

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 692 695**

51 Int. Cl.:

A61B 17/00	(2006.01)
A61B 34/30	(2006.01)
G06F 3/0482	(2013.01)
G06F 3/0484	(2013.01)
G06F 3/01	(2006.01)
A61B 3/113	(2006.01)
A61B 5/11	(2006.01)
G06K 9/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.04.2011 PCT/IB2011/051397**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **13.10.2011 WO11125007**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.04.2011 E 11722883 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.07.2018 EP 2555703**

54 Título: **Sistema quirúrgico robotizado con control mejorado**

30 Prioridad:

07.04.2010 IT MI20100579

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

04.12.2018

73 Titular/es:

**TRANSENERIX ITALIA S.R.L. (100.0%)
Viale dell'Innovazione, 3
20126 Milano (MI, IT)**

72 Inventor/es:

**RUIZ MORALES, EMILIO;
BRASSET, DAMIEN y
INVERNIZZI, PAOLO**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 692 695 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema quirúrgico robotizado con control mejorado

La presente invención se refiere a un sistema quirúrgico robotizado, en particular para operaciones mínimamente invasivas, tales como endoscopias.

- 5 En la técnica anterior se han propuesto sistemas robotizados para realizar operaciones quirúrgicas, en particular operaciones laparoscópicas. Estos sistemas robotizados comprenden uno o más brazos robóticos que controla un cirujano mediante una consola especial. Dicha consola comprende generalmente una pantalla de televisión, en la que se muestran las imágenes del campo operatorio (registradas habitualmente por medio de una cámara de televisión endoscópica), y manipuladores adecuados por medio de los que el cirujano realiza los movimientos de los
10 brazos robóticos. Los manipuladores pueden ser del tipo "reactivo" de tal manera que el cirujano pueda también sentir con sus manos las fuerzas ejercidas por los instrumentos quirúrgicos robotizados en los tejidos del paciente.

Habitualmente, uno de los brazos robóticos mueve la cámara de televisión de modo que el cirujano puede variar su ángulo de visualización durante la operación, mientras que uno o más brazos robóticos mueve(n) los instrumentos quirúrgicos (pinzas, tijeras, bisturís, aspiradores, etc.) con los que el cirujano realiza la operación pretendida.

- 15 Resulta algo complicado que el cirujano controle el sistema debido al número de controles disponibles y el número de parámetros de funcionamiento que el cirujano debe supervisar. Además del movimiento de los brazos robóticos, el cirujano debe también hacer funcionar el instrumental quirúrgico montado en los brazos (por ejemplo, controlar la apertura y el cierre de las pinzas o tijeras) y controlar la lente de la cámara de televisión para obtener imágenes más cercanas o más lejanas del campo operatorio según se requiera en cualquier momento.

- 20 A menudo el cirujano, mientras mira a la imagen mostrada por la cámara de televisión, debe hacer funcionar simultáneamente dos brazos robóticos con el instrumental quirúrgico, de modo que tiene ambas manos ocupadas controlando los manipuladores correspondientes.

Esto impide que el cirujano pueda usar otras funciones del sistema, a menos que retire una de sus manos de los controles de instrumental quirúrgico.

- 25 También se han propuesto sistemas en los que pueden activarse determinadas funciones usando pedales o dispositivos de control adicionales proporcionados en los manipuladores de modo que puedan hacerse funcionar con un dedo sin tener que soltar el propio manipulador. Sin embargo, todos estos sistemas a menudo no son intuitivos y, en cualquier caso, distraen la atención del cirujano al realizar una maniobra precisa con los manipuladores quirúrgicos.

- 30 Un problema adicional es que la atención del cirujano, por un motivo u otro (por ejemplo, para realizar funciones adicionales o visualizar los parámetros de funcionamiento mostrados en la consola o en otros instrumentos fuera del campo operatorio), puede distraerse de la imagen del campo operatorio. En estas condiciones, el cirujano puede no percibir movimientos incorrectos o peligrosos de los instrumentos quirúrgicos robotizados, que también puede realizar involuntariamente mientras agarra los manipuladores.

- 35 Para evitar tales situaciones, se ha propuesto usar un pedal que el cirujano debe accionar para activar/desactivar el movimiento de los robots, para poder desactivar el movimiento antes de retirar las manos de los manipuladores y dirigir su atención fuera del campo operatorio. Sin embargo, el accionamiento en el momento oportuno de este pedal depende del cirujano. El documento US2009/248036 da a conocer el uso de pedales de pie en un sistema quirúrgico. El documento WO2004/029786 da a conocer el uso de la detección de la mirada para estabilizar el punto
40 de fijación del cirujano en una imagen. El documento US6847336 da a conocer un sistema en el que se presentan visualmente datos en una pantalla de visualización frontal.

El principal objeto de la presente invención es proporcionar un sistema quirúrgico robotizado y un método de control que permite un control mejor y más seguro por parte del cirujano, garantizando por tanto, entre otras cosas, una mejor seguridad de funcionamiento del sistema.

