

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011901918179A1

Publication Date

20120821

Applicant

HUMANWARE S.R.L.

Title

DISPOSITIVO ROBOTICO APTICO PLANARE SU RUOTE OMNIDIREZIONALI

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

**DISPOSITIVO ROBOTICO APTICO PLANARE SU RUOTE
OMNIDIREZIONALI**

a nome della ditta italiana:

HUMANWARE Srl

con sede in

via Garofani 1, 56125 Pisa

5

Depositata il 17 /02/2011

10 **DESCRIZIONE**

Ambito dell'Invenzione

La presente invenzione riguarda un dispositivo aptico autonomo, privo di link e telaio, ma mobile su ruote, operante come interfaccia cinestetica (ovvero capace di
15 trasmettere forze o coppie) uomo-macchina per ambienti virtuali generati da calcolatore elettronico e, quindi, utilizzabile in sistemi di teleoperazione, di realtà virtuale o realtà aumentata, e di riabilitazione fisioterapica. Le ruote sono omnidirezionali di tipo *omniwheel* ovvero *transwheel*.

Sintesi della Tecnica Nota

I dispositivi *aptici* sono quelli che permettono all'utente di interagire con il dispositivo stesso fornendo feedback sensoriali. In particolare si distinguono

5 *dispositivi aptici tattili* (capaci di restituire sensazioni tattili propriamente dette, quali trama, rugosità, vibrazioni, temperatura, etc.) e *dispositivi aptici cinestetici* (capaci di restituire sensazioni di forza e coppia e quindi informazioni relative a forma, peso, cedevolezza del materiale, etc.). Inoltre tali dispositivi sono classificati come *esoscheletri* (ovvero dispositivi biomeccatronici articolati

10 indossabili, la cui interfaccia è distribuita lungo l'intero arto che l'indossa, e dotati di un numero di Gradi di Libertà almeno pari al numero di Gradi di Libertà dell'arto stesso) e *macchine operatrici* (ovvero dispositivi la cui interazione avviene solamente attraverso l'effettore finale senza necessariamente interessare tutti i Gradi di Libertà dell'arto interessato). Entrambe queste categorie sono al

15 momento costituite da una serie di link rigidi o al più da cavi che creano delle catene cinematiche chiuse.

L'oggetto della presente invenzione è un dispositivo aptico classificabile come macchina operatrice operante come interfaccia cinestetica.

Questo tipo di interfacce è frequentemente usato nel campo della realtà virtuale o

20 aumentata (*virtual reality* o *augmented reality*) o della tele-operazione (*remote operation* o *master-slave systems*). Queste applicazioni comprendono tutti gli eventi e le situazioni che considerano interazioni tra l'uomo e il mondo esterno che

viene simulato (generalmente con l'ausilio di un calcolatore elettronico), sia a scopo di addestramento o allenamento (ad esempio, simulatori di volo o di guida), sia a scopo progettuale (ad esempio, prodotti o processi industriali, come l'assemblaggio virtuale), sia per altri scopi ricreativi, didattici o umanitari (giochi, programmi di studio interattivi, sistemi per disabili), nonché le sofisticate applicazioni di automazione quali il controllo remoto di un robot operante in ambienti inaccessibili o ostili per l'uomo. Come diretta conseguenza delle precedenti applicazioni è possibile utilizzare questo tipo di interfacce quali veri e propri assistenti fisioterapici in applicazioni tipiche delle terapie mediche che perseguono come obiettivo il recupero funzionale a seguito di traumi (è questo il campo noto come robotica riabilitativa). In particolare è possibile praticare terapie fisiocinetiche a scopo neurologico (ad esempio a seguito di ictus o traumi cranici) allo scopo di migliorare il controllo motorio, terapie fisiocinetiche muscoloscheletriche (ovvero ortopediche) allo scopo di aumentare la forza muscolare, il range di movimento o migliorare la coordinazione. Il dispositivo oggetto della presente invenzione, oltre a svolgere la normale azione di cinesiterapia, svolge contemporaneamente il compito di valutazione funzionale con parametri quantitativi e tutto ciò lo predispone per le applicazioni di telemedicina.

