

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 871 867**

51 Int. Cl.:

B25J 9/00 (2006.01)

B25J 9/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.11.2018** **PCT/EP2018/080578**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.05.2019** **WO19092088**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.11.2018** **E 18803902 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.03.2021** **EP 3678821**

54 Título: **Sistema de exoesqueleto, dispositivo de control y procedimiento**

30 Prioridad:

09.11.2017 DE 102017126259

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

02.11.2021

73 Titular/es:

UNIVERSITÄT STUTTGART (100.0%)

Keplerstraße 7

70174 Stuttgart, DE

72 Inventor/es:

SIEGERT, JOERG y

SCHNEIDER, URS

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 871 867 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 de exoesqueleto, dispositivo de control y procedimiento

5 La presente invención se refiere al campo de los sistemas de asistencia llevados en el cuerpo y, en particular, a un sistema de endo/exoesqueleto, un dispositivo de control y un procedimiento.

Los exoesqueletos son conocidos del estado de la técnica.

10 Estos exoesqueletos son generalmente estructuras de apoyo externas, entre otras, armaduras, que pueden asistir o reforzar los movimientos de un portador, por ejemplo, con la ayuda de articulaciones accionadas por medio de servomotores. Los exoesqueletos artificiales se están empleando desde hace mucho tiempo en la medicina, por ejemplo, como órtesis. La presente invención trata de endo y/o exoesqueletos artificiales.

15 Los campos de aplicación ventajosos de los exoesqueletos incluyen aplicaciones médicas, aplicaciones industriales así como aplicaciones militares. En el campo médico, los exoesqueletos se utilizan especialmente en el campo de la robótica de rehabilitación y se utilizan como asistencia en caso de déficits físicos. En los campos industrial y militar, los exoesqueletos tienen por objeto aumentar la capacidad de los usuarios, especialmente aumentar su fuerza, por ejemplo, para la elevación y el transporte de cargas pesadas, así como para incrementar la resistencia de los usuarios.

20 Un ejemplo de un exoesqueleto en forma de un traje de exoesqueleto es el HAL ("Hybrid Assistive Limb", es decir, miembros híbridos de asistencia) de la Universidad Tsukuba de Japón y de la compañía de robótica Cyberdyne Inc.

25 Del documento EP3173191A2 se conoce un procedimiento para la estimación de la postura de una ayuda robótica para andar.

Del documento US9655805B2 se conoce además un robot de asistencia para caminar y un procedimiento de control correspondiente.

30 El documento US7,774,177B2 describe un dispositivo de control de exoesqueleto para un sistema de exoesqueleto de malla.

35 Un reto consiste en concebir el diseño mecánico del exoesqueleto de tal manera que un movimiento del exoesqueleto coincida con un movimiento del usuario. Preferiblemente, el exoesqueleto se adapta al cuerpo del usuario de tal forma que las articulaciones del exoesqueleto estén situadas cerca de las articulaciones del usuario. Hernandez y col. describen en "Refinement of exoskeleton design using multibody modeling: an overview ", CCToMM Mechanics, Machines and Mechatronics (M3) Symposium, 2015, que para la concepción de un exoesqueleto se puede tomar como base un sistema multicorporal del cuerpo humano para deducir de ello los grados de libertad necesarios para el diseño mecánico del exoesqueleto.

40 La excitación de un exoesqueleto conocido puede realizarse de dos maneras. En primer lugar, el exoesqueleto puede seguir un movimiento impuesto por el usuario. Para ello, se puede captar un deseo de movimiento del usuario. Por ejemplo, un sensor de presión o un sensor de par en una articulación del exoesqueleto pueden captar un movimiento del usuario y este es seguido por el exoesqueleto. Alternativamente, puede estar previsto un sensor EMG (electromiograma) que capte la excitación de un músculo o de un grupo de músculos. El exoesqueleto puede realizar un movimiento correspondiente a la excitación del músculo. Por lo tanto, el mero movimiento o deseo de movimiento del usuario controla el exoesqueleto.

45 En segundo lugar, especialmente en el campo de la medicina de rehabilitación, el exoesqueleto puede imponer al usuario un movimiento predefinido. De esta manera, se pueden volver a aprender secuencias de movimiento que se han perdido, por ejemplo, como consecuencia de un ictus.

55 Una desventaja de los sistemas de exoesqueleto existentes es un control relativamente impreciso. Los inventores han detectado que esto resulta problemático especialmente cuando varias personas, cada una de las cuales lleva un exoesqueleto, trabajan juntas. Una primera propuesta de solución consiste en mejorar el sistema sensorial para la captación de los deseos de movimiento de los usuarios y hacer posible de esta manera un control más preciso de los exoesqueletos individuales respectivamente.

60 Antes estos antecedentes, la presente invención tiene el objetivo de proporcionar un sistema de exoesqueleto mejorado. En particular, sería deseable seguir mejorando la interacción entre el hombre y el exoesqueleto.

Por lo tanto, según un primer aspecto de la presente invención se propone proporcionar un sistema de exoesqueleto presentando el sistema de exoesqueleto:

- una primera unidad de exoesqueleto para la asistencia a una primera parte del cuerpo;
- una segunda unidad de exoesqueleto para la asistencia a una segunda parte del cuerpo; y
- un dispositivo de control;

5 estando realizado el dispositivo de control para excitar la primera unidad de exoesqueleto y/o la segunda unidad de exoesqueleto, basándose en un modelo de regulación, estando basado el modelo de regulación en un sistema multicorporal, que modela (o reproduce) (al menos parcialmente)

- la primera unidad de exoesqueleto,
- la segunda unidad de exoesqueleto; y
- 10 - la primera y/o la segunda parte del cuerpo, estando desacopladas mecánicamente entre sí la primera unidad de exoesqueleto y la segunda unidad de exoesqueleto

siendo la primera parte del cuerpo, asistida por la primera unidad de exoesqueleto, una parte del cuerpo de un primer usuario; y

15 siendo la segunda parte del cuerpo, asistida por la segunda unidad de exoesqueleto, una parte del cuerpo de un segundo usuario.

Según un segundo aspecto de la presente invención, se propone un dispositivo de control para la excitación de una primera y/o segunda unidad de exoesqueleto de un sistema de exoesqueleto, presentando el sistema de exoesqueleto la primera unidad de exoesqueleto para la asistencia a una primera parte del cuerpo y la segunda unidad de exoesqueleto para la asistencia a una segunda parte del cuerpo; estando realizado el dispositivo de control para excitar la primera unidad de exoesqueleto y/o la segunda unidad de exoesqueleto a base de un modelo de regulación, estando basado el modelo de regulación en un sistema multicorporal que modela

- 25 - la primera unidad de exoesqueleto,
- la segunda unidad de exoesqueleto; y
- la primera y/o la segunda parte del cuerpo;

30 estando desacopladas mecánicamente entre sí la primera unidad de exoesqueleto y la segunda unidad de exoesqueleto; siendo la primera parte del cuerpo, asistida por la primera unidad de exoesqueleto, una parte del cuerpo de un primer usuario; y siendo la segunda parte del cuerpo, asistida por la segunda unidad de exoesqueleto, una parte del cuerpo de un segundo usuario.

Según un tercer aspecto de la presente invención, se propone un procedimiento para la excitación de una primera y/o segunda unidad de exoesqueleto de un sistema de exoesqueleto, presentando el sistema de exoesqueleto la primera unidad de exoesqueleto para la asistencia a una primera parte del cuerpo y la segunda unidad de exoesqueleto para la asistencia a una segunda parte del cuerpo; estando desacopladas mecánicamente entre sí la primera unidad de exoesqueleto y la segunda unidad de exoesqueleto; siendo la primera parte del cuerpo, asistida por la primera unidad de exoesqueleto, una parte del cuerpo de un primer usuario; y siendo la segunda parte del cuerpo, asistida por la segunda unidad de exoesqueleto, una parte del cuerpo de un segundo usuario; presentando el procedimiento los siguientes pasos:

- la determinación de un modelo de regulación, estando basado el modelo de regulación en un sistema multicorporal que modela la primera unidad de exoesqueleto, la segunda unidad de exoesqueleto, y la primera y/o segunda parte del cuerpo; y
- 45 - la excitación de la primera unidad de exoesqueleto y/o de la segunda unidad de exoesqueleto, en base al modelo de regulación.