- 45 En vista de este objeto, la idea que ha surgido según la invención es proporcionar un sistema quirúrgico robotizado que comprende al menos un brazo robótico que actúa bajo el control de un sistema de control destinado para el cirujano, caracterizado porque la consola comprende un sistema de seguimiento ocular para detectar la dirección de la mirada del cirujano y para introducir órdenes dependiendo de las direcciones de la mirada detectadas según la reivindicación 1. Una idea adicional según la invención es proporcionar un método para controlar un sistema
50 quirúrgico robotizado que comprende al menos un brazo robótico que actúa bajo el control de una consola de control destinada para el cirujano, en el que se detecta la dirección de la mirada del cirujano y las funciones del sistema quirúrgico se controlan dependiendo de la dirección de la mirada detectada según la reivindicación 8.

- Para ilustrar con mayor claridad los principios innovadores de la presente invención y sus ventajas en comparación con la técnica anterior, se describirá a continuación un ejemplo de realización que se aplica a estos principios, con la
55 ayuda de los dibujos adjuntos. En los dibujos:

- la figura 1 muestra una vista esquemática de un sistema quirúrgico según la invención;
- la figura 2 muestra un diagrama de bloques del sistema según la invención.

Con referencia a las figuras, la figura 1 muestra en forma esquemática un sistema quirúrgico robotizado, indicado generalmente con 10, proporcionado según la invención.

- 5 El sistema 10 comprende al menos un brazo robótico 11 que actúa bajo el control de una consola de control 12 manejada por el cirujano que está sentado, por ejemplo, en una posición de trabajo cómoda. La consola también puede montarse sobre ruedas de modo que pueda desplazarse fácilmente.

10 El brazo robótico será del tipo conocido sustancialmente adecuado para el uso específico. En el sistema 10 mostrado en el presente documento los brazos robóticos están en un número de tres, aunque puede usarse fácilmente un número diferente.

15 El brazo robótico (o cada brazo robótico) termina en una pieza de muñeca que puede soportar y hacer funcionar un instrumento quirúrgico para su uso en un paciente 13. Este instrumento será habitualmente un instrumento conocido para operaciones endoscópicas y, en particular, laparoscópicas. Uno de los instrumentos es ventajosamente una cámara de televisión 14 que registra el campo operatorio (en este caso en particular, el interior del paciente), mientras que los otros instrumentos pueden ser herramientas quirúrgicas 15, 16 conocidas adecuadas (pinzas, aspiradores, bisturíes, etc.). Los brazos robóticos, los instrumentos y los actuadores para maniobrar estos instrumentos no se describirán e ilustrarán adicionalmente en el presente documento, puesto que el experto en la técnica los conoce y puede imaginárselos fácilmente. Las operaciones quirúrgicas que son posibles con el sistema y los métodos para realizarlos tampoco se describen adicionalmente en el presente documento, puesto que el experto en la técnica puede imaginárselos fácilmente.

20 Los brazos robóticos hacen funcionar una unidad de control electrónico 30 conocida adecuada para realizar los movimientos introducidos mediante la consola 12. La unidad 30 recibirá las órdenes de movimiento de alto nivel (por ejemplo, la posición e inclinación deseadas de la herramienta soportada por el robot) y las ejecutará, convirtiéndolas en las secuencias correspondientes de señales que van a enviarse a los motores individuales de las articulaciones de brazo robótico. Los brazos robóticos también pueden estar dotados de sensores de fuerza conocidos, usados tanto por la unidad 30 para impedir el daño debido a la colisión del brazo con objetos en el espacio de trabajo, como para proporcionar una realimentación adecuada al operario en la consola, tal como se aclarará más adelante. Las conexiones entre la consola y la unidad para controlar los robots pueden ser ventajosamente del tipo de fibra óptica, para reducir la posibilidad de interferencia con las señales transmitidas.

25 Los brazos robóticos y los sistemas de control se describen, por ejemplo, en los documentos WO2007/088208, WO2008/049898 y WO2007/088206.

30 Para realizar los movimientos de los instrumentos quirúrgicos, la consola puede comprender ventajosamente un par de manipuladores 17, 18 conocidos que puede sujetar el cirujano y cuyos movimientos se reproducen de manera adecuada por los instrumentos quirúrgicos por medio del movimiento de los brazos robóticos 11. Ventajosamente, los manipuladores pueden ser del tipo "reactivo" conocido (es decir, con una interfaz táctil que proporciona un movimiento compensado y detección táctil) de tal manera que el cirujano también pueda sentir en los manipuladores las fuerzas ejercidas por los instrumentos quirúrgicos robotizados en los tejidos del paciente. Se conocen bien interfaces táctiles adecuadas en el sector de la cirugía endoscópica robotizada.

35 Habitualmente, cada manipulador hará funcionar un brazo robótico. Ventajosamente, en el caso de más de dos brazos, se proporcionará un control en la consola para poder asignar, según se requiera, cada manipulador a un brazo robótico deseado, tal como se explicará más adelante. También puede preverse un teclado 19 y otros dispositivos de introducción de órdenes que también comprenden, por ejemplo, un dispositivo de pedal 20. El dispositivo 20 puede comprender uno o más pedales para activar, por ejemplo, el suministro de potencia para instrumentos monopares y bipolares, las funciones de irrigación y aspiración, si se prevén para un instrumento específico, etc.

