(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 327 892**

(51) Int. Cl.:
A61N 5/10 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Número de solicitud europea: **00923190 .3**
(96) Fecha de presentación : **07.04.2000**
(97) Número de publicación de la solicitud: **1175244**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **30.01.2002**

(54) Título: **Sistema de monitorización del movimiento del paciente para terapia de protones.**

(30) Prioridad: **07.04.1999 US 128399 P**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
05.11.2009

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
05.11.2009

(73) Titular/es: **Loma Linda University Medical Center**
24888 Prospect Street
Loma Linda, California 92350, US

(72) Inventor/es: **Schulte, Reinhardt**

(74) Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

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

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

DESCRIPCIÓN

Sistema de monitorización del movimiento del paciente para terapia de protones.

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

La presente invención se refiere a sistemas de vigilancia de movimientos de paciente usados en instalaciones de radiación médica, y en particular, a sistemas de vigilancia de movimientos de paciente que estén destinados a evitar que un haz colimado de partículas alcance un paciente cuando el paciente se mueva más allá de un nivel de umbral.

Descripción de la técnica relacionada

Los haces de partículas energéticas son usados algunas veces por los profesionales médicos para tratar regiones cancerosas en pacientes. En particular, cuando un haz de partículas es dirigido a un tumor canceroso dentro de un paciente, la naturaleza penetrante del haz de partículas permite que el haz alcance un tumor asentado profundamente y deposite energía dentro del tumor. Como la energía es absorbida por el tumor, las estructuras de DNA dentro de las células del tumor son alteradas. Si es absorbida suficiente energía por el tumor, es posible que ocasione un daño irreparable en las estructuras del DNA, originando así que el tumor disminuya de tamaño o incluso completamente.

Una forma particularmente eficaz de la terapia de haz de partículas implica el uso de protones energéticos. En particular, centros de terapia de protones, tales como la Instalación de Protones de Loma Linda en la Universidad de Loma Linda en Loma Linda, California, son capaces de producir un haz de protones que tiene una energía por partícula de hasta 256 MeV. Los protones dentro de este rango de energía son capaces de penetrar profundamente en el cuerpo humano siguiendo una trayectoria sustancialmente recta y de depositar la mayoría de sus energías en una región localizada del cuerpo. En particular, si la energía de un protón está suficientemente por encima de un valor de umbral, conocido como el "Pico de Bragg", entonces el protón pierde energía cinética a un régimen moderado al atravesar la materia. No obstante, cuando la energía cinética del protón se reduce al umbral del pico de Bragg, la energía cinética remanente del protón se libera fácilmente. Por lo tanto, puede ser configurado un haz de protones para liberar la mayoría de su energía dentro de un tumor de paciente ajustando la energía del haz de protones según la cantidad de material celular que esté situado en el frente del tumor de modo que la energía del protones se reduce en el pico de Bragg a medida que el protón alcanza el tumor.

No obstante, dados los efectos radiobiológicos relativamente altos de los haces de partículas, tales como los haces de protones, es a menudo conveniente limitar el movimiento del paciente durante el tratamiento del paciente de modo que el movimiento del paciente no origine que el haz sea mal dirigido y afecte a tejido saludable dentro del cuerpo del paciente. Para impedir la desalineación entre el haz de protones y el tumor en la terapia de protones, sistemas de fijación estereotácticos tales como los descritos en las Patentes de EEUU 5.797.924, 5.549.616, y 5.464.411 han sido desarrollados y se usan a menudo en los procedimientos de tratamiento. En particular estos dispositivos de inmovilización están diseñados para limitar el margen de movimiento del paciente dentro de una tolerancia fijada que sea adecuada para tratar comparativamente grandes tumores.

No obstante, como el tratamiento de menores tumores situados en regiones más sensibles ha llegado a ser más conveniente, se ha desarrollado una necesidad creciente de sistemas capaces de evitar desalineaciones excesivas. Por ejemplo, está siendo investigado un nuevo campo de la terapia de protones que está enfocado sobre pequeños tumores intracraneales y desórdenes funcionales del cerebro. En estos casos, se requiere que el haz de protones esté alineado con pequeños blancos intracraneales con diámetros comprendidos entre 1 cm y 3 cm. Teniendo en cuenta que los tumores están rodeados por tejido cerebral, la desalineación del haz en este medio puede ser muy dañina para el paciente. Consecuentemente, la correcta alineación del paciente dentro de 1 mm es un requisito indispensable para estos tratamientos.

En los estudios de investigación realizados por los Solicitantes, el movimiento de los pacientes que reciben la terapia del haz de protones mientras utilizan dispositivos de inmovilización de fijación estereotácticos de la técnica anterior fue vigilado. En particular, los resultados de estos estudios indicaron que el movimiento del paciente era de tanto como de varios milímetros. Además, estos estudios indicaron que el movimiento del paciente era a menudo de naturaleza oscilatoria con una posición de paciente media que estaba dentro de 1 mm de la posición ideal y un periodo que a menudo se correlacionaba con la actividad respiratoria. Por lo tanto, es evidente que estos resultados de la utilización de dispositivos de inmovilización conocidos en la técnica no son suficientes para proporcionar un tratamiento óptimo de los pequeños objetivos intracraneales con diámetros comprendidos entre 1 cm y 3 cm.

En lo expuesto se apreciará que existe una necesidad de un sistema de vigilancia del paciente que funcione en combinación con una instalación del haz de protones que sea capaz de detectar movimientos de un paciente tan pequeños cono de 1 mm en cualquier dirección. Además, el sistema deberá ser capaz de neutralizar el haz de protones siempre que sea detectado un movimiento inaceptable del paciente. Preferiblemente, el dispositivo debe tener un corto tiempo de respuesta rápido de modo que explote la naturaleza oscilatoria del movimiento del paciente. En particular, si el movimiento es atribuido a los procedimientos de inhalación y exhalación, el sistema de vigilancia del paciente

deberá tener un tiempo de respuesta que sea significativamente más corto que el periodo de respiración para que permita que el paciente reciba la terapia de protones de modo seguro y eficaz durante los momentos de alineación correcta entre el haz de protones y el blanco pretendido.

Existe también una necesidad de que tales dispositivos sean fácilmente adaptables para que puedan ser usados en las instalaciones de haz de protones actualmente disponibles. Por ejemplo, sería ventajosa para un profesional médico la posibilidad de poder mover fácilmente el dispositivo de una sala de tratamiento a otra, montar rápidamente el dispositivo en cualquier estructura sólida disponible, y colocar el dispositivo de modo fácil y eficaz para vigilar el movimiento de un paciente. Además, el dispositivo no deberá ser invasivo para el paciente y proporcionará también realimentación al médico que le permita a este modificar el procedimiento del tratamiento para la máxima efectividad. Además, el dispositivo deberá ser manejado de modo fiable y de fabricación relativamente económica.

Sumario de la invención

Según un aspecto la presente invención proporciona un sistema de terapia de radiación que comprende un sistema de vigilancia de paciente sin contacto con éste, comprendiendo dicho sistema de vigilancia un primer sensor dispuesto para que proporcione una primera señal, comprendiendo el primer sensor un sensor de desplazamiento que tiene una fuente de luz visible no peligrosa para la emisión de un haz enfocado de luz que produce un punto iluminado sobre una superficie de un paciente; una lente positiva para refractar una porción de luz reflejada desde dicho punto para configurar un modelo convergente de luz dentro del primer sensor; una ordenación fotodetectora está posicionada en la trayectoria de la luz reflejada ligeramente fuera del plano focal de dicha lente positiva para formar así una imagen real sustancialmente no enfocada de dicho punto, por lo que la señal proporcionada por la ordenación fotodetectora constituye la base de dicha primera señal; al menos un mecanismo de posicionamiento para permitir que el primer sensor sea posicionado a una distancia seleccionada de la superficie del paciente; y un controlador dispuesto: i) para recibir la primera señal desde el primer sensor; ii) para determinar la posición del paciente basada en la primera señal del primer sensor; y iii) para evaluar la primera señal para determinar si el paciente se ha movido más de una cantidad de umbral seleccionado de la orientación deseada.

En lo expuesto se apreciará que el sistema de vigilancia sin contacto de la presente invención proporciona un sistema que no hace contacto para determinar si el paciente se ha desplazado de una orientación deseada para de ese modo proporcionar una advertencia o inhibir el suministro de haces de partículas terapéuticos. Estos y otros objetos y ventajas de la presente invención se evidenciarán mejor a partir de la descripción siguiente considerada en combinación con los dibujos que se acompañan.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una representación esquemática de una realización de un dispositivo de vigilancia de los movimientos de paciente que funciona en combinación con una instalación de haz de protones;

la Figura 2 es una vista lateral ampliada que muestra el dispositivo de vigilancia de los movimientos de paciente de la Figura 1 con respecto a una terapia de protones que recibe el paciente;

la Figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra algunos de los componentes del dispositivo de vigilancia de los movimientos del paciente de la Figura 1;

la Figura 4 es una vista de una presentación del dispositivo de vigilancia de los movimientos de paciente de la Figura 1 que ilustra un conjunto de muestras de la información de estado que es presentada sobre una presentación del dispositivo; y

la Figura 5 es un gráfico de flujo que ilustra el funcionamiento del dispositivo de vigilancia de movimientos de paciente de la Figura 1.

Descripción detallada de la realización preferida

Ahora se hará referencia a los dibujos en los que números similares se refieren a partes similares en todos ellos. La Figura 1 ilustra un sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente configurado de acuerdo con una realización de la presente invención. En particular, el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente está diseñado para funcionar en combinación con una instalación terapéutica 100 de haz de protones tal como la instalación de haz de protones actualmente en funcionamiento en el Centro Médico de la Universidad de Loma Linda, Loma Linda, CA, para proporcionar a un paciente 104 una terapia de protones óptima como se describirá con mayor detalle más adelante. El sistema 100 de terapia de protones se describe con mayor detalle en la Patente de EEUU Nº 4.870.287. Aunque en esta realización se describe como parte de una instalación de haz de protones, se apreciará que el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente, en otras realizaciones podría ser adaptado para que funcionase en combinación con otros dispositivos de haz colimado tales como de haces de electrones, laséricos o de rayos X.