Según otro aspecto de la presente invención, se propone proporcionar un programa informático o un producto de programa informático con un código de programa, que está concebido para ejecutar dicho procedimiento cuando el producto de programa informático se está ejecutando en un dispositivo de procesamiento de datos.

50 La solución propuesta resulta especialmente ventajosa si varios usuarios, cada uno de los cuales lleva un exoesqueleto o una unidad de exoesqueleto, trabajan juntos. En lugar de que posibles errores que se produzcan durante la excitación individual de las diferentes unidades de exoesqueleto por los respectivos usuarios se vayan sumando en el marco de una propagación de errores, se puede realizar una regulación integral basada en el sistema multicorporal. Por ejemplo, se puede lograr una distribución equilibrada de la carga entre varias personas involucradas y sus unidades de exoesqueleto, opcionalmente teniendo en cuenta las condiciones marco, como los estados de carga de las unidades de exoesqueleto.

60 Los inventores han encontrado que, en lugar de mejorar de forma costosa un sistema sensorial para la captación de los deseos de movimiento de los usuarios, como en el estado de la técnica, permitiendo por tanto tan solo un control más preciso de unidades de exoesqueleto individuales respectivamente, la acción conjunta de varias unidades de exoesqueleto puede seguir mejorándose mediante una observación y un control integrales como sistema

multicorporal.

El sistema de exoesqueleto presenta una primera unidad de exoesqueleto para la asistencia a una primera parte del cuerpo y una segunda unidad de exoesqueleto para la asistencia a una segunda parte del cuerpo. Por ejemplo, la primera unidad de exoesqueleto puede ser el exoesqueleto de un primer usuario y la segunda unidad de exoesqueleto puede ser el exoesqueleto de un segundo usuario. La primera unidad de exoesqueleto y la segunda unidad de exoesqueleto preferiblemente están desacopladas mecánicamente entre sí. En otras palabras, la primera unidad de exoesqueleto y la segunda unidad de exoesqueleto pueden ser unidades de exoesqueleto separadas. En particular, las unidades del exoesqueleto no están acopladas directa o indirectamente por componentes adicionales. En particular, no se produce ninguna transmisión de fuerza por un acoplamiento mecánico. De este modo se garantiza un alto grado de flexibilidad.

No obstante, se propone un dispositivo de control general que está realizado para excitar el primer módulo de exoesqueleto y/o el segundo módulo de exoesqueleto, basándose en un modelo de regulación (adaptativo), estando basado el modelo de regulación en un sistema multicorporal que modela al menos parcialmente tanto la primera unidad de exoesqueleto como la segunda unidad de exoesqueleto y, preferiblemente, también la primera y/o segunda parte del cuerpo. Al modelarse como componentes de un sistema multicorporal común la primera y la segunda unidades de exoesqueleto desacopladas mecánicamente entre sí, al excitarse la primera y/o la segunda unidad de exoesqueleto se puede tener en cuenta el estado de la otra unidad respectivamente. De forma opcional, la excitación también se mejora por el hecho de que en el sistema multicorporal en el que se basa el modelo de regulación para la excitación se tienen en cuenta también la primera y/o segunda parte del cuerpo. En otras palabras, la primera y/o la segunda parte del cuerpo, junto con la primera unidad de exoesqueleto y la segunda unidad de exoesqueleto, pueden representar un híbrido que se toma como base para la excitación en el marco de una regulación basada en modelos.

En el marco de la presente invención, por sistema de exoesqueleto se entiende un sistema de asistencia artificial llevado en el cuerpo para la asistencia durante actividades mecánicas de uno o varios usuarios. En el marco de la presente invención, una unidad de exoesqueleto no está limitada exclusivamente a una unidad de exoesqueleto externa, sino que también puede referirse a una unidad de exoesqueleto implantable (al menos parcialmente), que también puede denominarse unidad de endoesqueleto. Por lo tanto, un ejemplo de una unidad de exoesqueleto implantada sería una articulación artificial motorizada o accionada por un actuador. En el marco de la presente invención, por un sistema de exoesqueleto se entiende, por tanto, un sistema de exoesqueleto y/o de endoesqueleto con una primera unidad de exoesqueleto y/o de endoesqueleto para la asistencia a una primera parte del cuerpo y una segunda unidad de exoesqueleto y/o de endoesqueleto para la asistencia a una segunda parte del cuerpo, denominándose el sistema y sus unidades correspondientes de forma abreviada como sistema de exoesqueleto y unidad de exoesqueleto.

En el marco de la presente invención, por dispositivo de control se entiende un dispositivo de control y/o de regulación (unidad de control). Por lo tanto, puede estar previsto un bucle de regulación cerrado o abierto.

La primera unidad de exoesqueleto puede presentar un actuador para la asistencia a la primera parte del cuerpo. La segunda unidad de exoesqueleto puede tener un actuador para la asistencia a la segunda parte del cuerpo. El dispositivo de control puede estar realizado para excitar el actuador de la primera unidad de exoesqueleto y/o el actuador de la segunda unidad de exoesqueleto a base del modelo de regulación basado en el sistema multicorporal. Por ejemplo, el actuador puede ser una articulación motora para la apoyar la fuerza.

La primera parte del cuerpo, asistida por la primera unidad de exoesqueleto es una parte del cuerpo de un primer usuario. La segunda parte del cuerpo, asistida por la segunda unidad de exoesqueleto, es una parte del cuerpo de un segundo usuario. Una ventaja de esta forma de realización consiste en que pueden cooperar un primer usuario y un segundo usuario con sus respectivas unidades de exoesqueleto. Por el hecho de que las dos unidades son parte del mismo sistema multicorporal y modelo de regulación, la asistencia por las respectivas unidades de exoesqueleto se coordina entre sí de manera ventajosa. Alternativamente, la primera unidad de exoesqueleto y la segunda unidad de exoesqueleto pueden asistir a diferentes partes del cuerpo del mismo usuario. Por ejemplo, se puede realizar una asistencia selectiva a partes individuales del cuerpo como, por ejemplo, la rodilla izquierda y el codo derecho o la columna vertebral, sin que la primera unidad de exoesqueleto y la segunda unidad de exoesqueleto estén acopladas mecánicamente entre sí. Por lo tanto, se puede realizar una asistencia selectiva y, no obstante, coordinada entre sí, a partes individuales del cuerpo. Al mismo tiempo, se puede prescindir de la asistencia innecesaria a partes del cuerpo y/o articulaciones intermedias que no estén afectadas (como se produciría por ejemplo en un exoesqueleto de cuerpo entero). Preferiblemente, de esta manera se puede reducir el peso y obtener una libertad de movimiento de las partes no asistidas del cuerpo del usuario.

En una forma de realización, la primera unidad de exoesqueleto puede presentar un primer actuador para la asistencia a la primera parte del cuerpo y la segunda unidad de exoesqueleto puede presentar un segundo actuador para la asistencia a la segunda parte del cuerpo. El dispositivo de control puede estar realizado para controlar el primer actuador de la primera unidad de exoesqueleto y/o el segundo actuador de la segunda unidad de exoesqueleto, basándose en el modelo de regulación.

Preferiblemente, el dispositivo de control puede estar realizado para crear de forma autónoma el modelo de regulación con el sistema multicorporal, basándose en la información sobre la primera unidad de exoesqueleto, la segunda unidad de exoesqueleto y la primera y/o segunda parte del cuerpo. Esta información puede facilitarse a través de una interfaz o, alternativamente, se capta a través de un sistema sensorial. Por ejemplo, la primera y/o la segunda unidad de exoesqueleto pueden presentar un identificador, a base del cual se puede obtener un modelo de estas unidades a partir de una base de datos. De manera correspondiente, se puede captar información del modelo relativa al usuario, como la estatura, el peso o la longitud de brazo, a través de una interfaz o un sistema sensorial. Una ventaja de esta solución consiste en que la excitación se puede adaptar de forma flexible a las unidades de exoesqueleto empleadas y a la primera y/o segunda parte del cuerpo. Se entiende que por creación del modelo de regulación con el sistema multicorporal también puede entenderse una adaptación o parametrización de un modelo de regulación depositado ya.