40 La consola 12 también comprende un sistema de seguimiento de movimiento ocular 21 o el denominado "seguidor ocular" para detectar la dirección de la mirada del cirujano hacia la consola y para controlar el sistema quirúrgico que también depende de las direcciones de la mirada detectadas. De este modo, el cirujano puede controlar funciones del sistema por medio del movimiento de los ojos.

45 Ventajosamente, la consola comprende una pantalla de vídeo 22 con al menos una zona 23 para mostrar una vista del campo operatorio. La cámara de televisión 14 proporciona esta vista que puede estar complementada (por ejemplo, para proporcionar al cirujano información adicional y/o mejorar su conocimiento sobre el campo operatorio) con imágenes artificiales generadas por un sistema computerizado 24, conocido en sí mismo, para manejar la consola, que se describirá adicionalmente a continuación.

50 Tal como quedará claro a continuación, el sistema computerizado 24 genera y maneja una interfaz hombre-máquina (HMI, *human-machine interface*) que permite al cirujano interactuar con el sistema quirúrgico.

Para la visualización bidimensional convencional, la imagen suministrada por el endoscopio puede visualizarse directamente en la pantalla 22.

5 Ventajosamente, sin embargo, puede preverse un sistema tridimensional para visualizar el campo operatorio. En este caso, la cámara de televisión 14 puede ser de un tipo estereoscópico conocido que proporciona señales 25, 26 adecuadas que representan dos imágenes “derecha” e “izquierda” diferentes que se registran desviadas espacialmente. Un dispositivo electrónico 27 procesa las señales 25, 26 de modo que la imagen 3D puede mostrarse al cirujano por medio de un sistema de visualización estereoscópico.

10 Entre los diversos sistemas de visualización estereoscópicos conocidos se ha encontrado que un sistema de filtro polarizado es particularmente ventajoso; en este sistema, el dispositivo electrónico 27 comprende un mezclador estereó conocido que alterna líneas de las imágenes derecha e izquierda que se reciben desde la cámara de televisión para presentarlas visualmente entrelazadas en el área de visualización 23 de la pantalla. Por tanto, las líneas horizontales pares e impares alternas de la imagen en la pantalla representan alternativamente líneas de las imágenes derecha e izquierda registradas por la cámara de televisión.

15 Se proporciona un filtro conocido dotado de dos modos de polarización diferentes para las líneas entrelazadas pares y las líneas entrelazadas impares en el área 23 para visualizar esta imagen entrelazada. Para visualizar la imagen, el cirujano lleva puestas gafas 28 con las dos lentes polarizadas de manera correspondiente a los dos modos de polarización del filtro en la pantalla, para dirigir hacia el ojo derecho sólo las líneas de la imagen que pertenecen a la imagen derecha original registrada por la cámara de televisión, mientras que el ojo izquierdo recibe sólo las líneas de la imagen que pertenecen a la imagen izquierda original registrada por la cámara de televisión.

20 Por tanto, es posible mostrar al cirujano la imagen 3D deseada del campo operatorio.

Si se desea, usando un procedimiento similar, las imágenes estereoscópicas artificiales producidas por el sistema computerizado 24 también pueden mostrarse en formato 3D.

25 En cualquier caso, por medio del sistema de seguimiento 21, es posible detectar la dirección de la mirada del cirujano hacia la pantalla 22 y definir a qué zona de la pantalla está mirando o no. Al usar un sistema de visualización 3D con gafas polarizadas no se producen interferencias con el sistema de seguimiento. Además, las gafas con lentes polarizadas para visualización 3D pueden diseñarse fácilmente para ser compatibles con las gafas normales.

30 Se ha encontrado que es particularmente ventajoso que el sistema de seguimiento envíe una orden que deshabilite el movimiento de los brazos robóticos cuando se detecta una dirección de la mirada que se encuentra fuera de la pantalla, o al menos fuera de la zona de la pantalla que reproduce el campo operatorio. De este modo, se proporciona un sistema de seguridad que impide los movimientos de los brazos sin supervisión directa del cirujano.

Por tanto, se obtiene una denominada función de “hombre muerto” para activar el robot y mantenerlo activado mientras el usuario está mirando a la pantalla.

35 Ventajosamente, para aumentar la seguridad, pueden proporcionarse unos medios de control adicionales (por ejemplo, un botón pulsador 31 en un mango o un dispositivo de pedal 20) en los que se requiere facilitar un doble consentimiento para habilitar las órdenes de movimiento de modo que, para reactivar el movimiento, el cirujano debe mirar a la imagen en la pantalla y además facilitar una orden de consentimiento manual, mientras que puede interrumpirse el movimiento simplemente apartando la mirada de la imagen.