Con referencia a la Figura 1, la instalación 100 de haz de protones está compuesta de un haz 122 de protones muy colimado que está destinado a tratar un tumor 106 localizado situado dentro del paciente 104 que está posicionado sobre una mesa 110. En esta circunstancia, el tumor 106 se ilustra en la Figura 1 como estando situado dentro de la

cabeza 114 del paciente 104. No obstante, se apreciará que el haz 122 podría ser usado para tratar tumores en otras regiones del cuerpo.

El haz 122 se suministra mediante un acelerador de protones (no mostrado) con una dirección inicial que es sustancialmente horizontal. Tras una entrada aporticada 112, el haz es desviado mediante un sistema de imanes 126 de curvatura, mostrados esquemáticamente en la Figura 1, que dirigen la trayectoria del haz 122 de protones a lo largo de un trayecto que conduce al paciente 104. Además, la entrada aporticada 112 dirige el haz 122 de protones a través de una tobera 120, situada sobre la circunferencia de la superficie aporticada 112, para permitir que el haz 122 de protones alcance el paciente 104. En adición, una pluralidad de elementos 124 de soporte que pueden hacerse girar permiten que la superficie aporticada 112 sea girada con un eje de giro que es colineal con la dirección inicial del haz 122 de modo que permite que el paciente 104 reciba el haz 122 desde múltiples direcciones.

Mientras el paciente 104 está recibiendo la terapia de protones, es conveniente que la energía del haz 122 sea liberada dentro del material celular del tumor 106. Para efectuar la deseada transferencia de energía, el paciente 104 está posicionado sobre la mesa 110 de modo que el tumor 108 puede estar alineado con el haz 122. Además, el haz 122 es dirigido a la porción crítica del tumor 106 y la energía del haz 122 se establece de acuerdo con el material celular que se interpone entre la tobera 120 y el tumor 106. Aunque no se ilustra en la Figura 1, el paciente 104 está configurado con un dispositivo de inmovilización, tal como un sistema de fijación estereotáctico conocido en la técnica, en un intento de limitar el movimiento del paciente 104.

En un esfuerzo para evitar mejor la desalineación entre el tumor 106 y el haz 122 debida al movimiento del paciente 104, el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente, mostrado en la Figura 1, se usa en combinación con la instalación 100 de haz de protones. Como se describirá con mayor detalle más adelante, el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente contiene un controlador 160 que está destinado a producir una pluralidad señales que incluyen una señal Bi de inmovilización de haz. En particular, la señal Bi de inmovilización de haz es desarrollada por el controlador 160 solamente si el movimiento del paciente 104 está dentro de los límites del umbral y el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente está situado en un estado armado. Además, la instalación 100 de haz de protones está destinada a recibir la señal Bi de inmovilización del haz de modo que impide que el haz 122 alcance el paciente 104 a menos que la señal Bi inmovilización de haz sea recibida por la instalación 100 de haz de protones.

El sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente incluye una pluralidad de montajes 162 de detectores de posición con cada montaje 162 de detector compuesto de un sensor 130 de posición fijado a un brazo articulado 132 que tiene una pluralidad de miembros ajustables 133 para permitir que el sensor 130 de posición sea posicionado cerca del paciente 104. Además, la pluralidad de montajes 162 de detector de posición está destinada a desarrollar una pluralidad correspondiente de señales Si de posición de salida que son indicativas de la posición 104 del paciente. En una realización descrita más adelante (Figura 2), la pluralidad de montajes 162 de detector de posición está compuesta de un primer montaje 162a de detector de posición que tiene una señal Sa de posición de salida y un segundo montaje 162b de detector de posición que tiene una señal Sb de posición de salida.

Como se muestra en la Figura 1, la pluralidad de señales Si de la pluralidad de montajes 130 de detector de posición es transmitida a un carro 140. Como se describirá con mayor detalle más adelante, el carro 140 contiene el controlador 160 que está destinado a recibir y procesar las señales Si. Además, cuando el controlador 160 es colocado en el estado armado y las señales Si de posición permanecen dentro de un rango aceptable, el controlador 160 activa la señal Si de inmovilización de haz para permitir así que el haz 122 alcance el paciente 104. En adición el controlador 160 está destinado a vigilar continuamente las señales Si para permitir que un médico evalúe estadísticamente el movimiento del paciente 104. Además, si el controlador 160 determina que cualquiera de las señales SI está más allá de los límites de umbral aceptables, entonces el controlador 160 puede activar una alarma audible 148.

Como se muestra en la Figura 1, el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente contiene además un dispositivo 142 de entrada de usuario conocido en la técnica que está compuesto de una pluralidad de botones 164 de pulsación. En particular, el usuario puede oprimir los botones 164 de pulsación para generar así una pluralidad de señales Cs de control. Además el controlador 160 está destinado a recibir la pluralidad de señales Cs de control del dispositivo 142 de entrada de usuario para permitir así que el usuario manipule el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente entre el estado armado, un estado de espera, y un estado de alarma.

Como se muestra en la Figura 1, el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente está compuesto además de una presentación 144. Bajo la dirección del controlador 160, la presentación 144 muestra información de estado con respecto al movimiento del paciente 104. En una realización, el controlador 160 está destinado a actualizar continuamente una pluralidad de parámetros 178 de estado en la presentación 144 (Figura 4) que son indicativos del movimiento del paciente 104. No obstante, en otras realizaciones, se apreciará que el controlador 160 podría estar destinado a generar una pluralidad de gráficos bidimensionales sobre la presentación 144 mostrando los parámetros 178 de estado como funciones del tiempo o mostrando relaciones internas entre los parámetros 178 de estado.

Como se muestra en la Figura 1, el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente está compuesto además de una impresora 148. En particular, la impresora 148, bajo la dirección del controlador 160, puede ser usada para generar una copia impresa de la pluralidad de parámetros 178 de estado.

Como se muestra en la Figura 1, el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente está compuesto además de la alarma audible 148. En particular, la alarma audible 148 está destinada a generar una señal 149 de alarma audible bajo la dirección del controlador 160. Además, el controlador 160 activa la señal 149 de alarma audible siempre que el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente está colocado en el estado armado y el movimiento del paciente 104 es detectado más allá de los niveles de umbral.

Como se muestra en la Figura 1, el carro 140 del sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente está soportado sobre una pluralidad de ruedas 161. En particular, las ruedas 161 permiten que el carro 140 sea movido de modo rápido y fácil a lo largo de una superficie sólida. Además, el carro 140 está destinado a almacenar una pluralidad de montajes 162 detectores, el controlador 160, el dispositivo 142 de entrada de usuario, la presentación 144, la impresora 146, y la alarma audible 148 para permitir que el sistema 102 sea movido fácilmente de una sala de tratamiento a otra.

Una vista lateral ampliada de una realización del sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente que tiene los montajes 162a y 162b de detector de primera y segunda posición se muestra en la Figura 2. En particular, el paciente 104 se muestra en una posición supina sobre la mesa 110 de tratamiento mientras el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente detecta el movimiento de la cabeza 114 del paciente 104. En esta circunstancia, el movimiento de la cabeza 114 del paciente 104 es vigilado por el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente debido al tumor 108 que está situado dentro de la cabeza 114 del paciente 104. No obstante, se apreciará que el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente podría también estar destinado a vigilar regiones alternativas del paciente 104.

Como se describirá con mayor detalle más adelante, el primer montaje 162a de detector de posición está destinado a producir la señal Sa de posición que es indicativa de una distancia Xa entre una primera superficie 131a del sensor 130a de posición y una primera superficie 116a del paciente 104. Asimismo, el segundo montaje 182b de detector de posición está destinado a producir la señal Sb de posición que es indicativa de una distancia Xb entre una primera superficie 131b del sensor 130b de posición y una segunda superficie 116b del paciente 104. Preferiblemente, los montajes primero y segundo, 162a y 162b, de detector de posición están dispuestos de modo que las distancias Xa y Xb se miden a lo largo de líneas que son mutuamente perpendiculares. Además, los sensores 130a y 130b de posición están diseñados para medir las distancias Xa y Xb siempre que Xa y Xb estén dentro de un margen de funcionamiento aceptable definido por Xmín y Xmáx de modo que Xmín < Xa < Xmáx y SMI

Xmín < Xb < Xmáx.

En una realización, cada sensor 130 de posición de la pluralidad de montajes 162 de detector de posición tiene la forma de un sensor de desplazamiento LED (Diodo Emisor de Luz). Como se muestra en la Figura 2, el sensor 130a emite un haz enfocado de luz 135a que se origina desde una fuente luminosa no coherente LED contenida dentro del sensor 130a para producir un pequeño punto circular 117a iluminado sobre la primera superficie 116a del paciente 104 como se muestra en la Figura 2. Además, el punto 117a iluminado de la primera superficie 116a se comporta sustancialmente como una fuente puntual de luz con un correspondiente modelo divergente de la luz 137a que retrocede hacia la primera superficie 131a del sensor 130a. Tras la recepción de una porción de la luz 137a reflejada por el sensor 130a una lente positiva dentro del sensor 130a refracta la porción recibida de luz 137a para formar un modelo que converge de luz (no mostrado) dentro del sensor 130a. Además, el modelo que converge trata de converger en un plano focal de la lente para formar una imagen enfocada del punto iluminado 117a. Dentro del sensor 130a, una ordenación (no mostrada) de fotodiodos que está destinada a generar una señal que corresponda al tamaño de una imagen circular formada sobre la ordenación de fotodiodos, está posicionada en la trayectoria de la luz refractada ligeramente fuera del plano focal de la lente para formar así una imagen real desenfocada sustancialmente circular del punto 117a sobre un región activa de la ordenación de fotodiodos. De esta manera, se establece una relación calculable entre la distancia Xa y el diámetro de la imagen desenfocada del punto 117a formado sobre la ordenación de fotodiodos. Por tanto, la señal proporcionada por la ordenación de fotodiodos constituye la base para la señal Sa de posición.

En una realización, el segundo sensor 130b de posición tiene la forma de un sensor de desplazamiento LED. En particular, el segundo sensor 130b de posición produce la señal Sb de posición que es indicativa de la distancia Xb entre la primera superficie 131b del sensor 130b de posición y una segunda superficie 116b del paciente 104. Como se muestra en la Figura 2, el sensor 130b de posición emite un haz enfocado de luz 135b que produce una pequeña mancha circular iluminada 117b sobre la segunda superficie 116b, originando por tanto un modelo reflejado de luz 137b que tiene características de superficie parecidas a un punto. Además, el sensor 130b está adaptado con una ordenación de fotodiodos que está posicionada enfrente de un plano focal de una lente de modo que desarrolla la señal Sb de una manera que es similar a la del sensor 130a.