Preferiblemente, el sistema de exoesqueleto puede presentar además un sensor para captar una posición relativa entre la primera unidad de exoesqueleto y la segunda unidad de exoesqueleto. Una ventaja de esta forma de realización consiste en que la excitación puede mejorarse aún más mediante una coordinación más exacta del accionamiento de las unidades de exoesqueleto. Se entiende que también se puede captar respectivamente una posición absoluta y que la posición relativa de la primera unidad de exoesqueleto y de la segunda unidad de exoesqueleto puede ser calculada a partir de una diferencia de las posiciones absolutas. La posición puede incluir una posición y/u orientación de las unidades.

Preferiblemente, el dispositivo de control esté realizado para crear (o adaptar) el modelo de regulación de forma adaptativa, en base a al menos un parámetro de contexto. Una ventaja de esta forma de realización consiste en que además de los elementos del sistema multicorporal, también se puede tener en cuenta el contexto en el que debe actuar el sistema.

Preferiblemente, el dispositivo de control puede estar realizado para crear (o adaptar) el modelo de regulación de forma adaptativa, basándose en un estado fisiológico de un usuario de la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto. Por un estado fisiológico del usuario se puede entender, por ejemplo, un estado de salud. El estado fisiológico puede basarse en uno o varios de entre la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria, la saturación de oxígeno, la temperatura corporal, la cinemática, el balance hídrico, el tono muscular y/o el indicador de calambres musculares. Sin embargo, no se entiende por estado fisiológico del usuario un deseo de movimiento del usuario para el control del sistema de exoesqueleto. Por ejemplo, si el estado fisiológico del usuario indica una convulsión, se supone que el usuario realiza o realizará movimientos involuntarios que la unidad de exoesqueleto no debe seguir o incluso reforzar. Además, un aumento de la frecuencia cardíaca y/o respiratoria puede ser un indicio de un sobreesfuerzo del usuario, de modo que se puede ajustar el comportamiento de refuerzo de fuerza de la unidad de exoesqueleto para contrarrestar un sobreesfuerzo. En otro ejemplo de realización, el estado fisiológico del usuario puede indicar también que el usuario necesita atención médica, de modo que el modelo de regulación pueda adaptarse de forma adaptativa, por ejemplo, para ayudar al usuario a pasar a un estado seguro, como por ejemplo la posición lateral de seguridad.

Además, preferiblemente, el dispositivo de control puede estar realizado para crear o adaptar el modelo de regulación de forma adaptativa, en base a al menos un parámetro medioambiental. Los parámetros ambientales ejemplares son la temperatura ambiente, el aire, los ruidos y similares. Por ejemplo, se puede proporcionar mayor asistencia a temperaturas elevadas para evitar un sobreesfuerzo del usuario.

Preferiblemente, el dispositivo de control puede estar realizado para crear o adaptar el modelo de regulación de forma adaptativa, en base a una tarea que ha de ser resuelta. Una ventaja de esta forma de realización consiste en una excitación mejorada de la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto en el marco de la tarea que debe resolverse. Por lo tanto, puede lograrse un resultado mejorado, especialmente en el caso de una tarea que se debe resolver conjuntamente mediante la acción conjunta de los elementos del sistema multicorporal.

Un ejemplo del escenario para una tarea que debe ser resuelta conjuntamente es el mantenimiento de equilibrio de una barra, realizándose la regulación de tal forma que la barra se mantenga recta. Una tarea se puede describir como posicionamiento geométrico y/o cambio de posición bajo una secuencia cronológica de movimientos. Una tarea se puede proporcionar a través de una interfaz. La tarea también puede utilizarse como condición marginal para la modelización. Por ejemplo, si se manejan elementos sensibles, se puede definir un límite superior para valores de aceleración admisibles.

Preferiblemente, el dispositivo de control puede estar realizado para corregir o adaptar una señal de control para la excitación de la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto, provocada por una interacción de un usuario con la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto, en función de la tarea que ha de ser resuelta y/o a base de un estado del sistema multicorporal. Una ventaja de esta realización consiste en una regulación más precisa. Por ejemplo, si la tarea consiste en llevar una barra en posición horizontal, una elevación demasiado fuerte de la barra puede ser amortiguada por un usuario de una unidad de exoesqueleto, de modo que la barra se eleve sólo de tal forma que esté en equilibrio, pero no más allá de ello.

Preferiblemente, la unidad de control puede estar realizada para determinar la integridad técnica de la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto y para crear o adaptar el modelo de regulación de forma adaptiva a base de la integridad técnica. Una ventaja de esta forma de realización es que, por ejemplo, componentes que fallen o

5 componentes de funcionamiento limitado pueden tenerse en cuenta o compensarse en la regulación. Por ejemplo, si un actuador de una unidad de exoesqueleto falla por un defecto técnico o una acción externa, como por ejemplo un golpe o un objeto extraño, como una bala, el estado de una unidad de exoesqueleto adicional puede adaptarse en la regulación para compensar el fallo o la funcionalidad limitada de otra unidad de exoesqueleto.

Preferiblemente, la unidad de control además puede estar realizada para dirigir opcionalmente la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto (en función de un parámetro), para asistir o sobreexcitar al usuario de la respectiva unidad de exoesqueleto. En particular, el dispositivo de control puede estar realizado para sobreexcitar el usuario de la respectiva unidad de exoesqueleto y excitar la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto de forma que el sistema multicorporal pase a un estado seguro. Por ejemplo, un usuario que sufre una convulsión o que es herido

10 puede ser asistido en el paso a un estado seguro, por ejemplo, en lugar de caerse, ser conducido lentamente al suelo. En este contexto, el ser humano puede ser considerado como un componente flácido que es guiado por la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto. Alternativamente, la unidad de exoesqueleto puede retirar al usuario de una zona de peligro, por ejemplo, asistirle en un movimiento saliendo de la zona de peligro o realizar este. Por un estado seguro se entiende un estado definido geométricamente que reduce el potencial de peligro para el usuario

20 y/o para otros usuarios o su entorno.

Opcionalmente, la unidad de control puede estar formada como una unidad de control repartida, que puede estar repartida especialmente a través de varias unidades de exoesqueleto. Una ventaja de esta forma de realización consiste en un control descentralizado. En particular, la unidad de control repartida puede estar realizada de tal

25 forma que también un subgrupo o una parte de la unidad de control repartida puedan mantener el funcionamiento total. Una ventaja de esta forma de realización consiste en que en caso del fallo de un componente hay redundancia y se incrementa la seguridad. Además, una unidad de control repartida o modular permite una mejor gestión de la energía. Por ejemplo, se puede reducir el intercambio de datos entre las respectivas unidades de exoesqueleto y también puede realizarse un suministro de corriente local a una unidad de control asignada respectivamente a una unidad de exoesqueleto, de modo que no es necesario que una sola unidad de exoesqueleto garantice la alimentación del control del sistema en su conjunto.

Preferiblemente, la primera unidad de exoesqueleto y la segunda unidad de exoesqueleto pueden presentar un dispositivo de comunicación para la comunicación con el dispositivo de control.

35 Más ventajas resultan de la descripción y del dibujo adjunto.

Se entiende que las características antes mencionadas y las que aún se explicarán a continuación no solo pueden usarse en la combinación indicada, sino también en otras combinaciones o individualmente, sin abandonar el marco de la presente invención.

40

Ejemplos de realización de la invención están representados en los dibujos adjuntos y se explican con más detalle en la siguiente descripción.

la figura 1 muestra una forma de realización de un sistema de exoesqueleto en un primer escenario de aplicación;
la figura 2 muestra un diagrama con componentes de un sistema multicorporal;
la figura 3 muestra una modelación ejemplar de un cuerpo humano como sistema multicorporal;
la figura 4 muestra otra forma de realización de un sistema de exoesqueleto;
la figura 5 muestra un diagrama de bloques con componentes y factores de influencia para un modelo de regulación como base para la excitación de la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto por el dispositivo de control;
la figura 6 muestra otro escenario de aplicación de un sistema de exoesqueleto;
la figura 7 muestra otro escenario de aplicación de un sistema de exoesqueleto; y
la figura 8 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para la excitación de una primera y/o segunda unidad exoesqueleto de un sistema de exoesqueleto;

45
50
55

La figura. 1 muestra una forma de realización de un sistema de exoesqueleto con un dispositivo de control según la presente invención. El sistema de exoesqueleto está designado por el signo de referencia 1 en su conjunto.

