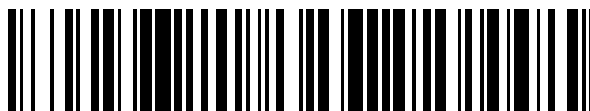


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 863 425**

51 Int. Cl.:

G06F 3/01

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.08.2017** **E 17186858 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.02.2021** **EP 3285144**

54 Título: **Sistema y procedimiento para la interacción háptica con objetos virtuales**

30 Prioridad:

18.08.2016 DE 102016215481

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

11.10.2021

73 Titular/es:

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN (100.0%)
Helmholtzstrasse 10
01069 Dresden, DE

72 Inventor/es:

RICHTER, ANDREAS;
PASCHEW, GEORGI y
MARSCHNER, UWE

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 863 425 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 y procedimiento para la interacción háptica con objetos virtuales

5 La invención se refiere a un sistema y a un procedimiento para la interacción háptica con objetos virtuales.

Las tecnologías para simular la realidad, como, por ejemplo, la realidad virtual (VR, por sus siglas en inglés) y la realidad aumentada (AR, por sus siglas en inglés), ofrecen posibilidades inimaginables para expandir la percepción humana. Mientras que hoy en día se puede ver películas en tres dimensiones en el cine, la realidad virtual permite
10 entrar al corazón de estos mundos virtuales tridimensionales y observarlos. Para una percepción realista de los mundos VR/AR, se deben estimular todos los sentidos. Los sistemas actuales de interacción humana con los sistemas técnicos utilizan las modalidades de ver, oír y sentir en diversos grados.

Para lograr el realismo visual, son necesarias visualizaciones tridimensionales y de alta calidad. Esto se hace con
15 pantallas estereoscópicas y 3D, que se pueden encontrar en el mercado en varios formatos. El desafío técnico de usarlos como una interfaz humano-máquina consiste principalmente en cumplir con el requisito de un alto nivel de realismo visual con capacidad simultánea en tiempo real de proporcionar visualizaciones tridimensionales. Los desarrollos actuales en esta área se refieren principalmente a las posibilidades de procesamiento eficiente y rápido de grandes cantidades de datos, principios para la representación de información virtual y su visualización en tiempo real.
20 Parte de estos trabajos formaron parte de los proyectos AVILUS y AVILUS + y ya ha dado lugar a un nivel satisfactorio de desarrollo y métodos viables. El proyecto Endoguide se ocupa de un sistema endoscópico que es capaz de generar automáticamente una vista panorámica óptica con fines de documentación y navegación.

La cercanía a la realidad se puede incrementar considerablemente presentando adicionalmente información acústica
25 tridimensional. En esta área ya se dispone de una amplia variedad de sistemas disponibles en el mercado. Es muy probable que el próximo punto de desarrollo de las tecnologías de realidad virtual sea la inclusión de la interacción física basada en el tacto entre los seres humanos y su entorno virtual. Como parte del mundo virtual, no solo podía observarlo visual y acústicamente, sino también tocar todo lo que estaba a su alrededor con sus propias manos. Sin embargo, la implementación de sistemas para la interacción física basada en el contacto entre humanos y máquinas
30 sigue siendo un gran desafío.

Existen dos sistemas de visualización diferentes.

En principio, las pantallas táctiles pueden transmitir información sobre las propiedades de una superficie virtual, en
35 particular, sobre contornos, texturas, relieve y suavidad. Sin embargo, el rendimiento de los sistemas disponibles en el mercado es muy limitado y cada uno de ellos se centra en segmentos especiales del mercado.

Las pantallas electrocutáneas (K.A. Kaczmarek, Electrotactile adaptation on the abdomen: Preliminary results, IEEE Trans. Rehab. Eng. 8 (2000), 499-505) estimulan la piel del usuario con vibraciones eléctricas (en la figura 2, la piel
40 de la lengua), que son generadas por electrodos. Tienen una estructura muy simple, compacta y miniaturizable. Se pueden generar impresiones de contornos y texturas que se pueden localizar fácilmente. Debido a las inevitables irritaciones y dolores de la piel, que son causados principalmente por fluctuaciones en la resistencia de la piel, solo unas pocas personas pueden acostumbrarse a este tipo de transferencia de información.

45 *Las pantallas vibrotáctiles* (Y. Ikei, K. Wakamatsu, S. Fukuda, Texture presentation by vibratory tactile display, Proc. IEEE Virtual Reality Ann. Int. Symp. (1997), 199-205) generan vibraciones mecánicas en la superficie de la pantalla. Estas vibraciones juegan un papel esencial en el reconocimiento táctil humano. Durante la exploración de la superficie, los humanos barren la superficie de un cuerpo con una velocidad de sensación característica de aproximadamente 12 a 15 cms⁻¹. Las líneas papilares en las yemas de los dedos hacen que la piel experimente vibraciones que son
50 características de la textura y que suelen oscilar entre 10 y 400 Hz (K.O. Johnson, The roles and functions of cutaneous mechanoreceptors. Curr. Opin. Neurobiology 11 (2001), 455-461; J. Scheibert, S. Leurent, A. Prevost, G. Debregas, The Role of Fingerprints in the Coding of Tactile Information Probed with a Biomimetic Sensor. Science 323 (2009), 1503-1506). Con pantallas vibrotáctiles de banda ancha, que pueden generar vibraciones definidas en este rango de frecuencia, se pueden transmitir sensaciones de diversas texturas.

55 En la investigación, se persiguen varios enfoques para su realización técnica, que entre otros, se basan en actuadores con memoria de forma (P.S. Wellman, W.J. Peine, G. Favallora, R.D. Howe, Mechanical design and control of a high-bandwidth shape memory alloy tactile display. Experimental Robotics 5 (1998), 56-66), Ultrashall (T. Watanabe, S. Fukui, A method for controlling tactile sensation of surface roughness using ultrasonic vibration, IEEE Proc. Robot.
60 Automat. 1 (1995), 1134-1139), actuadores de polímero electroactivo (M. Matysek, P. Lotz, K. Flittner, H.F Schlaak,

Vibrotactile display for mobile applications based on dielectric elastomer stack actuators. Proc. SPIE 7642 (2010), 76420D) así como en actuadores piezoeléctricos (J.R. Summers, C.M. Chanter, A broadband tactile array on the fingertip. J. Acoust. Soc. America 112 (2002), 2118-2126).

- 5 Los sistemas vibrotáctiles, también especialmente para pantallas táctiles, han sido ofrecidos por Immersion y Texas Instruments durante varios años y ya se utilizan en teléfonos inteligentes y relojes inteligentes como sistemas de vibración háptica que pueden transmitir información a través de vibraciones de diferentes tipos. Estos sistemas se basan principalmente en actuadores piezoeléctricos, masa giratoria excéntrica (ERM, por sus siglas en inglés) y actuadores de resonancia lineal (LRA, por sus siglas en inglés). A pesar de la amplia gama de texturas transportables
10 y la buena viabilidad técnica, las pantallas vibrotáctiles hasta ahora no han podido realmente establecerse porque tienen una gran desventaja: Es muy difícil para los humanos localizar las vibraciones.

Las pantallas estáticas o de desplazamiento contienen una serie de actuadores que genera la información de la imagen táctil cambiando la altura de cada actuador por separado. Debido a que la superficie virtual se simula directamente de
15 manera física, en principio se puede transmitir toda la información táctil. La información mostrada, contornos y relieves, es fácil de localizar pero también se pueden mostrar estructuras muy pequeñas o distribuciones de presión. La capacidad de transmitir texturas está esencialmente limitada por los límites de miniaturización e integración de los píxeles actuadores y las estructuras en serie de los actuadores. Actualmente las pantallas de desplazamiento se accionan de forma neumática (L. Yobas, M.A. Huff, F.J. Lisy, D.M. Durand, A novel bulk-micromachined electrostatic
20 microvalve with a curved-compliant structure applicable for a pneumatic tactile display, J. Microelectromech. Syst. 10 (2001) 2, 187-196), elektromagnetisch (T. Fukuda, H. Morita, F. Arai, H. Ishihara, H. Matsuura, Micro resonator using electromagnetic actuator for tactile display, Int. Symp. on Micromechatronics and Human Science, (1997), 143-148; J.H. Killebrew et al., A dense array stimulator to generate arbitrary spatio-temporal tactile stimuli. J. Neurosci. Methods 161 (2007), 62-74), con elementos de memoria de forma (P.M. Taylor, A. Moser, A. Creed, A sixty-four element tactile
25 display using shape memory alloy wires, Displays 18 (1998), 163-168; P.M. Taylor, A. Moser, A. Creed, The design and control of a tactile display based on shape memory alloys. IEEE Proc. Robot. Automat. 2 (1997), 1318-1323), actuadores de polímero electroactivo (M. Matysek, P. Lotz, K. Flittner, H.F. Schlaak, Tactile display with dielectric multilayer elastomer actuators. Proc. SPIE 7287 (2009), 72871D) o actuadores piezoeléctricos (C.M. Chanter, I.R. Summers, Results from a tactile array on the fingertip, Proc. Eurohaptics 2001, Birmingham, (2001), 26-28; J.
30 Pasquero, V. Hayward, STReSS: A practical tactile display system with one millimeter spatial resolution and 700 Hz refresh rate. Proc. Eurohaptics 2003, 94-110). Motivados por la necesidad de gráficos táctiles para no videntes y personas con deficiencias visuales, se crearon pantallas de desplazamiento altamente integradas con una gran área de visualización con la ayuda de la Universidad Técnica de Dresden. El sistema BrailleDis 9000, que se basa en una plataforma desarrollada en función de módulos de celdas Braille modificados con actuadores bimorfos piezoeléctricos,
35 tiene 7200 bolígrafos (120x60) (M. Kraus, T. Völkel, G. Weber, An off-screen model for tactile graphical user interfaces. Lecture Notes Comp. Sci. 5105 (2008), 865-872; T. Völkel, G. Weber, U. Baumann, Tactile graphics revised: the novel BrailleDis 9000 pin-matrix device with multitouch input. Lecture Notes Comp. Sci. 5105 (2008), 835-842) y por primera vez ofrece a las personas con discapacidad visual una interfaz de comunicación basada en gráficos.

- 40 A pesar de sus extraordinarias ventajas en el uso, actualmente las pantallas de desplazamiento están prácticamente limitadas a aplicaciones en el área de personas con discapacidad visual. Los enfoques técnicos actuales tienen desventajas elementales con respecto a su capacidad de miniaturizar, el grado de integración que logran y las dimensiones de la cuadrícula, así como los costes, ya que la mayoría de ellos son construcciones complejas de mecánica de precisión. No son adecuadas para realizar superficies táctiles dinámicas integrables con alta resolución
45 espacial.

También se conocen pantallas de desplazamiento en forma de pantallas microfluídicas monolíticas integradas a gran escala con componentes activos basados en polímeros intrínsecamente activos (DE 102 26 746 A1), en las que la densidad de integración de corriente es superior a 1000 actuadores por cm². Las pantallas son transparentes, de solo
50 un milímetro de grosor y se pueden implementar de manera flexible (A. Richter, G. Paschew, Optoelectrothermic control of polymer-based highly integrated MEMS applied in an artificial skin. Adv. Mater. 21 (2009), 979-983; G. Paschew, A. Richter, High-resolution tactile display operated by an integrated 'Smart Hydrogel' actuator array. Proc. SPIE 7642 (2010), 764234). El tiempo mínimo de escritura de la pantalla está en el rango de 400 milisegundos.

- 55 *Las pantallas cinestésicas* brindan al usuario sensaciones realistas de la manipulación de objetos virtuales al ejercer efectos mecánicos dinámicos en las personas con sus efectores. Son circuitos de control, lo que significa que las personas también deberían poder influir en el mundo virtual a través de estos sistemas. Las pantallas estimulan los sensores cinestésicos de las personas, que transmiten impresiones del estado interno de una parte del cuerpo a través de los ángulos articulares y la tensión muscular. Las vibraciones de la pantalla cinestésica también permiten
60 experimentar la dinámica. Existen tres tipos de formas de realización de pantallas cinestésicas: (1) mandos de control

tipo joysticks activos, (2) pantallas de retroalimentación de fuerza (FFD, en su mayoría volantes electromecánicos o exoesqueletos de mano) así como pantallas de retroalimentación de desplazamiento (DFD, exoesqueletos de brazos electromecánicos), que incluyen las partes más grandes del cuerpo, por ejemplo, el brazo, en el sistema de visualización. Ya existen varios productos comercializados en estas áreas (por ejemplo, de Cyberglovesystems y Geomagic), la mayoría de los cuales están acoplados con pantallas 2D (Phantom Premium 3.0 de Geomagic). Los más avanzados son los sistemas combinados, como el de Immersive Touch, en el que se acopla un mando de control tipo joystick activo en forma de lápiz a una pantalla visual en 3D, para que se pueda tocar la superficie de un objeto virtual con este lápiz y, cuando se mueve el lápiz sobre esta superficie se recibe información sobre la forma y textura de la superficie.

10

Para los dispositivos electrónicos móvil con pantallas táctiles, como, por ejemplo, teléfonos inteligentes y tabletas, existe una respuesta de vibración para confirmar las acciones. En general, las tecnologías de pantallas táctiles e intermodales se encuentran todavía en una fase inicial de desarrollo y no son lo suficientemente potentes como para servir como plataforma para nuevos métodos y tecnologías.

15

Para las tecnologías de realidad virtual (VR) es una desventaja clave que el estado de la técnica prácticamente no ofrezca posibilidades de interactuar directamente con los objetos virtuales de forma táctil, por ejemplo, tocando directamente con la mano; sino que siempre se requiere una herramienta en forma de retroalimentación de fuerza o pantallas de retroalimentación de desplazamiento. En los casos más simples, por ejemplo, en un simulador de conducción para una película, se manipula un volante con vibraciones o con un momento de fuerza sincronizadamente con la película. Los juguetes en el sector erótico (tele o ciberdildónicos) tienen un modo de acción comparable, en el que los vibradores, por ejemplo, se activan sincronizados con la película o las secuencias de realidad virtual a través de conexiones de datos parcialmente inalámbricas o son estimulados alternativamente por participantes de las redes sociales. La información háptica que se puede transmitir aquí es muy limitada.

25

Los sistemas más potentes hasta la fecha permiten utilizar sistemas de retroalimentación de fuerza o retroalimentación de desplazamiento para tocar el objeto virtual indirectamente a través de una herramienta y explorar su forma. Con los sistemas de retroalimentación de fuerza en forma de guantes, que pueden definir los grados de libertad de los dedos de la mano del usuario, se pueden tomar objetos virtuales simples como cubos o esferas. Otro sistema, como el Geomatic Phantom System, tiene como sistema de retroalimentación de fuerza un lápiz que el usuario sostiene en la mano. El lápiz se puede manipular mediante un mecanismo activo, generalmente un mecanismo de brazo de palanca, de modo que el usuario pueda utilizarlo para explorar la superficie y la forma del objeto virtual.

