constante igual a $0,0028 = \log_{10}(819)$;

H_{trans} son los datos de transmisión para el pulso de alta energía;

$H_{\text{fábricaescalafrontal}}$ es igual a ($H_{\text{frontalaire de fábrica}} / H_{\text{fábricafrontalCal}}$), donde $H_{\text{fábricafrontalCal}}$ es la respuesta medida para una hoja de plexiglass de 6,35 mm.

Los datos de baja energía son ecualizados de manera similar usando los datos y medidas de baja energía. Los "datos de dispersión frontal ecualizados" (282) son completamente independientes del contenido y del tamaño del equipaje 24B. Los "datos de dispersión de retorno normalizados" (260), los "datos de dispersión frontal ecualizados" (284), y los "datos de transmisión calibrados" (280) se usan en el algoritmo de reconocimiento que reconoce un material específico de interés. El algoritmo de reconocimiento incluye varios algoritmos de alto nivel descritos primeramente de manera general y con más detalle posteriormente.

El algoritmo de objetización (140) agrupa píxeles dentro de agregados denominados regiones que son adicionalmente procesadas en objetos. El procesamiento comienza con la regionalización, que intenta particionar los datos de píxel en regiones de valores de datos similares. Esto reduce el número de elementos de datos que deben ser manipulados por separado en etapas posteriores del algoritmo, en un factor de 10 a 100. Las regiones que cumplan con ciertos criterios umbrales, tales como el tamaño y la composición del material, son además procesadas dentro de objetos, que representan configuraciones de material de composición similar, y que probablemente representen piezas reales, o componentes de piezas, en el equipaje inspeccionado.

Los datos de transmisión son correlacionados de manera espacial tanto con los datos de dispersión de retorno como con los datos de dispersión frontal para permitir las comparaciones y los cálculos entre diferentes tipos de datos correspondientes a la misma región de la pieza examinada. Este algoritmo de objetización usa muchas pistas heurísticas de todas las imágenes exploradas, tales como, los bordes, formas, análisis de material y otras, para reconocer y definir de manera precisa las regiones individuales y los objetos del equipaje examinado.

Entonces, se emplean las rutinas de reconocimiento. Estos objetos son evaluados por medio de varios algoritmos, denominados módulos, que miden de manera precisa (mucho más precisamente que la información de región) varios parámetros físicos tales como la composición del material (142), la masa total del objeto (132a), la densidad estimada de la masa (132b), los valores de retorno de la dispersión frontal o de retorno, y las configuraciones y la heurística de un objeto particular, tales como el grosor, objetos similares a hojas escondidos en los forros y bajo las superficies (133). Cada módulo tiene varios parámetros (131) que gobiernan su operación y su ejecución. Estos parámetros que son seleccionables *in situ* con accesos a nivel de supervisor, ofrecen un abanico de configuraciones de masa y de sensibilidad para varios tipos de amenazas diferentes (por ejemplo, explosivos, drogas, dinero, etc.). Estos parámetros ajustan de manera efectiva los balances entre la falsa alarma y la detección y permiten que la máquina sea configurada en campo para cumplir con una amplia variedad de requisitos operacionales y de detección.

Estos módulos de algoritmo envían los valores de objeto medidos y derivados a un módulo de decisión de amenaza (135) que toma decisiones siguiendo una técnica de objeto por objeto de acuerdo con la configuración de los parámetros de decisión 131. El módulo de decisión de amenaza puede mandar una señal a un sistema de control de equipajes para rechazar de manera automática o reenrutar las piezas que tengan al menos un objeto amenazante.

También, con referencia a la figura 10, la cinta transportadora 20 clasifica automáticamente las piezas de equipaje examinadas usando un impulsor 290. Las piezas de equipaje que no tengan objetos amenazantes son dirigidas al destino final 292. Las piezas "sospechosas" del equipaje son enviadas para una inspección adicional a un escáner CT 294 o a otro dispositivo de inspección. Una estación de trabajo conectada 296, incluyendo una interfaz de operador, permite a un operador 298 manipular y visualizar las imágenes de las piezas o del equipaje rechazados, y en base a su decisión, dejar pasar las piezas rechazadas o enviarlas a otra área de inspección para una búsqueda a mano o una inspección adicional usando la tomografía por ordenador.

Como el dispositivo de inspección usa radiación policromática, el algoritmo debe tener en cuenta el cambio de energía a medida que es filtrada por los materiales de la pieza bajo inspección, es decir, reforzamiento del haz. Como

ES 2 207 686 T5

se describe en la técnica primera, (por ejemplo, en Lehmann y colaboradores, "Generalized Image Combinations in Dual KVP Digital Radiography", Medical Physics, vol. 8, página 659, 1981, y las referencias citadas en el mismo) la absorción de cualquier material se puede expresar como una combinación lineal de dos materiales básicos. Esta transformación sirve para convertir las intensidades de rayos X medidas a las dos energías en una representación equivalente en grosor de los dos materiales básicos. Las intensidades de rayos X medidas no son lineales, con grosores incrementales de materiales debido al efecto del reforzamiento del haz de rayos X; sin embargo, la representación de materiales base es completamente lineal con la atenuación incremental y proporciona una medida de las propiedades del material que es independiente de los materiales de las capas superiores y de las densidades. El presente algoritmo usa hierro, un material de un alto número atómico, y boro, un material de un bajo número atómico, como materiales base. El boro (B) y el hierro (I) fueron seleccionados porque sus números atómicos encierran el intervalo de números atómicos de los objetos más comunes que se espera encontrar en un equipaje. (Para asegurar la descomposición precisa a bajas energías, se usa un concepto de "pseudo-hierro" en lugar de hierro). En el conjunto base boro y "pseudo-hierro" (denotado como hierro de aquí en adelante en este documento), los datos de absorción de hierro tienen la transformación ($B=0$, I) y los datos de absorción de boro puro tienen la transformación (B , $I=0$). Las intensidades detectadas a energías altas y bajas (I_h , I_l) son transformadas para generar un conjunto de valores (H , L) de la siguiente manera:

$$H = \log_{10} (I_{h0}/I_h) * 819$$

$$L = \log_{10} (I_{l0}/I_l) * 819$$

en donde I_h y I_l son las intensidades de rayos X detectadas a las energías alta y baja, respectivamente, I_{h0} y I_{l0} son las intensidades de rayos X detectadas a las energías alta y baja respectivamente, sin atenuar por el equipaje examinado (es decir, sin equipaje en el haz en abanico), y 819 es una constante de escala. Entonces, la transformación desde (H , L) a (B , I) se realiza leyendo los valores de B y de I de la tabla de consulta CBI descrita con detalle en el Apéndice I.

El dispositivo de inspección coge los datos para todos los píxeles, y el sistema de ordenador calcula los datos (H , L). Los datos (B , I) son consultados entonces usando la tabla BI y la información es añadida al registro de datos de píxel. El ordenador puede realizar también uno o dos filtrados dimensionales, promediado u otro procesamiento de los datos del píxel (H , L , B , I) para reducir el número de píxeles procesados.

Un procedimiento de "regionalización" agrupa juntos pequeños grupos de semejantes a píxeles y calcula sus atributos agregados. El procedimiento de "regionalización" básicamente promedia los datos de muchos píxeles; esto es necesario debido al alto ruido en la imagen. Sin embargo, si los datos son promediados sobre píxeles distintos o sobre píxeles que pertenezcan a objetos diferentes, entonces el procedimiento de promediado será altamente perjudicial. Primero, se generan un conjunto de puntos semilla a partir de los cuales crecerán las regiones. Los puntos semilla pueden seleccionarse usando diferentes procedimientos, por ejemplo, depositando una rejilla predeterminada de píxel de 3×3 , o colocando las semillas sólo sobre áreas en las que el gradiente de los valores de atenuación sea bajo, tales como sobre un "plano". Entonces, se calculan los valores promedio de (H , L) sobre un recuadro de 3×3 para cada punto semilla.

Se permite entonces que las regiones crezcan por medio del examen de los píxeles vecinos para ver si éstos están dentro de ciertos intervalos de estos valores semilla, por ejemplo, dos veces el ruido esperado (debido a las estadísticas de cuenta de fotones) tanto a atenuaciones de alta energía como de baja energía. También se pueden aplicar condiciones adicionales. Si se aplican, se añaden a la región en crecimiento y sus valores se acumulan en los valores de la región. A un cierto tamaño, por ejemplo, 10 ó 15 líneas, la región cesa de crecer y entonces es considerada como madura. Cada región se caracteriza como que es o una región plana o una región en rampa usando un cálculo de gradiente tal como el Sobel. Cualquiera de los píxeles que no cumpla los criterios de región de crecimiento se deja sin regionalizar.

Un procedimiento de "asignación de espacio P" asigna los datos (B , I) a un espacio P que representa diferentes tipos de material pero es independiente del grosor de cada material (es decir, el valor de P es constante para diferentes grosores):

$$P = \left(I - B \frac{\alpha_{MAT}}{(1 - \alpha_{MAT})} * 5000 \right)$$

en donde

$$\alpha_{MAT} = \frac{I_{MAT}}{B_{MAT} + I_{MAT}}$$

es una propiedad del material buscado que es independiente del grosor, y 5000 es una constante de escala. Para cada región, los valores de P son añadidos a los datos (H , L , B , I) en el registro de datos de región.

Un procedimiento de “Puntos de Aceptación” detecta los puntos de aceptación que están en una región plana y que tienen regiones vecinas de valor B significativamente más bajo. De esta manera, una sustancia amenazante es detectada en el contorno de un objeto o en una región de grosor cambiante. Los puntos de aceptación son registrados en un procedimiento de detección de sustancia.

Un procedimiento de registro de análisis de composición registra una región seleccionada haciendo referencia a otras regiones cercanas. El registro comienza a partir de una región que contiene un punto de aceptación y esta región se compara con las regiones vecinas. La región de por sí y la región frente a la que está siendo registrada deben satisfacer varios criterios seleccionados, tales como los tamaños y las atenuaciones mínimos, antes de que se lleve a cabo el registro. Al comparar dos regiones, el registro viene dado por una constante menos ΔP , en donde $\Delta P = P_T - P_B$ (es decir, el cambio en P valores desde una región a la otra). El registro es igual a $100 - \Delta P$. El registro trabaja hacia fuera en rangos desde el centro de la región de interés. Una vez que se haya encontrado una región aceptable con un registro positivo, el registro continúa entonces solamente hasta el final del intervalo actual. La mejor región de registro en el intervalo actual es el registro de la región.

Un procedimiento de “crecimiento rápido” convierte varias regiones en una región mayor que sería un proto-objeto. Como los registros anteriormente descritos tienen lugar en los contornos de un objeto (o en regiones de un objeto en las que el grosor es cambiante), se necesita un procedimiento de evolución para rellenar en el objeto y para acumular estadísticas más altas que aquéllas que se encuentran disponibles dentro de una sola región. El procedimiento de “crecimiento rápido” comienza desde las regiones que han alcanzado un registro mínimo y crece hasta las regiones cercanas que satisfacen los siguientes criterios:

(1) Una región debe estar pendiente arriba desde la región responsable; o

(2) Si una región está pendiente abajo, no debe ser inferior en B que la B de fondo frente a la que se almacenó la región semilla;

(3) Si está pendiente abajo, debe diferenciarse en B de la región responsable en menos de un 10% de la B de la región responsable;

(4) La diferencia en B entre ella y la región responsable no debe sobrepasar un umbral, por ejemplo, 0,6;

(5) La diferencia en la P filtrada entre una región y la región responsable no debe sobrepasar un umbral, por ejemplo, 400.

Las nuevas regiones de crecimiento no deben estar a más de una distancia fija, por ejemplo 40 líneas, desde la región original.