60

El sistema de exoesqueleto 1 presenta una primera unidad de exoesqueleto 11 para la asistencia a una primera parte del cuerpo 21 y una segunda unidad de exoesqueleto 12 para la asistencia a una segunda parte del cuerpo 22. En el presente ejemplo de realización, la primera unidad de exoesqueleto 11 y la segunda unidad de exoesqueleto 12 son respectivamente exoesqueletos de cuerpo entero que asisten al aparato locomotor completo del primer usuario 2 o del segundo usuario 3 desde las piernas, pasando por la columna vertebral, hasta los brazos.

65

El sistema de exoesqueleto 1 presenta además un dispositivo de control 30. El dispositivo de control 30 está realizado para excitar la primera unidad de exoesqueleto 11 y/o la segunda unidad de exoesqueleto 12 de un sistema de exoesqueleto 1, basándose en un modelo de regulación, estando basado el modelo de regulación en un sistema multicorporal. El sistema multicorporal comprende o modela la primera unidad de exoesqueleto 11 y la segunda unidad de exoesqueleto 12. Además, el sistema multicorporal puede tener en cuenta y modelar adicionalmente la primera y/o la segunda parte del cuerpo 21, 22. La primera unidad de exoesqueleto 11 y la segunda unidad de exoesqueleto 12 están desacopladas mecánicamente entre sí. En el presente ejemplo de realización, se trata de dos exoesqueletos de cuerpo entero separados.

La unidad de exoesqueleto 11 puede estar compuesta por al menos dos elementos de exoesqueleto 14, 15 unidos entre sí por medio de un actuador 16. En el presente ejemplo de realización no limitativo, esto está representado a modo de ejemplo como asistencia de piernas del usuario 2, estando fijado el primer elemento de exoesqueleto 14 al muslo del usuario por medio de una primera interfaz mecánica o medios de fijación, y estando fijado el segundo elemento de exoesqueleto 15 a la parte inferior de la pierna del usuario por medio una segunda interfaz mecánica o medios de fijación. Por lo tanto, el actuador 16 puede asistir un movimiento de la pierna del usuario 2, por ejemplo, al caminar, al correr o estar de pie sin cansarse. Lo mismo es válido para la asistencia a los brazos y/o la columna vertebral del usuario. Se entiende que una unidad de exoesqueleto 11, 12 no tiene que ser necesariamente un exoesqueleto de cuerpo entero, sino que también puede asistir de manera selectiva a partes individuales del cuerpo del usuario.

Para excitar la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto 11, 12, puede existir un enlace de comunicación alámbrico o inalámbrico con la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto 11, 12. A tal fin, las unidades de exoesqueleto 11, 12 y el dispositivo de control 30 pueden presentar dispositivos de comunicación correspondientes.

En el presente escenario representado a modo de ejemplo, la tarea del primer y segundo usuario 2, 3 puede consistir en transportar un objeto 40 pesado manteniéndolo perfectamente nivelado en la horizontal. Esta tarea ya es difícil sin la asistencia por exoesqueletos, especialmente al subir escaleras. Los exoesqueletos convencionales pueden asistir al primer usuario 2 y al segundo usuario 3 por separado para la carga mecánica. Los usuarios deben coordinarse entre sí de forma precisa. Sin embargo, una excitación imprecisa de los respectivos exoesqueletos separados puede dificultar adicionalmente el equilibrio del objeto 40. Incluso si se utilizan exoesqueletos de construcción idéntica, se diferencian como mínimo la cinemática y la cinética de los cuerpos del primer usuario 2 y del segundo usuario 3. Al desacoplar mecánicamente entre sí la primera unidad de exoesqueleto 11 y la segunda unidad de exoesqueleto 12, tampoco es posible proporcionar una compensación mediante un acoplamiento mecánico.

Según la presente invención se propone, por lo tanto, proporcionar un dispositivo de control 30, estando realizado el dispositivo de control para excitar la primera unidad de exoesqueleto 11 y/o la segunda unidad de exoesqueleto 12, basándose en un modelo de regulación, estando basado el modelo de regulación en un sistema multicorporal que modela la primera unidad de exoesqueleto 11, la segunda unidad de exoesqueleto 12 y preferiblemente la primera y/o segunda parte del cuerpo 21, 22. Por lo tanto, la regulación basada en este sistema multicorporal permite una excitación más precisa de las unidades de exoesqueleto 11, 12.

La figura 3 ilustra a modo de ejemplo la creación de un modelo de regulación 31 a base en un sistema multicorporal 32 que está basado en información 11' sobre la primera unidad de exoesqueleto 11, información 12' sobre la segunda unidad de exoesqueleto 12 e información 21' y 22' sobre la primera y/o segunda parte del cuerpo 21, 22, respectivamente. La información puede ponerse a disposición del dispositivo de control 30 a través de una interfaz. Alternativamente, pueden estar previstos uno o varios sensores para captar la información necesaria y ponerla a disposición del dispositivo de control 30. También es posible que sensores de la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto 11, 12 proporcionen información para modelar la primera y/o segunda parte del cuerpo. Por ejemplo, por medio de sensores de movimiento tales como sensores de aceleración o giroscopios, se puede obtener información sobre la inercia o cinética de la primera y/o segunda parte del cuerpo. Además, mediante la adaptación de una unidad de exoesqueleto 11, 12, por ejemplo, a una longitud de la parte del cuerpo que ha de ser asistida, permite obtener información adicional sobre la parte del cuerpo 21, 22 que ha de ser asistida.

Como se muestra en la figura 1, el sistema de exoesqueleto 1 puede presentar además uno o varios sensores 32 para captar una posición relativa entre la primera unidad de exoesqueleto 11 y la segunda unidad de exoesqueleto 12. Por ejemplo, la posición relativa puede realizarse mediante procedimientos conocidos, como la triangulación y la medición del tiempo de propagación de señales de comunicación transmitidas de forma inalámbrica de la primera unidad de exoesqueleto 11 y la segunda unidad de exoesqueleto 12 al sensor 32, pudiendo emplearse también otros procedimientos para la determinación de posición.

La figura 4 muestra una representación esquemática de un cuerpo humano 2 con varias partes del cuerpo 21, 22, haciéndose referencia a modo de ejemplo al brazo como primera parte del cuerpo 21 y a la pierna como segunda parte del cuerpo 22.

La figura 5 muestra otra forma de realización de un sistema de exoesqueleto 1 según otra forma de realización de la

presente invención. El sistema de exoesqueleto 1 presenta a su vez una primera unidad de exoesqueleto 11 para asistir a una primera parte del cuerpo 21, una segunda unidad de exoesqueleto 12 para asistir a una segunda parte del cuerpo 22 así como un dispositivo de control 30. Sin embargo, en el presente caso, la primera parte del cuerpo 21 y la segunda parte del cuerpo 22, a diferencia de la figura 1, son partes del cuerpo del mismo usuario 2. Esto puede resultar ventajoso, por ejemplo, si un exoesqueleto de cuerpo entero no es deseado o no es necesario y sólo se desea la asistencia selectiva a partes del cuerpo individuales del mismo usuario 2. Por ejemplo, en el presente ejemplo, una articulación de codo y una articulación de rodilla, es decir, un brazo como primera parte del cuerpo 21 es asistido por la primera unidad de exoesqueleto 1 y una pierna como segunda parte del cuerpo 22 es asistida por la segunda unidad de exoesqueleto 2.

Opcionalmente, el dispositivo de control 30 puede estar formado como dispositivo de control repartido, estando realizadas al menos una parte de las funciones en el elemento 30 y otra parte de las funciones en el elemento 30'. Otra ventaja de esta forma de realización consiste en que una unidad de control repartida puede crear redundancia y, por tanto, aumentar la seguridad contra fallos.

La figura 6 muestra un diagrama de bloques que muestra varias variantes ventajosas opcionales del dispositivo de control 30 o de su modelo de regulación 31. Por consiguiente, para evitar repeticiones, sólo se hace referencia a las diferencias con respecto a la figura 3. Preferiblemente, el dispositivo de control 30 estará realizado para crear o adaptar el modelo de regulación 31 de forma adaptativa, en base a al menos un parámetro de contexto 33. El parámetro de contexto 33 se puede proporcionar en un sensor opcional o se puede poner a disposición a través de una interfaz. Por ejemplo, el parámetro de contexto puede describir o especificar la posición de los módulos uno respecto a otro. Además, opcionalmente, el dispositivo de control puede estar realizado para crear el modelo de regulación adaptativa en base a un estado fisiológico 34 de un usuario de la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto. Por ejemplo, para ello puede estar previsto un sensor para captar un parámetro fisiológico, como por ejemplo la frecuencia cardíaca o la frecuencia respiratoria. Alternativamente o adicionalmente, también se puede medir la conductividad de la piel. Por ejemplo, la sudoración es un buen indicador del estrés. Preferiblemente, la regulación se puede adaptar con el fin de reducir el estrés del usuario. Por ejemplo, puede aumentarse la asistencia o, si el exoesqueleto realiza movimientos a una velocidad demasiado alta o con demasiada sensibilidad, puede estar prevista opcionalmente una amortiguación en el modelo de regulación.