Se apreciará que los sensores de desplazamiento LED ofrecen muchas ventajas. En particular, la luz producida por los sensores de desplazamiento LED es inofensiva tanto para el paciente como para el médico y por lo tanto no requiere equipo de seguridad adicional cuando se usa. Además, puesto que los sensores de desplazamiento LED miden la distancia reflejando luz fuera de una superficie, los sensores de desplazamiento de LED no efectúan un contacto físico directo con el paciente 104. Además, los sensores de desplazamiento LRD del tipo anteriormente mencionado proporcionan un alto nivel de precisión y son también capaces de efectuar mediciones de posición en un corto periodo de tiempo. Como un beneficio añadido, los sensores de desplazamiento LED son ligeros de peso, robustos, y relativamente de fabricación económica.

En una realización, cada uno de los sensores 130a y 130b de posición tiene la forma de los sensores de desplazamiento LED comercialmente disponibles. En particular, son utilizados los sensores de desplazamiento LED fabricados por Omron Electronics Inc. de Japón, siendo utilizado el modelo #Z4W.V. Como un resultado, se logra una resolución de paciente de 10 micrómetros con un tiempo de respuesta de solamente 5 milisegundos. Además, el intervalo de funcionamiento de los sensores 130a y 130b varía de X mín = 21 mm hasta X máx = 29 mm.

En otra realización, cada sensor 130 de posición contiene una presentación de LCD que indica el estado del sensor 130. En particular, la presentación de LCD presenta una aguja virtual que apunta a un valor que corresponde a la posición Xi medida. Además, la aguja virtual se ensambla con un espesor que corresponde al valor Ti de umbral.

Como se representa en la Figura 2, los brazos 132a y 132b de la articulación de los montajes 162a y 162b de detector de las posiciones primera y segunda permiten que los sensores 130a y 130b de posición estén posicionados temporalmente de modo que vigilen el movimiento del paciente 104. En particular, la pluralidad de miembros ajustables 133 de cada brazo 132 está compuesta de un primer miembro 152 ajustable, un segundo miembro 154 ajustable, y un tercer miembro ajustable 156 para permitir que cada brazo 132 sea movido de una manera similar a la de un brazo humano como se describirá más adelante.

Como se muestra en la Figura 2, cada uno de los brazos 132a y 132b de la articulación está compuesto de un primer miembro 151 en forma de espárrago que está destinado a fijar a una primera abrazadera 150 como se describirá más adelante. Además, el primer miembro en forma de espárrago 151 está montado de modo que puede hacer pivotar y girar a un primer miembro central 153 por medio del primer miembro ajustable 152. Además, el primer miembro central 153 está montado de modo que puede hacer pivotar a un segundo miembro central 155 por medio del segundo miembro ajustable 154. Finalmente, el segundo miembro central 155 está montado de modo que puede hacer pivotar y girar a un segundo miembro 157 en forma de espárrago por medio del tercer miembro ajustable 156, en donde el segundo miembro 157 en forma de espárrago está destinado a fijar una segunda abrazadera 158.

En una realización, cada uno de los brazos 132a y 132b de la articulación tiene la forma de los Brazos Mágicos de Bogen disponibles de Brazos Bogen de Ramsey, NJ. En particular, el Brazo Mágico de Bogen incluye los miembros ajustables primero y tercero, 152 y 156, que pueden pivotar ambos 90 grados y pueden girar 360 grados. Además, el Brazo Mágico de Bogen incluye el segundo miembro ajustable 154 que puede pivotar 360 grados.

Como se muestra en la Figura 2, la primera abrazadera 150 de los conjuntos 162a y 162b detectores de las posiciones primera y segunda se monta de modo desprendible en el primer y el segundo montajes detectores 162a y 162b de posición en una estructura 134 de montaje. En particular, la primera abrazadera 150 se aplica con mandíbulas (no mostradas) de fijación que permiten el montaje desprendible en la estructura 134 de montaje. En una realización, la primera abrazadera 150 está compuesta de una Abrazadera Super Bogen.

Como se muestra en la Figura 2, la segunda abrazadera 158 del montaje 162a de detector de posición asegura el sensor 130a de posición al primer montaje 162a de detector de posición. De una manera similar, la segunda abrazadera 158 del segundo montaje 162b de detector de posición asegura los sensores 130b de posición al segundo montaje 162 de detector de posición. En ambos casos, el segundo miembro 157 en forma de espárrago y la segunda abrazadera están destinados a ser fijados juntos de modo seguro. En una realización, la segunda abrazadera 158 está compuesta de una Abrazadera Super Bogen fabricada por la Corporación Manfrotto.

Ventajosamente, los montajes 160 de detector de posición permiten tres grados de movimiento de los sensores 130a, 130b. Por consiguiente, el carro 140 puede ser posicionado adyacente al paciente situado sobre la mesa de tratamiento y los montajes 160 de detector de posición pueden ser ajustados de modo que los sensores sean posicionados adyacentes al usuario a la distancia deseada. Puesto que los montajes 160a, 160b son ajustables independientemente de los sensores 130a, 130b y están montados sobre un carro móvil, los sensores 130a, 13b pueden ser ajustados independientemente para acomodar el paciente posicionado en diferentes lugares. Además, puesto que el carro 140 es portátil, el carro 140 puede ser posicionado adyacente a cualquier número de diferentes pacientes posicionados en diferentes lugares de tratamiento.

Un diagrama de bloques funcional que ilustra los componentes eléctricos de una realización del sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente se muestra en la Figura 3. En particular, el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente está compuesto del controlador 160 que está destinado a recibir las señales Sa y Sb de posición de los sensores 130a y 130b de posición en una manera conocida en la técnica. Además, el controlador 160 está asociado con una memoria 161 que es adecuada para almacenar valores de referencia y acumular información estadística con relación a una sesión de terapia de protones.

El controlador 160 incluye además una unidad de tratamiento aritmético conocida en la técnica que es capaz de realizar cálculos aritméticos. En particular, el controlador 160 calcula una pluralidad de distancias Xi de paciente que están basadas en la pluralidad de señales Si de posición recibidas por el controlador 160. Por ejemplo, en la realización de la Figura 2, las distancias Xi del paciente están compuestas de las distancias Xa y Xb que están determinadas por las señales Sa y Sb que están determinadas por las señales Sa y Sb respectivamente. Además, una pluralidad de distancias Xi0 de paciente de referencia son calculadas basándose en el estado de las señales Si de posición en el inicio de la sesión de terapia de protones. Adicionalmente, el controlador 160 calcula una pluralidad de desplazamientos DXi de paciente definidos por DXi = Xi·Xi0. El controlador compara también cada uno de los desplazamientos DXi

de paciente con un valor Ti de umbral preestablecido correspondiente para determinar si el paciente se ha movido significativamente. Además, el controlador 160 calcula interactivamente una pluralidad de cantidades estadísticas que relacionan a la pluralidad de desplazamientos DXi de paciente. En una realización, el controlador tiene la forma de un Controlador Lógico Programable C200 Sysmac 0mron fabricado por 0mron Electronics Inc. de Japón.

Como se muestra en la Figura 3, el controlador 160 del sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente está destinado a recibir la entrada de usuario del dispositivo 142 de entrada de usuario de una manera conocida en la técnica. Como se ha mencionado anteriormente, el dispositivo 142 de entrada de usuario está compuesto de una pluralidad de botones pulsadores 164. En una realización, los botones pulsadores 164 están compuestos de un botón de brazo, un botón de borrar alarma, un botón de umbral, un botón de desactivación de sensor #2, y un botón de modo de investigación. En particular, el botón de brazo y el botón de borrar la alarma permiten que el sistema 102 de vigilancia de movimientos del paciente sea manipulado entre el estado de espera, el estado armado, y el estado de alarma como se describirá mejor más adelante. El botón de umbral se usa para seleccionar los valores Ti de umbral realizando el ciclo a través de los posibles valores del umbral. El botón de sensor #2 de averiado permite que el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente funcione sin el segundo montaje 162b de detector de posición. El botón de modo de investigación se usa para configurar el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente en un modo de investigación de funcionamiento.

Como se muestra en la Figura 3, el controlador 160 del sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente está destinado también a actualizar la presentación 144 de una manera conocida en a técnica. En una realización (Figura 4), el controlador 160 origina que la presentación 144 facilite información de estado con respecto al estado del sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente como se describirá más adelante. El controlador 160 está destinado también a generar la salida en la impresora 146 de una manera conocida en la técnica para preservar la información de estado del sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente en forma impresa.

Como se muestra en la Figura 3, el controlador 160 del sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente está destinado también a activar la alarma audible 148 de una manera conocida en la técnica. En particular, la alarma 148 es activada por el controlador 160 cuando el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente está configurado en el modo armado y uno cualquiera de los componentes DXi de los desplazamientos de paciente excede el valor Ti de los umbrales correspondientes.

Como se muestra en la Figura 3, el controlador 160 del sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente está también destinado a transmitir la señal Bi de inmovilización de haz en la instalación 100 de haz de protones de una manera conocida en la técnica. En una realización, la señal Bi de inmovilización de haz es transmitida cuando el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente está situado en el modo armado y los desplazamientos DXi de paciente están dentro del rango de los valores Ti de los umbrales correspondientes. Además, la instalación 100 de haz de protones está destinada a producir el haz 122 de protones solamente tras la recepción de la señal Bi de inmovilización de haz de una manera conocida en la técnica.

Ahora se hará referencia a la Figura 4, que ejemplifica la presentación 144 de una realización del sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente. En particular, la pluralidad de parámetros 178 de estado, que es indicativa del estado operativo del sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente, es desplegada en la presentación 144. Además, la pluralidad de parámetros 178 de estado incluye una pluralidad de grupos 183 que tienen cada uno una pluralidad de parámetros estadísticos 187, en donde que cada grupo 183 representa el estado de un montaje 162 de detector de posición correspondiente.