30

Por ejemplo, también se conoce la solicitud JP H08-257 947 A, que describe una pantalla táctil para mostrar las propiedades hápticas de objetos virtuales. La pantalla solo permite al usuario hacer contacto con el objeto con la yema del dedo, lo que no es suficiente para darse cuenta de la sensación háptica de un objeto en general. Además, el movimiento de la mano se registra a través de una herramienta dispuesta en el brazo del usuario. Debido a estas limitaciones, no es posible generar una percepción global.

35

La solicitud EP 2 827 224 A1 describe un sistema y un procedimiento que permite cosificar objetos visuales virtuales en 3D de modo que el usuario pueda tocarlos directamente con sus propias manos. Se registran los datos tridimensionales del usuario o la parte del cuerpo de interés, así como los datos del objeto tridimensional virtual (que también se puede calcular), ambos se procesan por procesamiento de datos y luego se sincronizan entre sí de forma visual en un subsistema 3D y se muestran en renderizado de alta calidad. El usuario ahora ve la parte de su cuerpo renderizada, por ejemplo, sus manos, en una relación espacial definida y directa con el objeto virtual 3D.

45

La solicitud WO 2011/071352 da a conocer dos dispositivos de retroalimentación táctil que transmiten información táctil a la mano o al dedo del usuario, correspondiente a un objeto virtual 3D que el usuario toca en un entorno virtual.

50

Al mismo tiempo, la forma de la superficie y las propiedades de la superficie del objeto virtual se muestran con un subsistema háptico que incluye una pantalla táctil posicionable y deformable.

Una predicción o determinación del punto de colisión asegura que el usuario toque el objeto virtual exactamente en el momento visual correcto mediante el posicionamiento apropiado de la pantalla táctil y que se muestren las propiedades de superficie tangibles correctas alrededor del punto de colisión, es decir, el usuario y el objeto virtual están sincronizados entre sí. El usuario tiene una percepción tan general que ve y siente el objeto virtual que se ha cosificado y realmente existe para él, pero en realidad lo que siente es la pantalla táctil colocada de la forma correspondiente.

55

La desventaja de este sistema es que, debido a la necesidad de disponer el subsistema visual y el subsistema háptico a una distancia definida para generar una percepción global, la usabilidad es limitada. El sistema solo puede reproducir

60

objetos de cierto tamaño y forma; no se puede mostrar la representación háptica de cualquier objeto virtual en 3D. Además, no es posible posicionar libremente el objeto en el espacio debido a la configuración estática del subsistema visual. La combinación con las tecnologías de visualización háptica de última generación tampoco es conveniente en este caso porque debido a que las opciones o funciones de visualización son insuficientes estas no son capaces de
5 objetivizar cualquier objeto o al menos no diversos objetos 3D virtuales y, por lo tanto, tampoco pueden representarlos de manera tangible.

Por lo tanto, el objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de visualización háptica de acuerdo con la reivindicación 1, un sistema para la interacción con objetos virtuales de acuerdo con la reivindicación 13, un
10 procedimiento para la interacción con objetos virtuales de acuerdo con la reivindicación 14 y el uso de un sistema de visualización háptica, en el que la invención sirva para interactuar con objetos virtuales tridimensionales u objetivizarlos, y de esta manera superar los inconvenientes existentes en el estado de la técnica.

Este objeto es resuelto a través de las reivindicaciones independientes. En las reivindicaciones dependientes se
15 describen configuraciones ventajosas.

El sistema de visualización háptica de acuerdo con la invención se basa en la idea de que para la visualización háptica de cualquier objeto virtual tridimensional, sincronizado con la pantalla visual, solo son importantes sus propiedades hápticas táctiles en la superficie del punto de colisión o área de contacto. El sistema de visualización háptica de
20 acuerdo con la invención (*Morphling*), que representa estas propiedades, consta básicamente de tres grupos funcionales que trabajan sincronizados entre sí y con un subsistema visual:

- (1) una pantalla táctil deformable que cambia de forma, que transmite propiedades tangibles relacionadas con la superficie, como texturas, contornos, relieves, calidez del objeto, flexibilidad (suavidad), humedad,
25
- (2) un dispositivo de posicionamiento que coloca la pantalla táctil en la posición del segmento de superficie o sección de un objeto virtual en 3D que se mostrará en un espacio tridimensional, y
- (3) un mecanismo de deformación que adapta la pantalla táctil deformable a la forma del segmento de superficie
30 del objeto que se desea visualizar.

El funcionamiento de cada subsistema puede ser estático o dinámico. En el funcionamiento dinámico, por ejemplo, la posición y/o la forma de la pantalla táctil se pueden cambiar mientras el usuario la toca. En las formas de realización de la invención, el sistema de visualización háptica presenta un dispositivo de posicionamiento en un espacio
35 tridimensional. De este modo, la unidad de pantalla táctil se puede colocar en el punto donde el usuario desea tocar el objeto virtual en 3D. El dispositivo de posicionamiento puede, si es necesario, rastrear la unidad de pantalla táctil de acuerdo con la forma de la superficie del objeto virtual y ajustar su posición en el espacio. Esto permite que el seguimiento y el ajuste pueden tener lugar sincrónicamente con el cambio de los puntos de contacto por parte del usuario (funcionamiento dinámica). Esto, junto con el mecanismo de deformación, hace posible representar
40 hápticamente objetos de mayores dimensiones y casi cualquier forma. Para permitir que el usuario se mueva en espacios más grandes, el dispositivo se puede colocar en un bastidor móvil. El posicionamiento en el espacio tridimensional se realiza preferiblemente en tiempo real y sincrónicamente con la representación visual del objeto para permitir una percepción global realista.

45 Combinado con la pantalla táctil, el posicionamiento de la pantalla táctil también se puede utilizar para simular ciertas propiedades táctiles relacionadas con la superficie del objeto virtual tridimensional mediante el seguimiento sincronizado del o de los puntos de contacto cuando el usuario realiza un movimiento o cuando realizar un movimiento parcial o relativo complementario.

50 En las formas de realización de la invención, el dispositivo de posicionamiento en el espacio tridimensional del subsistema de pantalla táctil está diseñado como un brazo robótico, robot delta, sistema multieje o hexápodo.

En las formas de realización de la invención, el dispositivo de posicionamiento en el espacio tridimensional del subsistema de pantalla táctil está diseñado como una combinación de brazo robótico, robot delta o hexápodo. Como
55 resultado, el subsistema de pantalla táctil se puede colocar según sea necesario, con el sistema moviéndose en la dirección XY usando un hexápodo y posicionándose en la dirección Z por medio de, por ejemplo, el brazo robótico.

En las formas de realización de la invención, el dispositivo de posicionamiento en el espacio tridimensional del subsistema de visualización táctil está diseñado con combinaciones de ejes, accionamientos lineales y/o
60 accionamientos giratorios cuyo modo de funcionamiento y grados de libertad se coordinan de tal forma que permiten

el posicionamiento del subsistema de pantalla táctil en las direcciones X, Y y Z con la precisión y velocidad requeridas.

En las formas de realización de la invención, el dispositivo de posicionamiento en el espacio tridimensional del subsistema de pantalla táctil está diseñado como un sistema de cámaras. El dispositivo presenta varias cámaras, en las que cuyo volumen se puede cambiar suministrando o eliminando fluidos (gas o líquido). Con un determinado suministro de líquido, puede producirse un aumento de volumen. Sin embargo, cuando se elimina líquido, hay una disminución de volumen. El fluido se puede suministrar de manera selectiva de tal manera que el fluido se suministre selectivamente a cada cámara por separado de acuerdo con los requisitos del diseño del objeto. Esta configuración permite, por ejemplo, la configuración de cavidades.

En el contexto de la presente invención, las especificaciones para la dirección X, la dirección Y y la dirección Z se refieren a los ejes de un sistema de coordenadas cartesiano.

En una realización de acuerdo con la invención, el sistema de visualización táctil está diseñado de tal manera que dispone de una pantalla táctil deformable y un dispositivo para deformarla. La pantalla táctil tiene la función de mostrar las propiedades de la superficie táctil del objeto virtual en el área del punto de colisión, es decir, el punto en el que el usuario quisiera tocar el objeto virtual. Esto se aplica en particular a la textura de la superficie, contornos, por ejemplo de líneas en relieve o surcos, relieves, suavidad, calor del objeto o sensaciones de humedad.

En una realización, el sistema de visualización táctil presenta una segmentación o subdivisión en varios elementos, cuyo comportamiento se puede controlar por separado. Esto permite que uno de estos elementos se coloque debajo de un dedo u otro punto del cuerpo humano o debajo de cada mano.

En una forma de realización, la pantalla táctil comprende la funcionalidad de pantalla vibrotáctil. De esta manera, variando la frecuencia de oscilación del elemento de pantalla táctil de banda ancha más amplia posible, el usuario puede obtener sensaciones de diversas texturas superficiales, que incluyen, con ciertas limitaciones, relieves y suavidad (flexibilidad).

En las formas de realización de la invención, el sistema de pantalla háptica presenta al menos un dispositivo para generar vibraciones, que genera una vibración que se puede percibir en la pantalla táctil o solo en algunos subelementos de la pantalla táctil. El dispositivo para generar vibraciones puede generar vibraciones de manera piezoeléctrica, magnetostrictiva, electrodinámica, electrostática, electromecánica, electromagnética, neumática o hidráulica. Además de los materiales portadores de efecto convencionales, los portadores de efecto polimérico son de gran interés por sus posibles ventajas en términos de masa y flexibilidad mecánica, como los polímeros piezoeléctricos en forma de piezopolímeros a granel, compuestos poliméricos o polímeros cargados huecos, que se describen en detalle en [K.S. Ramadan, D. Sameoto, S. Evoy, A review of piezoelectric polymers as functional materials for electromechanical transducers, Smart Mater. Struct. 23 (2014) 033001]. Otros representantes de polímeros adecuados son los actuadores de elastómeros dieléctricos, por ejemplo a base de polidimetilsiloxano (PDMS), poliuretanos o polímeros de acrilato, que también ofrecen propiedades elásticas de baja masa y un buen ancho de banda de frecuencia.

En una realización, la pantalla táctil presenta una segmentación o subdivisión en varios elementos vibrotáctiles, cuyo comportamiento de oscilación se puede controlar por separado. Esto permite que la pantalla táctil muestre localmente diferentes propiedades de la superficie en el área de contacto del usuario. Esto es particularmente importante si el usuario, por ejemplo, realmente acaricia la superficie de la pantalla con la mano. En este caso, las propiedades de la superficie háptica del objeto virtual en el área de contacto deben mostrarse con la resolución de superficie local necesaria. Junto con el dispositivo de deformación y el dispositivo de posicionamiento, se pueden simular ciertas propiedades tangibles relacionadas con la superficie del objeto virtual tridimensional. La impresión que produce un objeto está determinada por su elasticidad, es decir, su flexibilidad en el rango micro y macro. Un movimiento de la mano y/o el dedo en relación con la superficie del objeto transmite la textura del objeto. Esto se puede simular tanto por la frecuencia, amplitud y fase de los elementos vibrotáctiles, como por una textura predefinida en relación con la velocidad del movimiento relativo entre la pantalla táctil y el usuario.

En una realización adicional de la invención, la pantalla táctil no presenta una subdivisión de la funcionalidad de pantalla vibrotáctil. Se puede prescindir de la segmentación si el usuario, por ejemplo, solo mueve virtualmente la mano sobre la superficie del objeto, es decir, ve y siente que está acariciando la superficie del objeto virtual en 3D, pero el dispositivo de posicionamiento en realidad lo guía por el segmento de superficie de la superficie táctil que se está mostrando en tiempo real. Por lo tanto, sus dedos permanecen aproximadamente en los puntos de colisión originales. Para mostrar las texturas cambiantes y otras propiedades de la superficie en los puntos de colisión, la frecuencia de toda la pantalla vibrotáctil se puede cambiar dinámicamente. Para decirlo claramente: si el usuario ve,

por ejemplo, que está a punto de acariciar una superficie rugosa, la pantalla táctil cambia su frecuencia de vibración en el momento sincronizado para que el usuario sienta la diferencia de rugosidad. No notará que sus dedos efectivamente no están cambiando su posición de reposo en la pantalla táctil. Para este caso, en una forma de realización de la invención, es concebible que la pantalla táctil no tenga que ser necesariamente deformable. Si, por ejemplo, solo se toca con un dedo, es suficiente que el dispositivo de posicionamiento coloque la pantalla táctil en tiempo real en la posición y en el ángulo de inclinación espacial x, y, z correcto para mostrar el segmento de superficie virtual del objeto virtual 3D, y se muestre al dedo que se mueve mediante el movimiento guiado correspondiente siempre la frecuencia de textura correcta y la posición e inclinación de la superficie para que el usuario reciba la sensación de textura de la superficie y la forma de la superficie con el dedo.

10

En una forma de realización de la invención, la pantalla táctil comprende elementos que generan la textura del objeto virtual 3D, en el que los elementos trabajan según el efecto de pandeo. Mediante el tensado o la relajación mecánica dirigida de una superficie de elastómero, esta se pliega de una determinada manera (pandeo) y genera una estructura de superficie bien definida y con textura homogénea incluso en áreas más grandes. También se pueden lograr efectos similares si la rugosidad perceptible de una estructura de superficie rugosa se ajusta mediante una capa elástica encima de ella, ya que esta cubre parcialmente de una manera determinada las elevaciones de la rugosidad.

15

En las formas de realización de la invención, los subelementos se combinan para formar una pantalla táctil. No solo puede consistir en una pantalla vibrotáctil o pantalla de efecto de pandeo o una combinación de dichos subelementos, sino también en una combinación de pantallas de efecto vibrotáctil o de pandeo con al menos una pantalla estática.

20

En las formas de realización de la invención, la naturaleza de la superficie se muestra mediante pantallas estáticas.

En las formas de realización de la invención, la pantalla estática presenta subelementos que están diseñados como píxeles de accionamiento, los llamados táxeles (píxeles táctiles). Los píxeles del actuador permiten la reproducción de información táctil. Debido a sus dimensiones pequeñas, es posible mostrar diferentes características táctiles con alta resolución, en particular, contornos, relieves y, con la resolución correspondiente, también texturas.