Opcionalmente, el dispositivo de control puede estar realizado para crear el modelo de regulación de manera adaptativa en base a al menos un parámetro medioambiental 35. El parámetro medioambiental puede ser captado por medio de un sensor o ser puesto a disposición a través de una interfaz. Por ejemplo, a temperaturas más altas y una carga más alta esperada para el usuario se puede elegir un nivel de asistencia más alto, mientras que el caso de condiciones ventajosas se puede elegir un nivel de asistencia más reducido para, por ejemplo, reducir el consumo de potencia.

Opcionalmente, el dispositivo de control puede estar realizado para crear el modelo de regulación de manera adaptativa, basándose en al menos una tarea 36 que ha de ser resuelta. Opcionalmente, la tarea 36 puede constar de una o varias tareas parciales o dividirse en tales. Por ejemplo, puede tratarse de varias tareas parciales distintas para la primera o la segunda unidad de exoesqueleto. El dispositivo de control puede, opcionalmente, calcular parámetros para la excitación de la primera y/o la segunda unidad de exoesqueleto, basándose en el sistema multicorporal y en la tarea que debe ser realizada por el sistema multicorporal, o realizar opcionalmente una optimización de parámetros. Haciendo referencia a la figura 1, la tarea puede consistir, por ejemplo, en mantener un objeto o una carga 40 en un estado horizontal equilibrado. Por lo tanto, el modelo de regulación puede tener en cuenta esta tarea en el modelo de regulación 31 del dispositivo de control 30 y convertir las señales de control proporcionadas por el primer y/o segundo usuario en una excitación ventajosa de la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto, con el fin de resolver (lo mejor posible) esta tarea.

En otras palabras, el dispositivo de control 30 puede estar preferiblemente realizado para corregir o adaptar una señal de control 41 para la excitación de la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto 11, 12, provocada por una interacción del usuario 2, 3 con la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto 11, 12, en función de la tarea 36 que ha de ser resuelta y/o a base de un estado del sistema multicorporal 32.

Opcionalmente, la unidad de control puede estar realizada además para determinar la integridad técnica de la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto 11, 12 y también para crear o adaptar el modelo de regulación 31 a base de la integridad técnica. Por ejemplo, si se detecta que uno de los actuadores del sistema de exoesqueleto corre el riesgo de sobrecalentarse, la regulación puede provocar un cambio de estado que reduzca la carga de este actuador y proporcione, por ejemplo, la asistencia mecánica necesaria por uno o varios otros actuadores. Por ejemplo, si un actuador en una articulación del codo está sometido a un esfuerzo excesivo, puede ser asistido, dado el caso, por un movimiento desde la zona de la pierna.

La figura 7 muestra otro escenario de aplicación en el que un primer usuario 2, un segundo usuario 3 y un tercer usuario 4 desean equilibrar conjuntamente una carga 40 y, a continuación, depositarla en una cavidad 43, como está representado a modo de ejemplo por la flecha 44. Por lo tanto, la tarea consiste en llevar y depositar una carga de forma coordinada. Una ventaja de la solución propuesta consiste en que el dispositivo de control 30 puede excitar de

forma coordinada las unidades de exoesqueleto implicadas de los usuarios 2, 3 y 4, de tal manera que, por ejemplo, sea posible una distribución homogénea de la carga, estando distribuida la carga por partes iguales entre el primer, el segundo y el tercer usuario 2, 3, 4. Se entiende que, en función de la capacidad de los respectivos usuarios y sus unidades de exoesqueleto, es posible una distribución diferente. Opcionalmente, también se puede tener en cuenta un estado de carga de las respectivas unidades de exoesqueleto y/o su integridad técnica. Otra ventaja de la solución propuesta consiste en que, gracias al modelo de regulación común basado en un sistema multicorporal, la carga pesada puede depositarse de forma sincronizada, de modo que se puedan evitar o al menos reducir los posibles daños en caso de la inserción en una abertura 43 estrecha.

La figura 8 muestra un escenario modificado en el que el usuario 4 se ha caído accidentalmente. El dispositivo de control 30 está realizado aquí para excitar el modelo de regulación de manera adaptativa a base de la tarea que ha de ser resuelta, pero también para adaptarlo a la tarea que ha de ser resuelta. En el presente caso, la tarea adaptada que ha de ser resuelta puede consistir, por tanto, en proteger al usuario 4 contra lesiones.

Haciendo referencia a la figura 7, el dispositivo de control puede estar realizado para excitar la primera y/o segunda u otras unidades de exoesqueleto opcionalmente con el fin de asistir o sobreexcitar al usuario de la respectiva unidad de exoesqueleto. En el presente caso, puede resultar conveniente sobreexcitar los usuarios 2, 3, 4 de las respectivas unidades de exoesqueleto y excitar las unidades de exoesqueleto de tal forma que el sistema multicorporal pase a un estado seguro. Por ejemplo, los exoesqueletos 11, 12 del primer y segundo usuario 2, 3 pueden ser excitados de tal forma que no se deje caer la carga al asustarse causando daños al tercer usuario 4, sino que se proporcione una potencia adicional para los actuadores de los exoesqueletos para compensar la falta de apoyo por el tercer usuario en 4 y protegerlo contra daños.

La figura 8 vuelve a ilustrar este proceso. En el paso 51 se vigila el estado del sistema multicorporal y en el paso 52 se toma una decisión sobre si la primera y/o la segunda unidad de exoesqueleto 11, 12 son excitadas de tal forma que se asista al usuario de la respectiva unidad de exoesqueleto, en el paso 53, por ejemplo, para resolver la tarea original en el paso 54. Alternativamente, a base de la decisión en el paso 53, en el paso 55 siguiente, la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto 11, 12 pueden ser excitadas opcionalmente para sobreexcitar el usuario de la respectiva unidad de exoesqueleto y para hacer pasar el sistema multicorporal a un estado seguro 56.

Durante el siguiente transcurso, el sistema multicorporal puede volver a hacerse pasar a un estado que sirva para resolver la tarea original. Por ejemplo, haciendo referencia a la figura 7, el primer y segundo usuario 2, 3 pueden llevar la carga 40 temporalmente entre los dos, pudiendo levantarse el usuario 4 y después volver a participar en la tarea.

La figura 9 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento 100 para la excitación de una primera y/o segunda unidad de exoesqueleto 11, 12 de un sistema de exoesqueleto 1, en el cual el sistema de exoesqueleto presenta la primera unidad de exoesqueleto para la asistencia a una primera parte del cuerpo 21 y la segunda unidad de exoesqueleto 12 para la asistencia a una segunda parte del cuerpo 22, y en el cual la primera unidad de exoesqueleto 11 y la segunda unidad de exoesqueleto están desacopladas mecánicamente entre sí. En un primer paso 101, se determina un modelo de regulación, estando basado el modelo de regulación en un sistema multicorporal que modela al menos parcialmente la primera unidad de exoesqueleto 11, la segunda unidad de exoesqueleto 12 y la primera y/o segunda parte del cuerpo 21, 22. En un segundo paso 102, la primera unidad de exoesqueleto 11 y/o la segunda unidad de exoesqueleto 12 son excitadas a base del modelo de regulación 31.

En resumen, se describe, por tanto, un sistema de exoesqueleto que permite una interacción ventajosa entre una primera unidad de exoesqueleto 11 y una segunda unidad de exoesqueleto 12, estando la primera unidad de exoesqueleto 11 y la segunda unidad de exoesqueleto 12 desacopladas mecánicamente entre sí. En lugar de considerar la primera unidad de exoesqueleto 11 y la segunda unidad de exoesqueleto 12 por separado, se propone proporcionar un dispositivo de control con un modelo de regulación ventajoso basado en un sistema multicorporal que tenga en cuenta tanto la primera unidad de exoesqueleto como la segunda unidad de exoesqueleto. Preferiblemente, además, en el sistema multicorporal son modeladas la primera y/o la segunda parte del cuerpo, asistidas por las respectivas unidades de exoesqueleto, e igualmente son tenidas en cuenta en la excitación de la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto, por lo que además se puede aumentar la precisión de la excitación y se hace posible una interacción ventajosa especialmente de una pluralidad de unidades de exoesqueleto con diferentes usuarios o partes del cuerpo.