Como se muestra en la Figura 4, la pluralidad de los parámetros 178 de estado incluye un indicador 180 de estado de sistema que indica el modo de funcionamiento del sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente. En particular, el indicador 180 de estado de sistema indica que el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente está en el estado de espera, el estado armado, o el estado de alarma. Además, el indicador 180 de estado de sistema indica si el controlador 160 está funcionando en un modo de investigación.

Como se muestra en la Figura 4, los parámetros 178 de estado incluyen un indicador 182 de umbral. En particular, el indicador 182 de umbral corresponde a los valores Ti de umbral de la corriente utilizados por el controlador 160 para determinar si se ha producido el movimiento significativo del paciente 104. En la realización de la Figura 4, cada uno de los valores Ti de umbral es idéntico a cada uno de los otros. No obstante, en otra realizaciones, se apreciará que los valores Ti de umbral podrían ser establecidos independientemente de cada uno de los otros y desplegado sobre la presentación 144 de una manera independiente.

Como se muestra en la Figura 4, la pluralidad de parámetros 178 de estado incluye la pluralidad de grupos 183, en la que cada grupo 183 significa el estado operacional de un montaje 162 de detector de posición correspondiente. En particular, el grupo 183 en el lado izquierdo de la presentación corresponde al estado del primer montaje 162a detector y el grupo 183 en el lado derecho de la presentación corresponde al estado del segundo montaje 162b de detector.

Cada grupo 183 de la pluralidad de parámetros 178 de estado incluye un indicador 184 de estado de rango que puede indicar En el Rango, Fuera de Rango, o Desactivado. Cuando el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente está situado en el estado de espera, si el indicador 184 de estado de estado de rango está en Rango, entonces el controlador 160 ha determinado que el paciente 104 está dentro del rango de funcionamiento del montaje 162

de detector de posición correspondiente definido por Xi+Ti<Xmax y Xi-Ti>Xmin. Correspondientemente, cuando el sistema 102 está situado en el estado de espera, si el indicador 184 de estado de rango está Fuera de Rango, entonces el controlador 160 ha determinado que el paciente 104 no está dentro del margen de funcionamiento del correspondiente montaje 162 de detector de posición definido por Xi+Ti>Xmáx o Xi-Ti<Xmín. No obstante, cuando el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente está en el estado armado o el estado de alarma, si el indicador 184 de estado de rango está en Rango, entonces el controlador 160 ha determinado que el paciente 104 está dentro del rango de umbral del correspondiente montaje 162 de detector de posición definido por DXi>Ti o DXi<-Ti. De lo contrario, cuando el sistema 102 de vigilancia de movimiento de paciente está en el estado armado o el estado de alarma, si el indicador 184 de estado de rango está Fuera de Rango, entonces el controlador 160 ha determinado que el paciente 104 no está dentro del rango de umbral del montaje 162 de detector de posición correspondiente definido por DXi>Ti o DXi<-Ti.

También es posible para el indicador 184 de estado de rango sobre el lado izquierdo de la presentación 144 que corresponde al segundo montaje 162b de detector de posición presentar la palabra Desactivado. Si este es el caso, entonces el usuario ha optado previamente por inhabilitar el segundo montaje 162b de detector por medio del botón de inhabilitación del sensor #2 del dispositivo 142 de entrada de usuario para originar que el controlador 160 ignore la señal Sb de posición cuando determina si debe generar la señal Bi de inmovilización de haz.

Cada grupo 183 de la pluralidad de parámetros 178 de estado incluye también un indicador 186 de Xi. En particular, el indicador 186 de Xi corresponde a la distancia Xi de paciente registrada más recientemente y es actualizado durante todos los estados de funcionamiento del sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente. Además, si el segundo montaje 162b de detector de posición es inhabilitado, entonces el indicador 186 de Xi correspondiente presenta la palabra Desactivado.

Cada grupo 183 de la pluralidad de parámetros 178 de estado incluye también un indicador 188 de DXi. En particular, el indicador 188 de DXi corresponde al valor calculado más recientemente de DXi y es actualizado durante todos los estados de funcionamiento del sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente. Además, si el segundo montaje 162b de detector de posición está desactivado, entonces el correspondiente indicador DXi 188 presenta la palabra Desactivado. Además, si el paciente está fuera del margen operacional del sensor 130 correspondiente, entonces el indicador DXi 188 presenta la frase “Fuera del Alcance”.

Cada grupo 183 de la pluralidad de parámetros 178 de estado incluye también un indicador 190 de +DXi máx. En particular, el indicador 190 de +DXi máx corresponde al valor positivo mayor de DXi calculado durante la sesión de tratamiento y es actualizado solamente durante el estado de armado. Además, el indicador 190 de +DXi máximo es borrado y dejado con valor 0,0 tras arrancar y tras una transición entre el estado armado y el estado de espera. No obstante, el indicador 190 de +DXi máx es preservado tras una transición entre el estado de alarma y el estado de espera.

Cada grupo 183 de la pluralidad de parámetros 178 de estado incluye también un indicador 192 de -DXi máx. En particular el indicador 192 de -DXi máx corresponde al mayor valor negativo de DXi calculado durante la sesión de tratamiento y es actualizado solamente durante el estado armado. Además, el indicador 192 máximo de -DXi es borrado y dejado en 0,0 tras el arranque y tras una transición entre el estado de armado y el estado de espera. No obstante, el indicador 192 de -DXi máx es preservado tras una transición entre el estado de alarma y el estado de espera.

Cada grupo 183 de la pluralidad de parámetros 178 de estado incluye también un indicador 194 de DXi medio. En particular, el indicador 194 medio de DXi corresponde al valor medio de todos los valores de DXi calculados durante la sesión de tratamiento y es solamente actualizado durante el estado armado. Además, el indicador 194 de DXi medio es borrado y dejado en 0,0 tras el arranque y tras una transición entre el estado armado y el estado de espera. No obstante, el indicador 194 medio DXi es preservado tras una transición entre el estado de alarma y el estado de espera.

Cada grupo 183 de la pluralidad de parámetros 178 de estado incluye también un número de indicador 196 de alarmas. En particular, el número de indicador 196 de alarmas corresponde al número de transiciones directas que han ocurrido entre el estado de armado y el estado de alarma como un resultado del montaje 162 de detector de posición correspondiente que detecta por encima del movimiento de umbral del paciente 104. Tras una transición desde el estado de espera al estado de armado, el número del indicador 196 de alarmas es restablecido a cero. Además, si el segundo montaje 162b de detector de posición es desactivado, entonces el número correspondiente del indicador 196 de alarmas muestra la palabra: Inhabilitado.

Ahora se hará referencia a la Figura 5, que ilustra un gráfico 200 de flujo que describe el funcionamiento de una realización del controlador 160 del sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente. En particular, el usuario puede manipular el controlador 160 entre un estado 206 de espera, un estado 234 de armado, y un estado 220 de alarma. Además, el usuario puede iniciar un modo de investigación de funcionamiento como se describirá más adelante.

A continuación de un estado 202 de potencia, el controlador 160, en un estado 204, restablece todas las cantidades estadísticas e inicialmente establece todos los valores Ti de umbral en 1 mm. Como se describirá más adelante, las cantidades estadísticas son actualizadas y presentadas por el controlador 160 en la presentación 144 durante el funcionamiento subsiguiente del controlador 160. Además, los valores Ti de umbral pueden ser establecidos manualmente durante el funcionamiento subsiguiente del controlador 160.

El controlador 160 continúa entonces en el estado 206 de espera para permitir que un usuario posicione los sensores 130a y 130b primero y segundo y los detectores 162a y 162b de posición dentro del margen de funcionamiento del paciente 104. Como se expuso anteriormente, los sensores 130a y 130b son posicionados preferiblemente a una distancia que está dentro del margen de funcionamiento. Preferiblemente, el controlador 160 proporciona señales de realimentación visual sobre la presentación 144 (Figura 2) que permiten que el usuario posicione correctamente los sensores. El controlador 160, en un estado 210, restablece entonces la alarma de audio y vigila el botón de umbral del dispositivo 142 de entrada de usuario para permitir que el usuario cambie los valores Ti de umbral. De esta manera, el usuario puede establecer un valor que continuará en el sistema dando una señal indicativa de que el paciente se ha movido más allá de un umbral deseado. El controlador 160 actualiza entonces la presentación 144 con la pluralidad actual de parámetros 176 de estado.

El controlador entonces vigila las señales Sa y Sb de posición, en un estado 212 de decisión para determinar si el paciente 104 está dentro del margen operacional de los sensores 130a y 130b de posición. Si el paciente no está dentro del margen operacional de los sensores 130a y 130b de posición, entonces el controlador 160 vuelve al estado 206 de espera.

Si el controlador 160 determina que el paciente 104 está dentro del margen operacional de los sensores 130a y 130b de posición, entonces el controlador 160 procede a vigilar el accionamiento del botón de brazo del dispositivo 142 de entrada de usuario en el estado 214 de decisión. Si el controlador 160 determina que el botón de brazo no ha sido activado, entonces el controlador 160 retorna al estado 206 de espera.

Si el controlador 160 determina, en el estado 214 de decisión, que el botón de brazo ha sido oprimido, entonces todas las cantidades estadísticas son restablecidas en el estado 216. El sistema 102 está armado ahora y listo para detectar movimientos del paciente y proporcionar una señal cuando este movimiento excede los valores de umbral establecidos en el estado 204. Además, las señales Sa y Sb de posición son leídas y evaluadas por el controlador 160 y usadas para calcular nuevos valores Xi0 de referencia de posición que tienen componentes Xa0 y Xb0. Desde allí, el controlador entra en el estado de armado 220. Mientras está en el estado de armado 220, el controlador 160 vigila el botón de modo de investigación del dispositivo 142 de entrada de usuario para determinar si un modo de investigación de funcionamiento es requerido por el usuario. Como se ha examinado anteriormente, el sistema de vigilancia de paciente puede ser usado para vigilar el movimiento del paciente para tratamiento o puede ser usado para obtener información de investigación acerca de un movimiento del paciente.