In tutte le precedenti applicazioni si fa ricorso a dispositivi che permettono all'operatore di interagire, più o meno realisticamente, con oggetti virtuali generati da un calcolatore elettronico, come se stesse interagendo con un oggetto reale.

Allo scopo di creare la sensazione per l'operatore di trovarsi realmente immerso nell'ambiente in cui opera il robot, dandogli così la possibilità di interagire con quest'ultimo in maniera quanto più possibile efficace e realistica, é necessario adottare strategie di controllo che vadano oltre il semplice controllo in posizione
5 dell'interfaccia aptica. Algoritmi di controllo che prendano in considerazione anche gli aspetti legati all'interazione tra il dispositivo e la scena virtuale (ovvero controllori di posizione e forza), sono molto utili per migliorare la realistica dell'applicazione.

Le strategie di controllo dell'interazione fanno spesso ricorso al *controllo indiretto*
10 *di forza*, ovvero si controlla la forza senza la chiusura esplicita di un anello di retroazione della forza. In particolare, con il *controllo di cedevolezza o di impedenza* (o *cedevolezza variabile* o *variable compliance*) si ottiene un controllo di forza attraverso il controllo del moto (appunto, un controllo indiretto di forza), quindi la chiusura esplicita di un anello di retroazione della forza

15 Il dispositivo oggetto della presente invenzione, grazie alla modularità dell'architettura di controllo adottata, può implementare indistintamente sia un semplice controllo di posizione o di forza, sia i più completi controlli di impedenza e di ammettenza. Nella configurazione utilizzata per gli esercizi di riabilitazione, la struttura del controllo del dispositivo consiste in un controllo ibrido forza/moto.
20 In particolare, lungo la direzione di moto consentita, in base alla forza che l'utente esercita sul dispositivo, si calcola la corrispondente velocità che il controllore di basso livello (ovvero un controllore di velocità) dovrà inseguire. Viceversa lungo

la direzione ortogonale, agisce un contributo di impedenza che, in base all'errore tra la posizione desiderata e quella del dispositivo e in funzione di una rigidità selezionabile via software, genera una forza di richiamo verso la traiettoria di riferimento.

- 5 Questo controllo simultaneo di posizione e di forza, permette al dispositivo di esercitare reazioni differenti nei confronti dell'utente a seconda della forze che l'utente stesso esercita e a seconda della posizione in cui si trova. Questo corrisponde a creare dei muri (o percorsi in labirinti) virtuali con rigidità variabile, in modo che l'utente possa effettuare solo alcuni percorsi trovando
- 10 elevatissime resistenze quando tenta di deviare dal percorso predefinito. Ovvero è possibile creare dei campi di forza per cui il dispositivo in ogni punto del suo spazio di lavoro si comporta come se fosse sottoposto a una forza di direzione e intensità predefinite, e nello specifico tale forza viene trasmessa all'utente come feedback cinestesico. Ad esempio, se si decide che il dispositivo deve percorrere (e
- 15 far percorrere all'utente) una traiettoria, allora il dispositivo tende a percorrere tale traiettoria come se essa fosse posta sul fondo di una vallata, la ripidezza delle cui pareti é resa proporzionale alla distanza dalla traiettoria ideale. Il dispositivo (e quindi l'utente) è costretto a rimanere sul fondo di tale vallata. In particolare, lungo la direzione di percorrenza della traiettoria il moto non trova ostacolo o
- 20 eventualmente è facilitato dal dispositivo (come se la traiettoria da percorrere fosse in discesa). Nelle altre direzioni si sentirà una resistenza proporzionale alla ripidezza delle pareti della valle, come se si volesse risalire tali pareti. In pratica,

durante l'interazione il paziente può sentire una resistenza o essere aiutato, implementando un campo di forze di forma desiderata.

Inoltre, è possibile gestire il controllo del sistema in modo che la cedevolezza delle pareti possa essere resa proporzionale alla deviazione dalla traiettoria ideale e/o

5 alla velocità di allontanamento dalla direzione ideale. Ad esempio, se il dispositivo si muove in un labirinto virtuale, la larghezza dei corridoi è predefinita (pari allo scostamento concesso all'utente rispetto alla traiettoria ideale) e le mura possono essere più o meno rigide proporzionalmente alla velocità con cui ci si scontra con esse per evitare urti violenti (e forze di interazione impulsive).