Un procedimiento de “amenaza potencial” evalúa la función “amenaza potencial” sobre una región entera de crecimiento. Esta función lleva un registro y un valor de desviación en base al tamaño del gradiente en P dividido por el gradiente en H. Si la región de crecimiento corresponde a una sustancia amenazante verdadera, los registros serán altos y la desviación baja. Si la región de crecimiento corresponde con una sustancia con un valor alfa que no es el valor alfa bajo consideración, entonces el registro debería ser más bajo y la desviación debería ser más alta. “Amenaza potencial” proporciona también una medida heurística de la densidad física del objeto. Los objetos más densos tienden a producir registros más altos de “amenaza potencial”, siendo todos los otros parámetros iguales. De esta manera, el procedimiento “amenaza potencial” evalúa las regiones de crecimiento para calificarlas o para descalificarlas de un procesado adicional.

Esas regiones que sobreviven al procedimiento “amenaza potencial” son procesadas para “tejer” el objeto. Este módulo busca regiones de crecimiento que puedan ser parte del mismo objeto pero que están superpuestas con otro objeto (como un perchero) que divide el objeto en dos regiones de crecimiento separadas. Estas regiones de crecimiento son “tejidas” juntas si éstas cumplen ciertos criterios una respecto de otra. El objetivo del procedimiento de “tejido” es dar como resultado objetos completos, a pesar de otros materiales y objetos que se superponen, para poder aplicar los algoritmos y umbral de detección de “objeto amenazante”.

Los algoritmos de detección de “objeto amenazante” aplican las configuraciones de parámetro de algoritmo a varias características medidas de cada objeto identificado para llegar a una decisión de objeto amenazante. Los criterios tales como la masa del objeto, la densidad estimada, el análisis de la composición (Z_{eff}), la textura, la forma y el fondo, y las características de configuración, tales como el desorden y la colocación (que podrían ser una evidencia de un detonador o de una electrónica), son evaluados para llegar a una decisión para cada objeto.

El algoritmo puede reconocer un objeto hecho de un material específico de interés situado en la pieza examinada utilizando los rayos X transmitidos a través del objeto objetivo o los rayos X dispersados desde el mismo y los rayos X transmitidos cerca pero no a través del objeto objetivo para eliminar de manera efectiva los efectos de materiales en capas inferiores o en capas superiores. Este reconocimiento puede comenzar por identificar un contorno del objeto objetivo y después por examinar de manera progresiva los píxeles adyacentes.

ES 2 207 686 T5

Un algoritmo detector de “cebo de explosivo” o detonador examina la imagen en busca de elementos que tengan formas casi cilíndricas que representarían el cebo de explosivo o un elemento de retardo interno. Se hace una discriminación adicional en base a las dimensiones del cilindro, los valores absolutos de la atenuación, la atenuación relativa al fondo, y la relación H/L. Existe un modo de detección adicional que solamente busca pequeños volúmenes de metales pesados, tales como ácido de plomo, o estirato de plomo, que a menudo se encuentran en los cebos de explosivo. Dichos volúmenes están caracterizados por grandes gradientes locales en H y en L con una relación H/L relativamente grande.

Los algoritmos de detección de explosivos de lámina delgada tienen como objetivo varias configuraciones de explosivo en láminas (o de manera alternativa otro contrabando configurando los parámetros apropiados 131) en el equipaje. Los módulos individuales buscan varias configuraciones incluyendo las siguientes configuraciones:

- (a) lámina de explosivo en un bolsillo del equipaje;
- (b) lámina de explosivo en un forro lateral del equipaje;
- (c) lámina de explosivo en la mitad del equipaje; o
- (d) lámina de explosivo vista en el contorno.

Cada una de estas configuraciones se detecta por medio de firmas específicas en varias combinaciones de los datos de dispersión frontal de las energías alta (H) y baja (L), los datos H y L de dispersión de retorno, los datos H y L de transmisión y los datos de dimensión. Estas combinaciones incluyen los datos resultantes de una secuencia de procesamiento sobre los datos de base, de la siguiente manera:

- (a) el gradiente de la dispersión frontal L y de la dispersión de retorno L elevados al cuadrado; esta firma enfatiza los materiales delgados, densos sobre las superficies;
- (b) la magnitud “contorno de lámina” de transmisión y la dirección que se calcula para el contorno de gradiente pequeño en los datos de transmisión (H, L o H+L), derivando una línea de píxeles normal al contorno seleccionado y “P” promediando los píxeles en los lados valuado inferior y valuado superior del contorno seleccionado de manera separada, realizando después el cálculo ΔP , y marcando todos los píxeles de contorno que tengan una diferencia suficientemente pequeña;
- (c) datos estimados de dispersión frontal y datos estimados de dispersión de retorno basados en las atenuaciones H y L de los datos de transmisión (permitiendo análisis de los materiales) y asumiendo una distribución uniforme; o
- (d) relación de dispersión de H/L tanto para los datos de dispersión frontal como para los datos de dispersión de retorno; esta es una firma de una propiedad del material de rayos X equivalente al número atómico efectivo (Z_{eff}) para el objeto que está produciendo los rayos X dispersados.

Los conjuntos de datos de las secuencias de procesamiento anteriormente descritas se combinan para crear nuevas propiedades del equipaje inspeccionado de la siguiente manera:

- 1. dispersión anómala relativa a otro lado del equipaje;
- 2. dispersión anómala relativa al retorno de dispersión estimado;
- 3. píxeles “de lámina de transmisión” espacialmente correlacionados con señales altas de “dispersión de lámina” desde al menos un lado del equipaje examinado;
- 4. píxeles de “lámina de transmisión” con contornos coordinados (líneas rectas); y
- 5. retorno de dispersión alto con la relación de dispersión dentro de un intervalo dado.

Si un objeto cumple o sobrepasa los parámetros de decisión de conjunto, entonces el objeto es identificado, sobre la imagen enviada a la estación de trabajo conectada, con una capa de color rojo para el bulto y verde para la lámina superpuesta sobre el objeto indicado en la imagen de rayos X de escala de grises.

De manera adicional, se envía un mensaje o señal a un sistema de control de la cinta transportadora con el fin de dirigir de manera apropiada la pieza de equipaje al destino apropiado para una inspección adicional.

Realizaciones alternativas

Otra realización de la invención usa una geometría de fuente-detector de rayos X mostrada en la figura 9. El sistema de fuente de rayos X 40, situado por debajo de la cinta transportadora 20, emite un haz en abanico 45 dirigido a través del equipaje examinado 24B hacia el sistema de detección de transmisión de rayos X 60. La radiación de rayos X dispersada desde las capas del fondo del equipaje 24B es detectada por sistemas de detección de dispersión de retorno

ES 2 207 686 T5

80 y 80A. La radiación de rayos X dispersada desde las capas superiores del equipaje 24B es detectada por el sistema de detección de dispersión frontal 100.

El detector de dimensión 120 tiene varias realizaciones alternativas. Por ejemplo, haciendo referencia a la figura 5C, otro tipo de detector de dimensión óptico 120 incluye una matriz de diodos láser de IR 40 que se activan de manera estroboscópica 122 que de manera secuencial emiten haces de infrarrojos 124, que irradian la superficie superior de la cinta transportadora 20 o del equipaje 24B. La luz de IR reflejada es detectada por medio de dos cámaras CCD 136 y 138 montadas sobre cada lado de la matriz de IR. Los datos de distancia se calculan por medio de triangulación por un procesador en base a la geometría del diodo de IR iluminador y a las señales recibidas de las cámaras CCD 136 y 138. Como el equipaje 24B se mueve sobre una cinta transportadora 20, el detector de dimensión 120 recoge para cada píxel los datos de distancia correspondientes a la superficie explorada por la cámara CCD.

De manera alternativa, el detector de dimensión 120 es un detector óptico que incluye una o dos “cortinas de luz” posicionadas a la entrada a 30 la región de inspección. Cada cortina de luz incluye un conjunto de diodos láser (o de LED u otras fuentes de luz colimada), situadas en uno de los lados de la región de inspección, y el conjunto correspondiente de detectores de luz (por ejemplo, diodos) posicionados en el lado opuesto de la región de inspección. A medida que el equipaje 24B es transportado sobre la cinta 20, la luz de la cortina de luz en las localizaciones correspondientes a las dimensiones del equipaje es bloqueada. En base a estas localizaciones, el detector óptico determina el tamaño del equipaje 24B.

De manera alternativa, el detector de dimensión 120 incluye un detector ultrasónico tal como los sistemas ultrasónicos disponibles de Migatron Corp., 935 Dieckman Rd., Woodstock, IL 60098. El detector ultrasónico incluye uno o más transmisores ultrasónicos (es decir, cristales piezoeléctricos que resuenan a una frecuencia deseada) que emiten ondas de ultrasonidos dirigidas hacia el equipaje en movimiento 24B. Un receptor ultrasónico, que puede ser el mismo cristal piezoeléctrico que funcione de manera alterna como un transductor y como un receptor, detecta las ondas reflejadas desde la superficie del equipaje 24B. Un procesador determina los datos de la distancia en base al desplazamiento de frecuencia entre las ondas emitidas y detectadas. Se miden los datos de distancia discretos provenientes del detector al equipaje en movimiento 24B por medio de un sensor de proximidad RPS-100/200/300 disponible comercialmente 325 acoplado a una tarjeta de intervalo analógico RPS-500 (hecha por Migatron). Para explorar sobre la superficie del equipaje medido, el detector ultrasónico puede incluir unos pocos transductores que están linealmente desplazados o puede incluir una matriz de transductores. De manera alternativa, el detector ultrasónico puede incluir una matriz de transductores fasados, que funcionen como emisores y detectores, que exploran sobre la superficie del equipaje medido.

De manera alternativa, el detector de dimensión 120 es un sensor mecánico que incluye un conjunto de “dedos” desplazados o doblados por el equipaje en movimiento. El detector calcula los datos de la distancia en base al desplazamiento o ángulo de doblez de los dedos.

De manera alternativa, el detector de dispersión de retorno 80 o el detector de dispersión frontal 60 pueden ser uno de varios tipos de detectores alternativos, tales como un sistema que mida cada fotón de rayos X independiente y su energía mediante el uso de un analizador de altura de pulso y un escintilador proporcional a la energía.

De manera alternativa, la matriz de detectores de dispersión de retorno 80, incluyendo cristales de NaI 37, puede ser sustituida por uno o un pequeño número de escintiladores largos que supervisen la misma área que la de la matriz realizada. La detección de la posición se lleva a cabo teniendo dos o más PMT que tengan a la vista al escintilador o a los escintiladores. Los eventos de escintilación individuales son procesados y la posición de la escintilación es reconstruida en base a la intensidad relativa de las distintas señales PMT.

De manera alternativa, el detector o la matriz de dispersión frontal 100 incluyendo cristales de CdWO_4 106 puede ser sustituida por uno o un pequeño número de escintiladores largos que supervisen la misma área que la de la matriz realizada. La detección de la posición se lleva a cabo teniendo dos o más PMT que tengan a la vista al escintilador o a los escintiladores. Los eventos de escintilación individuales son procesados y la posición de la escintilación es reconstruida en base a la intensidad relativa de las distintas señales PMT.

De manera alternativa, el circuito de muestreo y retención 93 puede ser sustituido por un analizador de altura de pulso y otra circuitería asociada para procesar escintilaciones de rayos X individuales de los cristales 87. La respuesta espectral puede ayudar en el proceso de detección en que los rayos X de dispersión de baja energía detectados son más probables de originarse cerca de la parte superior de la pieza inspeccionada. También, los metales pesados (de alto número Z) que pueda haber dentro de la pieza, producen una fluorescencia característica que bajo las circunstancias adecuadas aparecerá como un pico espectral.

De manera alternativa, el circuito de muestreo y retención para la dispersión frontal puede ser sustituido por un analizador de altura del pulso y otra circuitería asociada para el procesamiento de escintilaciones de rayos X individuales de los cristales 106. La respuesta espectral puede ayudar en el proceso de detección en que se pueden observar los picos espectrales que son característicos de explosivos específicos o de otro contrabando. También, los metales pesados (de alto número Z) que se encuentren dentro de la pieza producen una fluorescencia característica que bajo circunstancias adecuadas aparecerá como un pico espectral.