Otros escenarios de aplicación ventajosos para la solución propuesta resultan, por ejemplo, en el campo de la protección civil, por ejemplo, para apoyar y coordinar equipos de rescate equipados con unidades de exoesqueleto, en el campo de la medicina de rehabilitación, o también en el deporte profesional con fines de entrenamiento, por ejemplo, para aprender con la ayuda unidades de exoesqueleto secuencias de movimiento optimizadas.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de exoesqueleto (1) que presenta:

- una primera unidad de exoesqueleto (11) para la asistencia a una primera parte del cuerpo (21);
- una segunda unidad de exoesqueleto (12) para la asistencia a una segunda parte del cuerpo (22); y
- un dispositivo de control (30);

en el cual el dispositivo de control está realizado para excitar la primera unidad de exoesqueleto (11) y/o la segunda unidad de exoesqueleto (12), basándose en un modelo de regulación (31), estando basado el modelo de regulación en un sistema multicorporal (32), que modela

- la primera unidad de exoesqueleto (11),
- la segunda unidad de exoesqueleto (12); y
- la primera y/o la segunda parte del cuerpo (21, 22),

estando desacopladas mecánicamente entre sí la primera unidad de exoesqueleto (11) y la segunda unidad de exoesqueleto (12); **caracterizado porque** la primera parte del cuerpo (21), asistida por la primera unidad de exoesqueleto (11), es una parte del cuerpo de un primer usuario (2); y la segunda parte del cuerpo (22), asistida por la segunda unidad de exoesqueleto (12), es una parte del cuerpo de un segundo usuario (3).

2. Sistema de exoesqueleto según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual la primera unidad de exoesqueleto (11) presenta un primer actuador (16) para la asistencia a la primera parte del cuerpo (21) y la segunda unidad de exoesqueleto (12) presenta un segundo actuador (17) para la asistencia a la segunda parte del cuerpo (22); y en el cual el dispositivo de control (30) está realizado para excitar el primer actuador (16) de la primera unidad de exoesqueleto y/o el segundo actuador (17) de la segunda unidad de exoesqueleto, basándose en el modelo de regulación (31).

3. Sistema de exoesqueleto según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual el dispositivo de control (30) está realizado para crear de forma autónoma el modelo de regulación (31) con el sistema multicorporal (32), basándose en la información (11', 12', 21', 21') sobre la primera unidad de exoesqueleto (11), la segunda unidad de exoesqueleto (12) y la primera y/o segunda parte del cuerpo (22).

4. Sistema de exoesqueleto según una de las reivindicaciones anteriores, además con un sensor (32) para captar una posición relativa entre la primera unidad de exoesqueleto (11) y la segunda unidad de exoesqueleto (12).

5. Sistema de exoesqueleto según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual el dispositivo de control (30) está realizado para crear el modelo de regulación (31) de forma adaptativa, en base a al menos un parámetro de contexto (33).

6. Sistema de exoesqueleto según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual el dispositivo de control (30) está realizado para crear el modelo de regulación (31) de forma adaptativa, basándose en un estado fisiológico (34) de un usuario (2, 3) de la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto (11, 12).

7. Sistema de exoesqueleto según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual el dispositivo de control (30) está realizado para crear el modelo de regulación (31) de forma adaptativa, basándose en al menos un parámetro medioambiental (35).

8. Sistema de exoesqueleto según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual el dispositivo de control (30) está realizado para crear el modelo de regulación (31) de forma adaptativa, en base a una tarea (36) que ha de ser resuelta.

9. Sistema de exoesqueleto según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual el dispositivo de control (30) está realizado para corregir una señal de control (41) para la excitación de la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto (11, 12), causada por una interacción de un usuario (2, 3) con la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto (11, 12), en función de la tarea (36) que ha de ser resuelta y/o a base de un estado del sistema multicorporal (32).

10. Sistema de exoesqueleto según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual la unidad de control (30) está realizada para determinar una integridad técnica (37) de la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto (11, 12) y para crear el modelo de regulación (31) además de forma adaptativa a base de la integridad técnica.

11. Sistema de exoesqueleto según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual la unidad de control (30) además está realizada para dirigir opcionalmente la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto (11, 12), para asistir o sobreexcitar al usuario (2, 3) de la respectiva unidad de exoesqueleto (11, 12).

12. Sistema de exoesqueleto según la reivindicación 11, en el cual el dispositivo de control (30) está realizado para sobreexcitar al usuario (2, 3) de la respectiva unidad de exoesqueleto (11, 12) y excitar la primera y/o segunda unidad de exoesqueleto de tal forma que el sistema multicorporal (32) pase a un estado seguro.

13. Dispositivo de control (30) para la excitación de una primera y/o segunda unidad de exoesqueleto (11, 12) de un sistema de exoesqueleto (1), en el cual el sistema de exoesqueleto presenta la primera unidad de exoesqueleto (11) para la asistencia a una primera parte del cuerpo (21) y la segunda unidad de exoesqueleto (12) para la asistencia a una segunda parte del cuerpo (22); y en el cual el dispositivo de control (30) está realizado para excitar la primera unidad de exoesqueleto y/o la segunda unidad de exoesqueleto a base de un modelo de regulación (31), estando basado el modelo de regulación en un sistema multicorporal (32) que modela

- la primera unidad de exoesqueleto (11),
- la segunda unidad de exoesqueleto (12); y
- la primera y/o segunda parte del cuerpo (21, 22); estando desacopladas mecánicamente entre sí la primera unidad de exoesqueleto (11) y la segunda unidad de exoesqueleto (12);

caracterizado porque la primera parte del cuerpo (21), asistida por la primera unidad de exoesqueleto (11), es una parte del cuerpo de un primer usuario (2); y la segunda parte del cuerpo (22), asistida por la segunda unidad de exoesqueleto (12), es una parte del cuerpo de un segundo usuario (3).

14. Procedimiento (100) para la excitación de una primera y/o segunda unidad de exoesqueleto (11, 12) de un sistema de exoesqueleto (1), en el cual el sistema de exoesqueleto presenta la primera unidad de exoesqueleto (11) para la asistencia a una primera parte del cuerpo (21) y la segunda unidad de exoesqueleto (12) para la asistencia a una segunda parte del cuerpo (22); y en el cual están desacopladas mecánicamente entre sí la primera unidad de exoesqueleto y la segunda unidad de exoesqueleto; y en el cual la primera parte del cuerpo (21), asistida por la primera unidad de exoesqueleto (11), es una parte del cuerpo de un primer usuario (2); y en el cual la segunda parte del cuerpo (22), asistida por la segunda unidad de exoesqueleto (12), es una parte del cuerpo de un segundo usuario (3); presentando el procedimiento los siguientes pasos:

- la determinación (101) de un modelo de regulación, estando basado el modelo de regulación en un sistema multicorporal que modela
 - la primera unidad de exoesqueleto,
 - la segunda unidad de exoesqueleto;
 - y la primera y/o segunda parte del cuerpo; y
- la excitación (102) de la primera unidad de exoesqueleto y/o de la segunda unidad de exoesqueleto, en base al modelo de regulación.

15. Producto de programa informático con un código de programa, que está concebido para ejecutar un procedimiento (100) según la reivindicación 14, cuando el producto de programa informático se está ejecutando en un dispositivo de procesamiento de datos.