10 Pur rifacendosi alle tecnologie e agli algoritmi tipici delle interfacce uomo-macchina, per la peculiarità stessa del dispositivo (ovvero una interfaccia aptica costituita da una unità mobile autonoma), numerose sono le soluzioni innovative adottate (sviluppate?):

- il dispositivo utilizza un sistema di localizzazione (ovvero di navigazione)
15 basato su un lettore ottico e dei fogli con opportuna codifica che fornisce la posizione del dispositivo sul piano di lavoro. Attraverso un algoritmo di *sensor fusion* tale informazione è integrata con la stima della postura ricavata dall'integrazione dei segnali odometrici (ovvero gli encoder incrementali posti sull'asse dei motori). Sebbene in letteratura il problema
20 della fusione sensoriale sia ampiamente trattato, la soluzione adottata rappresenta una novità per i robot mobili con finalità aptiche. Usualmente vengono impiegati sensori/strumenti esterni al sistema mobile che

- comportano ingombri e pre-configurazione dell'ambiente di lavoro, il quale in sostanza viene ad essere *strutturato* (si usano ad esempio marker, transponder, linee elettriche per generare campi di induzioni, generatori di ultrasuoni). L'oggetto della presente invenzione invece si caratterizza per
- 5 la mancanza di tale strutturazione dell'ambiente di lavoro (fatta esclusione per il foglio, che tuttavia, è da ritenersi passivo, a differenza dei sistemi precedentemente citati).
- gli stessi fogli utilizzati per la localizzazione sul piano di lavoro, possono essere utilizzati come veri e propri "fogli di esercizio": ad ogni foglio é
- 10 possibile associare uno specifico esercizio (riabilitativo), cosicché semplicemente cambiando il foglio é possibile cambiare l'esercizio (ed eventualmente i suoi parametri). In tal modo, essendo il controllo e la sensoristica completamente a bordo, sarebbe possibile utilizzare il sistema senza l'ausilio del PC remoto (impiegato principalmente per la
- 15 visualizzazione in tempo reale dell'esercizio).
- il sistema è progettato per essere radiocontrollato ed il software di controllo è stato implementato per essere in grado di ricevere aggiornamenti via radio (a seconda delle implementazioni, in radiofrequenza, via bluetooth, in WiFi, via UMTS, ecc.)
- 20 • la connettività con un PC remoto (wireless o wired) permette sia di visualizzare in tempo reale lo svolgersi dell'esercizio sia di *downloadare* i

dati registrati durante gli esercizi stessi per una approfondita analisi *off-line*.

- la modularità del software di controllo e la costante comunicazione con un PC remoto permettono la realizzazione di svariati esercizi interattivi di complessità (sia fisica che cognitiva) variabile; solitari (con le carte, Mahjongg, ecc.), puzzle ed esercizi di terapia occupazionale (simulazione di attività quotidiane, ad esempio, pulizia di una superficie piana, scartavetratura, ecc).

10 A titolo di esempio, si riporta di seguito una breve descrizione della pratica
fisioterapica che si può svolgere con il dispositivo presentato in questa invenzione.
Nella terapia riabilitativa operata dal dispositivo, si può supporre il paziente seduto
che svolge esercizi nel piano impugnando un manipolo (l'end effector del
dispositivo), mentre esegue semplici esercizi come suggerito dallo schermo di un
15 PC (seguire un percorso, portare un puntatore su un obiettivo, connettere dei punti
sullo schermo, etc.). In caso di riabilitazione neurologica, se l'utente non riesce ad
eseguire il movimento suggerito dal videoterminale, il dispositivo comincia a
muoversi aiutando il paziente. Se viene rilevato (attraverso opportuni sensori di
forza/coppia) il movimento volontario del paziente, l'aiuto del dispositivo viene
20 interrotto. Una ulteriore funzionalità consiste nella possibilità di richiedere al
paziente di compiere sempre un minimo "sforzo" attivo (in avviamento e durante
la percorrenza della traiettoria), in modo da identificare una volontarietà