40 Ventajosamente, la pantalla 22 muestra, además de la vista del endoscopio, también al menos parte de la interfaz hombre-máquina. El sistema computerizado 24 que proporciona la interfaz muestra en una pantalla áreas de selección 29 asociadas con órdenes del sistema. Ventajosamente, las áreas de selección pueden disponerse en la misma pantalla 22 que muestra la vista del campo operatorio. Por ejemplo, estas áreas de selección pueden disponerse en la parte inferior de la pantalla, por debajo del área 23 para visualizar el campo operatorio. El sistema de seguimiento estima la dirección de la mirada del cirujano y realiza la selección de las órdenes asociadas con un área de selección cuando detecta una dirección de la mirada que realiza dentro de esta área.

45 Las órdenes asociadas con las diversas áreas de selección pueden ser de cualquier tipo considerado que es útil. Por ejemplo, estas órdenes pueden seleccionarse de las que se usan con frecuencia al realizar una operación quirúrgica robotizada.

50 Se ha encontrado particularmente ventajoso (en particular cuando la consola comprende dos manipuladores operatorios y más de dos brazos robóticos) si las órdenes asociadas con las áreas de selección comprenden las órdenes para asignar los manipuladores a los brazos robóticos.

55 Por tanto, el cirujano puede alternar el control de los diversos brazos robóticos en los dos manipuladores, sin soltar los manipuladores, sino más bien simplemente mirando a las áreas de selección correspondientes. Por ejemplo, el cirujano puede cambiar temporalmente a controlar el brazo con la cámara de televisión, para modificar la vista del campo operatorio, y luego volver rápidamente a controlar el brazo robótico con el que estaba trabajando.

Para aumentar la seguridad, la consola puede comprender ventajosamente un dispositivo para introducir una orden especial que confirma la ejecución de las órdenes asociadas con el área de selección a la que está mirando. Este dispositivo puede ser ventajosamente un botón pulsador 31 que está dispuesto en uno o ambos manipuladores, para pulsarlos, por ejemplo, mediante el pulgar de la mano que está agarrando el manipulador. Por tanto, es posible confirmar fácilmente las acciones activadas por los ojos a través del sistema de seguimiento ocular, por ejemplo para seleccionar un robot que va a asociarse con el manipulador, abrir/cerrar los instrumentos quirúrgicos y modificar los ajustes del robot que está haciéndose funcionar.

Otro uso del botón pulsador también puede controlar el grado de libertad de un movimiento de torsión en el instrumento (si está disponible).

También es posible prever ventajosamente que el procedimiento para asignar un robot pueda realizarse seleccionando visualmente la imagen del nuevo robot que va a asignarse, confirmando la selección por medio del botón pulsador y luego arrastrando la imagen seleccionada a la posición en la que se muestra la imagen del robot asignado actualmente al agarre derecho o el agarre izquierdo. El arrastre se realiza manteniendo pulsado el botón pulsador y dirigiendo la mirada hacia la posición del robot. Para finalizar la operación de arrastre, debe liberarse el botón pulsador mientras se mantiene la mirada enfocada en la zona indicada previamente.

El sistema de seguimiento ocular puede ser de uno de los muchos tipos conocidos en sí mismos. Sin embargo, un sistema de seguimiento ocular que se ha encontrado que es particularmente ventajoso es uno que comprende al menos una cámara de televisión para registrar la imagen de los ojos del cirujano al menos y medios para calcular la dirección de la mirada dependiendo de la imagen tomada.

En particular, como se muestra esquemáticamente en la figura 2, el sistema de seguimiento 21 puede comprender dos cámaras de televisión 32, 33 que están dispuestas una junto a otra a una distancia adecuada para registrar dos imágenes desviadas espacialmente de los ojos del cirujano. Por tanto, los medios de cálculo (por ejemplo, que comprenden un microprocesador programado de manera adecuada) presentes en el sistema de seguimiento 21 pueden realizar una triangulación de la dirección de la mirada dependiendo de la comparación de las dos imágenes registradas. De nuevo ventajosamente, el sistema de seguimiento también puede comprender una fuente de luz infrarroja 34 para la iluminación infrarroja de los ojos, facilitando esto la detección de los mismos en la imagen registrada.

Ventajosamente, el sistema de seguimiento ocular puede estar integrado con el monitor de modo que si se mueve este último, el seguidor ocular puede continuar funcionando correctamente.

Todavía con referencia a la figura 2, se muestra esquemáticamente un diagrama de bloques de una posible realización ventajosa de la consola. En esta realización, el sistema se ha dividido por motivos de claridad en tres bloques o grupos funcionales principales.

El primer bloque, indicado por 40, comprende los componentes que están involucrados directamente en el movimiento de los brazos robóticos. El bloque 40 contiene un primer ordenador industrial 41, conocido en sí mismo, dotado de un sistema operativo en tiempo real (por ejemplo, RT-LINUX) para realizar en un tiempo predefinible dado las órdenes asociadas con el control de los robots. El ordenador 41 se conecta a la unidad (o unidades) de control de robot 30 a través de la red de comunicaciones 42. El ordenador 41 recibe las órdenes de movimiento de los manipuladores 17 y 18, se las envía a los robots y emite señales para el funcionamiento de los dispositivos reactivos 43 de los manipuladores para una realimentación táctil. Aquellos controles manuales que requieren una respuesta inmediata del sistema, tales como los pedales 20, si se usan para enviar, entre otras cosas, órdenes para detener el movimiento del robot, se conectan también ventajosamente al ordenador 41.