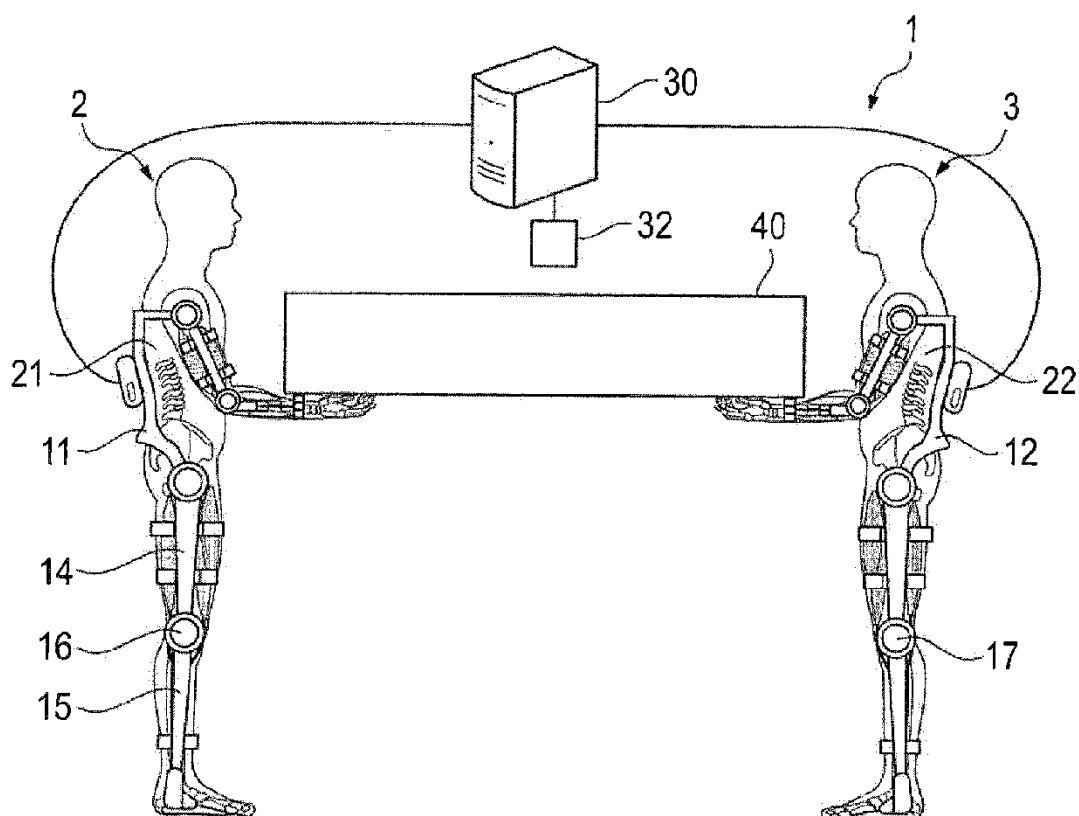


Fig. 1

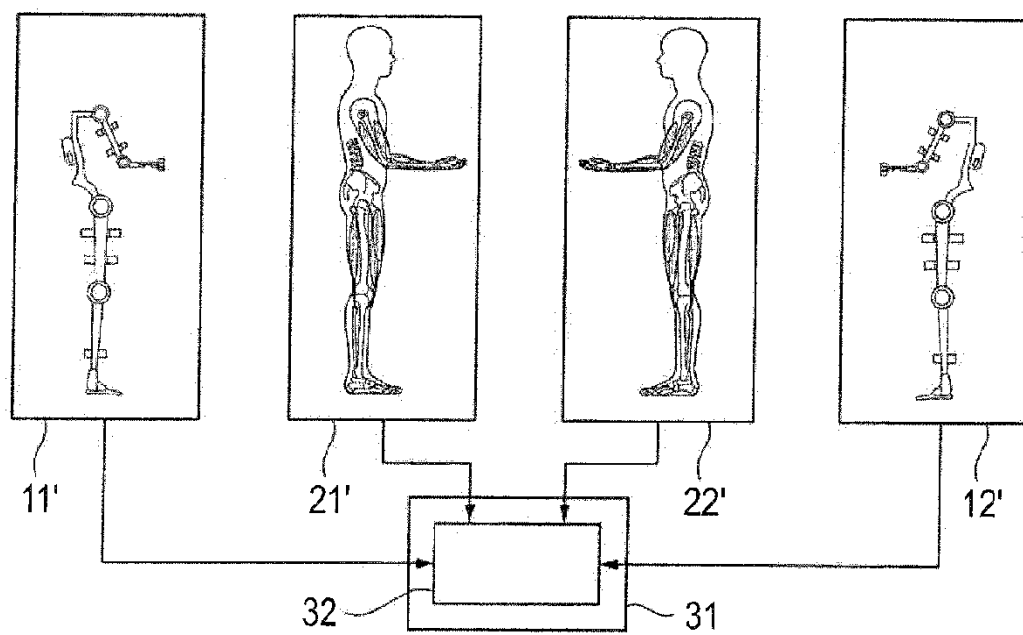


Fig.2

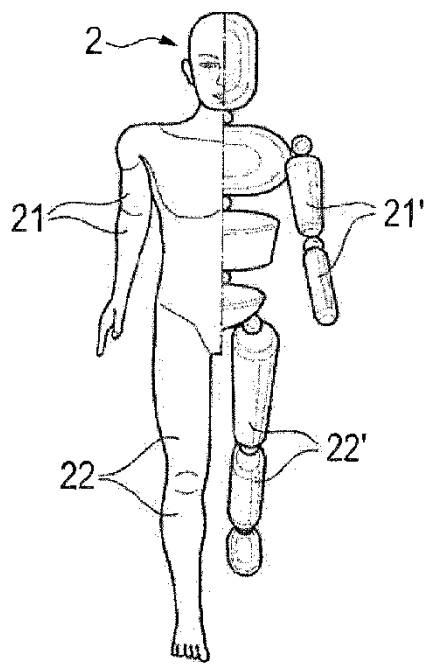


Fig. 3

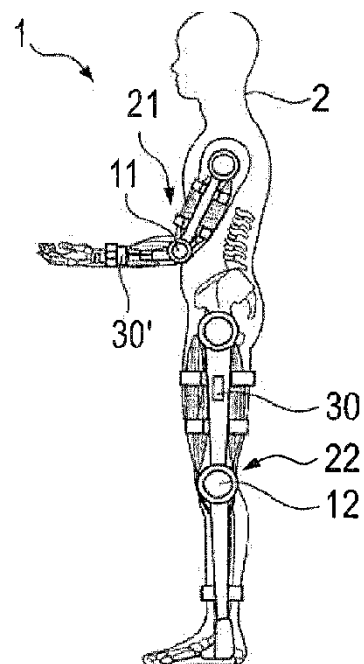


Fig. 4

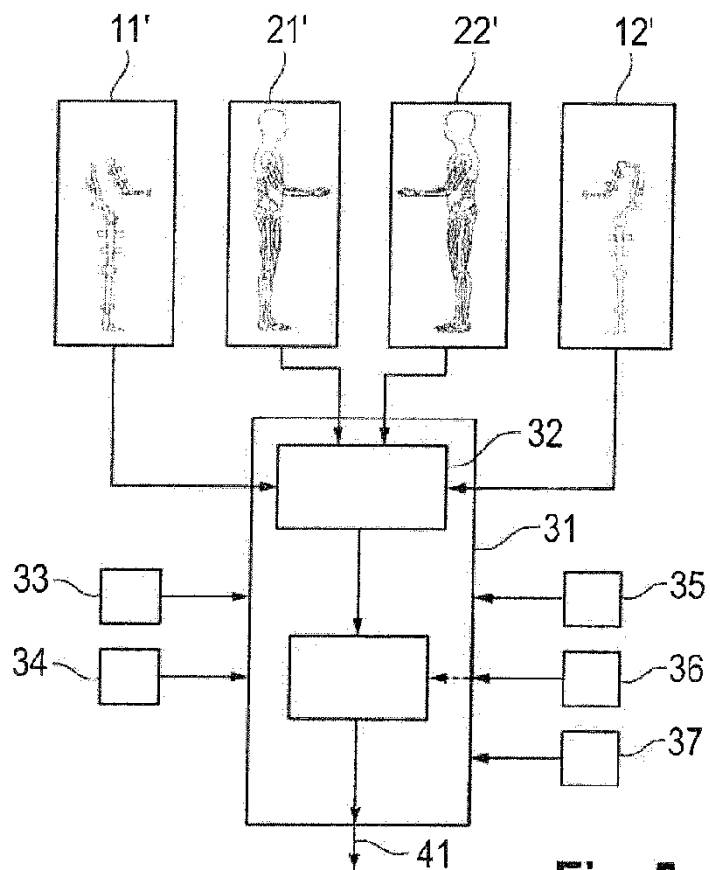