ES 2 207 686 T5

De manera alternativa, la matriz de detectores de dispersión de retorno 86 puede tener un material de filtración situado en frente de algún o de todos los detectores para resaltar las componentes espectrales seleccionadas de esta radiación dispersada recibida.

5 De manera alternativa, la matriz de detectores de dispersión frontal 106 puede tener un material de filtración situado en frente de algún o de todos los detectores para resaltar las componentes espectrales seleccionadas de esta radiación dispersada recibida.

10 De manera alternativa, el material de filtración puede colocarse en frente del sistema de fuente de rayos X 40 o en posiciones seleccionadas sobre el tambor de filtro giratorio dentro del sistema de fuente de rayos X.

De manera alternativa, se pueden usar múltiples matrices de detectores de dispersión de retorno 80 a diferentes distancias del plano del haz y/o con material de filtración diferenciador en frente de los detectores.

15 De manera alternativa, se pueden usar múltiples matrices de detectores de dispersión frontal 100 a diferentes distancias del plano del haz y/o con material de filtración diferenciador en frente de los detectores.

Apéndice I

20 Los datos de absorción de cualquier otro material ahora expresado en términos de (H, L) son rápidamente transformados usando una tabla de consulta BI que expresa los grosores correspondientes del boro y del hierro (I, B). La tabla de consulta BI fue generada para tener en cuenta los procesos físicos importantes en la generación, absorción, dispersión y detección de la radiación de rayos X. El espectro primario generado de rayos X refleja la producción de *bremstrahlung* y la radiación característica en el ánodo modificada por la absorción del tubo de vidrio y filtrado dentro
25 del tubo (modelo de Lohmann 160I25HA). En *The Physics of Radiology*, de H. E. Johns y J. R. Cunningham, C. C. Thomas, cuarta edición, 1983, se da un modelo adecuado de *bremstrahlung* y la radiación característica emitida desde el ánodo de tungsteno. El modelo de radiación incluye también la fluorescencia K-alfa y K-beta emitida. Como se ha descrito anteriormente, el sistema de fuente emite pulsos de radiación a potenciales de tensión de 75 kVp y 150 kVp. Cuando el dispositivo funciona a 60 Hz, cada pulso tiene una duración de unos 8 milisegundos con tiempos de subida
30 y de bajada de unos 0,5 milisegundos y alguna sobretensión. Los efectos de transitorios y sobretensiones ensanchan el espectro de rayos X a un grado menor. Este efecto fue modelado de manera empírica usando un modelo bimodal kVp para tratar las tensiones de ánodo no constantes. El modelo kVp bimodal fue aplicado de manera separada al haz alto y bajo.

35 El proceso de absorción refuerza el espectro de rayos X eliminando de manera selectiva los fotones de energía más baja del haz, es decir, filtración de bajas energías. El tubo de rayos X tiene una filtración inherente debida a la absorción en el vidrio del tubo, ventana de berilio y el propio ánodo de tungsteno. El espectro primario de haz que surge del tubo está descrito en Fewell y colaboradores (Fewell, T. R., R. E. Shuping y K. R. Hawkins, Jr., 1981; *Handbook of computed tomography X-ray spectra*, Bureau of Radiological Health, HHS publication FDA 81-8162, página 101).
40 Hay algunas filtraciones adicionales debidas a la disposición del dispositivo de inspección que también se toman en cuenta. La filtración debida al aire es un factor relativamente insignificante que es ignorado.

El modelo tiene en cuenta también la respuesta de salida del detector y de la electrónica asociada. Cualquier desplazamiento electrónico es eliminado mediante la resta de la señal de corriente oscura muestreada entre pulsos y
45 acumulada durante una duración idéntica. (De manera alternativa, dependiendo del detector de rayos X, la señal de corriente oscura puede ser acumulada antes de la exploración del equipaje examinado). De esta forma, la atenuación lineal con la corriente oscura restada es una medida del flujo de rayos X incidente sobre el detector. La eficiencia del detector fue tomada en cuenta. Cuando se usan cristales escintiladores de CdWO_4 , la eficiencia de la detección es de casi el 100%. Cuando se usa papel escintilador de GdOS_2 , la eficiencia de la detección es mucho más baja especialmente
50 para los rayos X de energía más alta. Las simulaciones Monte Carlo se usan para modelar la eficiencia del detector para diferentes ángulos de incidencia, diferentes grosores y tipos del escintilador a diferentes energías de rayos X.

La respuesta de salida real del detector $R_D(E)$ depende de la cantidad de energía absorbida, de la eficiencia de conversión a la luz visible, y de la eficiencia del detector óptico. La salida de detección debida a los fotones de
55 energía, E, con un grosor objetivo, t, es entonces:

$$O(E, t) = k I(E) \exp(-t_F \mu_F(E)/\rho_F) \exp(-t_T \mu_T(E)/\rho_T) R_D(E)$$

60 donde

k = constante de proporcionalidad;

O(E, t) = salida del detector;

65 I(E) = intensidad del haz antes de la filtración;

t_F, t_T = grosor (gr/cm^2) para filtro y material objetivo;

μ_F/ρ_F = coeficiente de atenuación de masa para la filtración (incluyendo inherente);

μ_T/ρ_T = coeficiente de atenuación de masa para el objetivo;

5 $R_D(E)$ = respuesta de salida electrónica del detector para un fotón incidente de energía E.

Integrando sobre todas las energías del haz (desde 0 hasta E-máx), la salida para un espectro policromático de fotones de rayos X viene dado por:

10
$$O(t) = \int_0^{E-\text{máx}} O(E, t) dE.$$

La atenuación logarítmica, M, debida al material objetivo es entonces

15
$$M = -\ln [O(t) / O(0)].$$

20 Para un haz de rayos X de energía dual, la atenuación logarítmica para los haces de energía baja y alta, H (o M_H) y L (o M_L) se diferenciarán debido a las diferencias en sus espectros de intensidad del haz I (E) y la filtración diferenciadora empleada para los dos haces. Las atenuaciones H y L se calcularon usando el modelo matemático de haz anterior y las aproximaciones numéricas adecuadas y técnicas de integración numéricas. Las atenuaciones calculadas fueron comparadas frente a las medidas tomadas sobre Al y cuñas graduales de calibración de plexiglás.

25 Existen muchos artefactos numéricos que distorsionan de alguna forma los valores de H y L de sus valores “verdaderos”, es decir, valores no afectados por las estadísticas de cuenta, ruido electrónico y margen dinámico finito. Algunos de estos efectos son (1) no linealidad en la asignación lineal a logarítmica, (2) recorte, (3) sustracción de aire, (4) ruido electrónico, (5) desplazamiento en la conversión lineal a logarítmica, y (6) efectos de digitalización. La tabla BI refleja estos efectos. Se generó una tabla de conversión para traducir las atenuaciones “verdaderas” a las atenuaciones esperadas mediante el promediado de muchas réplicas medidas.

30 La tabla BI fue generada en un procedimiento de tres etapas. En la primera etapa, se calcularon los valores de atenuación H y L para una red parametrizada de grosor de boro y hierro. Para calcular el grosor de la filtración y las eficiencias de detección, se supuso que el haz estaba dirigido de manera incidente a los detectores con un ángulo de 10° y los objetivos hipotéticos consistían en dieciséis grosores posibles de boro y diecinueve grosores superiores de hierro. El cálculo produjo un total de 304 atenuaciones (H, L) que exploraban por completo el espacio BI de interés.

35 En la segunda etapa, se usaron las atenuaciones (H, L) (facilitadas en la Tabla I) a grosores BI conocidos para interpolar el grosor BI que ocurriría en cada punto sobre una rejilla (H, L). La rejilla se definió mediante el espaciado de H y L a dos intervalos K-unitarios en el intervalo K-unitario de 0 a 400, a cuatro intervalos K-unitarios en el intervalo K-unitario de 404 a 1000 y a ocho intervalos K-unitarios en el intervalo K-unitario de 1008 a 3000. Entonces se sacó a un fichero el punto de rejilla (H, L) junto con la estimación interpolada para los valores B e I asociados. Sólo se utilizaron los puntos de rejilla que caían dentro del intervalo físico de interés.

45 En la tercera etapa, el fichero de salida de los datos H-L-B-I fue reordenado de manera secuencial, primero ascendiendo el valor H y en segundo lugar ascendiendo el valor L. Este fichero es reescrito después como un fichero binario más compacto (fichero CBI). El último fichero puede ser corregido para pequeños desplazamientos empíricos en alfa, observados para el material de detección objetivo tras los grosores de absorbente significativos. Al mismo tiempo, el fichero es ampliado para que contenga puntos de rejilla (H, L) con valores negativos para el boro. Esto fue necesario ya que, por ejemplo, un absorbente de hierro ($B = 0$), sometido a errores de medida aleatorios en H y L, tiende a producir valores de datos B positivos y negativos con igual probabilidad. También, los materiales tales como el cobre con un número Z mayor que el número Z del hierro requieren valores de boro negativos para ser representados de manera adecuada.

55

60

65

ES 2 207 686 T5

TABLA I

	I	Boro	Hierro	Alto	Bajo
5					
	1	,000	,000	,00	,00
	2	,200	,000	10,43	13,05
	3	,400	,000	20,61	25,76
10	4	,800	,000	40,59	50,63
	5	1,200	,000	60,35	75,18
	6	1,800	,000	89,84	111,72
	7	2,400	,000	119,26	148,10
15	8	3,200	,000	158,44	196,50
	9	4,400	,000	217,24	268,95
	10	6,000	,000	295,67	365,27
	11	8,000	,000	393,76	485,23
20	12	11,200	,000	550,71	676,21
	13	16,000	,000	786,09	960,73
	14	23,200	,000	1139,97	1385,68
	15	32,000	,000	1587,01	1950,21
	16	60,000	,000	2973,75	3149,24
25	1	,000	,010	1,87	13,81
	2	,200	,010	12,20	26,89
	3	,400	,010	22,44	39,26
	4	,800	,010	42,50	63,77
30	5	1,200	,010	62,32	88,15
	6	1,800	,010	91,86	124,56
	7	2,400	,010	121,31	160,85
	8	3,200	,010	160,53	209,13
35	9	4,400	,010	219,36	281,37
	10	6,000	,010	297,82	377,39
	11	8,000	,010	395,92	496,95
	12	11,200	,010	552,87	687,29
	13	16,000	,010	788,25	970,94
40	14	23,200	,010	1142,10	1394,87
	15	32,000	,010	1589,26	1960,48
	16	60,000	,010	2974,08	3149,55
	1	,000	,020	3,72	26,99
45	2	,200	,020	13,88	40,21
	3	,400	,020	24,08	52,61
	4	,800	,020	44,19	76,97
	5	1,200	,020	64,06	101,18
	6	1,800	,020	93,68	137,38
50	7	2,400	,020	123,18	173,52
	8	3,200	,020	162,46	221,61
	9	4,400	,020	221,34	293,58