25

En las formas de realización de la invención, la pantalla estática presenta una matriz formada por táxeles. Los píxeles del actuador pueden formarse, por ejemplo, sobre la base de polímeros intrínsecamente activos. Esto permite crear pantallas intermodales que, debido a su alta resolución actualmente de hasta 625 píxeles actuadores por cm² que se pueden controlar por separado y su multimodalidad, pueden reproducir físicamente superficies de manera extremadamente precisa, lo que antes era técnicamente imposible. Además de una funcionalidad óptica, las modalidades de los táxeles incluyen los parámetros táctiles del volumen, la altura y la suavidad del táxel, que se pueden modular en casi un orden de magnitud cada uno. Por lo tanto, una pantalla basada en estos píxeles actuadores puede transmitir sensaciones de una superficie virtual respecto a contornos, relieves, texturas y suavidad [G. Paschew, R. Körbitz, A. Richter, Multimodal, high-resolution imaging system based on stimuli-responsive polymers, Adv. Sci. Technol. 82 (2013), 44 - 49].

30

En las formas de realización de la invención, los táxeles se forman a partir de polímeros cuyo comportamiento de transición de fase puede verse influido por parámetros ambientales. Los parámetros físicos como la presión, temperatura, iluminación o parámetros químicos como el valor de pH o la presión osmótica pueden actuar como parámetros ambientales. Estas variables ambientales influyen en el comportamiento de transición de fase de los píxeles actuadores al menos en el área del punto de colisión entre el usuario y el elemento táctil, de modo que los píxeles actuadores pueden representar las características estructurales del objeto en la pantalla. La información sobre la densidad, presión, deformabilidad y diseño de la superficie del objeto también se puede poner a disposición del usuario mediante la pantalla táctil.

40

En las formas de realización de la invención, los píxeles actuadores se forman a partir de hidrogeles sensibles a estímulos cuyo comportamiento de transición de fase volumétrica puede verse influido por el aporte de energía eléctrica, química o térmica. El aporte de energía eléctrica, química o térmica influye en el comportamiento de transición de fase de los hidrogeles de tal manera que el comportamiento de fase cambia y, por tanto, se produce un cambio directo en las propiedades mecánicas del hidrogel en el táxel. Como resultado, la información relativa a la naturaleza del objeto se puede representar por medio del elemento táctil al menos en el punto de colisión.

50

En las formas de realización de la invención, la pantalla táctil presenta subelementos con diferentes configuraciones. Esto permite que el usuario reciba varias sensaciones táctiles. Cada subelemento está diseñado, por ejemplo, como una matriz de píxeles actuadores y se controla según sea necesario para representar las propiedades táctiles del objeto.

55

60

En las formas de realización de la invención, la pantalla táctil presenta elementos parciales que son capacitivos, piezoeléctricos, electrodinámicos, electromagnéticos, electromecánicos o magnetostrictivos o que son controlables como elementos elastoméricos dieléctricos. En este caso, el subelemento comprende cuerpos eléctricamente capacitivos, piezoeléctricos, magnéticos, portadores de corriente o magnetostrictivos, que están diseñados para poder ser controlados como actuadores por medio de un aporte de campo eléctrico o magnético dirigido.

En las formas de realización de la invención, la pantalla táctil presenta subelementos que forman una texturación mecánica de su superficie. Esto permite representar diferentes sensaciones de rugosidad de la superficie del objeto.

10 En las formas de realización de la invención, la pantalla táctil presenta subelementos que están diseñados de tal manera que ejercen neumáticamente un efecto sobre la mano u otras partes del cuerpo del usuario en el punto de colisión. La acción puede tener lugar como un aumento o una disminución de la presión.

En las formas de realización de la invención, la pantalla táctil y/o los subelementos están diseñados para que se pueda regular su temperatura. La pantalla táctil en su conjunto o cada subelemento se puede diseñar para que se pueda regular su temperatura de manera específica. De esta manera, por ejemplo, se pueden representar las propiedades térmicas del material, como la capacidad calorífica y las diferencias de temperatura del objeto en la transición entre dos materiales diferentes. También es posible adaptar la temperatura del objeto virtual al entorno virtual del objeto. Esto aumenta la sensación de realidad.

20 En las formas de realización de la invención, la pantalla táctil y/o los subelementos están diseñados para que se puedan humedecer. La pantalla táctil en su conjunto o cada subelemento se puede diseñar para que se pueda humedecer de manera específica. Esto permite que el usuario tenga una sensación de humedad en el punto de colisión.

25 En las formas de realización de la invención, la pantalla táctil deformable y mecánicamente flexible se combina con un mecanismo de deformación. Este presenta diferentes subelementos, que están diseñados para que su posición entre sí pueda ser variable. La posición de cada subelemento se puede cambiar, por ejemplo, para que la pantalla táctil pueda imitar la forma de la superficie del objeto o una sección de la forma de la superficie para interactuar con el usuario en tiempo real para la representación virtual de un objeto.

En las formas de realización, el mecanismo de deformación está diseñado de manera que sus subelementos se puedan inclinar entre sí.

35 En las formas de realización de la invención, el mecanismo de deformación está diseñado de tal manera que la posición de cada elemento se puede controlar mediante un mecanismo de bloqueo o un cambio de fricción en su guía. Este bloqueo puede tener lugar, por ejemplo, mediante mecanismos con fluidos o de otro tipo en las guías de cada elemento, que modifican las propiedades de fricción de la guía.

40 En las formas de realización, el bloqueo puede tener lugar mediante la sujeción de los elementos en la guía, en el que una fuerza F actúa sobre el elemento de barra de manera puntual o como una carga superficial F/A sobre un área A . La fuerza puede actuar, por ejemplo, mediante un unimorfo o bimorfo, mediante un actuador de volumen en una bolsa de masa fundida o hidráulica o neumática, mediante un convertidor piezoeléctrico o de fase, que se apoya en estructuras especiales, por ejemplo, mediante un soporte de forma o una superficie con mayor fricción. En este caso, la superficie de contacto se puede ampliar por medio de una sección transversal especial, que está constituida, por ejemplo, en forma de canal o trapecio. En caso de un bloqueo electrostático, el elemento de barra forma un electrodo y el elemento de bloqueo forma el segundo electrodo, entre los que se aplica tensión. Cuando se usa un convertidor de fase, puede constituir una ventaja usar una sustancia que se pueda fundir. Una vez que se endurece, la construcción se vuelve estable frente a vibraciones. En una realización con un fluido electrorreológico o magnetorreológico, la fricción se puede controlar eléctrica o magnéticamente.

En las formas de realización de la invención, los subelementos del mecanismo de deformación están diseñados como conexiones articuladas. Estos se pueden diseñar, por ejemplo, como juntas esféricas, por lo que el posicionamiento de los subelementos entre sí se puede ajustar fácilmente. En configuraciones de estas formas de realización, las juntas se diseñan de tal manera que se pueden bloquear o reforzar si es necesario. Esto permite simular mejor las superficies duras, ya que el endurecimiento reduce la elasticidad del elemento háptico.

En las formas de realización de la invención, los subelementos del mecanismo de deformación están diseñados de tal manera que sus dimensiones se pueden diseñar para aumentar o disminuir su volumen. Por ejemplo, los elementos intermedios se pueden diseñar como elementos hinchables que se hinchan al contacto con un fluido y, en

consecuencia, experimentan un aumento de volumen. Esto aumenta la distancia entre los subelementos que rodean al elemento intermedio. El elemento intermedio también puede experimentar un aumento o disminución de volumen neumática o hidráulicamente. Por ejemplo, los subelementos se pueden diseñar como un hidrogel que, por ejemplo, experimente un aumento o disminución de volumen de una manera controlada térmicamente. El cambio de volumen y el cambio resultante de tamaño y/o forma de los subelementos conducen a una deformación definida de la pantalla táctil.

En las formas de realización de la invención, el mecanismo de deformación de la pantalla táctil presenta un sustrato portador que está diseñado para alojar uno o más elementos actuadores. El sustrato de soporte se puede diseñar, por ejemplo, de tal manera que el elemento actuador se pueda colocar en la dirección XY. En particular si hay varios elementos actuadores, es posible obtener un posicionamiento definido de los elementos actuadores por medio del sustrato de soporte.

En formas de realización de la invención, el mecanismo de deformación está diseñado como un elemento actuador. El elemento actuador se puede formar a partir de varios subelementos actuadores. Estos subelementos actuadores pueden estar configurados, por ejemplo, en forma de anillo. De esta manera, por ejemplo, se pueden formar imágenes de cavidades circulares en el objeto.

Si el movimiento de los actuadores lineales se transfiere a anillos de soporte o barras de soporte rígidas y estos sirven como puntos de soporte móviles para una construcción de varillaje flexible, se pueden representar ciertas estructuras de la superficie del objeto. La construcción de varillaje puede a su vez servir como soporte para una pantalla háptica.

En formas de realización de la invención, los subelementos actuadores están diseñados con forma de varilla. Los subelementos actuadores diseñados como una varilla están diseñados para ser regulables en altura, por ejemplo, de modo que se puedan ajustar diferentes posiciones de altura en la dirección del eje Z mediante los subelementos actuadores diseñados como una varilla. Un ejemplo de realización de los subelementos en forma de varilla es un cojín de barras. Los subelementos actuadores en forma de varilla se pueden diseñar para ser controlados por separado, en los que los subelementos están diseñados para que se puedan regular neumática o magnéticamente. Alternativamente, los subelementos actuadores en forma de varilla también se pueden controlar por separado mediante un accionamiento lineal.

En formas de realización de la invención, el elemento actuador está configurado como un cojín de barras de tal manera que cada barra está dispuesta en una matriz. Las barras pueden ser parte de un actuador traslacional o lineal. Las barras se controlan preferentemente por separado. Las barras se pueden fijar en la dirección Z de forma neumática, electrostática, electromagnética, piezoeléctrica o magnetoestrictiva.

En las formas de realización de la invención, los subelementos actuadores en forma de varilla están diseñados de tal manera que los subelementos se colocan usando la fuerza de gravedad. Los subelementos se pueden colocar, por ejemplo, contra la fuerza de gravedad mediante un dispositivo o colocarse en la posición requerida mediante una fuerza que actúa contra la fuerza de gravedad. La posición denota la disposición del elemento en forma de varilla en la dirección Z. Para determinar la posición vertical, se utiliza un mecanismo de bloqueo.

En las formas de realización de la invención, los subelementos actuadores en forma de varilla se mantienen en una estructura de matriz mediante una placa de sujeción y pueden moverse en esta placa de sujeción en la dirección Z o quedar bloqueados en ella.

En formas de la realización de la invención, los subelementos actuadores en forma de varilla se mantienen en la posición deseada en la placa de sujeción mediante un elemento de fricción o un elemento flexible o una combinación de un elemento flexible y uno de fricción. La flexibilidad y la fricción se ajustan de acuerdo con las propiedades del objeto que se desea representar. Una fuerza de compresión sobre los subelementos actuadores en forma de varilla, que se produce cuando el usuario los toca, puede provocar un desplazamiento de los subelementos actuadores en forma de varilla, por lo que pueden retroceder parcial o completamente a la posición inicial debido a su flexibilidad. El dispositivo de bloqueo puede generar vibraciones de manera piezoeléctrica, magnetoestrictiva, electrodinámica, electrostática, electromecánica, electromagnética, neumática o hidráulica.

En las formas de realización de la invención, antes de colocarse en posición los subelementos actuadores en forma de varilla se desplazan mediante un mecanismo de reinicio a una posición inicial definida. El reinicio se puede realizar, por ejemplo, mediante una placa recta (placa de reinicio), que se mueve en la dirección de la placa de sujeción hasta que se alcanza la posición de reinicio. La conformación puede consistir entonces en un molde, que está configurado como una forma positiva o una forma negativa según el lado de la conformación, en la que el molde se mueve con

respecto a los subelementos actuadores en forma de varilla en dirección opuesta a la dirección de reinicio.

En las formas de realización de la invención, el molde de acuerdo con la invención está diseñado como un sistema multicámara.

5

En formas de realización de la invención, mientras se está mostrando el objeto una vez que se ha colocado en posición, los subelementos actuadores en forma de varilla también están apoyados sobre el molde. El molde brinda de esta manera la flexibilidad y la fricción (propiedades viscoelásticas) del objeto que se desea representar, que se pueden sentir cuando el dedo o la mano del usuario presiona el objeto que se desea representar.

10

En formas de realización de la invención, los subelementos actuadores en forma de varilla se colocan en posición con la ayuda de la fuerza de gravedad u otra fuerza, de manera que la placa de reinicio se aleja de la placa de sujeción en la dirección de la fuerza de gravedad o se aleja inclinándose en la dirección transversal (lateralmente) y cuando los subelementos actuadores en forma de varilla alcanzan la posición prevista se fijan o bloquean.

15

En formas de realización de la invención, los subelementos actuadores en forma de varilla se colocan con ayuda de la fuerza de gravedad mediante un control de tiempo. Para ello, todos los subelementos actuadores en forma de varilla se fijan en la posición de reinicio, la placa de reinicio se coloca de esta manera y, a continuación, se suelta el bloqueo de los subelementos actuadores en forma de varilla individualmente o en grupo. Cuando un subelemento actuador en forma de varilla se mueve como resultado de la fuerza de gravedad, una vez transcurrido el tiempo que necesita para alcanzar la posición deseada este queda bloqueado o fijo. En las formas de realización de la invención, los subelementos actuadores en forma de varilla están diseñados de tal manera que los subelementos son al menos parcialmente deformables. Por ejemplo, los subelementos pueden tener subáreas elásticas que permiten que el dispositivo sea elástico para la deformación. Puede resultar ventajoso que la elasticidad de cada subelemento actuador esté configurada para que se pueda ajustar selectivamente.

25

En formas de realización de la invención, los subelementos actuadores en forma de varilla están dispuestos formando una cuadrícula. Los subelementos pueden formar una matriz en la que cada subelemento está diseñado para poder ser controlado. Como resultado, el elemento háptico puede realizar diferentes topografías del objeto.

30

En formas de realización de la invención, los subelementos actuadores en forma de varilla están apoyados uno al lado del otro. Los subelementos pueden formar una matriz y se colocan, por ejemplo, con la ayuda de un molde.

En formas de realización de la invención, el elemento actuador está diseñado como una combinación de elementos en forma de anillo y subelementos en forma de varilla. Los subelementos en forma de varilla están dispuestos, por ejemplo, sobre los elementos en forma de anillo.