Fig. 5

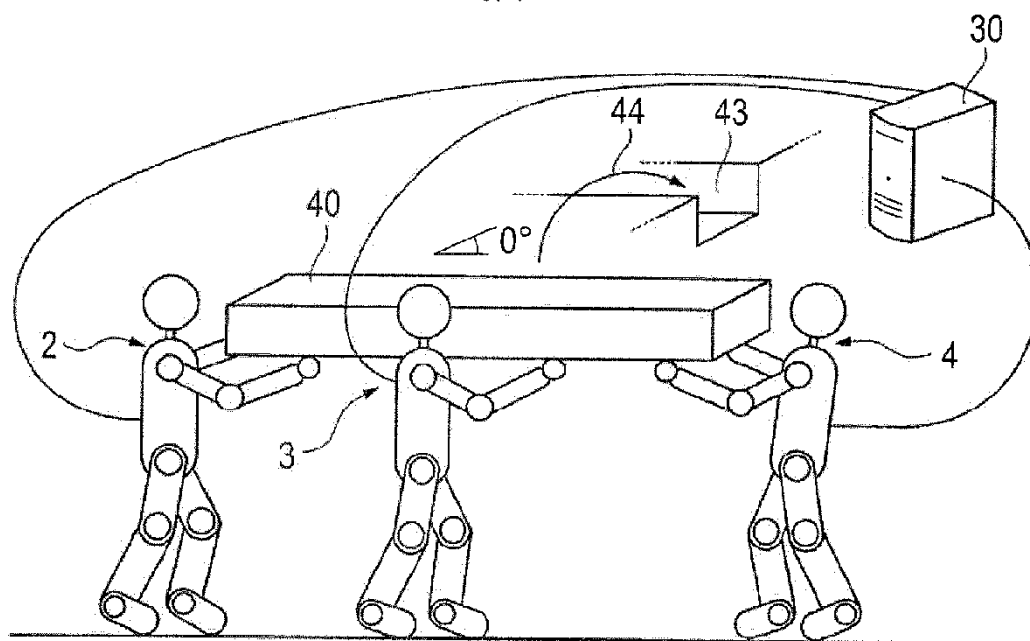


Fig. 6

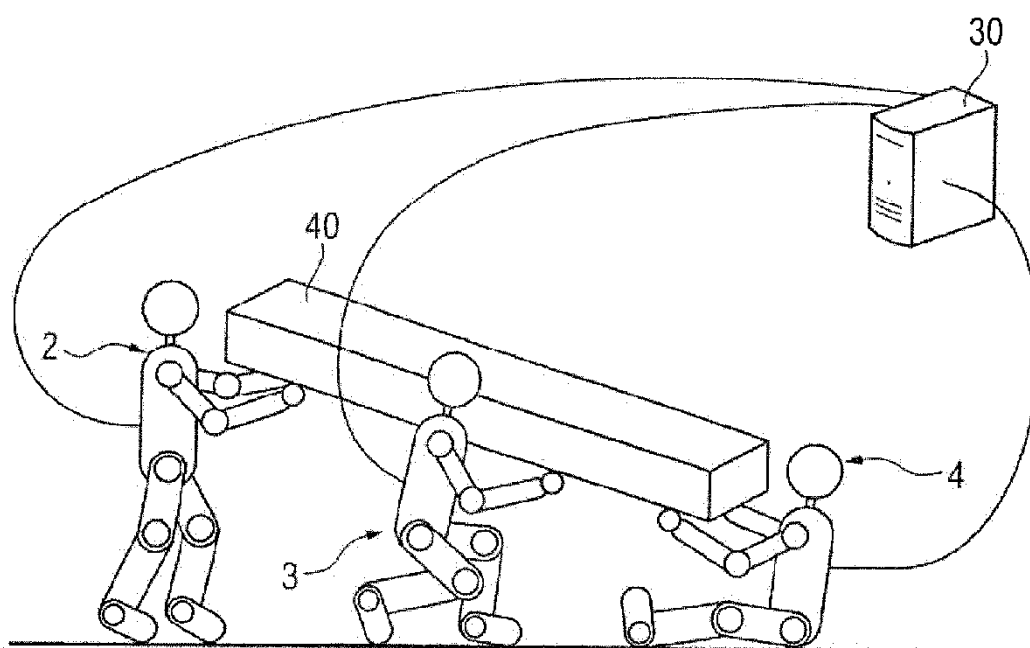


Fig. 7

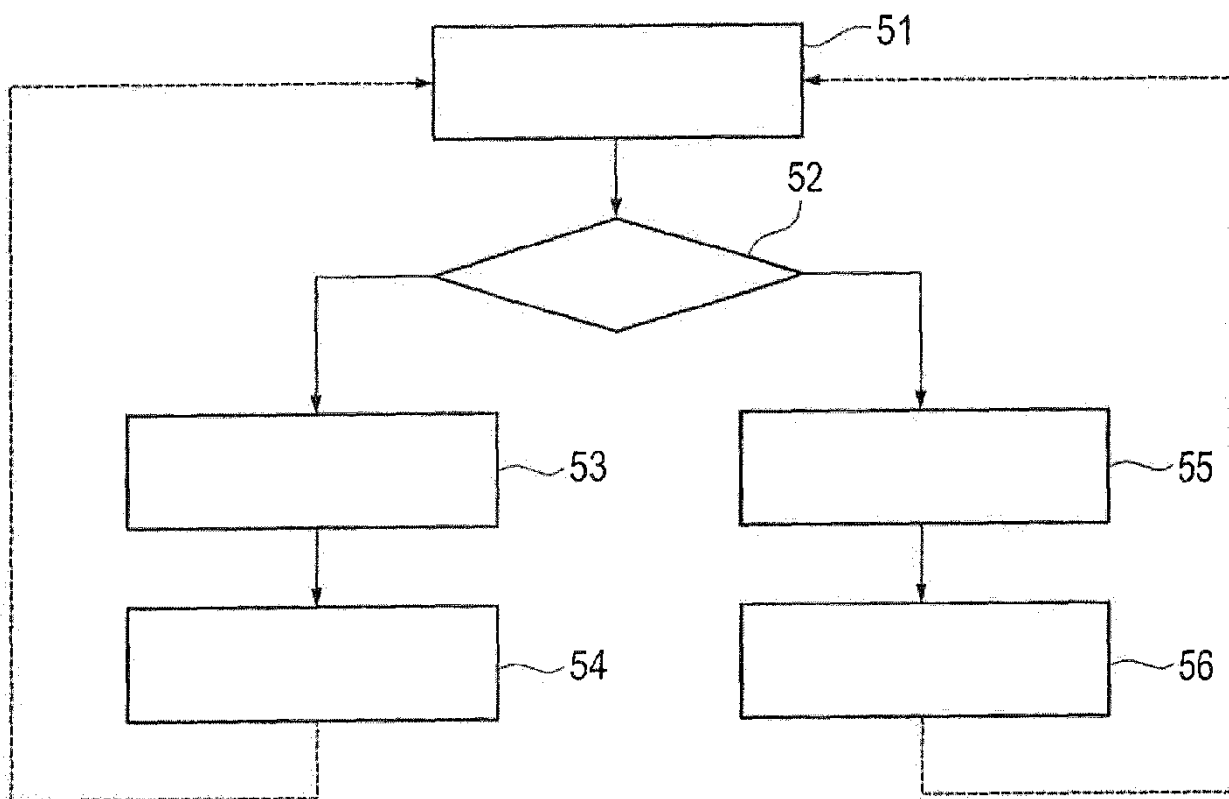


Fig. 8

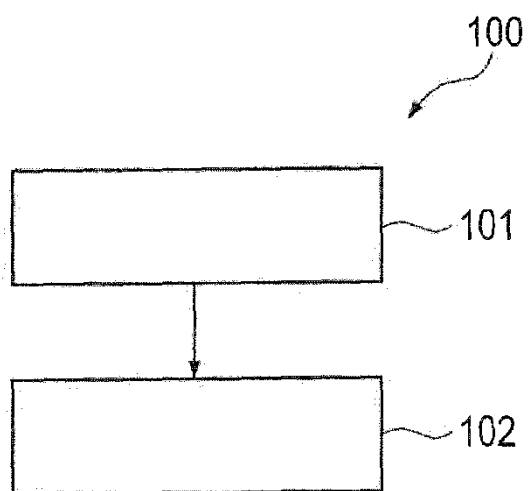


Fig. 9