55

60

65

ES 2 207 686 T5

	10	6,000	,020	299,85	389,26
	11	8,000	,020	397,98	508,40
5	12	11,200	,020	554,96	698,10
	13	16,000	,020	790,35	980,92
	14	23,200	,020	1144,19	1403,86
	15	32,000	,020	1591,48	1971,16
10	16	60,000	,020	2974,40	3149,85
	1	,000	,040	7,37	51,66
	2	,200	,040	17,32	64,82
	3	,400	,040	27,37	77,33
	4	,800	,040	47,41	101,74
15	5	1,200	,040	67,32	125,86
	6	1,800	,040	97,05	161,87
	7	2,400	,040	126,64	197,78
	8	3,200	,040	166,03	245,55
20	9	4,400	,040	225,04	317,04
	10	6,000	,040	303,66	412,06
	11	8,000	,040	401,89	530,42
	12	11,200	,040	558,96	718,95
25	13	16,000	,040	794,39	1000,18
	14	23,200	,040	1148,24	1421,43
	15	32,000	,040	1595,82	1993,43
	16	60,000	,040	2975,04	3150,44
30	1	,000	,060	10,98	74,46
	2	,200	,060	20,79	87,43
	3	,400	,060	30,72	99,97
	4	,800	,060	50,63	124,46
	5	1,200	,060	70,52	148,62
35	6	1,800	,060	100,27	184,59
	7	2,400	,060	129,92	220,40
	8	3,200	,060	169,39	267,97
	9	4,400	,060	228,51	339,10
40	10	6,000	,060	307,25	433,59
	11	8,000	,060	405,59	551,28
	12	11,200	,060	562,76	738,76
	13	16,000	,060	798,26	1018,61
45	14	23,200	,060	1152,17	1438,34
	15	32,000	,060	1600,05	2014,97
	16	60,000	,060	2975,68	3151,01
50	1	,000	,090	16,33	105,82
	2	,200	,090	26,00	118,50
	3	,400	,090	35,80	130,98
	4	,800	,090	55,52	155,54
	5	1,200	,090	75,32	179,78
	6	1,800	,090	105,04	215,80
55	7	2,400	,090	134,71	251,55
	8	3,200	,090	174,25	298,97
	9	4,400	,090	233,49	369,74
	10	6,000	,090	312,38	463,65
60	11	8,000	,090	410,86	580,53
	12	11,200	,090	568,20	766,73
	13	16,000	,090	803,84	1044,81
	14	23,200	,090	1157,85	1462,55
65					

ES 2 207 686 T5

	15	32,000	,090	1606,22	2046,03
	16	60,000	,090	2976,61	3151,69
5	1	,000	,120	21,60	134,49
	2	,200	,120	31,19	146,94
	3	,400	,120	40,89	159,34
	4	,800	,120	60,47	183,89
	5	1,200	,120	80,17	208,17
10	6	1,800	,120	109,81	244,23
	7	2,400	,120	139,47	279,99
	8	3,200	,120	179,02	327,34
	9	4,400	,120	238,33	397,89
15	10	6,000	,120	317,32	491,39
	11	8,000	,120	415,93	607,68
	12	11,200	,120	573,42	792,85
	13	16,000	,120	809,21	1069,47
20	14	23,200	,120	1163,34	1485,54
	15	32,000	,120	1612,21	2075,77
	16	60,000	,120	2977,52	3152,36
	1	,000	,160	28,54	169,50
25	2	,200	,160	38,05	181,75
	3	,400	,160	47,67	194,02
	4	,800	,160	67,09	218,49
	5	1,200	,160	86,68	242,77
	6	1,800	,160	116,20	278,85
30	7	2,400	,160	145,80	314,60
	8	3,200	,160	185,33	361,90
	9	4,400	,160	244,67	432,28
	10	6,000	,160	323,75	525,42
35	11	8,000	,160	422,47	641,14
	12	11,200	,160	580,12	825,27
	13	16,000	,160	816,11	1100,29
	14	23,200	,160	1170,42	1514,65
40	15	32,000	,160	1619,96	2113,65
	16	60,000	,160	2978,71	3153,22
	1	,000	,220	38,79	216,91
	2	,200	,220	48,23	228,94
	3	,400	,220	57,77	241,06
45	4	,800	,220	77,04	265,35
	5	1,200	,220	96,48	289,54
	6	1,800	,220	125,83	325,56
	7	2,400	,220	155,32	361,28
50	8	3,200	,220	194,77	408,52
	9	4,400	,220	254,07	478,73
	10	6,000	,220	333,18	571,53
	11	8,000	,220	432,00	686,66
55	12	11,200	,220	589,84	869,70
	13	16,000	,220	826,07	1143,03
	14	23,200	,220	1180,63	1555,88
	15	32,000	,220	1631,28	2171,51
60	16	60,000	,220	2980,46	3154,46
	1	,000	,300	52,22	273,37
	2	,200	,300	61,61	285,22
	3	,400	,300	71,08	297,17

65

ES 2 207 686 T5

	4	,800	,300	90,21	321,19
	5	1,200	,300	109,51	345,20
5	6	1,800	,300	138,67	381,05
	7	2,400	,300	168,02	416,65
	8	3,200	,300	207,33	463,76
	9	4,400	,300	266,51	533,79
10	10	6,000	,300	345,57	626,28
	11	8,000	,300	444,42	740,93
	12	11,200	,300	602,38	923,02
	13	16,000	,300	838,84	1194,79
	14	23,200	,300	1193,71	1606,46
15	15	32,000	,300	1647,02	2243,38
	16	60,000	,300	2982,72	3155,89
	1	,000	,400	68,67	336,62
	2	,200	,400	78,03	348,29
20	3	,400	,400	87,46	360,06
	4	,800	,400	106,47	383,75
	5	1,200	,400	125,63	407,50
	6	1,800	,400	154,61	443,04
25	7	2,400	,400	183,80	478,42
	8	3,200	,400	222,94	525,31
	9	4,400	,400	281,93	595,07
	10	6,000	,400	360,85	687,25
	11	8,000	,400	459,63	801,49
30	12	11,200	,400	617,63	982,84
	13	16,000	,400	854,25	1253,49
	14	23,200	,400	1209,44	1666,06
	15	32,000	,400	1665,91	2326,79
35	16	60,000	,400	2985,44	3157,38
	1	,000	,560	94,31	427,04
	2	,200	,560	103,64	438,46
	3	,400	,560	113,00	449,98
40	4	,800	,560	131,88	473,17
	5	1,200	,560	150,91	496,46
	6	1,800	,560	179,68	531,44
	7	2,400	,560	208,67	566,38
	8	3,200	,560	247,56	612,80
45	9	4,400	,560	306,24	682,05
	10	6,000	,560	384,86	773,72
	11	8,000	,560	483,43	887,43
	12	11,200	,560	641,32	1068,04
	13	16,000	,560	878,00	1337,80
50	14	23,200	,560	1233,67	1755,04
	15	32,000	,560	1694,78	2447,83
	16	60,000	,560	2989,63	3159,44
	1	,000	,800	131,24	548,43
55	2	,200	,800	140,52	559,46
	3	,400	,800	149,85	570,58
	4	,800	,800	168,60	592,99
	5	1,200	,800	187,50	615,57
60	6	1,800	,800	216,04	649,61
	7	2,400	,800	244,80	683,74
	8	3,200	,800	283,38	729,29

65

ES 2 207 686 T5

	9	4,400	,800	341,66	797,53
	10	6,000	,800	419,84	888,25
5	11	8,000	,800	518,01	1001,14
	12	11,200	,800	675,52	1180,92
	13	16,000	,800	912,04	1450,51
	14	23,200	,800	1268,14	1884,98
10	15	32,000	,800	1735,70	2597,43
	16	60,000	,800	2995,62	3161,82
	1	,000	1,160	183,50	716,24
	2	,200	1,160	192,73	726,48
15	3	,400	1,160	202,00	736,83
	4	,800	1,160	220,63	757,77
	5	1,200	1,160	239,38	778,98
	6	1,800	1,160	267,68	811,19
20	7	2,400	1,160	296,17	843,75
	8	3,200	1,160	334,40	887,51
	9	4,400	1,160	392,17	953,64
	10	6,000	1,160	469,76	1042,31
	11	8,000	1,160	567,34	1153,51
25	12	11,200	1,160	724,20	1331,92
	13	16,000	1,160	960,28	1602,78
	14	23,200	1,160	1316,71	2086,27
	15	32,000	1,160	1798,07	2765,64
30	16	60,000	1,160	3004,08	3164,29
	1	,000	1,600	243,71	909,74
	2	,200	1,600	252,52	922,80
	3	,400	1,600	261,35	935,84
	4	,800	1,600	279,61	956,17
35	5	1,200	1,600	298,21	974,46
	6	1,800	1,600	326,28	1002,79
	7	2,400	1,600	354,54	1032,03
	8	3,200	1,600	392,44	1072,06
40	9	4,400	1,600	449,74	1133,78
	10	6,000	1,600	526,74	1218,17
	11	8,000	1,600	623,68	1325,92
	12	11,200	1,600	779,79	1501,88
45	13	16,000	1,600	1015,27	1781,71
	14	23,200	1,600	1372,43	2337,42
	15	32,000	1,600	1871,08	2902,77
	16	60,000	1,600	3013,57	3186,94
50	1	,000	2,200	322,61	1135,91
	2	,200	2,200	331,41	1148,94
	3	,400	2,200	340,22	1161,95
	4	,800	2,200	357,87	1187,94
	5	1,200	2,200	375,55	1213,93
55	6	1,800	2,200	402,14	1252,92
	7	2,400	2,200	428,81	1291,84
	8	3,200	2,200	464,79	1340,08
	9	4,400	2,200	521,61	1387,57
60	10	6,000	2,200	598,01	1459,31
	11	8,000	2,200	694,30	1557,61
	12	11,200	2,200	849,62	1729,96
	13	16,000	2,200	1084,47	2052,23

65

ES 2 207 686 T5

	14	23,200	2,200	1443,10	2629,02
	15	32,000	2,200	1969,69	3017,46
5	16	60,000	2,200	3024,96	3226,14
	1	,000	3,000	420,53	1411,63
	2	,200	3,000	429,30	1424,78
	3	,400	3,000	438,08	1437,92
10	4	,800	3,000	455,65	1464,16
	5	1,200	3,000	473,25	1490,38
	6	1,800	3,000	499,69	1529,97
	7	2,400	3,000	526,20	1569,79
15	8	3,200	3,000	561,62	1623,14
	9	4,400	3,000	614,90	1705,14
	10	6,000	3,000	686,20	1821,06
	11	8,000	3,000	779,19	1933,49
20	12	11,200	3,000	933,86	2110,63
	13	16,000	3,000	1168,41	2465,32
	14	23,200	3,000	1530,52	2885,31
	15	32,000	3,000	2093,85	3091,60
25	16	60,000	3,000	3032,78	3270,07
	1	,000	4,000	534,06	1738,23
	2	,200	4,000	542,78	1752,91
	3	,400	4,000	551,52	1767,58
30	4	,800	4,000	569,00	1796,90
	5	1,200	4,000	586,50	1826,19
	6	1,800	4,000	612,79	1874,19
	7	2,400	4,000	639,13	1923,37
	8	3,200	4,000	674,32	1991,90
35	9	4,400	4,000	727,22	2103,11
	10	6,000	4,000	797,98	2262,20
	11	8,000	4,000	886,78	2459,59
	12	11,200	4,000	1029,64	2725,83
40	13	16,000	4,000	1262,99	2871,10
	14	23,200	4,000	1633,71	3047,23
	15	32,000	4,000	2237,58	3140,90
	16	60,000	4,000	3038,17	3315,80
45	1	,000	6,000	740,89	2534,82
	2	,200	6,000	749,55	2553,15
	3	,400	6,000	758,21	2571,46
	4	,800	6,000	775,54	2604,16
50	5	1,200	6,000	792,89	2635,97
	6	1,800	6,000	818,96	2683,64
	7	2,400	6,000	845,07	2727,33
	8	3,200	6,000	879,92	2781,16
	9	4,400	6,000	932,33	2849,98
55	10	6,000	6,000	1002,40	2924,28
	11	8,000	6,000	1090,44	2998,07
	12	11,200	6,000	1232,43	3072,25
	13	16,000	6,000	1449,99	3132,05
60	14	23,200	6,000	1838,22	3154,41
	15	32,000	6,000	2472,50	3163,30
	16	60,000	6,000	3045,57	3388,37

65

Otras realizaciones se encuentran contenidas en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

5 1. Un dispositivo de inspección por rayos X para detectar un material específico de interés en las piezas de equipaje o en paquetes, comprendiendo:

una cinta transportadora construida y dispuesta para mover piezas de equipaje o paquetes hasta una región de inspección;

10 una fuente de rayos X situada en dicha región de inspección y construida para exponer una pieza del equipaje examinado o un paquete por medio de un haz de radiación de rayos X;

15 un sistema de detección de rayos X situado en dicha región de inspección y construido para detectar la radiación de rayos X modificada por la mencionada pieza examinada, que comprende un detector (80;100) para la radiación dispersada de rayos X.

un detector de dimensión construido para medir una dimensión seleccionada de dicha pieza examinada;

20 un sistema interfaz conectado a, y que recibe de, el mencionado sistema de detección de rayos X datos de rayos X dispersados, y del mencionado detector de dimensión, los datos de dimensión, dicho sistema de interfaz construido para ordenar los mencionados datos de rayos X dispersados y los mencionados datos de dimensión;

25 un ordenador conectado de manera operativa a y que recibe de dicho sistema de interfaz los mencionados datos ordenados de rayos X y de dimensión, estando el mencionado ordenador programado para utilizar dichos datos para el reconocimiento de dicho material específico de interés en las mencionadas piezas examinadas; y

dicho ordenador estando programado además para indicar la presencia de dicho material específico de interés.