- dell'azione. Il dispositivo poi si fa carico, se necessario, di aiutare il paziente nel percorrere la traiettoria e, come nelle altre modalità di funzionamento, vincola le traiettorie secondo scostamenti predefiniti. La peculiarità del sistema è quindi quella di richiedere continuamente un movimento attivo (seppure minimo) e
- 5 questo rappresenta, secondo numerosi studi scientifici, un vantaggio da un punto di vista neurofisiologico. Infatti l'apprendimento di nuove condotte motorie passa attraverso l'esecuzione di movimenti attivi e volontari e sulla ricezione di informazioni di ritorno (feedback) e in questa esecuzione la componente propriocettiva gioca un ruolo fondamentale.
- 10 In caso di riabilitazione ortopedica l'aiuto del dispositivo ad assecondare e facilitare il movimento può essere trasformato in resistenza opposta al movimento volontario. Questo processo è virtualmente identico a quello praticato dal fisioterapista, e si basa sulle stesse capacità di percepire l'abilità e la forza del paziente assecondandolo, guidandolo, opponendo opportune resistenze e
- 15 impedimenti con adattamenti continui. Alle normali attività del terapeuta viene qui aggiunto un monitoraggio quantitativo continuo che permette di valutare oggettivamente (e numericamente) i progressi e le abilità del paziente, con una ulteriore finalità di standardizzazione della terapia nel rispetto delle diversità dei singoli casi clinici.
- 20 Un dispositivo aptico simile su ruote, ma non omnidirezionale è descritto nel brevetto PI2006A000136 (Cappiello et al., Humanware Srl, Pisa, 2006). Un dispositivo robotico simile utilizzato come joystick a ritorno di forza è descritto

nel brevetto US 5,929,846 (Rosemberg et al., Immersion Corp.,1999). Un dispositivo robotico esoscheletrico da usarsi come interfaccia è descritto nel brevetto PCT/IB02/05664 (Bergamasco et al., Scuola di Studi Superiori Universitari e di Perfezionamento Sant'Anna di Pisa, 2002). Un dispositivo
5 robotico aptico planare operante come macchina operatrice a link rigidi è descritto nel brevetto PI2004A000026 (Avizzano et al., Scuola di Studi Superiori Universitari e di Perfezionamento Sant'Anna di Pisa, 2004). Un dispositivo robotico simile utilizzato a scopo fisioterapico è descritto nel brevetto US 5,466,213 (Hogan et al, Massachusetts Institute of Technology, 1995).

10

Sintesi dell'Invenzione

Rispetto al primo brevetto citato, il dispositivo introduce l'innovazione sostanziale
15 delle ruote omnidirezionali, che danno una diversa e più efficace funzionalità al sistema.

Eccezione fatta per il primo brevetto citato, tutti gli altri sistemi fanno ricorso a strutture a link rigidi e telaio che formano una catena cinematica chiusa o al più ricorrono a frenature magneto-reologiche comunque interagenti con un telaio fisso.
20 La presente invenzione non si basa su una ingombrante struttura a link rigidi, ma consta di un carrellino mobile su ruote omnidirezionali (da qui in seguito chiamato unità mobile), alimentato a batterie (e capace di comunicazioni wireless ove

richiesto), portante una impugnatura che viene afferrata dall'utente (che può opzionalmente appoggiare su detta unità mobile il polso o l'avambraccio). Ciò permette di ottenere un sistema senza link, senza cavi o cinghie e senza fili elettrici, leggero e facilmente trasportabile. Altra caratteristica di tale invenzione è

5 avere uno spazio di lavoro potenzialmente infinito. Tale sistema permette un'interazione continua e priva di singolarità cinematiche tra utente e unità mobile nonché un monitoraggio quantitativo continuo dell'interazione stessa (in termini di coppia, forza, accelerazioni, velocità, posizione e orientamento e tutto ciò che da queste grandezze è deducibile).