35

En las formas de realización de la invención, el dispositivo de deformación está diseñado como un sistema multicámara. El sistema multicámara está diseñado de tal manera que presenta múltiples cámaras de un volumen definido en forma de matriz. Mediante el llenado selectivo de las cámaras, se puede lograr un aumento de volumen en ciertos puntos, por lo que se generan diferentes diferencias de altura en la dirección Z. Además de una matriz en la dirección XY, el sistema multicámara tiene preferiblemente al menos dos, preferiblemente varias capas de cámaras definidas en la dirección Z. De esta forma se pueden generar elevaciones de forma sencilla en puntos en la dirección Z. Las cámaras se llenan específicamente con un fluido (líquido o gas) en puntos específicos. Esto significa que se pueden representar geometrías complejas del objeto. De la misma forma, es posible retirar el fluido del sistema multicámara, según sea necesario para la representación del objeto. Posteriormente, el sistema multicámara estará disponible para un nuevo llenado selectivo.

45

En formas de realización de la invención, el sistema multicámara está diseñado para que las cámaras se pueden llenar individualmente de forma neumática, fluida, hidráulica y/o con materiales granulares.

50

Por ejemplo, se pueden representar geometrías complejas como huecos y cavidades mediante un sistema multicámara. El sistema multicámara sirve preferentemente para representar geometrías complejas, mientras que el elemento háptico transmite la sensación de la superficie háptica del objeto. En formas de realización de la invención, cada cámara del sistema multicámara está diseñada para llenarse de manera diferente. Con los diferentes rellenos, cada diseño de una superficie háptica de la pantalla táctica se puede configurar de manera específica. Las cámaras que se llenan de diferente forma se pueden controlar individualmente o simultáneamente.

55

Debido a las propiedades del material de las paredes verticales y horizontales de la cámara, además de la presión de llenado y el material de relleno o el gas también se puede cambiar la flexibilidad de la cámara. Esto significa que se

60

pueden representar superficies tanto muy blandas como duras. En formas de realización de la invención, se usa vacío para ajustar las propiedades de la superficie. Las propiedades de la superficie se pueden configurar en combinación con el llenado de cada cámara del sistema multicámara.

- 5 Al llenar con líquidos o materiales, por ejemplo, materiales granulares como polvos, cuyas propiedades se pueden cambiar eléctrica, magnética o térmicamente, por ejemplo, un fluido magnetorreológico, se pueden representar las propiedades hápticas táctiles de un objeto en el área de la superficie.

En las formas de realización de la invención, la superficie de la pantalla táctil se refuerza. Por ejemplo, el llenado
10 específico con líquidos se puede utilizar para reforzar la superficie de la pantalla táctil.

En las formas de realización de la invención, la superficie de la pantalla táctil se refuerza mediante un mecanismo de refuerzo mecánico. Este se puede diseñar, por ejemplo, en forma de placa o laminilla.

- 15 En formas de realización de la invención, la pantalla táctil ya se puede preformar en función de la geometría de un objeto. Esto es particularmente adecuado para aplicaciones en las que el tipo y, por tanto, el tamaño y la forma aproximados del objeto virtual ya están definidos de antemano, por ejemplo, por el escenario virtual. Con la ayuda de la unidad de posicionamiento, también es posible cambiar el objeto virtual predefinido.

- 20 El elemento háptico se posiciona y deforma preferentemente en tiempo real. Esto significa que usuarios y objetos que en realidad están espacialmente separados se muestran virtualmente en proximidad espacial en el sistema visual y que el elemento háptico está en este punto cuando choca con la mano y ha asumido la forma del objeto virtual.

Sistema completo

- 25 Otro aspecto de la invención se refiere a un sistema para interactuar con objetos virtuales que comprende:

- al menos un primer dispositivo para registrar datos tridimensionales de al menos un usuario,
- un dispositivo para registrar datos tridimensionales de al menos un objeto,
- 30 - al menos un dispositivo de procesamiento de datos para procesar en tiempo real los datos tridimensionales registrados del usuario y para generar una representación visual de los datos tridimensionales del usuario,
- un dispositivo de procesamiento de datos para procesar los datos tridimensionales registrados de un objeto en tiempo real y para generar una representación visual tridimensional del objeto en tiempo real,
- al menos un subsistema visual con un dispositivo de visualización para la representación visual y sincronizada
- 35 de los datos tridimensionales al menos del objeto y del usuario y
- al menos un sistema de visualización táctil de acuerdo con la invención para la interacción con el usuario.

- Los datos tridimensionales del usuario se obtienen preferentemente de las partes del cuerpo que deben interactuar con el objeto virtual. Constituye una ventaja poder registrar también la posición y la fuerza ejercida entre la parte del
40 cuerpo del usuario y el sistema de visualización táctil. Además, también se pueden registrar los datos tridimensionales de los objetos que se encuentran en el campo visual.

- En formas de realización de la invención existen dispositivos acústicos que transmiten una representación acústica del objeto que se desea representar.

- 45 En formas de realización de la invención, se proporcionan varios sistemas de visualización háptica que se pueden cambiar de acuerdo con las necesidades de la representación del objeto virtual. Por ejemplo, se puede concebir que los sistemas de visualización háptica estén diseñados de tal manera que formen cuerpos de base para la representación de los objetos virtuales. Dichos cuerpos de base pueden, por ejemplo, formar formas complejas tales como cuerpos huecos o formas esféricas, cóncavas o convexas. Dependiendo de los requisitos de la pantalla háptica,
50 puede tener lugar un cambio entre estos diferentes sistemas de visualización, que se implementa mediante un dispositivo para cambiar los sistemas de visualización háptica.

- Con respecto a la visualización en tiempo real de los datos tridimensionales del usuario, al menos la parte del cuerpo
55 que interactúa con el objeto, por ejemplo, la mano, se debe representar en el sistema visual, en el que la parte del cuerpo también puede ser directamente visible como en una pantalla de visualización frontal. Idealmente, se visualizan todas las partes del cuerpo del usuario que se encuentran en su campo visual. Gracias a la combinación sincronizada en tiempo real en el subsistema visual, los usuarios y los objetos que en realidad están espacialmente separados virtualmente se muestran en una proximidad espacial definida. El usuario se ve a sí mismo tocando el objeto virtual
60 en esta representación virtual. Sin embargo, en el momento de la colisión y en el punto de la colisión, en realidad no

interactúa con el objeto que se muestra en el sistema visual, sino con un subsistema de visualización háptica, el *Morphling*, en un subsistema táctil, que sincroniza en tiempo real las propiedades hápticas de la sección tangible del objeto virtual, por ejemplo, la textura y la forma de la superficie, para su representación visual.

- 5 La representación de la interacción de al menos una parte del cuerpo del usuario visualizado con el objeto visualizado en el subsistema visual tiene lugar simultáneamente con la interacción del usuario con el sistema de visualización táctil, en el que se determina un punto de colisión cuando al menos una parte del usuario visualizado choca con el objeto visualizado. Los datos tridimensionales del objeto en el punto de colisión de al menos una parte del usuario visualizado con el objeto visualizado se representan en el subsistema táctil, en el que el elemento háptico presenta una superficie con una estructura diseñada de tal manera que este representa la estructura tridimensional del objeto en el punto de colisión en base a los datos tridimensionales obtenidos del objeto al menos en el área del punto de colisión.

- Otro aspecto de la invención es permitir el libre posicionamiento del objeto virtual en el espacio, lo que no es posible debido al diseño estático del subsistema visual del estado de la técnica (EP 2 827 224 A1). Esto ocurre debido a que el subsistema visual está diseñado de acuerdo con la invención de tal manera que está dispuesto en el usuario. Esto asegura la movilidad del usuario y una orientación libre en el espacio virtual que se muestra. A diferencia de las soluciones de visualización estática conocidas, esto permite que tanto el usuario se mueva libremente como que el objeto se coloque libremente en la representación virtual. Por ejemplo, el subsistema visual puede estar diseñado como gafas de realidad virtual (Zeiss VR One, Zeiss AG, Oberkochen) o auriculares de realidad virtual (p. ej. Oculus Rift, Oculus VR, LLC, Menlo Park, EE.UU.; Samsung Gear VR, Samsung Group, Seúl, Corea del Sur; HTC Vive, High Tech Computer Corporation, Taoyuan, Taiwán; LG 360 VR, LG Electronics, Seúl, Corea del Sur). Con respecto a la estructura del sistema descrita, otra funcionalidad requerida del sistema es la determinación de la posición en tiempo real de la cabeza del usuario o su campo visual, que incluye al menos la rotación e inclinación de la cabeza, así como su posición en el espacio con respecto al objeto virtual. Estas funciones ya pueden ser una parte integral de las gafas de realidad virtual o de los auriculares de realidad virtual.

- Las formas de realización de la invención comprenden además un dispositivo para obtener datos tridimensionales de un objeto. Alternativamente, el dispositivo para obtener los datos tridimensionales del usuario también se puede diseñar de manera que el dispositivo también pueda obtener datos tridimensionales de un objeto. Los datos tridimensionales obtenidos se procesan en el dispositivo de procesamiento de datos y se genera una representación visual del objeto.

- En formas de realización de la invención, el primer y/o segundo dispositivo para obtener los datos tridimensionales está diseñado como un dispositivo de formación de imágenes no invasivo. La calidad de la información presentada por el sistema de percepción 3D intermodal, que se conoce como pantalla 4D, está determinada, por ejemplo, en el área clínica, no solo por su eficiencia, sino también por la eficiencia de los sistemas de diagnóstico en base a imágenes que analizan los datos brutos. También es posible combinar varios procedimientos de obtención de imágenes. Por ejemplo, en el área de la tomografía por resonancia magnética, son de interés los procedimientos híbridos, que incorporan los resultados de otros procedimientos de diagnóstico en el espacio de información intermodal. De esta manera, por ejemplo, la información obtenida sobre la actividad de las áreas del cerebro de interés, que se puede obtener mediante una resonancia magnética funcional (fMRI) o electroencefalografía (EEG), se integra con la información sobre las conexiones de sus fibras nerviosas obtenidas a partir de estudios de difusión.

- En formas de realización de la invención, el primer y/o segundo dispositivo para adquirir los datos tridimensionales se selecciona de un grupo que consta de sensores ópticos en el rango IR, VIS y UV, cámaras CCD, sensores CMOS, medición de impedancia, ecografía, tomografía por resonancia magnética, gammagrafía, tomografía por emisión de positrones, tomografía computarizada por emisión de fotón único, termografía, tomografía computarizada, tomografía de volumen digital, endoscopia o tomografía óptica. Además de las disposiciones espaciales, la tomografía por resonancia magnética y la ecografía también registran información acerca del material. La ecografía en modo B proporciona información sobre detalles anatómicos, en el procedimiento Doppler sobre los flujos vasculares y la técnica de radiación acústica de la fuerza de impulso (ARFI, por sus siglas en inglés) sobre las propiedades mecánicas del tejido. El presente sistema tiene la ventaja de que permite proporcionar al usuario estas dimensiones de información simultáneamente. Esto tiene lugar de una forma en la que el usuario puede utilizar su método natural de reconocimiento de campo cercano, el proceso combinado visual y táctil, para poder analizar la información de forma inmediata y muy precisa, como si el objeto estuviera realmente frente a él. Las diferencias, como ciertas propiedades de los materiales se representan en el espacio visual, por ejemplo, a través de representaciones de colores falsos, texturas y contrastes visuales, y en el área táctil a través de la dureza, altura, texturas, relieves, bordes y contrastes táctiles. Los canales de datos visuales y hápticos/táctiles temporalmente coordinados crean la impresión real de que el objeto virtual está realmente frente al usuario y que se puede explorar tocándolo con las manos.

En formas de realización de la invención, el sistema comprende además un tercer dispositivo para capturar datos tridimensionales del usuario, en el que el tercer dispositivo está diseñado para registrar el movimiento de los ojos del usuario. El tercer dispositivo rastrea el movimiento de los ojos (seguimiento de los ojos) para determinar la dirección en la que está mirando el usuario. Esto es ventajoso porque el subsistema visual también debería reproducir una imagen del entorno inmediato. Como resultado, la impresión de la realidad del usuario se refuerza en el sentido de que la diferencia entre la representación virtual y el entorno real en gran medida desaparece, lo que permite que la percepción se pueda interpretar como más real. Además, siguiendo el movimiento de los ojos y determinando la dirección de la vista, la representación visual de alta resolución en el subsistema visual puede limitarse al área que el usuario percibe como su campo visual. Las zonas adyacentes que se perciben solo parcial o periféricamente se pueden mostrar con menos detalle, lo que permite reducir el esfuerzo computacional para calcular la representación. El uso de un sistema contingente de mirada basado en un mecanismo de seguimiento de los ojos también ofrece al usuario la opción de activar ciertas funciones adicionales con sus ojos como hacer zoom, girar objetos y otras.

- 15 En una forma de realización adicional de la invención, el tercer dispositivo es un sistema estacionario seleccionado entre un sistema de giro e inclinación, un sistema de espejo inclinable o un sistema de cámara fija.

En formas de realización de la invención, el sistema de acuerdo con la invención está dispuesto en un entorno de bajo estímulo. Se entiende preferentemente por entorno de bajo estímulo una habitación o cámara en la que se puede controlar, preferentemente minimizar, la entrada de señales luminosas y acústicas. Esto ayuda a la composición de la percepción general. Por ejemplo, puede resultar ventajoso que el usuario no pueda percibir visualmente el sistema, en particular la pantalla táctil, antes de su uso. La entrada de ruidos externos también puede ser un obstáculo para la composición de la percepción general si no están en consonancia con el tema de la percepción. Disponer el sistema en un entorno de bajo estímulo constituye una ventaja que ayuda a una mejor composición de la percepción general.

- 25 Con el sistema de acuerdo con la invención o también con el dispositivo es posible así hacer tangibles objetos a los que normalmente no se puede acceder o solo se puede acceder con dificultad.