El segundo bloque funcional, que está indicado por 44, comprende un segundo ordenador industrial 45 que produce y controla la interfaz hombre-máquina (HMI) que no requiere estrictamente un funcionamiento en tiempo real. El sistema de seguimiento ocular 21, el teclado 19 (cuando sea necesario) y los demás controles de interfaz se conectan a este segundo ordenador. El ordenador 45 también produce las imágenes de vídeo artificiales que van a reproducirse en la pantalla 22 (por ejemplo, las áreas de control visual 31) y puede controlar cualquier función para variar la ampliación de la imagen del campo operatorio.

Los ordenadores 41 y 45 forman el sistema computerizado 24 para controlar la consola.

Los ordenadores 41 y 45 y la unidad de control de robot 30 pueden comunicarse entre sí a través de la red 42. Por tanto, la aplicación HMI manejada por el ordenador 45 permite que se asignen los robots a los manipuladores, así como la presentación visual de los datos relacionados con cada robot, tales como los instrumentos montados actualmente, el estado de movimiento, el estado de realimentación, la posición de los puntos de apoyo de rotación de los instrumentos insertados en el interior del cuerpo del paciente, las condiciones del robot, el estado de conexión del robot, cualesquiera condiciones de emergencia, etc.

El tercer bloque funcional, indicado por 46, trata la reproducción de las imágenes en la pantalla, proporcionando por ejemplo la función PiP (*Picture-in-Picture*, pantalla en pantalla) que usa la señal suministrada por la cámara de televisión 14 que registra el campo operatorio y la señal de imagen 47 producida para presentar visualmente la

interfaz HMI. El tercer bloque también comprende el mezclador estéreo 27 para la visualización tridimensional.

5 Ventajosamente, para la función PiP se ha diseñado el monitor 22 con dos entradas independientes. La fuente principal se presenta visualmente en modo de pantalla completa por medio, por ejemplo, de una conexión DVI, mientras que al mismo tiempo se presenta visualmente otra entrada de vídeo (por ejemplo, una conexión VGA) como una ventana de recuadro. La fuente principal (pantalla completa) consiste en la vista bidimensional o tridimensional vista del endoscopio que se recibe desde el sistema de endoscopio. La segunda fuente procede del ordenador 45 que produce la interfaz hombre-máquina (HMI).

10 Durante la calibración del sistema de seguimiento ocular 21, la vista de pantalla completa también puede cambiarse dinámicamente (por ejemplo, por medio de una orden en serie enviada desde la aplicación HMI al monitor) a la señal de vídeo producida por el ordenador 45.

Ventajosamente, la consola puede también comprender un sistema para detectar la distancia entre la pantalla y los ojos del cirujano para variar la ampliación de la imagen del campo operatorio mostrada en la pantalla dependiendo de una variación en la distancia detectada.

15 Por tanto, el cirujano puede realizar intuitivamente la ampliación de la imagen simplemente moviendo la cara hacia la pantalla y, viceversa, aumentar el área de visualización del campo operatorio, reduciendo por tanto la ampliación, apartando la cara de la pantalla.

El sistema de detección de distancia puede lograrse de diferentes formas, conocidas en sí mismas, por ejemplo usando dispositivos de medición por ultrasonidos telemétricos.

20 Ventajosamente, sin embargo, puede usarse el sistema de seguimiento ocular 21, que pertenece al sistema de registro estereoscópico que permite el cálculo, por medio de triangulación, de la distancia de la cara del cirujano. Esto, junto con la función de detección ocular asociada del sistema de seguimiento ocular, permite una medición real precisa de la distancia del punto de visión del cirujano desde la pantalla que va a realizarse.

25 Además de una ampliación, el sistema también puede producir un desplazamiento de imagen, por ejemplo para centrar la imagen, o desplazar la imagen, por medio de la mirada, a la derecha, a la izquierda, hacia arriba o hacia abajo.

30 Cuando el campo operatorio se registra mediante una cámara de televisión, preferiblemente una cámara de televisión endoscópica, montada en uno de los brazos robóticos, se ha encontrado que es ventajoso que el sistema de seguimiento de detección de la mirada también permita el control del movimiento de esta cámara de televisión. Cuando se habilita esta función (por ejemplo, introduciendo, por medio de la selección visual de un área 29 adecuada, la orden de activación adecuada), el movimiento de los ojos por la imagen del campo operatorio provoca el movimiento del brazo robótico para desplazar, y ventajosamente centrar en la pantalla, la zona enfocada. También puede realizarse el control del movimiento real de la cámara de televisión sólo tras pulsar un botón pulsador o un pedal de confirmación, tal como se ha descrito ya anteriormente. De este modo, el cirujano tiene libertad para mover los ojos por la imagen sin un desplazamiento del marco de visualización a menos que se pulse simultáneamente el botón pulsador o el pedal de confirmación. Si se combinan las funciones de movimiento y ampliación descritas anteriormente, el sistema se vuelve muy fácil de controlar, desplazando los movimientos de la mirada el marco de visualización en la pantalla, mientras que el movimiento de los ojos hacia o apartándose de la pantalla amplía o reduce la imagen mostrada.