10 Le ruote della suddetta unità mobile aiutano o assecondano i movimenti dell'utente durante la sua attività di interazione, quando tali movimenti seguono la direzione prescritta nell'esercizio. Viceversa, se l'utente tende a deviare dalla direzione prevista nel protocollo di interazione corrente, l'unità mobile esercita forze o coppie opposte a tale direzione indesiderata proporzionalmente alla

15 distanza dalla traiettoria ideale e/o alla forza esercitata dall'utente. L'unità mobile è composta da due parti sovrapposte libere di ruotare l'una rispetto all'altra, di modo che mentre la parte inferiore ruota, guidando, assecondando o ostacolando i movimenti dell'utente, la parte superiore rimane sempre nella orientazione più comoda per l'utente stesso. Proprio la parte superiore è stata concepita per fornire

20 all'utente un appoggio comodo del polso e/o dell'avambraccio. La rotazione relativa delle due parti dell'unità mobile può, se necessario, essere rilevata mediante un opportuno sensore. Grazie alla combinazione di forze e coppie agenti

a seconda della posizione dell'unità mobile sul piano e della forza utilizzata dall'utente, l'utente stesso nel seguire, tramite lo strumento, le traiettorie proposte ha l'impressione di spingere l'unità mobile come se questa fosse una sfera che rotola all'interno di un canale di sezione cilindrica. Il raggio di curvatura del
5 canale (ovvero sia la pendenza delle pareti) e il peso della sfera sono i parametri che determinano la difficoltà dell'esercizio. A seconda del controllo impostato, un altro effetto che l'utente può sentire (ed eventualmente rivedere sul videoterminale) è il movimento in un labirinto virtuale (stabilito in precedenza nel protocollo di interazione), dove le direzioni vietate sono costituite dai muri (la cui
10 rigidità/cedevolezza può essere per altro variata); inoltre, con una sorta di effetto pendenza (salita/discesa) la direzione ammessa può essere favorita o resa più difficoltosa (ad esempio, per allenare l'utente in caso di terapia ortopedica o potenziamento muscolare o per indicare una direzione ammessa, ma sconsigliata). Le forze esercitate dall'utente sono istante per istante registrate, in intensità e
15 direzione, da un apposito sensore di coppia/forza collocato all'interno dell'impugnatura ergonomica e messe in relazione con la posizione corrente dell'unità mobile. La posizione e l'orientamento dell'unità mobile nel piano di lavoro sono rilevati mediante un opportuno sistema di navigazione assoluto a bordo dell'unità mobile. Tale sistema di navigazione corregge la stima dei sistemi
20 di misura incrementali montati a bordo dei motori (correzione che si rende necessaria in caso di slittamento delle ruote o per evitare di dover portare il dispositivo in una posizione nota predefinita per azzerare i sensori incrementali).

La ridondanza sensoriale impiegata con lo scopo di correggere l'errore nella stima della posizione dell'unità mobile, non è nuova nel campo della robotica mobile. Tuttavia l'implementazione in una interfaccia aptica ed in particolare in una interfaccia mobile necessita di accorgimenti che portano ad una nuova soluzione
5 del problema. Se semplicemente si confrontassero le posizioni, se ne deducesse l'errore e si imponesse al controllo di raggiungere la nuova posizione stimata, il dispositivo mobile si porterebbe bruscamente nella posizione indicata dall'algoritmo di stima ottimo, e l'utente subirebbe uno "scossone" sul braccio. Trattandosi di una interfaccia aptica (e quindi essendo costantemente presente un
10 contatto uomo-macchina) è doveroso prendere in considerazione anche aspetti relativi al ritorno di forza e al confort dell'utente. E' stato quindi concepito ed implementato un algoritmo, denominato *Haptic Optimized Sensor Fusion*, che pur assicurando il *tracking* di posizione, garantisce un ritorno di forza più regolare (ovvero senza forze impulsive per l'utente) e immune da errori nella stima della
15 posizione del dispositivo. In sostanza, l'algoritmo di stima utilizzato dal dispositivo oggetto della presente invenzione, miscela opportunamente i due tipi di informazioni, secondo una legge di ottimo che tiene conto non solo dell'accuratezza del tracking di posizione, ma anche della derivata della forza di ritorno sull'utente.

20

Breve Descrizione dei Disegni

La presente invenzione sarà meglio compresa con l'ausilio dei seguenti disegni che descrivono i vari componenti del dispositivo.

La Figura **1** mostra il dispositivo nella sua configurazione operativa più completa.

La Figura **2** mostra il dispositivo mobile.

5 La Figura **3** mostra un esploso dell'unità mobile.

La Figura **4** è una sezione trasversale dell'unità mobile, che evidenzia i gruppi motori, pacco batterie ,cella di carico.