2. El dispositivo de la reivindicación 1 en el que dicho detector de dimensión comprende:

30 una fuente óptica situada cerca de la mencionada región de inspección y construida para emitir radiación óptica en la gama de ultravioleta a infrarrojos hacia dicha pieza examinada;

35 un detector óptico situado cerca de la mencionada región de inspección y construido para detectar dicha radiación óptica; y

un procesador conectado para recibir datos ópticos desde el mencionado detector óptico y construido para medir dicha dimensión seleccionada de las mencionadas piezas examinadas.

40 3. El dispositivo de la reivindicación 1 en el que dicho detector de dimensión comprende:

una matriz de fuentes ópticas situadas cerca de la mencionada región de inspección, cada una de las mencionadas fuentes ópticas está construida para emitir radiación óptica hacia dicha pieza examinada;

45 una matriz de detectores ópticos situados cerca de la mencionada región de inspección, cada uno de los mencionados detectores ópticos está construido para detectar dicha radiación óptica reflejada desde una superficie seleccionada de la mencionada pieza examinada; y

50 un procesador conectado para recibir los datos ópticos desde dicha matriz de detectores ópticos y construido para medir dicha dimensión seleccionada de las mencionadas piezas examinadas.

55 4. El dispositivo de la reivindicación 2 ó 3 comprendiendo además un autocalibrador de dimensión construido para dirigir dicho detector de dimensión para que realice una secuencia de autocalibración sin que haya una pieza de equipaje o un paquete en dicha región de inspección y para proporcionar a dicho ordenador datos de dimensión de "aire".

5. El dispositivo de la reivindicación 1 en el que dicho sistema de fuente de rayos X, dicho sistema de detección de rayos X y dicho ordenador están además construidos y dispuestos para realizar las secuencias de autocalibración y para adquirir los datos de calibración de rayos X.

60 6. El dispositivo de la reivindicación 1 en el que dicho sistema de fuente de rayos X además está construido para emitir un haz en abanico de radiación de rayos X de al menos dos energías sustancialmente diferentes.

65 7. El dispositivo de la reivindicación 6 en el que dicho sistema de detección de rayos X incluye una matriz de detectores de transmisión de rayos X construida y posicionada para detectar la radiación de rayos X transmitida a través de la mencionada pieza examinada.

ES 2 207 686 T5

8. El dispositivo de la reivindicación 7 en el que dicha matriz de detectores de transmisión está además construida para detectar por separado la radiación de rayos X transmitida a través de dicha pieza examinada a las dos energías mencionadas sustancialmente diferentes; y

5 dicho ordenador además está construido para recibir por separado unos datos de transmisión de alta energía y unos datos de transmisión de baja energía por medio de la mencionada matriz.

9. El dispositivo de la reivindicación 7 comprendiendo además un autocalibrador construido para dirigir dicho sistema fuente de rayos X, dicho sistema de detección de transmisión de rayos X y dicho ordenador para realizar una
10 secuencia de autocalibración en la que dichos detectores de transmisión de rayos X proporcionan a dicho ordenador los datos de “corriente oscura” mientras dicho sistema fuente de rayos X no emite rayos.

10. El dispositivo de la reivindicación 8 comprendiendo además un autocalibrador construido para dirigir dicho sistema fuente de rayos X, dichos detectores de rayos X y dicho ordenador para realizar una secuencia de autocalibra-
15 ción en la que dicho sistema fuente de rayos X emite dicha radiación de rayos X sin que haya una pieza de equipaje o paquete en la mencionada región de inspección y dichos detectores de transmisión de rayos X proporcionan al mencionado ordenador los datos de transmisión de “aire” a cada una de las mencionadas energías.

11. El dispositivo de la reivindicación 6 en el que dicha matriz del sistema de detección de rayos X incluye una
20 matriz de detectores de dispersión de retorno de rayos X construida y posicionada para detectar la radiación de rayos X dispersada de retorno desde la mencionada pieza examinada para obtener los datos de dispersión de retorno de rayos X de al menos una energía.

12. El dispositivo de la reivindicación 11 comprendiendo además una unidad de desplazamiento conectada a dicha
25 matriz de detectores de dispersión de retorno y recibiendo los datos de dicho detector de dimensión, dicha unidad de desplazamiento está construida y dispuesta para mover dicha matriz de detectores de dispersión de retorno a una posición seleccionada en base a los datos de dicho detector de dimensión.

13. El dispositivo de la reivindicación 11 o de la reivindicación 12 comprendiendo además una matriz de colima-
30 dores de dispersión de retorno situados en frente de cada matriz de detectores de dispersión de retorno de rayos X, cada uno de los mencionados colimadores de dispersión de retorno está construido y dispuesto para limitar un ángulo de visión del correspondiente detector de dispersión de retorno para recibir los datos dispersados de retorno desde la superficie superior de la mencionada pieza.

14. El dispositivo de la reivindicación 13 en el que dicho detector de dimensión está además construido para medir
35 los datos de distancia correspondientes a las posiciones de dichos detectores de dispersión de retorno, dichos datos de distancia incluyendo las distancias desde cada detector de dispersión de retorno a una superficie de la mencionada pieza examinada, dicha superficie estando dentro del ángulo de visión del correspondiente detector.

15. El dispositivo de la reivindicación 14 comprendiendo además un normalizador de dispersión de retorno co-
40 nectado para recibir dichos datos de distancia desde el mencionado detector de dimensión, dicho normalizador está construido y dispuesto para normalizar los datos de dispersión de retorno de rayos X utilizando los datos de distancia.

16. El dispositivo de la reivindicación 15 en el que dicho normalizador de dispersión de retorno incluye además
45 una tabla de normalización de dispersión de retorno, dicho normalizador estando además construido para normalizar los datos de dispersión de retorno de rayos X mediante la utilización de los datos de la mencionada tabla.

17. El dispositivo de la reivindicación 15 en el que dicho normalizador de dispersión de retorno incluye una tabla
50 de consulta comprendiendo los datos de distancia desde cada detector de dispersión de retorno a una superficie de la mencionada pieza examinada, dicha superficie estando dentro del mencionado ángulo de visión del correspondiente detector de dispersión de retorno.

18. El dispositivo de la reivindicación 6 en el que dicha matriz del sistema de detección de rayos X incluye una
55 matriz de detectores de dispersión frontal de rayos X construidos y posicionados para detectar la radiación de rayos X dispersada frontalmente desde dicha pieza examinada para obtener los datos de dispersión frontal de rayos X de al menos una energía.

19. El dispositivo de la reivindicación 18 comprendiendo además una unidad de desplazamiento conectada a dicha
60 matriz de detectores de dispersión frontal y recibiendo los datos de dicho detector de dimensión, dicha unidad de desplazamiento está construida y dispuesta para mover dicha matriz de detectores de dispersión frontal a una posición seleccionada en base a los datos de dicho detector de dimensión.

20. El dispositivo de la reivindicación 18 o de la reivindicación 19 comprendiendo además una matriz de colima-
65 dores de dispersión frontal situados en frente de cada matriz de detectores de dispersión frontal de rayos X, cada uno de los mencionados colimadores de dispersión frontal está construido y dispuesto para limitar un ángulo de visión del correspondiente detector de dispersión frontal para recibir los datos dispersados frontalmente desde la superficie de dispersión frontal de la mencionada pieza.

21. El dispositivo de la reivindicación 20 en el que dicho detector de dimensión está además construido para medir los datos de distancia correspondientes a las posiciones de dichos detectores de dispersión frontal, dichos datos de distancia incluyendo las distancias desde cada detector de dispersión frontal a una superficie de la mencionada pieza examinada, dicha superficie estando dentro del ángulo de visión del correspondiente detector.
22. El dispositivo de la reivindicación 21 comprendiendo además un normalizador de dispersión frontal conectado para recibir dichos datos de distancia desde el mencionado detector de dimensión, dicho normalizador está construido y dispuesto para normalizar los datos de dispersión frontal de rayos X utilizando los datos de distancia.
23. El dispositivo de la reivindicación 22 en el que dicho normalizador de dispersión frontal incluye además una tabla de normalización de dispersión frontal, dicho normalizador estando además construido para normalizar los datos de dispersión frontal de rayos X mediante la utilización de los datos de la mencionada tabla.
24. El dispositivo de la reivindicación 22 en el que dicho normalizador de dispersión frontal incluye una tabla de consulta comprendiendo los datos de distancia desde cada detector de dispersión frontal a una superficie de la mencionada pieza examinada, dicha superficie estando dentro del mencionado ángulo de visión del correspondiente detector de dispersión frontal.
25. El dispositivo de la reivindicación 18 comprendiendo además un segundo sistema de detección de rayos X que incluye una matriz de detectores de transmisión de rayos X construidos y posicionados para detectar la radiación de rayos X transmitida a través de dicha pieza examinada.
26. El dispositivo de la reivindicación 25 comprendiendo además un ecualizador conectado para recibir los datos de transmisión de rayos X desde la mencionada matriz de detectores de transmisión de rayos X, dicho ecualizador está construido y dispuesto para ecualizar los datos de dispersión frontal por medio de la ubicación, a partir de los mencionados datos de transmisión, de las regiones altamente absorbentes de dicha pieza y teniendo en cuenta los valores reducidos en dichos datos de dispersión frontal en las mencionadas regiones.
27. Un procedimiento de inspección de rayos X de detección de un material específico de interés en piezas de equipaje o en paquetes, comprendiendo:
- el movimiento secuencial sobre una cinta transportadora de las piezas de equipaje o paquetes a través de una región de inspección;
 - la exposición de manera secuencial, en dicha región de inspección, de uno de dichas piezas por medio de un haz de radiación de rayos X;
 - la detección de la radiación de rayos X modificada por dicha pieza examinada por medio de un sistema de detección de rayos X que comprende un detector (80;100) para la radiación de rayos X dispersados.
 - la medida de una dimensión seleccionada de dicha pieza examinada mediante el empleo de un detector de dimensión;
 - la ordenación de los datos de rayos X dispersados detectados por dicho sistema de detección de rayos X y de los datos de dimensión detectados por dicho detector de dimensión en un sistema interfaz.
 - el reconocimiento por medio de un procesamiento por ordenador del mencionado material específico de interés mediante la utilización de dichos datos de rayos X ordenados y dichos datos de dimensión; y
 - la indicación de manera automática de la presencia de dicho material específico de interés en la mencionada pieza examinada.
28. El procedimiento de inspección de rayos X de la reivindicación 27 comprendiendo además la etapa de cálculo, en base a dichos datos de dimensión, de una distancia desde una superficie de dicha pieza a un detector del mencionado sistema de detección de rayos X que ve a dicha superficie.
29. El procedimiento de inspección de rayos X de la reivindicación 27 en el que dicha etapa de exposición incluye la emisión de un haz en abanico de radiación de rayos X de al menos dos energías sustancialmente diferentes.
30. El procedimiento de inspección de rayos X de la reivindicación 31 en el que dicha etapa de detección incluye la detección de radiación de rayos X dispersada de retorno desde la mencionada pieza examinada para obtener los datos de rayos X de dispersión de retorno de al menos una energía.
31. El procedimiento de inspección de rayos X de la reivindicación 30 comprendiendo además el colimado de dicha radiación de rayos X dispersada de retorno por medio de la colocación de una matriz de colimadores de dispersión de retorno en frente de dicha matriz de detectores de rayos X.