40 Cuando se usa la visualización tridimensional del campo operatorio, el sistema de detección de imagen también puede usarse para indicar al cirujano cuándo se encuentra en el rango de distancia óptimo desde la pantalla.

De hecho, habitualmente los sistemas tridimensionales tienen un intervalo de distancia óptimo desde la pantalla en el que el efecto tridimensional es el mejor.

45 Además, la combinación del sistema de seguimiento ocular y 3D impone determinadas restricciones con respecto a la posición y la distancia desde la pantalla, dependiendo dichas restricciones de la posición del cirujano, el seguidor y el dispositivo de visualización.

50 La aplicación HMI de la consola puede ajustarse para indicar al cirujano, por medio de diversos sistemas acústicos y/u ópticos conocidos, cuándo está situado en la posición óptima con respecto a la pantalla. Además, también es posible proporcionar una función que indique si la distancia con respecto al seguidor ocular es adecuada. Si el seguidor ocular y el 3D se usan conjuntamente, el espacio de trabajo apropiado puede ser el mismo para ambos y el mismo indicador puede realizar las dos funciones.

55 El área de trabajo del seguidor ocular 21 se seleccionará generalmente para que sea mucho más grande que el área para la visualización óptima de la imagen tridimensional. Por ejemplo, se ha encontrado que es ventajoso un rango de funcionamiento del seguidor comprendido entre 40 y 75 cm, con la posibilidad de realizar un seguimiento de los ojos dentro de un ángulo vertical de +30° y -10°. La vista en 3D óptima se obtiene a 60-70 cm desde la pantalla (en este rango, se diferenciará perfectamente la información entre el ojo derecho y el ojo izquierdo) y, por tanto, se

encuentra bastante dentro de la zona de funcionamiento del seguidor. Sin embargo, todavía será posible visualizar en 3D fuera de este rango, siempre que el cirujano respete la restricción vertical. Más allá del extremo superior y del extremo inferior de la pantalla, se pierde el 3D.

5 En este punto queda claro cómo se han logrado los objetos predefinidos. Con el sistema y el método de control descritos es posible controlar los brazos robóticos con detección táctil, presentar visualmente la vista proporcionada por el endoscopio en dos o tres dimensiones, junto con la aplicación HMI, y activar determinadas funciones usando un seguidor de movimiento ocular. Debido al uso del sistema de seguimiento ocular, existen diversas posibilidades de control interesantes. En primer lugar, entre las diversas funciones asociadas con el sistema de seguimiento ocular, está la de poder detener de manera segura el movimiento de los brazos robóticos si el cirujano no está mirando la imagen del campo operatorio, con el movimiento del brazo robótico que se impide o se permite automáticamente si la dirección de la mirada detectada no se encuentra o se encuentra dentro de la zona predeterminada de la pantalla.

10 Además, la aplicación HMI es intuitiva y fácil de usar ya que puede controlarse mediante la mirada del cirujano (junto con o sin un dispositivo de confirmación de activación). Las ventajas principales son que el cirujano puede usar los ojos para seleccionar y asignar los brazos robóticos a los manipuladores sin retirar las manos de los manipuladores.

15 Obviamente, la descripción anterior de una realización que aplica los principios innovadores de la presente invención se proporciona a modo de ejemplo de estos principios innovadores y, por tanto, no debe considerarse como limitativa del alcance de los derechos reivindicados en el presente documento. Por ejemplo, la consola forma una estación de trabajo quirúrgica de funcionamiento remoto para el sistema robotizado que puede estar en la misma sala o a distancia, también usando una conexión a través de redes geográficas o similares. De hecho, la consola de control principal es un dispositivo de control remoto que también permite operar a un paciente fuera del quirófano y en cualquier ubicación, siempre que los retardos en las comunicaciones sean limitados.

20 El sistema quirúrgico remoto será adecuado para cualquier tipo de operación laparoscópica o similar. Obviamente, en el presente documento el término "cirujano" se entiende que significa cualquier persona que controla el sistema robótico por medio de la consola.

25 Debe tenerse en cuenta que, como puede imaginar fácilmente ahora el experto en la técnica, el sistema según la invención es modular y puede configurarse, por ejemplo, para usar un mayor número de robots (por ejemplo, hasta cinco robots) y también una o dos consolas de control.