Otro aspecto de la invención se refiere a un procedimiento para la interacción de objetos virtuales con el sistema de acuerdo con la invención, que comprende los pasos:

- obtención de datos tridimensionales de al menos un usuario en tiempo real,
- registro del movimiento y las fuerzas de compresión y/o las tensiones mecánicas provocadas por el usuario en el punto de colisión,
- 35 - procesamiento de los datos registrados del movimiento y las fuerzas de compresión y/o las tensiones mecánicas provocadas,
- generación de una representación visual en tiempo real de al menos una parte del cuerpo del usuario basada en los datos tridimensionales del usuario,
- generación de una representación visual tridimensional en tiempo real de un objeto basada en los datos tridimensionales del objeto,
- 40 - visualización sincronizada en tiempo real de los datos tridimensionales del objeto y de al menos una parte del cuerpo del usuario en el subsistema visual de acuerdo con la invención, en el que los datos tridimensionales visualizados del objeto se muestran con los datos tridimensionales visualizados del usuario en el dispositivo de visualización del subsistema visual,

- 45 en el que la representación de la interacción de al menos una parte del usuario visualizado con el objeto visualizado en el subsistema visual tiene lugar simultáneamente con la interacción del usuario con una pantalla táctil del sistema de visualización háptico, en el que se determina un punto de colisión y una fuerza de compresión entre el usuario y el sistema de visualización cuando al menos una parte del usuario visualizado choca con el objeto visualizado y los datos tridimensionales del objeto en un punto de colisión de al menos una parte del usuario visualizado con el objeto visualizado se representan en el sistema de visualización háptica, en el que el sistema de visualización háptica está diseñado para que en base a los datos tridimensionales del objeto se represente la estructura tridimensional del objeto al menos en la zona de colisión, en el que los datos registrados del movimiento y la fuerza de compresión del usuario controlen el ajuste local de la representación virtual del objeto así como de la representación visual del movimiento de la mano en la zona del campo visual activo.

En las formas de realización de la invención, se registra en tiempo real al menos un objeto que se desea visualizar mediante un dispositivo para registrar datos tridimensionales. Esto hace posible, por ejemplo, que el usuario interactúe con un objeto real que se encuentra físicamente separado. Los datos tridimensionales del objeto se registran en una primera ubicación y los datos tridimensionales del usuario en una segunda ubicación. A continuación se muestra la

generación de la representación del objeto y el usuario en el sistema visual. Además, también es posible registrar objetos en movimiento y representar el movimiento en el subsistema visual y/o tátil.

En las formas de realización de la invención, el procedimiento comprende además

- 5 - registro del movimiento ocular del usuario,
- procesamiento de los datos registrados del movimiento ocular y determinación de un campo visual activo del usuario,
- implementación de los datos registrados del movimiento ocular y del campo visual activo en el subsistema visual, en el que los datos registrados del movimiento ocular del usuario controlan un ajuste local de la representación visual del
10 objeto y la representación visual del movimiento de la mano en el área del campo visual activo.

Otro aspecto de la invención se refiere al uso del sistema de acuerdo con la invención en un proceso de acuerdo con la invención para interactuar con objetos virtuales.

- 15 Las formas de realización mencionadas anteriormente de acuerdo con la invención son adecuadas para lograr este objetivo. Las combinaciones de las formas de realización descritas también son adecuadas para lograr el objetivo. Las variantes preferidas de la invención surgen de las combinaciones de las reivindicaciones o de sus características individuales.
- 20 La invención se explicará con más detalle a continuación con la ayuda de algunos ejemplos de realización y sus figuras respectivas. Los ejemplos de realización están destinados a describir la invención sin limitarse a ellos.

Se muestra en:

- 25 La figura 1 una representación esquemática de un sistema de visualización háptica y el principio básico para la cosificación de objetos tridimensionales virtuales, en el que la figura 1a representa el objeto tridimensional virtual que el usuario va a tocar y el área de contacto alrededor del punto de colisión, la figura 1b la estructura básica del sistema de visualización háptica y la figura 1c sus subdispositivos,
- 30 la figura 2 una representación esquemática de una primera forma de realización del *Morphling*,
la figura 3 una representación esquemática de una forma de realización del mecanismo de deformación con accionamientos lineales pivotantes y giratorios,
- 35 la figura 4 una representación esquemática de otra forma de realización de un mecanismo de deformación con elementos de accionamiento en forma de varilla que están dispuestos formando una matriz para constituir un cojín de barras,
- 40 la figura 5 a-g representaciones esquemáticas de varios bloqueos de los elementos en forma de barra,
la figura 6 una representación esquemática de un mecanismo de deformación basado en elementos de expansión de fluidos,
- 45 la figura 6a una representación esquemática de una conexión de válvula de fluido de una serie de elementos de expansión de fluidos,
la figura 7 una representación esquemática de otra configuración del sistema de pantalla táctil con un sistema multicámara que se puede controlar con un fluido,
- 50 la figura 8 a-h representaciones esquemáticas de varias configuraciones del sistema de pantalla táctil y
la figura 9 a-i representaciones esquemáticas de varios ejemplos de realización para la representación de los bordes.
- 55 En un primer ejemplo de realización, el principio básico de cosificación del objeto virtual tridimensional que se desee se ilustra primero en la figura 1. El objeto virtual tridimensional 1 se muestra esquemáticamente en la figura 1a. Para la representación háptica de cualquier objeto virtual tridimensional 1, por ejemplo, de una jarra, sincronizada con la representación visual, solo son importantes sus propiedades hápticas táctiles de la sección de superficie en el punto de colisión 2 o área de contacto. El usuario solo tocará esta sección 2 con su mano 3, por ejemplo. El *Morphling* 4
60 representa en tiempo real las condiciones hápticas del objeto virtual 3D 1 para esta sección de superficie 2. Como

ilustran la figura 1b y la figura 1c, el *Morphling* 4 básicamente consta de tres grupos funcionales que trabajan sincronizados entre sí y con el subsistema visual: (a) un dispositivo de posicionamiento 5 que coloca una unidad de pantalla táctil 6 en la posición del segmento de superficie o sección 2 del objeto virtual 3D 1 que se desea mostrar de forma tangible en un espacio tridimensional, (b) como parte de la unidad de pantalla táctil 6 una pantalla táctil deformable que puede cambiar de forma 8, que muestra propiedades tangibles relacionadas con la superficie, como texturas, contornos, relieves, calor del objeto, humedad, y como otro subelemento de 6 un mecanismo de deformación 7 que ajusta la pantalla táctil deformable 8 según la forma del segmento de superficie del objeto 2 del objeto virtual 3D 1 que se desea mostrar. En el ejemplo de realización que se muestra en la figura 1, el dispositivo de posicionamiento 5 está configurado como un brazo robótico. Los brazos robóticos tienen un radio de acción amplio y son muy flexibles en su posicionamiento, por ejemplo, también pueden representar hápticamente objetos virtuales muy grandes. El brazo robótico ilustrado puede girar sobre la base. Las dos primeras articulaciones giratorias permiten acercarse a todos los puntos del espacio dentro del radio de acción. La tercera articulación giratoria del brazo robótico permite que la unidad de pantalla táctil 6 ubicada en él se alinee en cualquier posición espacial según sea necesario. Al dimensionarlos, se debe tener en cuenta el tiempo de posicionamiento máximo permitido requerido, la precisión de posicionamiento necesaria y la masa de la unidad de pantalla táctil 6 ubicada en el brazo robótico. El diseño menos compacto del brazo robótico requiere de la instalación de mecanismos de protección para evitar aplastamientos o consecuencias similares. Los mecanismos de protección pueden ser, por ejemplo, recubrimientos flexibles como cubiertas para el área de acción o también unidades de presión, momento de fuerza u otros sensores adecuados.

La unidad de pantalla táctil 6 consta de la pantalla táctil 8 y un mecanismo de deformación 7. La pantalla táctil 8 está diseñada para poder deformarse o ser mecánicamente flexible. En una forma de realización, el material base puede ser un elastómero. El mecanismo de deformación 7 de la figura 1 consiste en accionamientos lineales en forma de varilla que se fijan a los puntos correspondientes de la pantalla táctil 8 de tal manera que pueden deformarla como se desee dentro de un marco predeterminado y así realizar cualquier forma de la sección del objeto 2 que se desea representar.

En otro ejemplo de realización, la figura 2 muestra otra forma de realización del *Morphling* 4. Esta consta de una mesa de posicionamiento XY 9, un hexápodo 10, un elemento de accionamiento de traslación 11, un elemento de accionamiento giratorio 12, un brazo giratorio 13, otro elemento de accionamiento de traslación 14, el mecanismo de deformación 7 y la pantalla táctil 8. Los elementos 9 a 14 son partes del dispositivo de posicionamiento 5. El posicionamiento de la estructura vertical en el plano XY se realiza mediante el correspondiente posicionamiento de la plataforma de posicionamiento 9c por medio de los accionamientos 9a y 9b, que se pueden configurar, por ejemplo, como accionamientos de husillo. En la plataforma de posicionamiento 9c se encuentra el resto de la estructura que comienza con el hexápodo 10, que está unido a la plataforma de posicionamiento 9c con la plataforma inferior 10a. Un hexápodo es un dispositivo cinemático paralelo especial que tiene seis elementos de accionamiento lineales 10b. Esto permite un posicionamiento rápido y muy bien definido de la plataforma superior 10c en los seis grados de libertad (tres de traslación y tres de rotación). A continuación, se coloca un elemento de accionamiento de traslación 11 en la plataforma superior 10c, que puede realizar un posicionamiento lineal mayor de la estructura superior. El elemento de accionamiento giratorio 12 fijado a este puede girar la parte de cabeza restante en todas las direcciones 360°. El brazo giratorio 13 que sigue ahora puede colocar la unidad de pantalla táctil 6, incluidos 7 y 8, en una posición inclinada; de esta manera es posible lograr un posicionamiento preciso de la unidad de pantalla 6 con el elemento de accionamiento de traslación 14.

La figura 3 muestra otro ejemplo de realización de un mecanismo de deformación 7 para la pantalla táctil deformable 8. El mecanismo de deformación está formado por una serie de elementos de accionamiento lineal 15 en forma de varilla que son de longitud variable. Además, los elementos 15 están dispuestos de manera giratoria y/o pivotante de tal manera que pueden dar forma a la unidad de pantalla táctil 6 flexible casi como se desee, por ejemplo, estirla para abrirla, plegarla, etc. Los elementos de accionamiento en forma de varilla pueden tener al menos parcialmente elementos de cabeza 16, que pueden proporcionar ciertas propiedades de superficie háptica, por ejemplo, flexibilidad o suavidad, ciertas geometrías, contornos y bordes, que luego no tienen que ser representadas por separado por la pantalla táctil deformable 8. La posición de los elementos de accionamiento lineal 15 en forma de barra individuales entre sí se puede definir mediante accionamientos (no se muestran en detalle) que proporcionan el momento de fuerza o los movimientos cinemáticos requeridos. Alternativamente, esto también se puede realizar mediante elementos de accionamiento lineal en forma de barra dispuestos transversalmente entre los elementos 15, que tampoco se muestran.

La figura 4 ilustra un ejemplo de realización de un mecanismo de deformación en forma de elementos de accionamiento lineal 17 en forma de barra dispuestos en serie del tipo de cojines de barras o pasadores. Los elementos de accionamiento lineal 17 en forma de barra están diseñados de tal manera que solo actúan en la dirección Z y, por lo tanto, pueden cambiar su altura con respecto a la placa de sujeción 18. En el caso más simple, la placa de sujeción

18 es una placa perforada, en la que los orificios funcionan como guías para los elementos en forma de barra 17. Los elementos de accionamiento 17 en forma de barra pueden tener cada uno su propio mecanismo de accionamiento, por ejemplo, en forma de cables con memoria de forma, actuadores piezoeléctricos o un mecanismo con fluidos (fluidos incluye hidráulicos y neumáticos). Alternativamente, los elementos 17 en forma de barra, si no tienen su propio mecanismo de accionamiento, se pueden llevar a la respectiva posición Z que se desee con un aparato de registro (no se muestra). Un mecanismo de accionamiento de este tipo puede ser un registrador lineal, por ejemplo. Este puede registrar una línea (por ejemplo, la dirección X) del cojín de barras al mismo tiempo, es decir, tiene la misma cantidad de elementos actuadores lineales que actúan en la dirección Z que los pasadores que se colocarán en una línea y tiene la misma dimensión de cuadrícula. Al colocarse en la dirección Y, las barras 17 se pueden poner línea por línea en sus respectivas posiciones en Z. Una alternativa a la línea de registro es, por ejemplo, un elemento giratorio a modo de rodillos con pasadores, como los utilizados en las cajas de música mecánicas.

En otro ejemplo de realización del mecanismo de deformación, un mecanismo de fijación (o bloqueo) 20 rodea los elementos de barra 22, cuya posición está determinada por un molde 21 (forma positiva). Para el proceso de conformación, se suelta cada uno de los bloqueos 20 de los elementos de barra 22 para que se muevan en la dirección del molde 21, choquen contra este colocándose en su posición final y luego se bloqueen nuevamente con el mecanismo de fijación 20. El movimiento puede ser provocado por la fuerza de gravedad que actúa sobre los elementos de barra 22 cuando están colocados en la posición correspondiente. Alternativamente, tras haber soltado el bloqueo, en un proceso de reinicio, mediante el movimiento relativo los elementos de barra 22 se pueden presionar contra una placa recta, que no se muestra pero se encuentra sobre los elementos de barra 22, en la dirección del molde 21, en el que el molde 21 está tan lejos que aún no tiene ningún efecto. Tras haber realizado este proceso de reinicio de los elementos de barra, cuando todos los elementos de barra 22 tocan el molde 21, los elementos de barra 22 se alinean con el molde 21 mediante un movimiento relativo en la dirección del molde 21, como se muestra en la **figura 4a**. A continuación, todos los elementos de barra 22 se bloquean con el mecanismo de fijación 20. Alternativamente, la conformación también puede tener lugar utilizando un molde negativo que se encuentra delante de la pantalla táctil 4 deformable.

En otro ejemplo de realización del mecanismo de deformación, los elementos de barra 22 se pueden bloquear individualmente o en grupo. Para la conformación, primero se sueltan todos los elementos de barra 22 y se mueven en la dirección de una contraplaca recta 23 hasta que se alcanza la posición de reinicio. La posición de reinicio se muestra en la **figura 4b**. A continuación, la placa de sujeción 18 se mueve en la dirección Z, en la que los respectivos elementos de barra 22, al alcanzar su posición prevista, quedan bloqueados por el mecanismo de fijación 20 (**figura 4c**).