ES 2 207 686 T5

32. El procedimiento de inspección de rayos X de la reivindicación 31 comprendiendo además la medida de los datos de distancia desde cada uno de los mencionados detectores de dispersión de retorno a una superficie de la mencionada pieza examinada estando dentro del ángulo de visión del detector correspondiente.

5 33. El procedimiento de inspección de rayos X de la reivindicación 32 comprendiendo además la normalización de dichos datos de dispersión de retorno de rayos X utilizando los mencionados datos de distancia.

10 34. El procedimiento de inspección de rayos X de la reivindicación 29 en el que dicha etapa de detección incluye la detección de radiación de rayos X dispersados frontalmente desde dicha pieza examinada para obtener datos de rayos X de dispersión frontal de al menos una energía.

15 35. El procedimiento de inspección de rayos X de la reivindicación 34 comprendiendo además el colimado de dicha radiación de rayos X de dispersión frontal colocando una matriz de colimadores de dispersión frontal en frente de la mencionada matriz de detectores de rayos X.

36. El procedimiento de inspección de rayos X de la reivindicación 35 comprendiendo además la medida de los datos de distancia desde cada uno de los mencionados detectores de dispersión frontal a una superficie de dicha pieza examinada dentro del ángulo de visión del detector correspondiente.

20 37. El procedimiento de inspección de rayos X de la reivindicación 36 comprendiendo además la normalización de dichos datos de dispersión frontal de rayos X utilizando dichos datos de distancia.

25 38. El dispositivo de la reivindicación 1 en el que dicho ordenador está programado para identificar, en base a dichos rayos X y a los datos de dimensión ordenados, una región de dicha pieza que emite radiación dispersada característica de dicho material específico de interés que se encuentra en dicha pieza examinada.

30

35

40

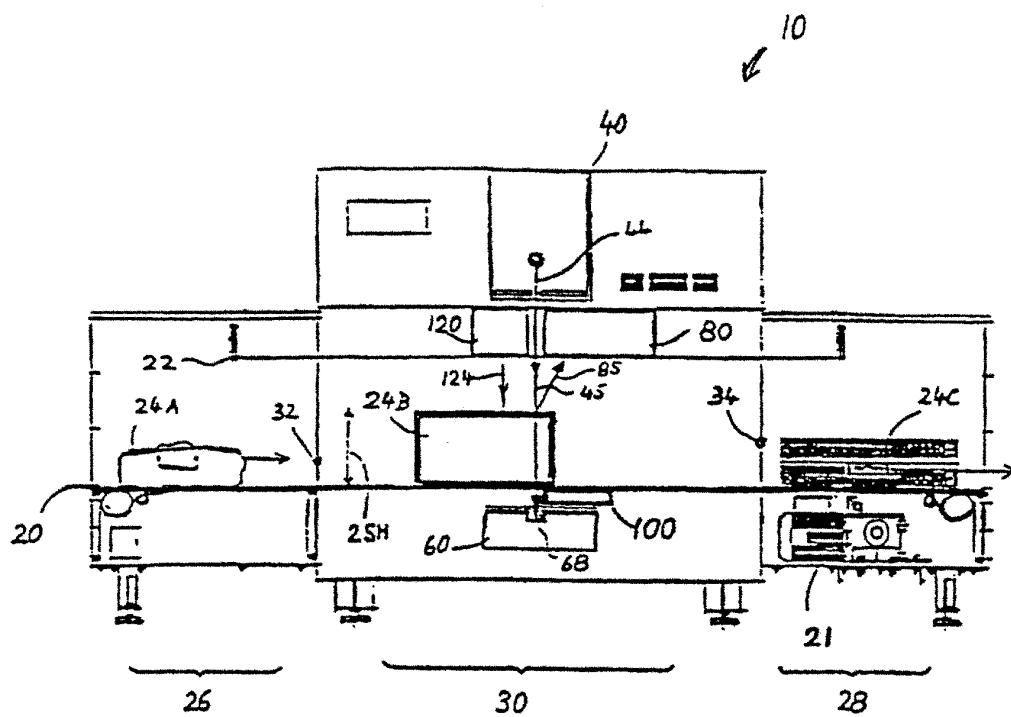
45

50

55

60

65

**FIGURA 1**

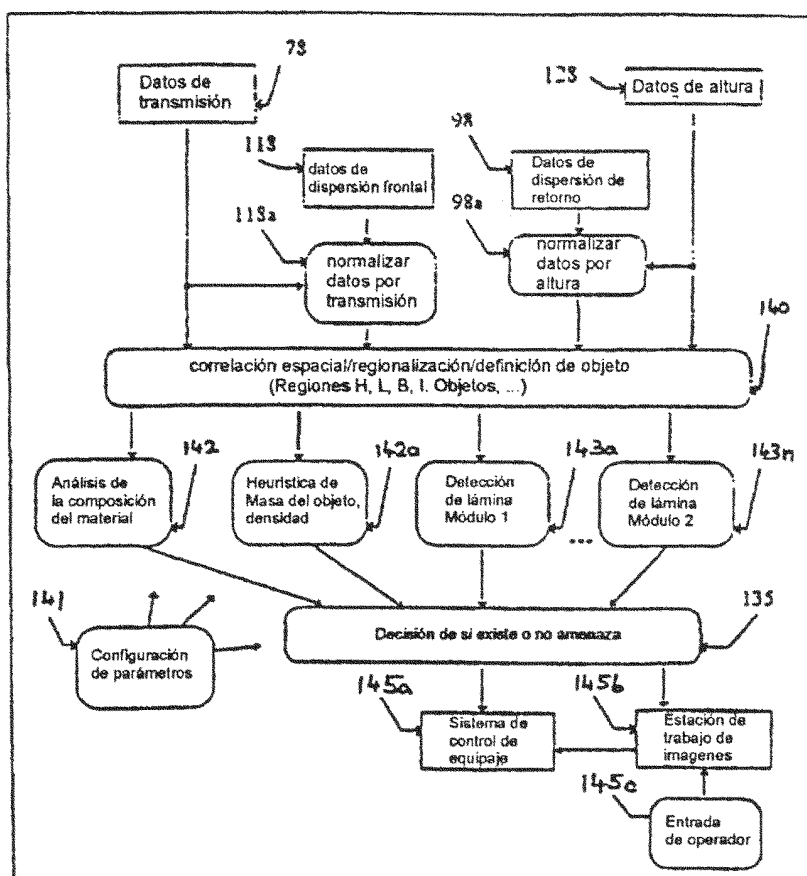


FIGURA 1A

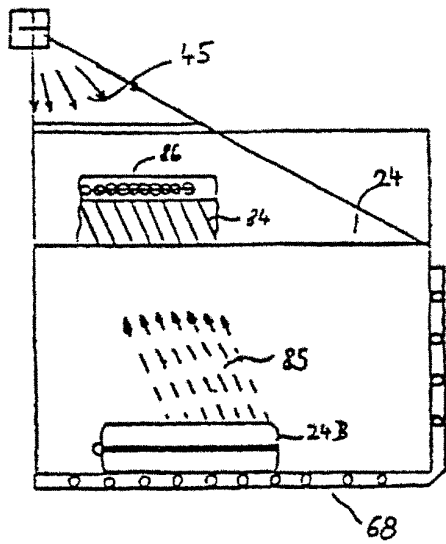


FIGURE 2A

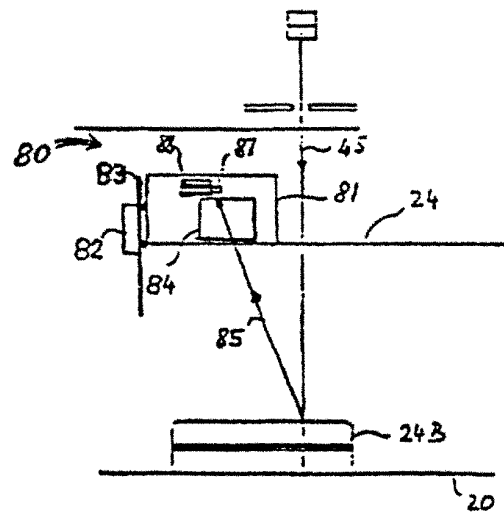


FIGURE 2

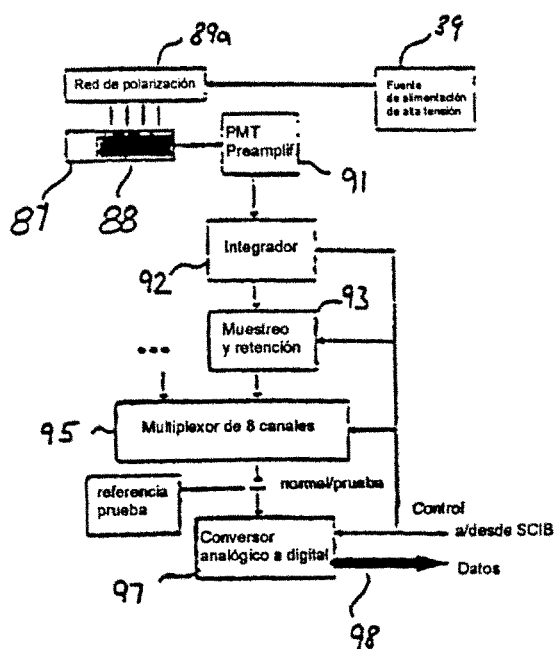
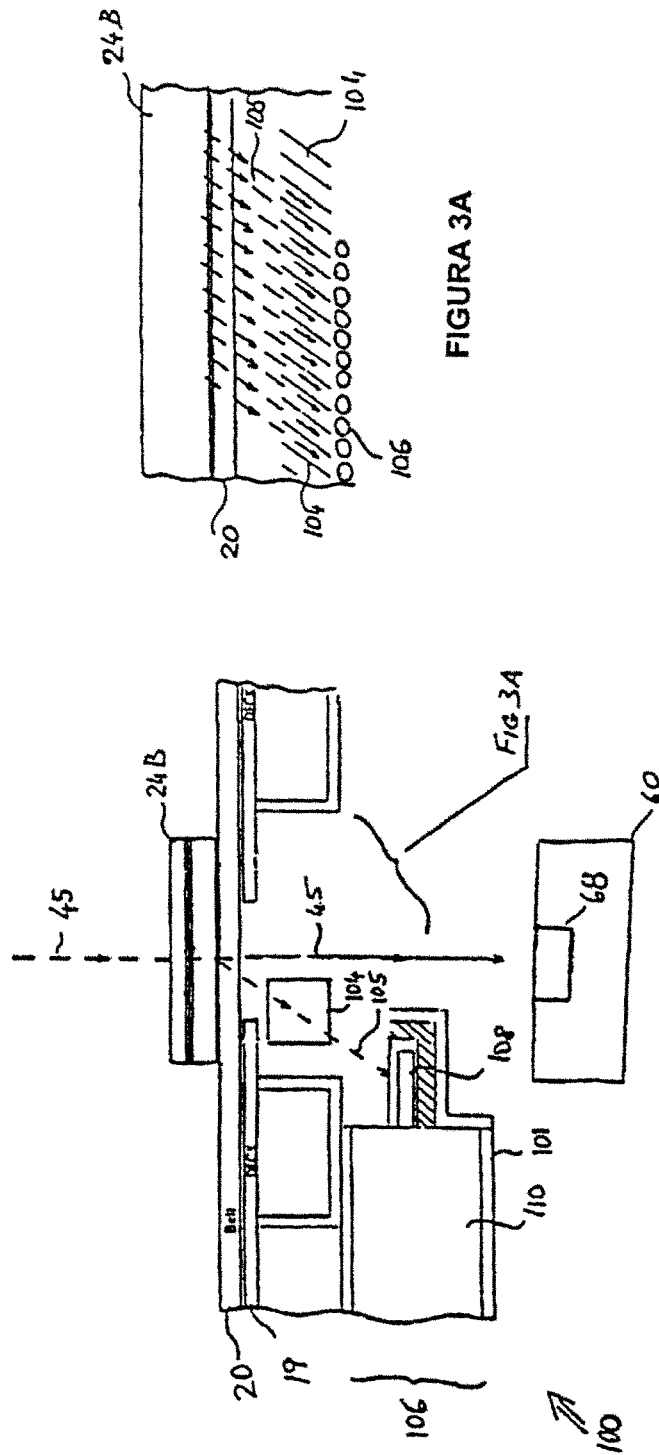