Si el controlador 160 determina que el botón de modo de investigación no ha sido activado en el estado 222 de decisión, entonces el controlador 160, en un estado 224, genera la señal Bi de inmovilización para permitir así que el haz 122 de protones alcance el paciente 104. Además, la alarma de audio está desactivada, nuevos valores de Xi que tienen componentes Xa y Xb son calculados basándose en las señales Sa y Sb de posición recibidas, nuevos desplazamientos DXi de paciente que tienen componentes DXa = Xa·Xa0 y DXb=Xb·Xb0 son calculados, los nuevos desplazamientos DXi de paciente son plegados dentro de la pluralidad de parámetros 178 de estado, y la presentación 144 es actualizada para que incluya los valores nuevamente calculados de Xi y DXi.

Si el controlador 160 determina, en el estado 222, que el botón de modo de investigación ha sido activado entonces el controlador 160, en un estado 226, no activa la señal Bi de inmovilización de haz para impedir así que el haz 122 de protones salga de la tobera 120. Además, la alarma de audio es desactivada, nuevos valores de Xi son calculados basados en las señales Si de posición recibidas, nuevos desplazamientos DXi de paciente que tienen componentes DXa=Xa·Xa0 y DXb=Xb·Xb0 son calculados, los desplazamientos DXi de paciente son plegados dentro de la información estadística, y la presentación 144 es actualizada para que incluya los valores de Xi y DXi nuevamente calculados.

Como se muestra en la Figura 5, el controlador continúa dentro de un estado 230 de decisión mediante el cual los desplazamientos DXi son comparados con los valores Ti de umbral. En particular, si el controlador 160 determina que todos los desplazamientos DXi de paciente no han excedido los valores Ti durante un periodo de tiempo que excede 2 segundos, entonces el controlador 160 vigila el botón de brazo del dispositivo 142 de entrada de usuario en un estado 232 de decisión.

Si el controlador 160, en el estado 232 de decisión detecta que el botón de brazo ha sido activado entonces el controlador 160 retorna al estado 206 de espera para permitir así que el paciente 104 sea reposicionado seguramente. De lo contrario, el controlador 160 vuelve a entrar en el estado armado 220 para permitir así que el paciente 104 continúe recibiendo terapia de protones.

No obstante, si el controlador 160, en el estado 230, determina que uno o más de los desplazamientos DXi de paciente han excedido los valores Ti del umbral durante un periodo de tiempo que excede 2 segundos, entonces el controlador entra en el estado 234 de alarma. Si se produce esta situación, entonces un movimiento significativo del paciente 104 ha sido detectado por el controlador 160.

El controlador 160 continúa entonces en un estado 236 de decisión mediante el cual el controlador 160 determina si se solicita el modo de investigación. Si el controlador 160 determina que el modo de investigación no se solicita, entonces el controlador 160, en un estado 240, desactiva la señal Bi de inmovilización para impedir que el haz 122 de protones alcance el paciente 104. El controlador 160 activa entonces la alarma 148 de audio e incrementa un contador

de alarmas en uno. El controlador 160 actualiza entonces la presentación 144 con la pluralidad de corrientes de los parámetros 178 de estado.

Si el controlador 160, en el estado 236 de decisión, determina que es solicitado el modo de investigación, entonces el controlador 160, en un estado 242, desactiva la señal Bi de interbloqueo de haz para impedir así que el haz 122 de protones alcance al paciente 104. El controlador 160 aumenta entonces un contador de alarma en uno y actualiza la presentación 144 con la pluralidad actual de parámetros 178 de estado.

El controlador 160, en un estado 244 de decisión, vigila entonces el accionamiento del botón de brazo del dispositivo 142 de entrada de usuario. Si el controlador 160 detecta que el botón de brazo ha sido activado, entonces el controlador 160 retorna al estado 208 de espera. No obstante, si el controlador 160 determina que el botón de brazo no ha sido oprimido, entonces el controlador 160 pasa a vigilar las señales Si de posición en el estado 246 de decisión de modo que nuevos desplazamientos DXi de paciente pueden ser calculados por el controlador 160. Si los nuevos desplazamientos DXi de paciente no están dentro del margen de los valores Ti de umbral, entonces el controlador 160 retorna al estado 234 de alarma.

Si los nuevos desplazamientos DXi de paciente están dentro del margen de los valores Ti del umbral, entonces el controlador 160 continúa dentro de un estado 250 de decisión por lo que el controlador 160 determina si es solicitado el modo de investigación. Si el controlador 160 determina que el modo de investigación es solicitado, entonces el controlador retorna al estado de espera.

Si el controlador determina que el modo de investigación no se requiere en el estado 250 de decisión, entonces el controlador 160 vigila el botón de alarma de borrado en un estado 252 de decisión. Si el controlador 160 detecta la activación del botón de alarma de borrado, entonces el controlador retorna al estado 206 de espera. De lo contrario, el controlador retorna al estado 234 de alarma.

Se apreciará que el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente descrito anteriormente es capaz de detectar de modo continuo la posición del paciente 104 durante una sesión de terapia de protones. En particular, el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente incluye la pluralidad de montajes 162 del detector de posición que están destinados a generar la pluralidad de señales Si de posición que son indicativas de la posición del paciente 104. Las señales Si de posición son recibidas por el controlador 160 del sistema 102 de vigilancia de movimiento de paciente para obtener las posiciones Xi medidas. El controlador 160 compara también las posiciones Xi medidas con referencia a posiciones Xi0 para determinar los desplazamientos DXi de paciente. Si los desplazamientos DXi de paciente están fuera del margen de los valores Ti de los umbrales, entonces es detectado el movimiento del paciente 104 por encima del umbral por el controlador 160 del sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente.

Mientras el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente está situado en el estado armado y la posición detectada del paciente no cambia más allá del valor umbral Ti, la señal Bi de bloqueo interno de haz es activada por el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente de modo que el paciente 104 puede recibir tratamiento. No obstante, si la posición detectada del paciente cambia más allá del valor umbral Ti, entonces el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente desactiva la señal Bi de inmovilización de haz para impedir que el haz 122 de protones dañe tejido saludable del paciente 104. Además, cuando es detectado un movimiento por encima del umbral por el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente, la alarma audible 148 se activa. Siempre, los parámetros 178 de estado son actualizados continuamente y presentados sobre la presentación 144 para así informar a un usuario del grado de movimiento del paciente 104.

Como se muestra en el gráfico de flujo de la Figura 5, el sistema puede ser configurado para que controle el suministro de los haces de tratamiento al paciente o puede ser usado también para obtener información cerca del movimiento del paciente. Se apreciará que la eficacia de diferentes sistemas de inmovilización de pacientes puede ser evaluada determinando la cantidad de movimiento que usa el sistema de vigilancia de paciente de la presente invención.

Se apreciará también que el sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente es a la vez portátil y fácil de instalar. En particular, el carro móvil 140 del sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente está destinado a almacenar todos los componentes del sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente. Además, la abrazadera 150 de cada montaje 162 de detector de posición está destinada a ser fijada de modo rápido y fácil a la superficie 134 de montaje para soportar mecánicamente los montajes 162 de detector de posición. Además, la pluralidad de miembros 133 ajustables de cada montaje 162 de detector de posición permite que los sensores 130 sean colocados convenientemente dentro del rango de funcionamiento del paciente 104.

Se apreciará también que los sensores 130 de posición del sistema 102 de vigilancia de movimientos de paciente funcionan sin contacto físico con el paciente. En particular, luz visible no dañina es emitida por cada sensor 130 de posición para crear así un punto iluminado sobre la piel del paciente 104. La luz reflejada desde el punto iluminado es recibida por el sensor 130 de modo que genera la señal Si de posición correspondiente. Además, el método de detección de la posición no requiere que el paciente 104 use clase alguna de aparato de detección. Además, los sensores 130 de posición generan las señales Si de posición con una resolución de la posición de 10 micrómetros y un tiempo de respuesta de 5 milisegundos.

Aunque la realización preferida de la presente invención ha sido mostrada, descrita y señaladas las nuevas características fundamentales de la invención como se aplica a esta realización, se entenderá que pueden hacerse diversas omisiones, sustituciones y cambios en la forma de los detalles del dispositivo ilustrado por los expertos en la técnica sin salirse del espíritu de la presente invención. Consecuentemente, el alcance de la invención no deberá limitarse a la descripción anterior, sino que será definido por las reivindicaciones que se añaden.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (100) de terapia de radiación que comprende un sistema (102) de vigilancia del paciente que no hace contacto con este, comprendiendo dicho sistema de vigilancia:

un primer sensor (130a) dispuesto para proporcionar una primera señal, comprendiendo el primer sensor un sensor de desplazamiento que tiene:

una fuente luminosa visible no dañina para emitir un haz enfocado de luz que produce un punto iluminado (117a) sobre una superficie de un paciente;

una lente positiva para refractar una porción de luz reflejada desde dicho punto para formar un modelo convergente de luz dentro del primer sensor;

una ordenación de fotodetectores posicionados en la trayectoria de la luz refractada ligeramente fuera del plano focal de dicha lente positiva para formar así una imagen real sustancialmente no enfocada de dicho punto, por lo que la señal proporcionada por la ordenación de fotodetectores constituye la base para dicha primera señal;

al menos un mecanismo (132) de posicionamiento para permitir que el primer sensor (130a) esté posicionado a una distancia seleccionada de la superficie del paciente; y

un controlador (160) dispuesto: i) para recibir la primera señal del primer sensor; ii) para determinar la situación del paciente basada en la primera señal del primer sensor; y iii) para evaluar la primera señal para determinar si el paciente se ha movido más de una cantidad de umbral seleccionada de la orientación deseada.

2. El sistema de la reivindicación 1, en el que la fuente luminosa visible no dañina comprende un LED.

3. El sistema de la reivindicación 1, en el que la ordenación de fotodetectores comprende una ordenación de fotodiodos.

4. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además una segunda fuente de energía destinada a dirigir energía hacia una superficie del paciente posicionado en una orientación deseada y un segundo sensor (130b) dispuesto para recibir energía reflejada de la segunda fuente de energía que es reflejada fura de la superficie del paciente.

5. El sistema de la reivindicación 4, en el que el controlador (160) está dispuesto además:

iv) para recibir la segunda señal del segundo sensor;

v) para determinar el lugar del paciente con respecto al segundo sensor (130b) basado en la señal del segundo sensor (130b); y

vi) para evaluar la segunda señal en combinación con la evaluación de la primera señal para determinar si el paciente se ha movido más de la cantidad de umbral seleccionada de la orientación deseada.