Tras el proceso de registro en la placa de sujeción 18 (**figura 4**), el bloqueo de los elementos en forma de barra 17 puede tener lugar, por ejemplo, mediante mecanismos con fluidos u otros en los orificios de guía de la placa de sujeción 18, que cambian las propiedades de fricción de la guía o bloquean mecánicamente los pasadores, por ejemplo, por enclavamiento, como se muestra en la **figura 5** para diferentes formas de realización. En la **figura 5a**, un actuador lineal 17 o un dispositivo hidráulico o neumático contiene el mecanismo de retención, en la **figura 5b** el bloqueo se efectúa mediante enclavamiento, en el que una fuerza F actúa puntualmente o como una carga superficial F/A sobre un área A en el elemento de barra, en la **figura 5c** mediante un unimorfo o bimorfo 42, en la **figura 5d** mediante un actuador de volumen (elemento de bloqueo) 43 en una bolsa de masa fundida o hidráulica o neumática 44, en la **figura 5e** mediante un convertidor piezoeléctrico o de fase 45, que en la **figura 5f** se apoyan en estructuras especiales, por ejemplo, como se muestra en la **figura 5g**, mediante un soporte de forma o una superficie con mayor fricción 46. En este caso, la superficie de contacto se puede ampliar por medio de una sección transversal del elemento de barra, que no se describe en detalle, constituida, por ejemplo, en forma de canal o trapecio. En caso de un bloqueo electrostático, el elemento de barra 22 forma un electrodo y el elemento de bloqueo forma el segundo electrodo, entre los que se aplica tensión. Cuando se usa un convertidor de fase en la **figura 5e**, puede constituir una ventaja usar una sustancia que se pueda fundir. Una vez que se endurece, la construcción se vuelve estable frente a vibraciones. En una realización con un fluido electrorreológico o magnetorreológico, la fricción se puede controlar eléctrica o magnéticamente.

La dimensión de la cuadrícula que comprende el diámetro de los elementos de accionamiento lineal 17 en forma de barra y la distancia entre ellos es importante para la información que se puede transmitir hápticamente. Cuanto menor sea la dimensión de la cuadrícula, más información táctil con resolución espacial se puede mostrar. Los cojines de barras son ideales para mostrar relieves, perfiles, contornos y bordes. Si los elementos 17 están diseñados para conducir vibraciones, con ellos también se puede implementar al mismo tiempo una funcionalidad de pantalla vibrotáctil con funciones integradas, lo que en casos extremos permitiría prescindir de la realización por separado de la pantalla táctil deformable 8. Alternativamente, cada elemento de accionamiento lineal en forma de barra puede llevar efectores en el área de su cabeza, que implementen la funcionalidad vibrotáctil. Por supuesto que sobre los elementos 17

también se puede encontrar una pantalla táctil 8 deformable, que proporcione las funcionalidades necesarias, por ejemplo, la vibrotáctil.

La **figura 6** muestra un ejemplo de realización de un mecanismo de deformación basado en elementos de expansión de fluidos 24. El principio de funcionamiento es análogo al cojín de barras. Los elementos de expansión de fluidos (hidráulicos o neumáticos) 24 actúan cada uno en la dirección Z y, por lo tanto, también pueden representar contornos, perfiles, relieves y bordes de una manera muy versátil y eficiente. En una realización simple, los elementos de expansión de fluidos son construcciones de cilindro-pistón. Alternativamente, para los elementos de expansión 24 son adecuadas las construcciones flexibles. Una realización correspondiente es un elemento McKibben, en el que el recubrimiento rellenable de forma fluida consiste en un tejido flexible. En su estado inicial, el elemento McKibben se estira según la longitud del tejido o la fibra. Si se aplica una sobrepresión, el elemento se expande en la dirección radial y como resultado de la naturaleza no extensible de las fibras del tejido del recubrimiento el elemento se contrae eficazmente en la dirección Z. Otra realización es el elemento de fuelle. Este está diseñado de forma similar a un acordeón y puede tener una forma cilíndrica o de otro tipo. Si la presión dentro del elemento de fuelle aumenta, solo se expande axialmente a lo largo del eje Z, mientras que no se produce una deformación radial significativa. Otra realización del elemento de expansión de fluidos 24 puede ser un elemento con un recubrimiento elástico. Cuando la presión aumenta, este se expande radial y axialmente como un globo. La expansión axial se puede evitar con una unión positiva. En este caso, también son adecuadas las estructuras en las que una cámara de presión está cubierta con una membrana elástica que se desvía en la dirección Z por un aumento de presión.

La **figura 6a** muestra un ejemplo de realización de un circuito de válvula de fluido de una serie de elementos de expansión de fluidos 24. Cada elemento de expansión de fluidos 24 tiene una válvula del lado de entrada 25a, que está conectada a la entrada de fluidos 26, que está sujeta a una sobrepresión, y una válvula del lado de salida 25b, que está conectada a la salida de fluidos 27, que funciona como una masa de fluido, es decir, sin sobrepresión. Para accionar el elemento de expansión de fluidos 24, debe abrirse la válvula de entrada 25a mientras la válvula del lado de salida 25b está cerrada. Cuando el elemento de expansión ha alcanzado la posición en Z prevista de acuerdo con su presión interna, la válvula 25a del lado de entrada se cierra y el elemento 24 permanece en su estado expandido. Para reducir la expansión en Z, se abre la válvula de salida 25b hasta que se alcanza la presión interna reducida requerida para la nueva expansión Z. En el caso de series grandes con una gran cantidad de elementos de expansión, la cantidad de válvulas puede ser muy grande. Mediante el uso de un multiplexor de fluidos con filas y columnas [T. Thorsen, S.J. Maerkl, S.R. Quake, Microfluidic large-scale integration, Science 298 (2002), 580-584], la cantidad de válvulas de conmutación necesarias para el control puede reducirse considerablemente. En una realización adicional que no se muestra en detalle, los elementos de expansión de fluidos 24 se pueden controlar con una única válvula 25 y solo una única línea de control. Esto requiere una presión de control alterna. Cuando la presión de control aumenta, la válvula se cierra exactamente cuando el elemento de expansión 24 ha alcanzado su posición de expansión en Z prevista. Por el contrario, para la contracción de un elemento, es necesario esperar hasta que la presión de la línea de control haya bajado al nivel requerido antes de que la válvula previamente abierta pueda cerrarse nuevamente.

La **figura 7** muestra un ejemplo de realización del sistema de visualización táctil 4 que consta de un dispositivo con un sistema multicámara que se puede controlar con un fluido. El *Morphling 4* se encuentra sobre una placa portadora 28. Este consiste en varias cámaras de fluido 29 que, individualmente o en compartimentos, se pueden expandir neumáticamente o por medio de un fluido al aplicarse una sobrepresión o contraer mediante una disminución de la sobrepresión. Las cámaras de fluido 29 tienen paredes de cámara flexibles 30 y pueden, por ejemplo, ser cuadradas, rectangulares, hexagonales o cilíndricas y estar apiladas tanto horizontal como verticalmente. Las paredes de las cámaras 30 pueden ser mecánicamente deformables, en particular plegables, pero no expandibles. Esto significa que se pueden representar objetos mecánicamente muy estables ejerciendo la presión adecuada, aunque existe cierta limitación en el tamaño y la forma del objeto virtual. Si las paredes de las cámaras no solo son mecánicamente flexibles sino que también se pueden estirar, los grados de libertad en términos de tamaño y forma del objeto virtual que se va a mostrar son comparativamente mayores. En determinadas circunstancias, esto puede ser a expensas de la estabilidad del sistema de visualización háptica (*Morphling*) 4. Las cámaras de fluido 29 se pueden expandir en todas las direcciones. En otras realizaciones, la dirección de expansión de las cámaras de fluido 29 está dirigida. Algunas cámaras 29 pueden, por ejemplo, expandirse preferentemente en el plano XY, otras principalmente en la dirección Z. En el caso de *Morphlingen 4*, se recomienda especialmente un diseño específico de la estructura del sistema multicámara en base a cámaras de fluido 29 con direcciones de expansión respectivas especialmente definidas, que estén integradas en sistemas de visualización concebidos para escenarios de aplicación específicos. Dichos escenarios de aplicación, por ejemplo, los sistemas de diagnóstico en base a imágenes y la cirugía mínimamente invasiva, solo requieren la representación de grupos de objetos específicos, como órganos u otras partes anatómicas del cuerpo. En el ámbito de la cirugía cerebral, por ejemplo, es aconsejable implementar morfólinas, que pueden representar la anatomía del cerebro o partes del cerebro en detalle a través de su diseño específico. Para los estudios en la cavidad abdominal, a su vez, son adecuados los *Morphling 4* preformados o funcionalizados, que son específicos

para la anatomía de ciertos órganos, por ejemplo, el hígado, el intestino o el estómago. En formas de realización, es posible que un sistema de visualización 4D comprenda varios *Morphling* diferentes, por ejemplo, para la representación de órganos en la zona abdominal, un *Morphling* para cada órgano tal como el hígado, el intestino, el estómago, el riñón, el útero o los ganglios linfáticos.

5

En otras realizaciones, a través de una combinación inteligente y el control de la pluralidad de cámaras de fluido 29, los objetos virtuales o sus secciones de superficie pueden representarse táctilmente en una gran variedad de formas y tamaños mediante el *Morphling* 4. Esta forma de realización del sistema multicámara presenta un alto grado de integración de funciones. Combina las funciones del mecanismo de deformación, la pantalla táctil deformable y, al menos para objetos virtuales con una forma adecuada, el dispositivo de posicionamiento. Sin embargo, la estructura también se puede unir a un dispositivo de posicionamiento 5 y en ese caso solo incluye las funciones del mecanismo de deformación y la pantalla táctil deformable.

10

La figura 8 muestra una forma de realización del sistema de visualización háptica (*Morphling*) 4 que consta de una construcción mecánica flexible con barras de flexión o vigas de flexión 32 flexibles, que, como se muestra en la **figura 8a**, se sostienen por medio de anillos de soporte fijos 33 con diferentes diámetros y en la **figura 8b** por medio de barras de soporte 34 rígidas. La red de barras flexibles debe ofrecer suficiente resistencia y estabilidad de las formas. Los anillos de soporte 33 y las barras de soporte 34 están conectados a una placa de soporte 19 mediante actuadores lineales 35, de modo que la distancia entre el punto de unión del actuador 35 y el anillo de soporte 33 o la barra de soporte 34 se puede variar individualmente a través de los actuadores 35. Para cada anillo de soporte 33, se recomiendan tres actuadores 35, que están dispuestos, por ejemplo, a una distancia de un tercio de la circunferencia del anillo, y por cada barra de soporte 34, dos actuadores 35. Cuanto más cerca estén dispuestos entre sí los dos actuadores 35 de una barra de soporte 34, mayor será el apalancamiento. La **figura 8c** muestra la vista en sección AA y la **figura 8d** muestra la vista en sección BB, cada una con diferentes desviaciones de los actuadores 35. Es posible una disposición de las barras de soporte 34 en varias direcciones (por ejemplo, en direcciones X e Y) y utilizarlo de esta manera puede ser una ventaja. En la **figura 8b**, las barras de soporte 34 se muestran solo en una dirección.

20

25

En la vista en sección BB y en la **figura 8e**, la construcción de barra flexible lleva elementos de pantalla táctiles 36 rígidos.

30

En un ejemplo de realización, en lugar de los anillos de soporte 33 o las barras de soporte 34, se usa una capa elastomecánica 37 que, aunque es flexible, adopta una forma uniforme y al mismo tiempo tiene una estabilidad que permite una reproducción adecuada de la superficie vibrotáctil. Esta puede contener una serie de actuadores locales 38 que produzcan una deformación local adicional. Los actuadores locales 38 pueden sostener o reemplazar la deformación de accionamiento vertical, como se muestra en la **figura 8g**.

35

En un ejemplo de realización según la **figura 8h**, la estructura de soporte 3D está formada por elementos de superficie (eslabones) 39 que están conectados entre sí a través de articulaciones 40. Para representar superficies esféricas, puede ser una ventaja diseñar los eslabones 39 con elementos de resorte. La conexión de los eslabones 39 puede estar constituida, por ejemplo, por cables que se pasan a través de orificios en los elementos.

40

La **figura 9** muestra diferentes ejemplos de realización de la representación de bordes tangible: La **figura 9a-f** muestra a estos efectos una estructura que se encuentra sobre las baldosas 36 y cambia, y la **figura 9g-i** muestra los espacios entre las baldosas diseñados a estos efectos. Se muestran gráficamente tres variantes de configuración. Las **figuras 9a y 9d** muestran una formación o representación de los bordes por desplazamiento, las **figuras 9b y 9e** una formación de los bordes por rotación o inclinación, y las **figuras 9c y 9f** una formación de los bordes por aumento de distancia. La **figura 9g** ilustra una visualización de bordes táctiles mediante un fluido intersticial 41, por ejemplo, un líquido magnetorreológico. Se varía la dureza, las propiedades viscosas y el coeficiente de fricción en los espacios intermedios; los elementos hápticos 36 (baldosas) son adecuados para generar campos eléctricos o magnéticos. De esta manera se varía el volumen del espacio intermedio, destacándolo o minimizándolo. En el caso de los gases, por ejemplo, se cambia la temperatura como corresponda. La **figura 9h** muestra un cambio en la curva de los bordes mediante el ajuste del volumen de cuerpo sólido, mientras que la **figura 9i** muestra el cambio en la curva de los bordes mediante la variación del espacio intermedio. En esta variante, se varía la distancia o la posición de las baldosas 36 y, de esta manera, el fluido encerrado (aire, líquido) se destaca o minimiza parcial o completamente.

55

La inclusión de interacción física basada en el tacto con objetos tridimensionales virtuales objetivados ofrece posibilidades completamente nuevas para las tecnologías de realidad virtual. Por un lado, la inmersión de un usuario en mundos virtuales es posible de tal manera que prácticamente ya no puede distinguirlo del mundo real. Por otro lado, nuestro sistema permite enfoques completamente nuevos en la simulación y presentación de objetos. A continuación se describen algunos ejemplos para representar muchas otras aplicaciones concebibles.

60

Los sistema de diagnóstico en base a imágenes, por ejemplo, la medición de impedancia, ecografía, la tomografía por resonancia magnética, la gammagrafía, la tomografía por emisión de positrones, la tomografía computarizada por emisión de fotón único, la termografía, la tomografía computarizada, la tomografía de volumen digital, la electroencefalografía, así como también los procedimientos ópticos, por lo general registran los datos tridimensionales de ciertas propiedades del cuerpo examinado con alta resolución espacial. Esto puede incluir su densidad, contenido de agua, presencia de ciertas sustancias como marcadores, o su actividad eléctrica. Los datos obtenidos se reproducen actualmente principalmente con una representación visual 2D o 3D de falso color. Por lo tanto, el análisis generalmente requiere conocimientos especializados y, por lo tanto, no se puede realizar de forma intuitiva y en tiempo real. El sistema de visualización 4-D de acuerdo con la invención con los sistemas *Morphling* de acuerdo con la invención posibilita, mediante la objetivación de los órganos o al menos de secciones de ellos, que estos se puedan reconocer de manera intuitiva con el sentido del tacto, tal como aprendió el profesional médico en sus estudios de cirugía convencional, sin necesidad de tener que efectivamente abrir un cuerpo. Tanto en la cirugía convencional en pacientes abiertos como con la pantalla 4D, se palpa el tejido en busca de propiedades mecánicas de modo que, por ejemplo, se puede determinar un endurecimiento de forma fácil, segura, precisa, intuitiva y en tiempo real.