REIVINDICACIONES

1. Sistema quirúrgico robotizado (10) que comprende al menos un brazo robótico (11) que actúa bajo el control de una consola de control (12) que está destinada para el cirujano, en el que a) la consola (12) comprende un sistema de seguimiento ocular (21) para detectar la dirección de la mirada del cirujano y para introducir órdenes dependiendo de las direcciones de la mirada detectadas; b) la consola (12) comprende una pantalla (22) con al menos una zona para visualizar el campo operatorio y una interfaz hombre-máquina que presenta visualmente en la pantalla las áreas de selección (31) que están asociadas con las órdenes; c) el sistema de seguimiento estima la dirección de la mirada del cirujano y realiza la selección de órdenes asociadas con un área de las áreas de selección (31) cuando detecta una dirección de la mirada que se encuentra dentro de dicha área; d) la consola comprende manipuladores (17, 18) para hacer funcionar los brazos robóticos; y e) las órdenes asociadas con las áreas de selección (31) comprenden órdenes para asignar los manipuladores a los brazos robóticos.
2. Sistema según la reivindicación 1, en el que el sistema de seguimiento (21) genera una orden para deshabilitar el movimiento de al menos un brazo robótico (11) cuando se detecta una dirección de la mirada que se encuentra fuera de la pantalla o al menos de dicha zona (23) de la pantalla.
3. Sistema según la reivindicación 1, en el que la pantalla (22) forma parte de un sistema para visualizar el campo operatorio en 3D.
4. Sistema según la reivindicación 1, en el que el sistema de seguimiento ocular comprende al menos una cámara de televisión (32, 33) para registrar la imagen de al menos los ojos del cirujano y medios (21) para calcular la dirección de la mirada dependiendo de la imagen tomada.
5. Sistema según la reivindicación 1, que comprende además un sistema (21) para detectar la distancia entre los ojos del cirujano y una pantalla (22) que muestra una imagen del campo operatorio, realizando este sistema de detección de distancia una variación en la ampliación y/o posición de la imagen del campo operatorio mostrado en la pantalla (22) dependiendo de una variación en la distancia detectada.
6. Sistema según la reivindicación 1, en el que el sistema de seguimiento (21) genera una orden para habilitar el movimiento de al menos un brazo robótico (11) cuando se detecta una dirección de la mirada que se encuentra dentro de la pantalla o al menos de dicha zona (23) de la pantalla, combinándose esta orden con una orden manual para confirmar la habilitación para activar el movimiento del brazo robótico.
7. Sistema según la reivindicación 1, en el que el sistema comprende una cámara de televisión (14) para registrar el campo operatorio presentado visualmente en la al menos una zona (23), preferiblemente una cámara de televisión endoscópica, que se mueve por un brazo robótico (11), comprendiendo las órdenes, dependiendo de la dirección de la mirada detectada, órdenes para mover dicho brazo robótico para variar el marco de visualización de la cámara de televisión.