FIGURA 2B



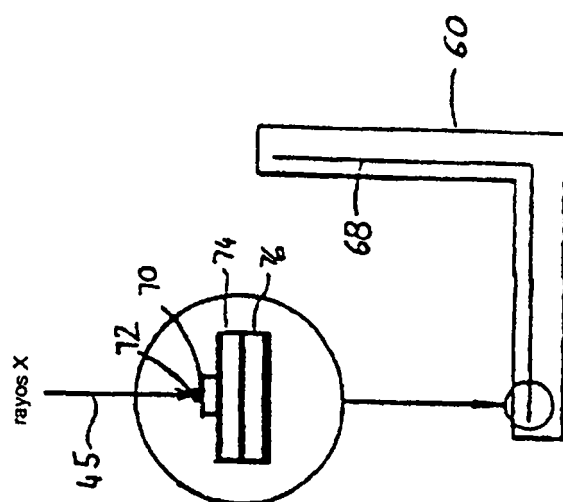


FIGURA 4

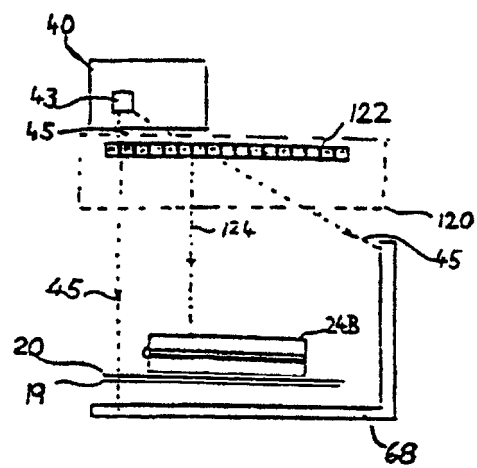
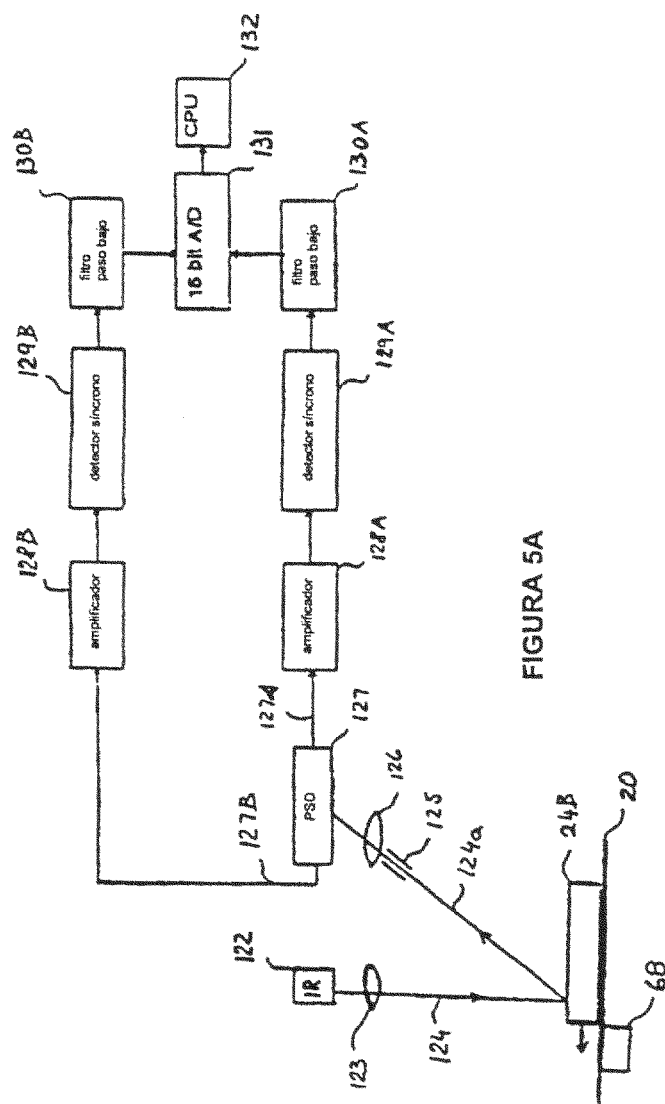


FIGURA 5



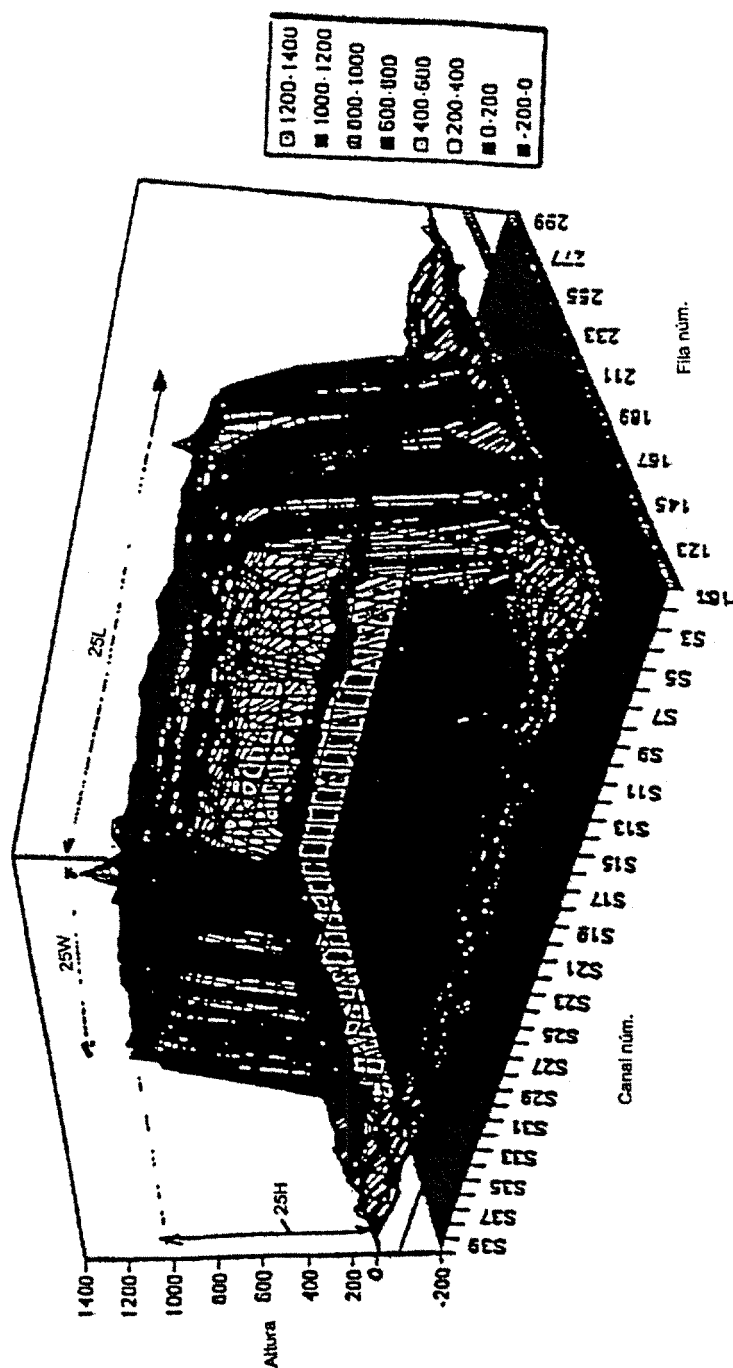


FIGURA 5B

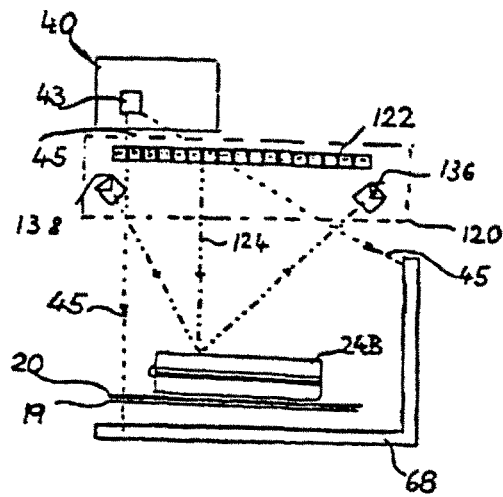
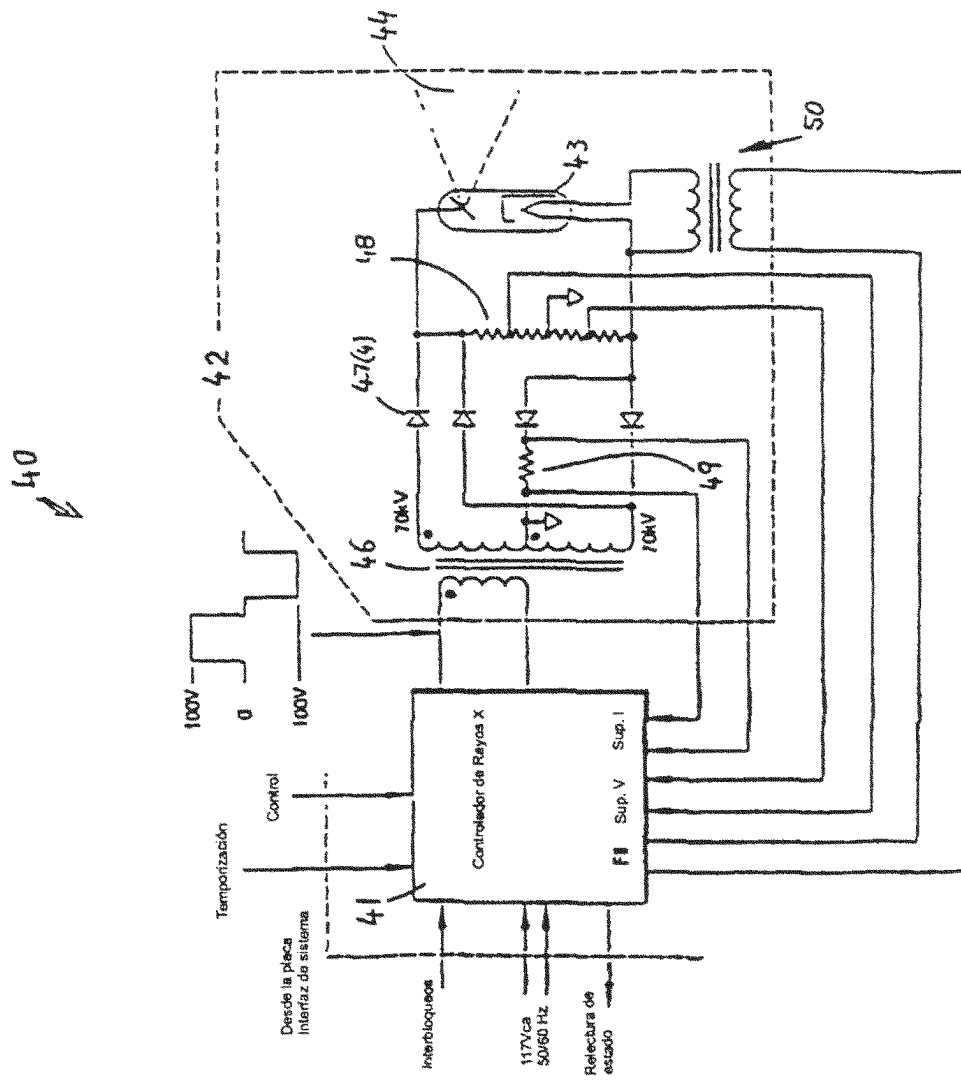