En la cirugía mínimamente invasiva en combinación con un sistema de diagnóstico en base a imágenes perioperatorio, las ventajas de la cirugía convencional en pacientes abiertos se combinan con las ventajas de la cirugía mínimamente invasiva. El cirujano puede ver los datos determinados por los sistemas de diagnóstico en base a imágenes y reproducirlos en tiempo real como un órgano objetivado y sentirlo con sus manos para poder explorar de forma intuitiva y directa el campo quirúrgico e inmediatamente realizar o iniciar el tratamiento quirúrgico o de otro tipo adecuado. Si los elementos de control de las herramientas mínimamente invasivas se coordinan con los objetos virtuales objetivados, es posible realizar la operación directamente sobre el objeto virtual objetivado. Es ventajoso que se puedan utilizar funciones de zoom, llegar a los órganos y otras partes, lo que es posible gracias al procesamiento electrónico de datos y la presentación especial de datos, que pueden facilitar considerablemente el diagnóstico y el tratamiento. Además, así también se puede acceder a los órganos mediante el tacto, en zonas donde en realidad está estrictamente prohibido, por ejemplo, en el cerebro.

Con la tecnología de visualización 4D de acuerdo con la invención, también se pueden implementar bibliotecas de objetos virtuales para que, por ejemplo, muestras de animales y órganos se vuelvan obsoletas; hallazgos quirúrgicos en el estado digitalizado se puedan presentar de manera inmediata a estudiantes y a otras partes interesadas sin la necesidad de usar muestras reales; el público en general pueda tener acceso a objetos muy raros o costosos, como obras de arte, por ejemplo, en museos; o también se pueda simular la háptica de objetos en su proceso de creación sin necesidad de tener que realizarlos efectivamente y, de esta manera, se puedan examinar. Esta posibilidad de simular objetos reales existentes o imaginables en forma de objetivación de objetos virtuales tridimensionales da al proceso de creación posibilidades completamente nuevas, así como también a la presentación de resultados o características de equipamiento seleccionables tanto a nivel interno de las empresas como para los clientes, porque ahora es posible transmitir una impresión general.

La tecnología de visualización 4D de acuerdo con la invención también puede cambiar drásticamente las compras por Internet. Ahora el cliente tiene la oportunidad de examinar la háptica de prendas de vestir, juegos de muebles o fundas para asientos de automóvil desde la comodidad de su hogar y así tomar decisiones de compra más informadas.

El cine también puede beneficiarse significativamente del sistema de visualización 4D de acuerdo con la invención. Mientras que los espectadores todavía tienen un papel pasivo en las empresas 3D normales, en la realidad virtual actual tienen una posición central y pueden mirar para todas partes. Pueden visitar sitios a los que normalmente no podrían ir. Con la tecnología de visualización 4D de acuerdo con la invención, no solo se pueden ver los objetos virtuales o el entorno virtual, sino también tocarlos. En "Jurassic Park", por ejemplo, los dinosaurios no solo se pueden ver sino también tocar.

La inmersión en los mundos virtuales de un usuario, incluido el canal de datos visual, auditivo y táctil completo, permite al usuario desarrollar una percepción general, de modo que ya no puede distinguir el mundo virtual del mundo real. Gracias a esto, los juegos de ordenador se pueden realizar con posibilidades completamente nuevas basadas en métodos completamente nuevos. La relación con objetos o actores en las redes sociales también se puede desarrollar sobre nuevos cimientos. En definitiva, los actores también pueden interactuar físicamente entre sí a larga distancia; esto también es posible con actores puramente virtuales.

Referencias

60 1 Objeto tridimensional virtual

2	Sección de objeto en el punto de colisión
3	Mano del usuario
4	Sistema de visualización háptica, <i>Morphling</i>
5	Dispositivo de posicionamiento
5 6	Unidad de pantalla táctil
7	Mecanismo de deformación
8	Pantalla táctil deformable
9	Mesa de posicionamiento XY
9a	Accionamiento del eje X
10 9b	Accionamiento del accionamiento del eje Y
9c	Plataforma de posicionamiento
10	Hexápodo
10a	Plataforma inferior
10b	Elemento de accionamiento
15 10c	Plataforma superior posicionada
11	Elemento de accionamiento traslacional
12	Elemento de accionamiento giratorio
13	Brazo giratorio
14	Elemento de accionamiento traslacional
20 15	Elemento de accionamiento lineal en forma de barra
16	Elemento de cabeza
17	Elemento de accionamiento lineal en forma de barra
18	Placa de sujeción
19	Placa soporte
25 20	Mecanismo de fijación
21	Molde (forma positiva)
22	Elemento de barra
23	Placa de reinicio
24	Elemento de expansión de fluidos
30 25	Válvula
25a	Válvula del lado de entrada
25b	Válvula del lado de salida
26	Entrada de fluido
27	Salida de fluido
35 28	Placa soporte
29	Cámaras de fluido
30	Pared de la cámara
31	Superficie de la pantalla táctil
32	Barra de flexión
40 33	Anillo de soporte
34	Barra de soporte
35	Elemento de accionamiento lineal en forma de barra
36	Elemento de pantalla táctil
37	Capa elastomecánica
45 38	Actuador para deformación de la estructura de soporte local
39	Elemento de la superficie
40	Articulación
41	Cuerpo sólido
42	Unimorfo o bimorfo
50 43	Elemento de bloqueo
44	Bolsa de masa fundida o hidráulica o neumática
45	Convertidores piezoeléctricos o de fase
46	Superficie con dentado o mayor fricción

REIVINDICACIONES

1. Sistema de visualización háptica (4), que comprende:
 - 5 - una pantalla táctil deformable (8) que puede cambiar de forma, que transmite propiedades táctiles relacionadas con la superficie,
- un mecanismo de deformación (7) que ajusta la pantalla táctil deformable (8) a la forma del segmento de superficie (2) del objeto que se desea mostrar, en el que el mecanismo de deformación (7) presenta varios subelementos (15, 17, 22, 24, 33, 34) que están diseñados para poder posicionarse uno respecto al otro de forma
10 variable,
caracterizado por que el sistema de visualización háptica (4) presenta además un dispositivo de posicionamiento (5) que la pantalla táctil (8) coloca en la posición correcta en la posición del segmento de superficie o sección (2) táctil que se desea mostrar de un objeto virtual 3D (1) en el espacio tridimensional.
 - 15 2. Sistema de visualización háptica (4) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el dispositivo (5) de posicionamiento en el espacio tridimensional del sistema de visualización háptica (4) está configurado como un brazo robótico, un robot delta, un hexápodo (10), un sistema de múltiples ejes o un sistema de cámaras.
 - 20 3. Sistema de visualización háptica (4) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** la pantalla táctil (8) presenta una segmentación o subdivisión en varios elementos (36) cuyo comportamiento puede controlarse independientemente entre sí.
 - 25 4. Sistema de visualización háptica (4) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** el sistema de visualización háptica (4) presenta al menos un dispositivo de generación de vibraciones, que genera una vibración tangible en la pantalla táctil (8) o en subelementos individuales de la pantalla táctil (8).
 5. Sistema de visualización háptica (4) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por**
30 **que** el sistema de visualización háptica (4) comprende pantallas estáticas (8).
 6. Sistema de visualización háptica (4) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** la pantalla táctil (8) presenta subelementos (36) que están diseñados para ser controlados de forma capacitiva, piezoeléctrica, electrodinámica, electromagnética, electromecánica o magnetoestrictiva o como elementos
35 elastoméricos dieléctricos o están diseñados para ejercer un efecto sobre la mano u otras partes del cuerpo del usuario en el punto de colisión de forma neumática, hidráulica o fluida.
 7. Sistema de visualización háptica (4) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** la pantalla táctil (8) y/o los subelementos (36) están diseñados para que se pueda regular su temperatura.
 - 40 8. Sistema de visualización háptica (4) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que los** subelementos (29) del mecanismo de deformación (7) están diseñados de tal manera que sus dimensiones están diseñadas para ser variables aumentando o disminuyendo el volumen o un como elemento actuador.
 - 45 9. Sistema de visualización háptica (4) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** el mecanismo de deformación (7) de la pantalla táctil (8) presenta un sustrato portador (28) que está diseñado para alojar uno o varios elementos actuadores (35).
 10. Sistema de visualización háptica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que**
50 el mecanismo de deformación (7) de la pantalla táctil (8) está diseñado como un elemento actuador, que está formado por una pluralidad de subelementos actuadores (35, 38), o está diseñado como un sistema multicámara (29, 30).
 11. Sistema de visualización háptica (4) de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado por que los** subelementos actuadores (35) están diseñados en forma de varilla.
 - 55 12. Sistema de visualización háptica (4) de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado por que** el sistema multicámara (29, 30) está diseñado de tal manera que las cámaras (29) pueden llenarse individualmente de forma neumática, fluida, hidráulica y/o con materiales granular.
 - 60 13. Sistema para interactuar con objetos virtuales (1), que comprende:

- al menos un primer dispositivo para registrar datos tridimensionales de al menos un usuario,
 - un dispositivo para registrar datos tridimensionales de al menos un objeto,
 - al menos un dispositivo de procesamiento de datos para procesar en tiempo real los datos tridimensionales registrados del usuario y para generar una representación visual de los datos tridimensionales del usuario,
 - un dispositivo de procesamiento de datos para procesar los datos tridimensionales obtenidos de un objeto en tiempo real y para generar una representación visual tridimensional del objeto (1) en tiempo real,
 - al menos un subsistema visual con un dispositivo de visualización para representar visual y sincronizadamente los datos tridimensionales de al menos un objeto (1) y del usuario y
 - al menos un sistema de visualización háptica (4) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.
14. Procedimiento para la interacción de objetos virtuales (1) con el sistema de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende los pasos:
- obtención de datos tridimensionales de al menos un usuario en tiempo real,
 - registro del movimiento y las fuerzas de compresión y/o las tensiones mecánicas provocadas por el usuario en el punto de colisión,
 - procesamiento de los datos registrados del movimiento y las fuerzas de compresión y/o las tensiones mecánicas provocadas,
 - generación de una representación visual en tiempo real de al menos una parte del cuerpo del usuario basada en los datos tridimensionales del usuario,
 - generación de una representación visual tridimensional en tiempo real de un objeto (1) basada en los datos tridimensionales del objeto,
 - visualización sincronizada en tiempo real de los datos tridimensionales del objeto (1) y de al menos una parte del cuerpo del usuario en un subsistema visual, en el que los datos tridimensionales visualizados del objeto (1) se representan con los datos tridimensionales visualizados del usuario en el dispositivo de visualización del subsistema visual, en el que la representación de la interacción de al menos una parte del usuario visualizado con el objeto visualizado (1) en el subsistema visual y la interacción simultánea del usuario con una pantalla táctil (8) de un sistema de visualización háptica (4) tiene lugar según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que se determina un punto de colisión cuando al menos una parte del usuario visualizado colisiona con el objeto visualizado (1) y los datos tridimensionales del objeto se muestran en el sistema de visualización háptica (4) en el punto de colisión de al menos una parte del usuario visualizado con el objeto visualizado (1).
15. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, **caracterizado por que** los datos tridimensionales de al menos un objeto se registran en tiempo real, en el que el objeto que se desea visualizar se registra mediante un dispositivo de registro de datos tridimensionales.
16. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 14 o 15, que comprende además:
- registro del movimiento ocular del usuario,
 - procesamiento de los datos registrados del movimiento ocular y determinación de un campo visual activo del usuario,
 - implementación de los datos registrados del movimiento ocular y del campo visual activo en el subsistema visual, en el que los datos registrados del movimiento ocular del usuario controlan un ajuste local de la representación visual del objeto y la representación visual del movimiento de la mano en el área del campo visual activo.
17. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, que comprende además:
- registro del movimiento y las fuerzas de compresión y/o las tensiones mecánicas provocadas por el usuario en el punto de colisión,
 - procesamiento de los datos registrados del movimiento y las fuerzas de compresión y/o las tensiones mecánicas provocadas,
 - implementación en el sistema para la representación virtual del objeto de los datos registrados del movimiento y de las fuerzas de compresión y/o de los mecanismos de tensión que provocan, en el que los datos registrados del movimiento y de las fuerzas de compresión del usuario controlan un ajuste local de la representación visual del objeto y la representación visual del movimiento de la mano en el área del campo visual activo.
18. Uso de un sistema de visualización háptica (4) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 en un sistema para interactuar con objetos virtuales de acuerdo con la reivindicación 13 y en un procedimiento para interactuar con datos virtuales según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 17.