6. El sistema de la reivindicación 1, en el que el controlador (160) está dispuesto además para producir una señal indicativa de cuando se ha movido el paciente más de la cantidad de umbral seleccionada desde la orientación deseada.

7. El sistema de la reivindicación 6, en el que la señal producida por el controlador (160) es una señal de alarma que significa para un usuario que el paciente se ha movido más de la cantidad de umbral seleccionada desde la orientación deseada.

8. El sistema de la reivindicación 6, en el que la señal producida por el controlador (160) es una señal de haz que puede ser usada por un sistema de control de haz de partículas para interrumpir el suministro de un haz terapéutico al paciente.

9. El sistema de la reivindicación 6, en el que el controlador (160) está dispuesto para registrar el grado de movimiento del paciente.

10. El sistema de la reivindicación 6, en el que el controlador (160) está dispuesto para producir la señal solamente cuando la primera señal indica que el paciente se ha movido más de la cantidad de umbral seleccionada para un periodo de tiempo preseleccionado para permitir que el paciente retorne a la orientación deseada.

11. El sistema de la reivindicación 10, en el que el primer sensor (130a) está dispuesto para proporcionar una primera señal que está exactamente dentro de 10 micrómetros del lugar del paciente desde el sensor.

12. El sistema de la reivindicación 11, en el que el controlador (160) está configurado para permitir que el usuario establezca la cantidad de umbral seleccionada.

13. El sistema de la reivindicación 12, en el que el usuario puede seleccionar una cantidad de umbral seleccionada de movimiento de 1 mm en la distancia desde el primer sensor de modo que el paciente ya no está en la orientación deseada.

14. El sistema de la reivindicación 1, en el que el al menos un mecanismo de posicionamiento comprende una base y un montaje (132) de posicionamiento que se monta en la misma, el cual tiene tres grados de movimiento para facilitar el posicionamiento del primer sensor a una distancia deseada del paciente y con una orientación deseada.

15. El sistema de la reivindicación 14, que comprende además un carro móvil (140) que contiene la base y el controlador (160) de modo que la base y el controlador (160) pueden ser usados en combinación con una pluralidad de diferentes lugres de tratamiento en un sistema de terapia de radiación y en el que el controlador (160) puede estar enlazado comunicativamente con un sistema de control para el sistema de terapia de radiación.

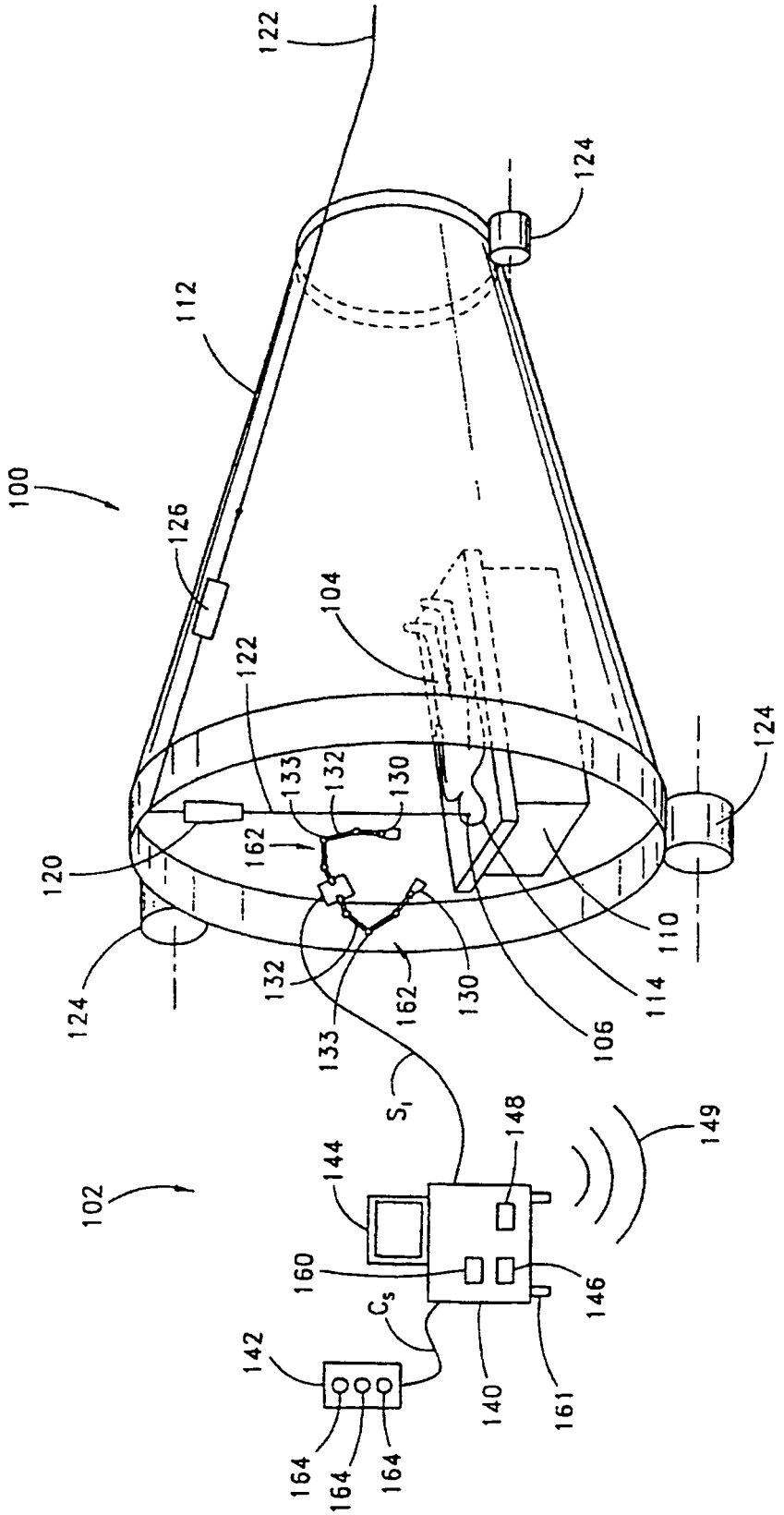

100
102
104
106
110
112
114
120
122
124
126
130
132
133
140
142
144
146
148
149
160
161
162
164
S_1
C_s

FIG. 1

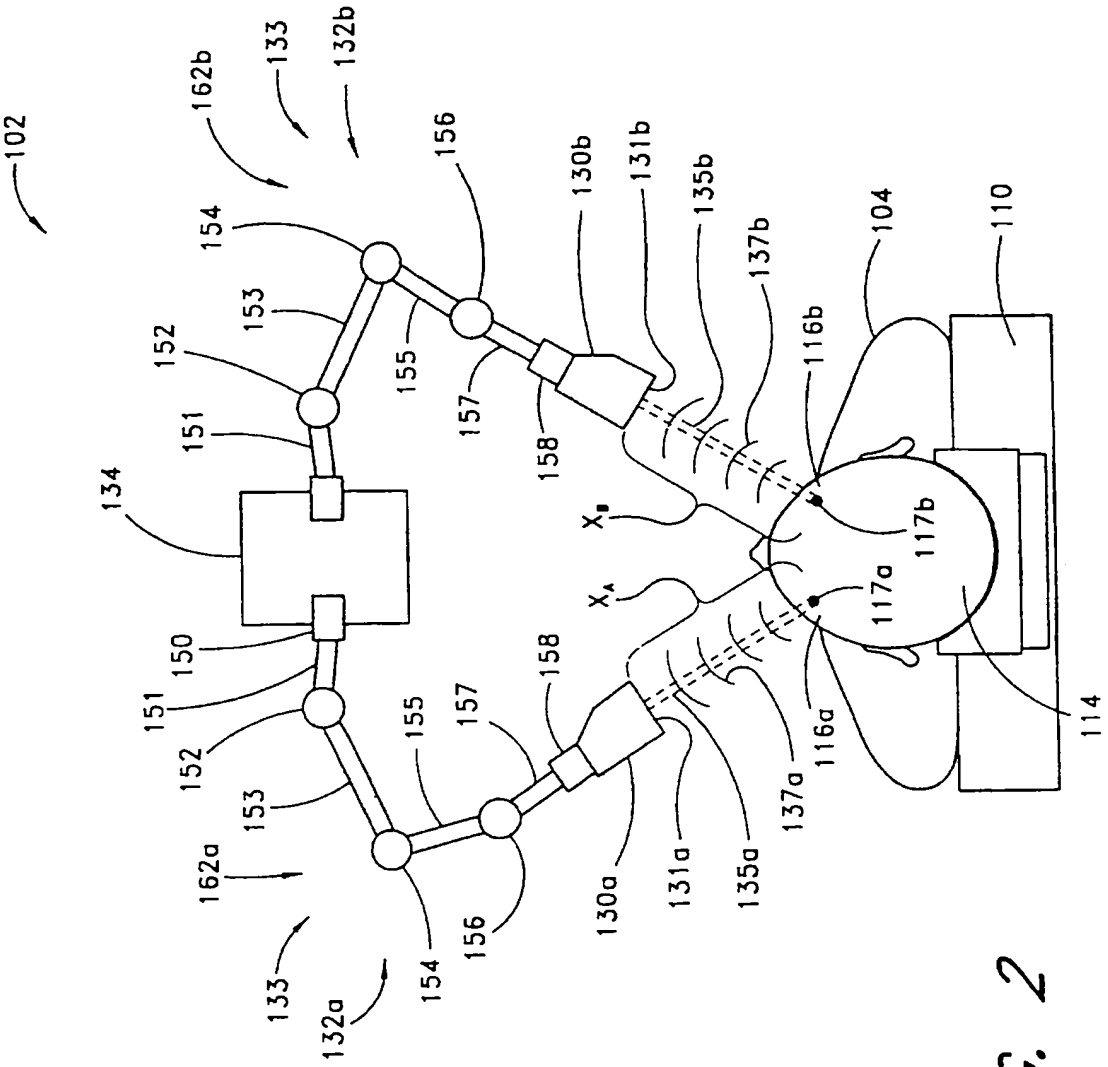

102
162b
133
132b
154
156
130b
131b
135b
137b
104
110
153
152
155
157
158
116b
151
134
X_B
117b
X_A
117a
150
158
157
155
153
152
151
116a
137a
114
162a
130a
131a
135a
133
156
154
132a