FIGURA 5C



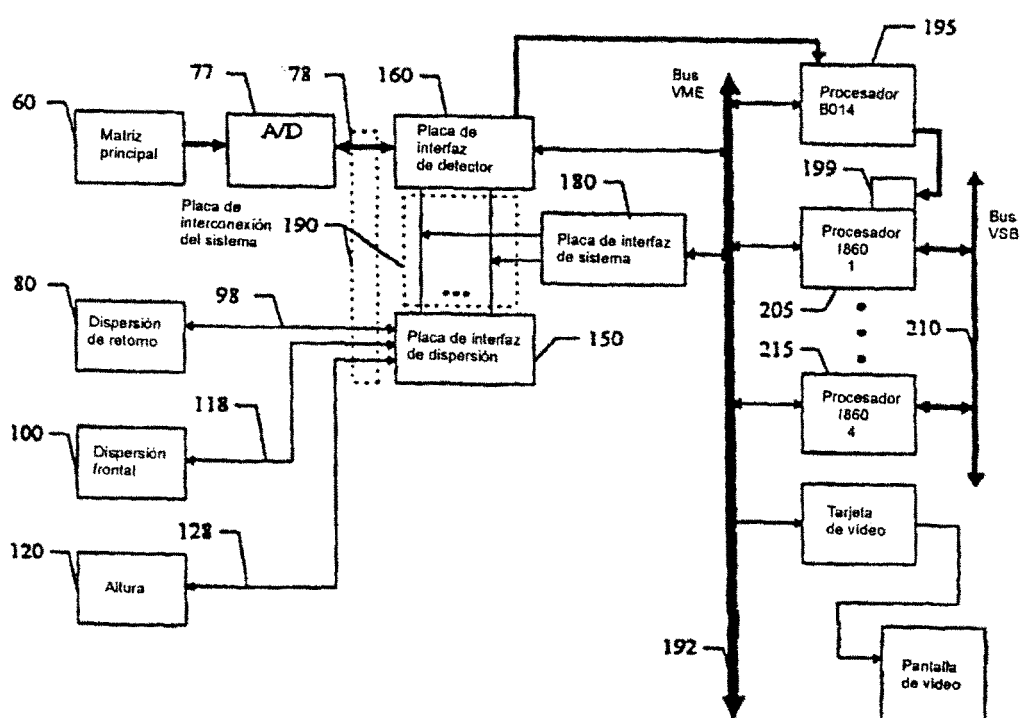


FIGURA 7

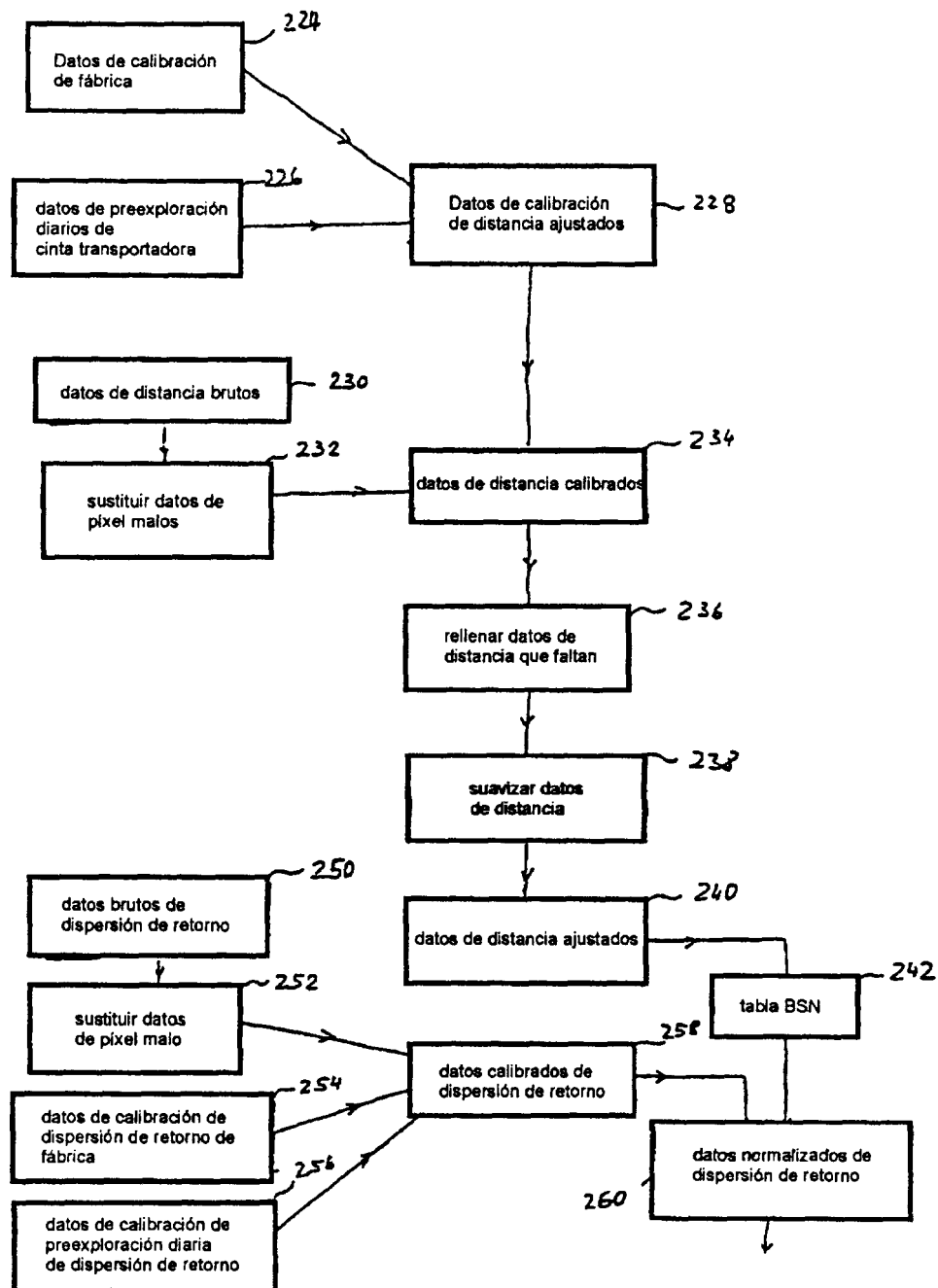


FIGURA 8

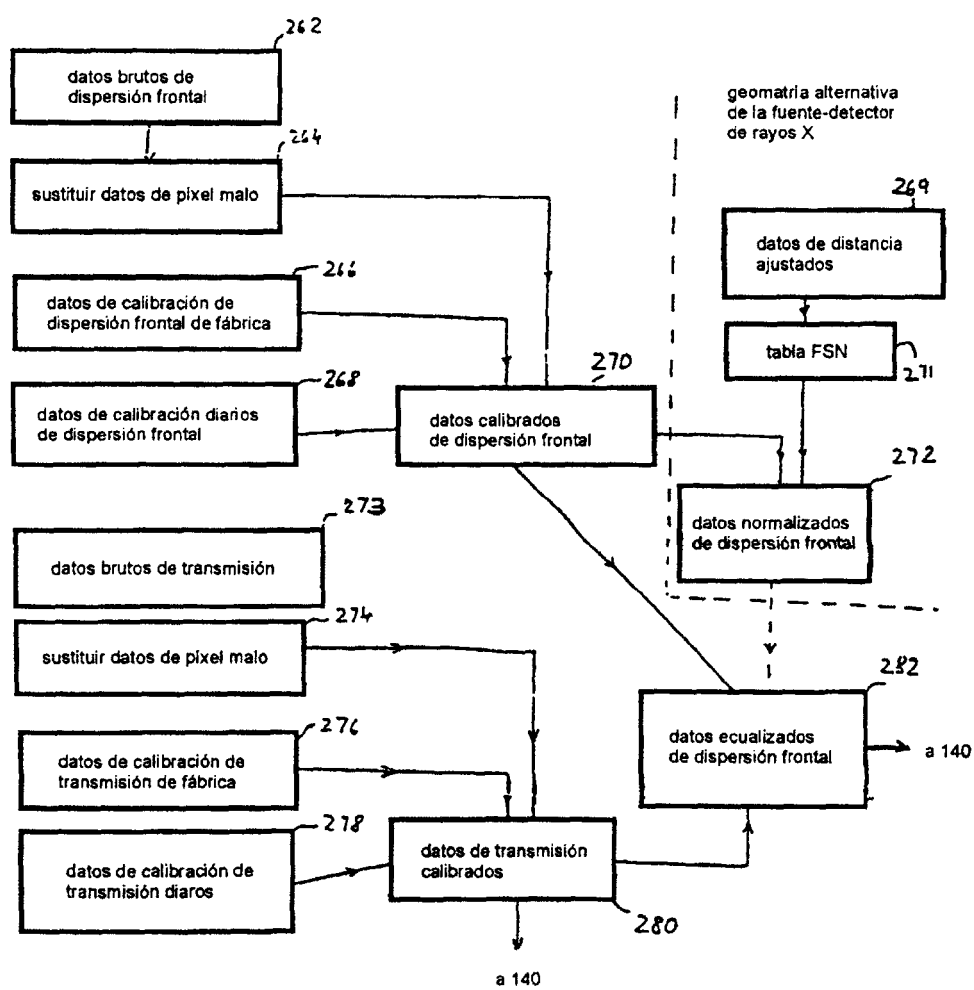


FIGURA 8A

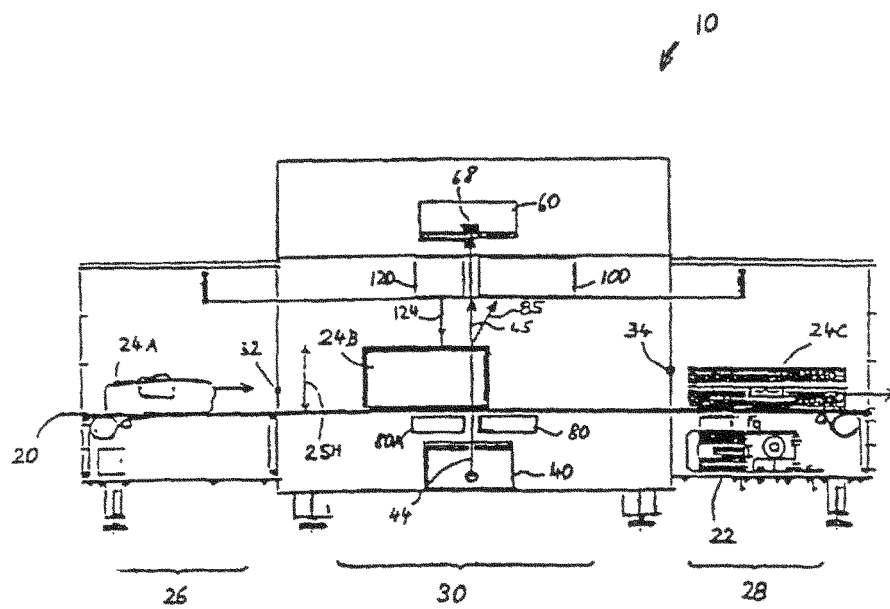


FIGURA 9