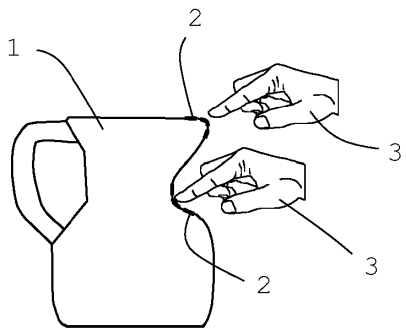


Fig. 1a

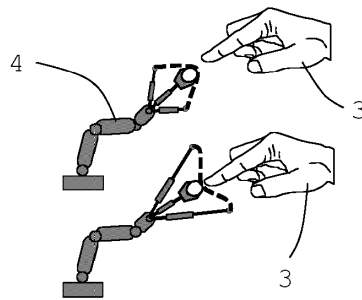


Fig. 1b

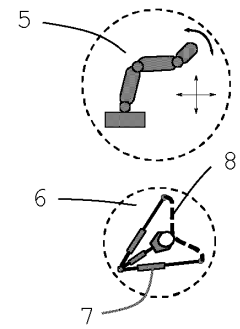


Fig. 1c

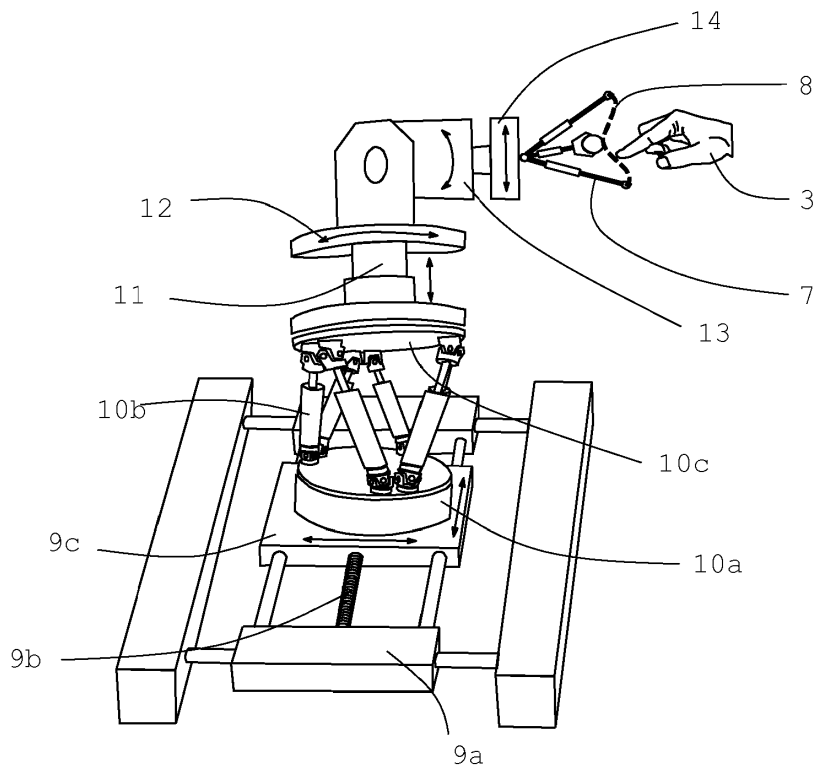


Fig. 2

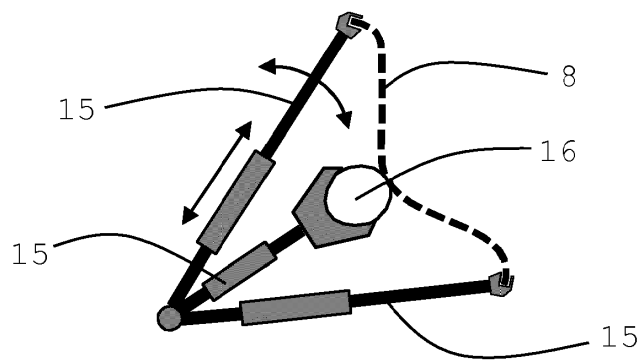


Fig. 3

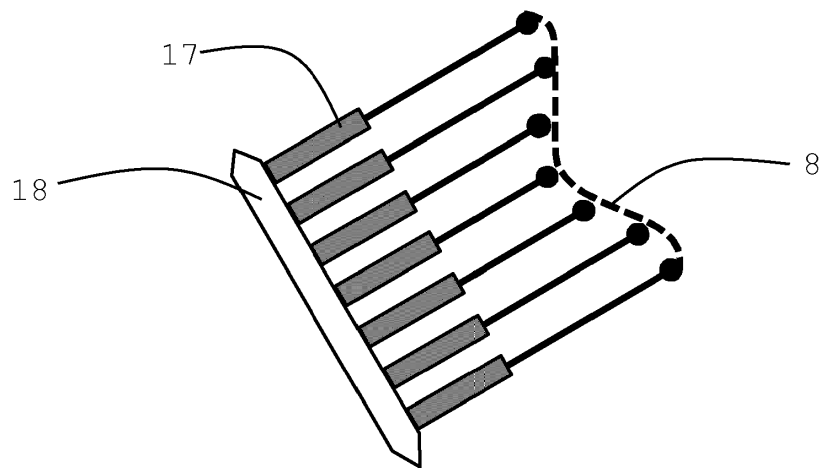


Fig. 4

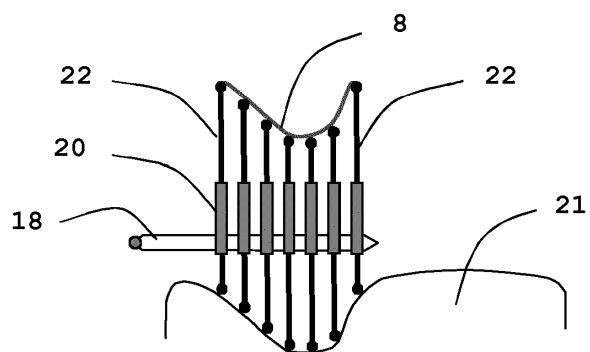


Fig. 4a

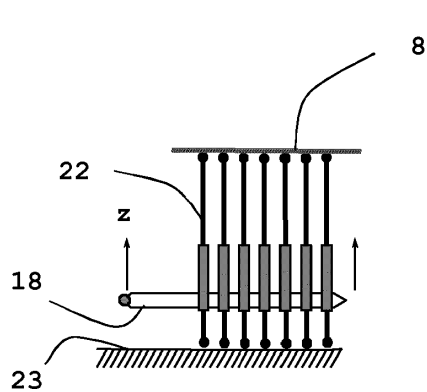


Fig. 4b

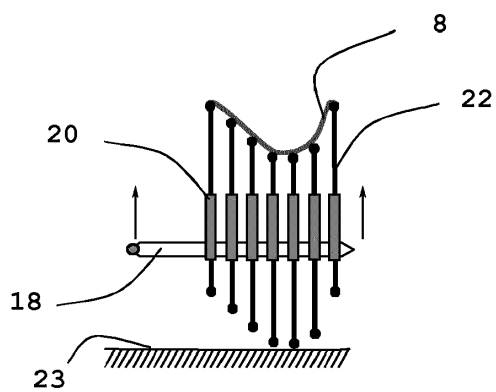


Fig. 4c

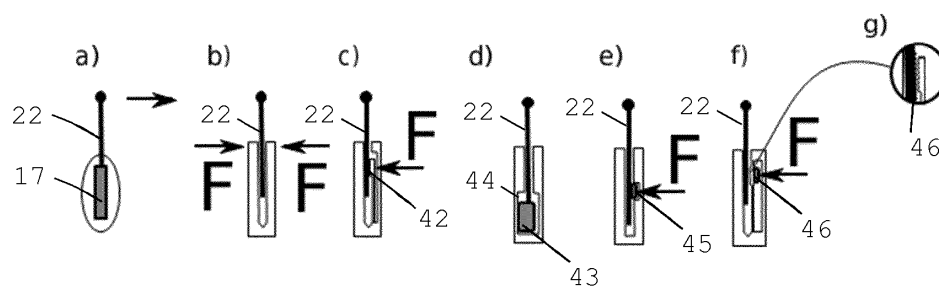


Fig. 5

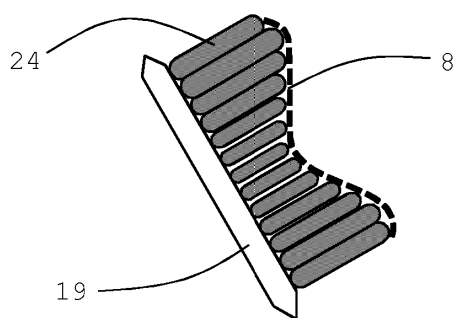


Fig. 6

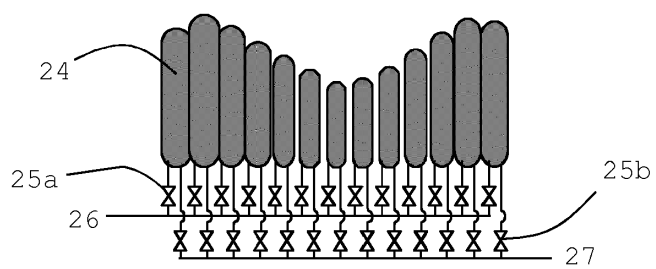


Fig. 6a

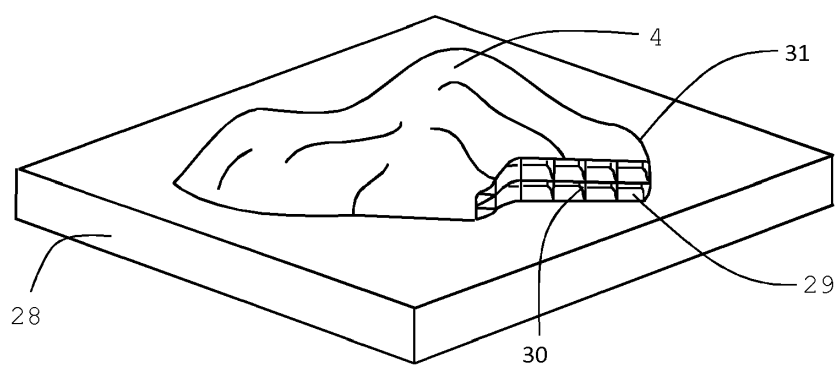


Fig. 7

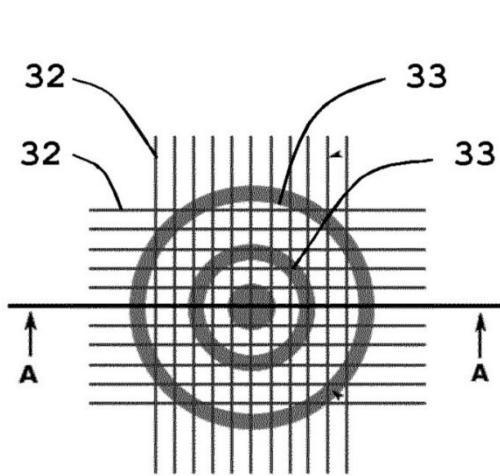


Fig. 8a

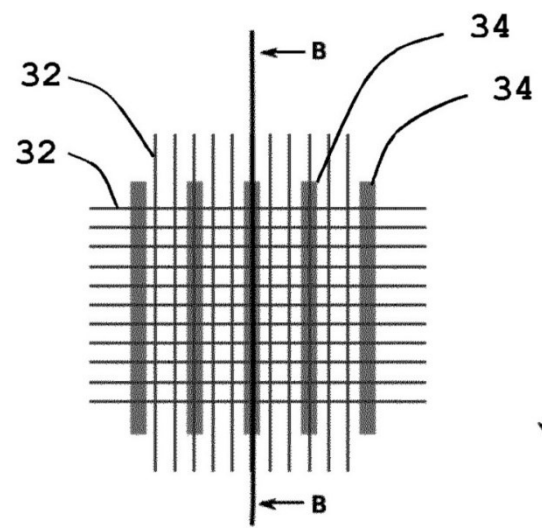
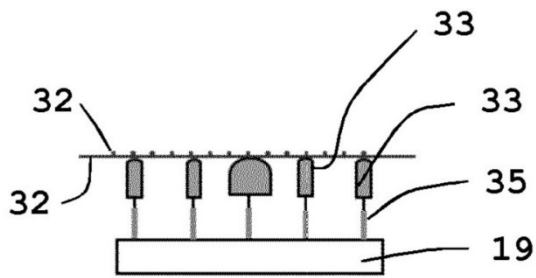
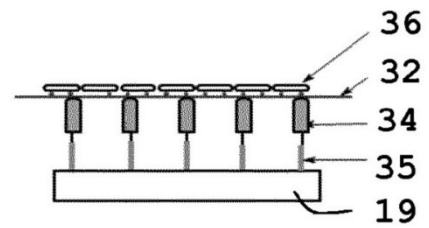


Fig. 8b



Sección AA



Sección BB

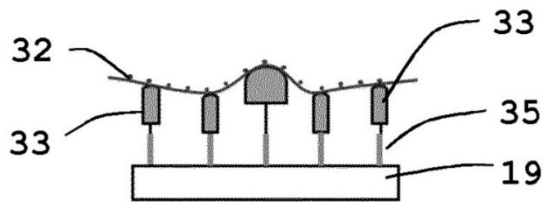


Fig. 8c

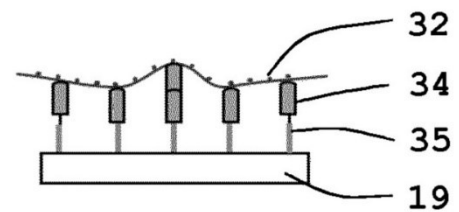


Fig. 8d

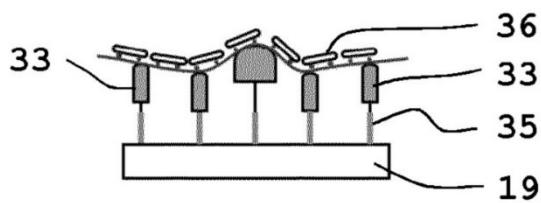


Fig. 8e

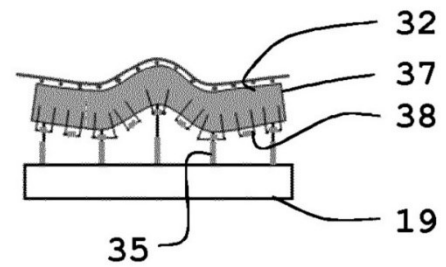


Fig. 8f

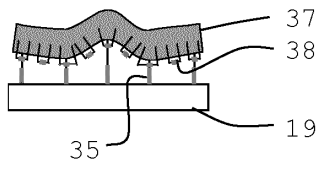


Fig. 8g

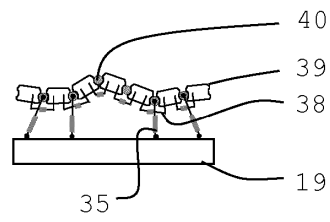


Fig. 8h

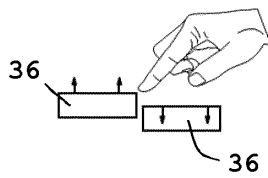


Fig. 9a

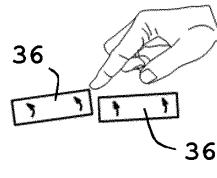


Fig. 9b

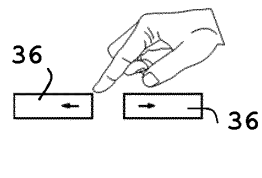


Fig. 9c

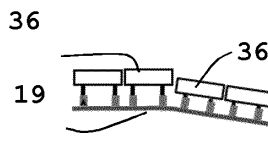


Fig. 9d

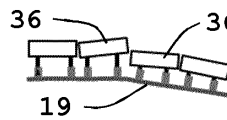


Fig. 9e

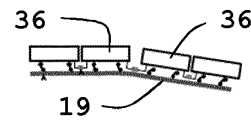


Fig. 9f

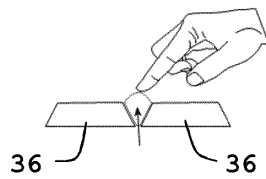


Fig. 9g

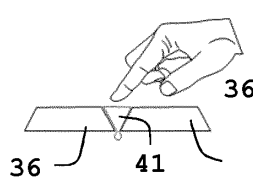


Fig. 9h

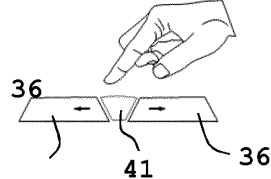


Fig. 9i