FIG. 2

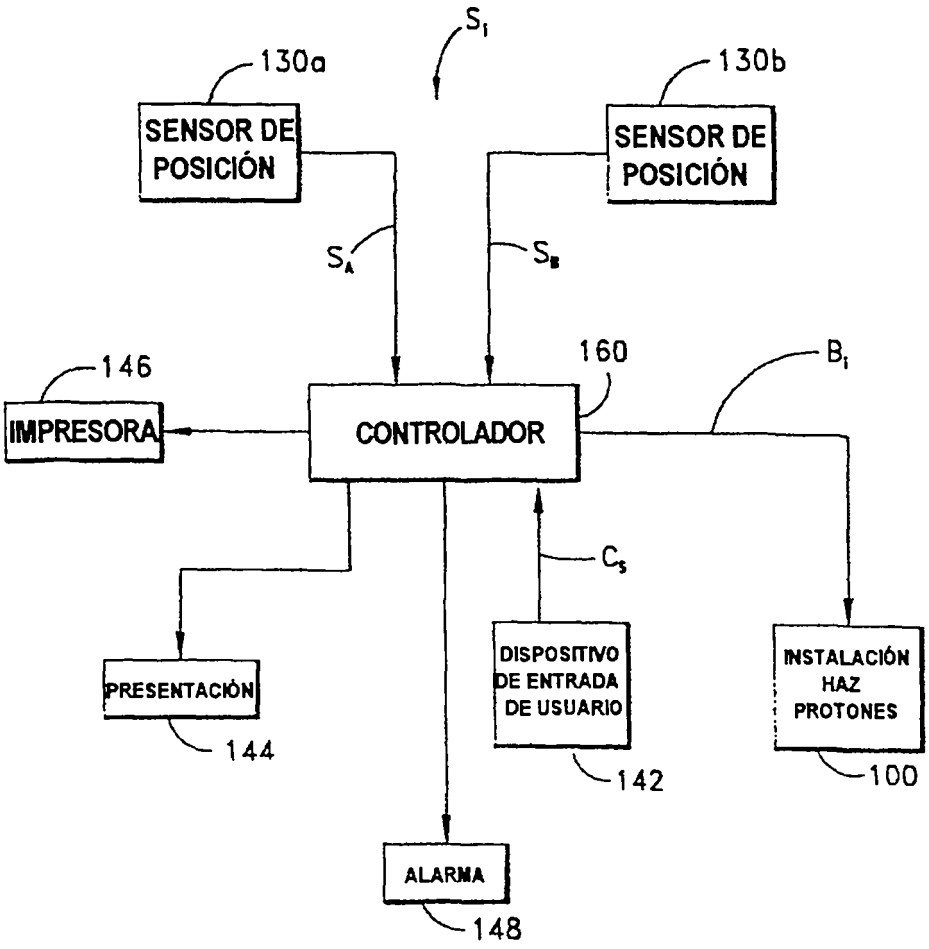

S_I
130a
130b
SENSOR DE POSICIÓN
SENSOR DE POSICIÓN
S_A
S_B
146
160
B_I
IMPRESORA
CONTROLADOR
C_S
PRESENTACIÓN
144
DISPOSITIVO DE ENTRADA DE USUARIO
142
INSTALACIÓN HAZ PROTONES
100
ALARMA
148

FIG. 3

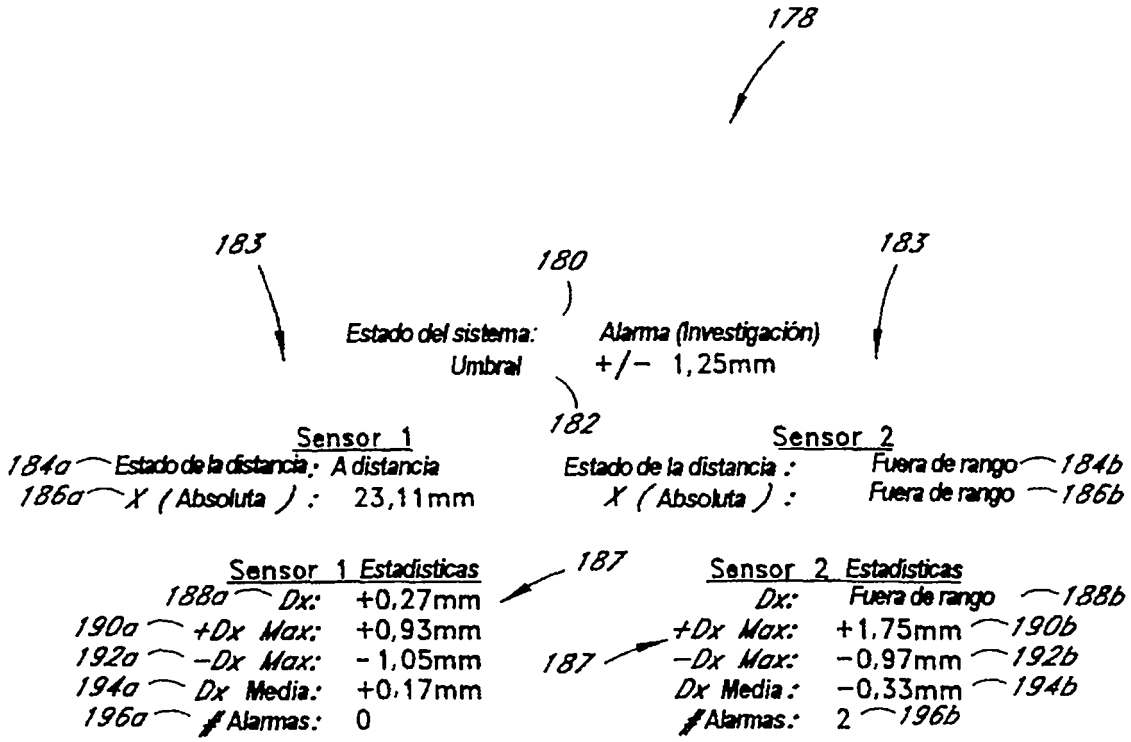
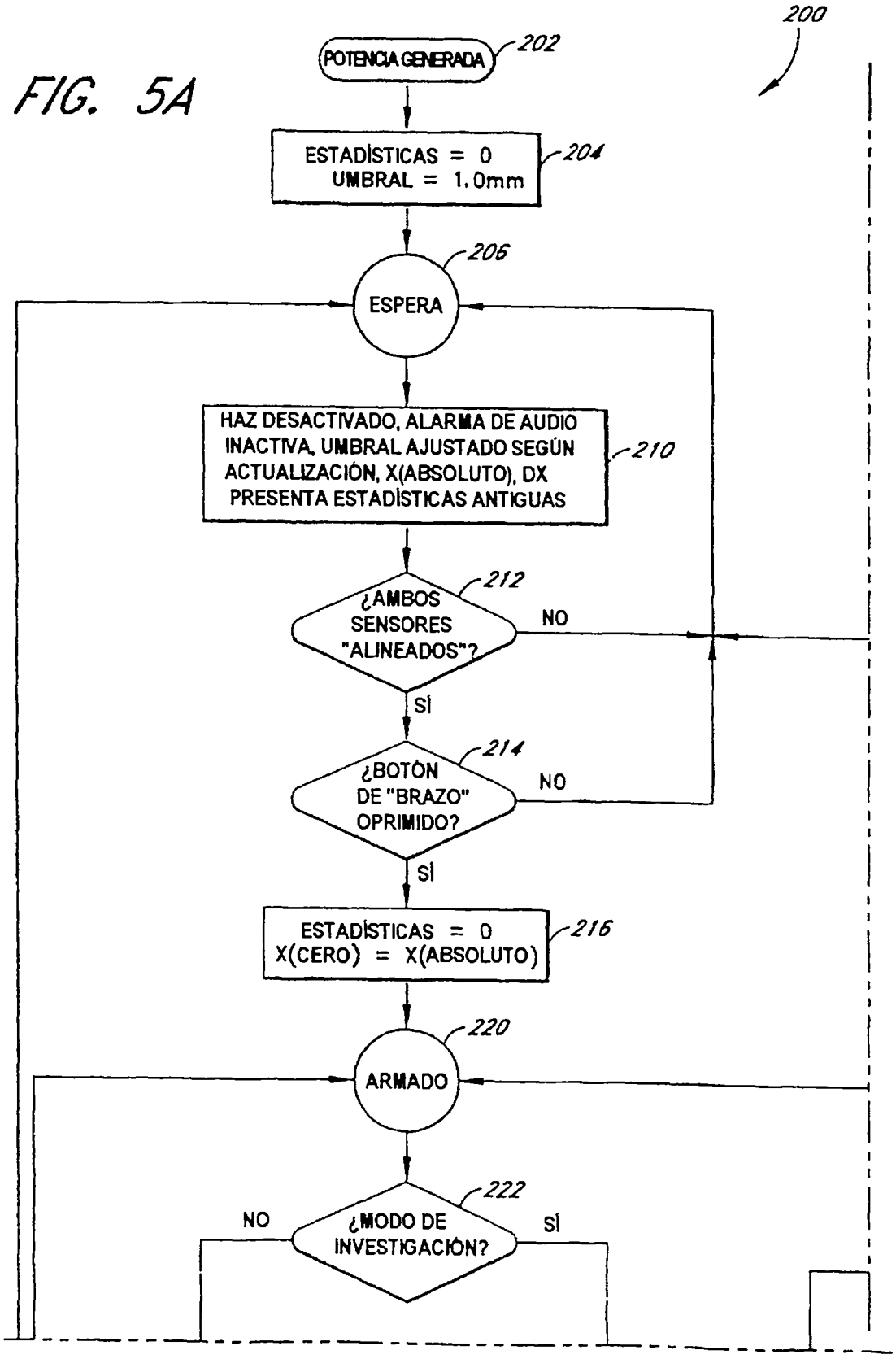

178
183
180
183
Estado del sistema:
Alarma (Investigación)
Umbral
+/− 1,25mm
182
Sensor 1
Sensor 2
184a Estado de la distancia: A distancia
Estado de la distancia : Fuera de rango 184b
186a X (Absoluta) : 23,11mm
X (Absoluta) : Fuera de rango 186b
Sensor 1 Estadisticas
187
Sensor 2 Estadisticas
188a Dx: +0,27mm
Dx: Fuera de rango 188b
190a +Dx Max: +0,93mm
+Dx Max: +1,75mm 190b
192a −Dx Max: −1,05mm
187
−Dx Max: −0,97mm 192b
194a Dx Media: +0,17mm
Dx Media : −0,33mm 194b
196a # Alarmas: 0
Alarmas: 2 196b