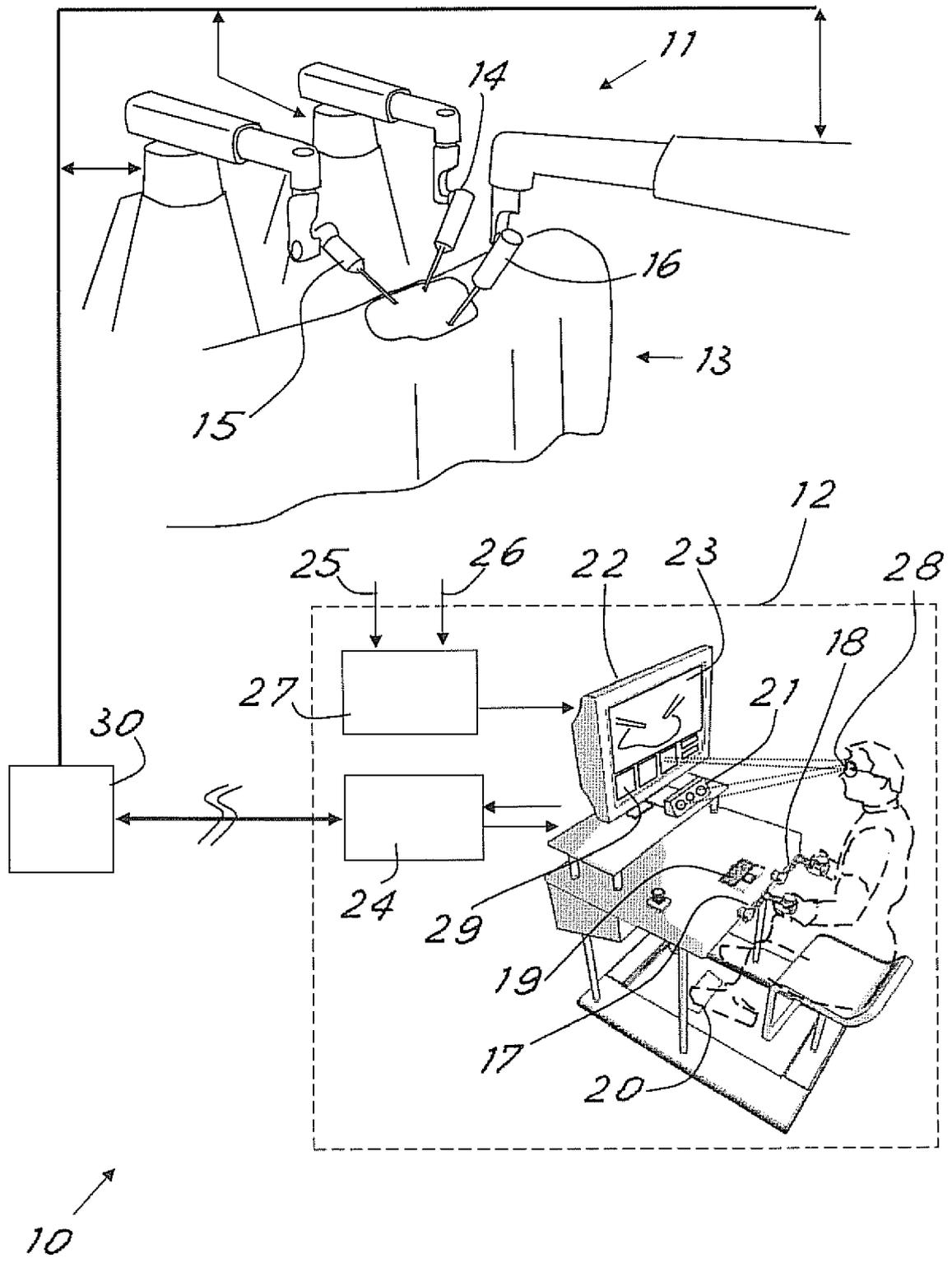


Fig. 1

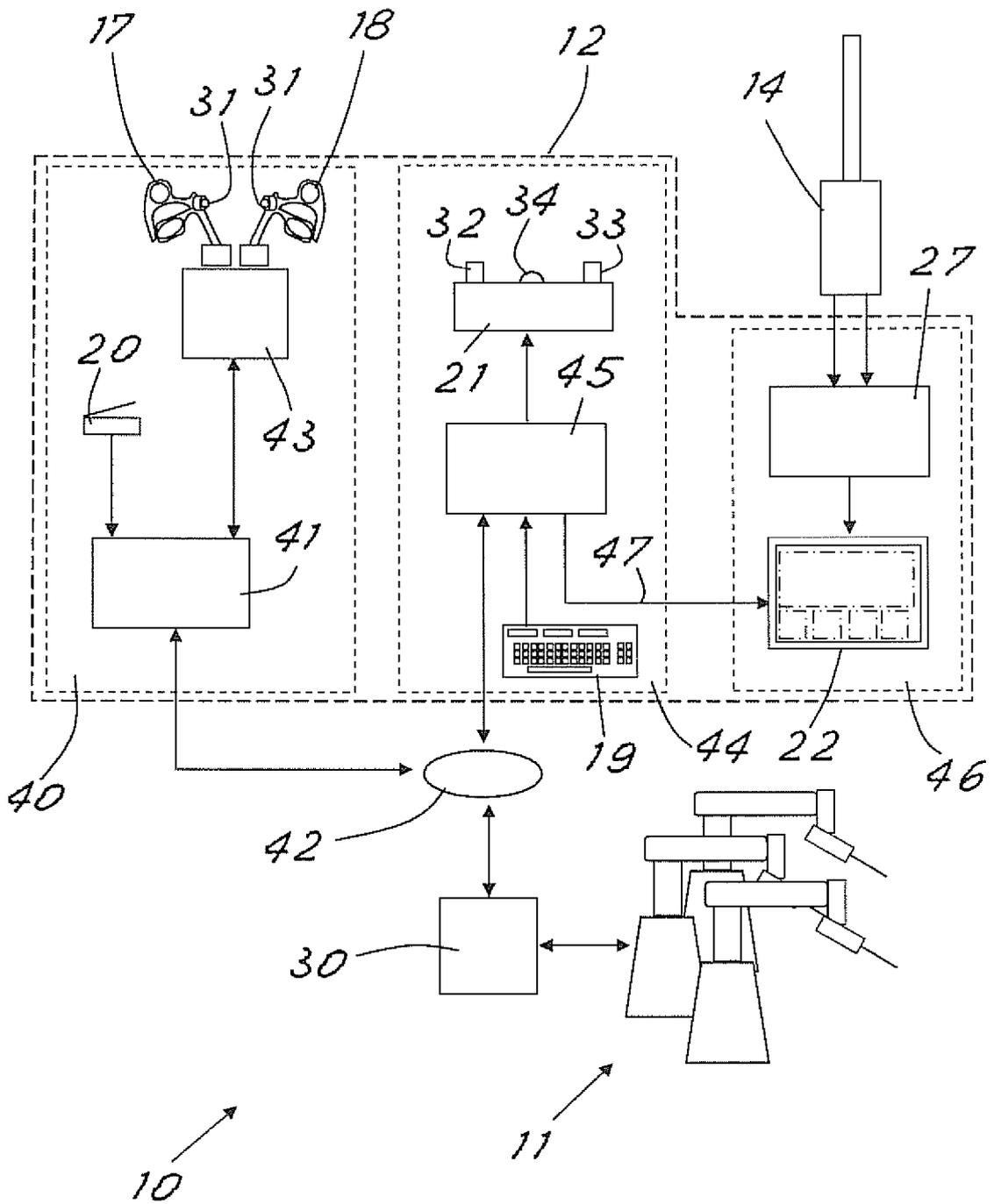


Fig.2