FIG. 4

FIG. 5A


200
POTENCIA GENERADA
202
ESTADÍSTICAS = 0
UMBRAL = 1.0mm
204
206
ESPERA
HAZ DESACTIVADO, ALARMA DE AUDIO INACTIVA, UMBRAL AJUSTADO SEGÚN ACTUALIZACIÓN, X(ABSOLUTO), DX PRESENTA ESTADÍSTICAS ANTIGUAS
210
212
¿AMBOS SENSORES "ALINEADOS"?
NO
SÍ
214
¿BOTÓN DE "BRAZO" OPRIMIDO?
NO
SÍ
ESTADÍSTICAS = 0
X(CERO) = X(ABSOLUTO)
216
220
ARMADO
222
NO
¿MODO DE INVESTIGACIÓN?
SÍ

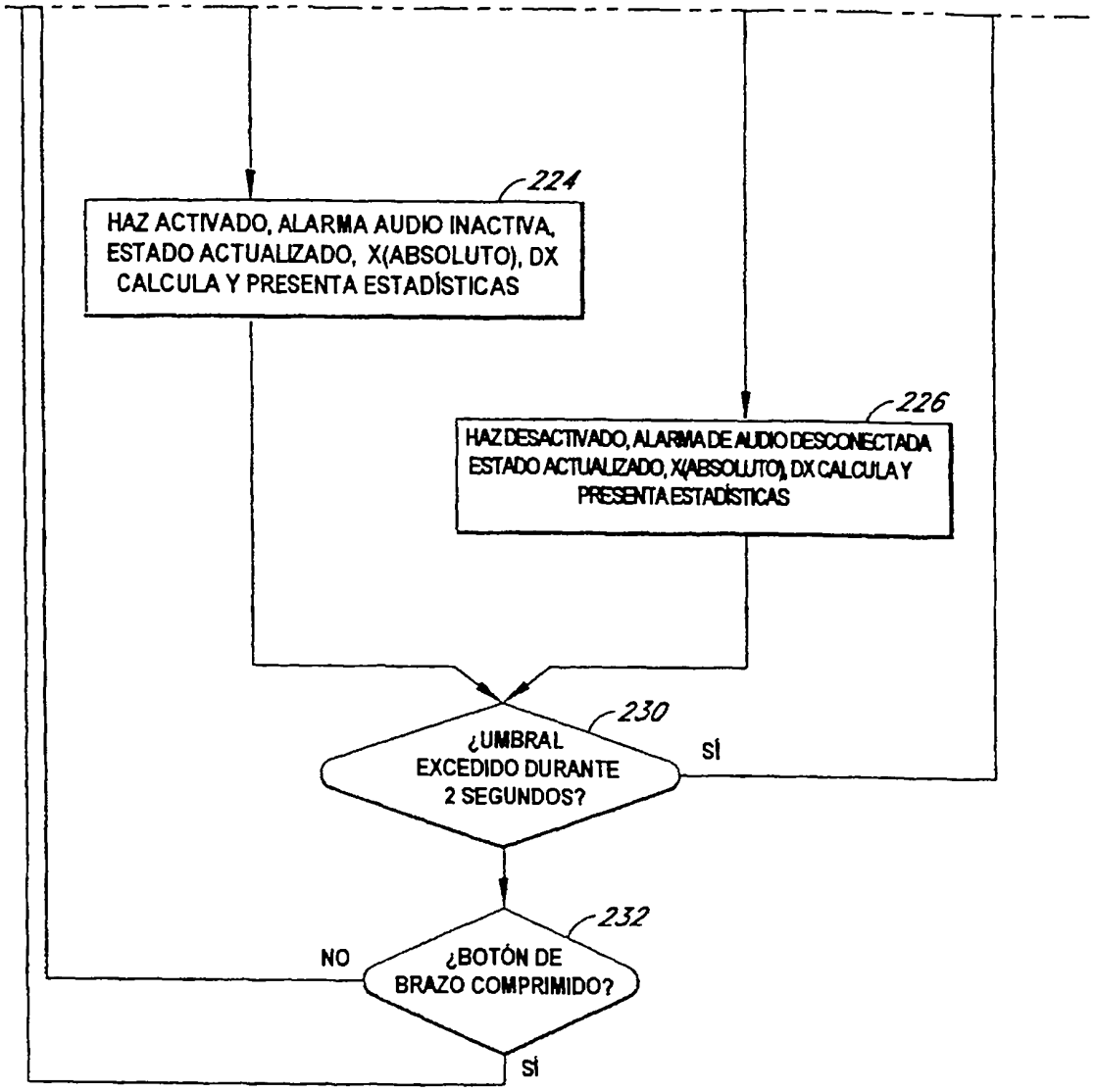
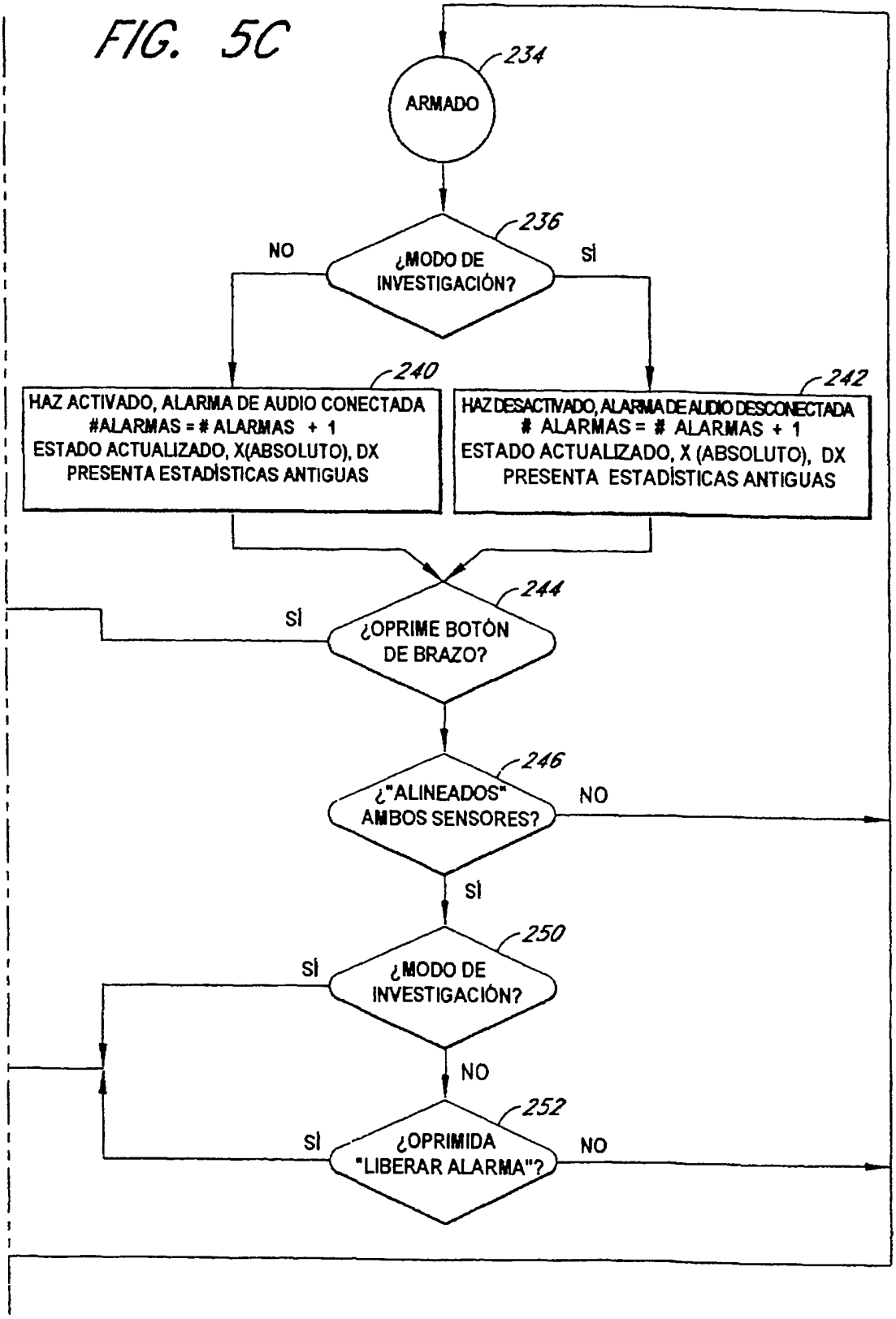

224
HAZ ACTIVADO, ALARMA AUDIO INACTIVA, ESTADO ACTUALIZADO, X(ABSOLUTO), DX CALCULA Y PRESENTA ESTADÍSTICAS
226
HAZ DESACTIVADO, ALARMA DE AUDIO DESCONECTADA ESTADO ACTUALIZADO, X(ABSOLUTO), DX CALCULA Y PRESENTA ESTADÍSTICAS
230
¿UMBRAL EXCEDIDO DURANTE 2 SEGUNDOS?
SÍ
232
NO
¿BOTÓN DE BRAZO COMPRIMIDO?
SÍ

FIG. 5B

FIG. 5C


234
ARMADO
236
¿MODO DE INVESTIGACIÓN?
NO
SÍ
240
HAZ ACTIVADO, ALARMA DE AUDIO CONECTADA
#ALARMAS = # ALARMAS + 1
ESTADO ACTUALIZADO, X(ABSOLUTO), DX
PRESENTA ESTADÍSTICAS ANTIGUAS
242
HAZ DESACTIVADO, ALARMA DE AUDIO DESCONECTADA
ALARMAS = # ALARMAS + 1
ESTADO ACTUALIZADO, X (ABSOLUTO), DX
PRESENTA ESTADÍSTICAS ANTIGUAS
244
¿OPRIME BOTÓN DE BRAZO?
SÍ
246
¿"ALINEADOS" AMBOS SENSORES?
NO
SÍ
250
¿MODO DE INVESTIGACIÓN?
SÍ
NO
252
¿OPRIMIDA "LIBERAR ALARMA"?
SÍ
NO