La Figura **5** è una vista al basso dell'unità mobile che ne mostra l'implementazione cinematica.

10 La Figura **6** riporta un esploso di una delle unità motrici.

La Figura **7** mostra un esploso del supporto rotante per il braccio

La Figura **8** mostra una vista esemplificativa di una ruota di tipo *transwheel*.

15 Descrizione delle Forme Realizzative Preferite

Nella Figura **1** è mostrato il dispositivo proposto nella sua configurazione operativa completa. Si individuano l'unità mobile 1, capace di muoversi autonomamente sul piano di lavoro 2, interagendo con l'utente 3, che a sua volta ha a disposizione il videoterminale 4 dell'unità di simulazione ed elaborazione
20 esterna. Completa (non mostrato in figura) il sistema una unità di alimentazione e ricarica delle batterie e una unità di elaborazione esterna che controlla il videoterminale.

Nella figura **2**, sono descritti i componenti principali dell'unità mobile 1. L'unità mobile 1 è composta da un carter portante 5, una impugnatura 6, una struttura di supporto rotante per il polso e l'avambraccio 7.

La Figura **3** mostra un esploso della unità mobile 1 nel quale sono evidenziati il
5 carter 5 e l'impugnatura 6 che contiene la cella di carico 8. Si vedono inoltre la struttura di supporto rotante per il polso e l'avambraccio 7, il sensore ottico 9 per la lettura della posizione assoluta nel piano di lavoro, il pacco batterie 10 e i tre gruppi motore 11. Opzionalmente è possibile disporre rullini o sfere passive o ruote pivotanti passive lungo la periferia dello strumento in modo da ampliare il
10 suo poligono d'appoggio allo scopo di ridurre i rischi di ribaltamento causato da una critica posizione del braccio del paziente sul relativo appoggio.

La Figura **4** mostra una sezione trasversale nella quale sono ancora visibili il carter 5 e l'impugnatura 6 che contiene la cella di carico 8. Si vedono inoltre la struttura di supporto rotante per il polso e l'avambraccio 7 e il suo montaggio su cuscinetti,
15 il pacco batterie 10 e i gruppi motore 11. Nel vano ricavato nel carter 5 si intravede parte dell'elettronica di potenza e di controllo 12 per la quale il suddetto vano è stato riservato.

La Figura **5** è, infine, una vista dal basso dell'unità mobile 1 che mette in evidenza la disposizione dei componenti principali. In essa viene chiaramente mostrata
20 l'unità mobile come un robot autonomo su ruote, con tre gruppi motori 11 indipendenti e le relative ruote di tipo *transwheel* 13, montati radialmente a 120°. Utilizzando i gruppi motori 11 e componendone linearmente gli effetti, all'unità

mobile sono concesse tutte le direzioni e tutte le rotazioni: Gli strisciamenti sono ridotti grazie all'utilizzo di ruote di tipo *transwheel* 13.

La Figura 6 riporta un esploso del gruppo motore 11 che risulta essere costituito da un motore a corrente continua 14 e un riduttore 15. Una staffa di sostegno 16
5 collega il gruppo motore 11 al carter 5; sull'asse del riduttore 15 è calettata la ruota di tipo *transwheel* 13.

La Figura 7 mostra come la notevole mobilità sopra citata sia assecondata dalla struttura di supporto rotante per il polso e l'avambraccio 7 capace di ruotare liberamente; essa è costituito dal supporto propriamente detto 17 da montare
10 sull'albero cavo 18, il quale è montato dentro cuscinetti a sfere 19 appoggiati al supporto 20. All'interno dell'albero cavo 18 è montata la cella di carico 8.

In Figura 8, è mostrata la ruota *transwheel* 13 nella sua versione a due file di rullini 21, che permettono di annullare lo strisciamento nelle direzioni parallele all'asse della ruota *transwheel* 13 e giacenti sul piano di appoggio e di ridurle nelle
15 direzioni intermedie contenute tra quelle parallele all'asse della ruota *transwheel* 13 e quelle perpendicolari all'asse della ruota *transwheel* 13 e giacenti sul piano.

Si fa notare che l'utilizzo di due file di rullini sfalsate (invece che singola come nello standard *transwheel*) permette all'interfaccia di essere notevolmente più confortevole, infatti il fenomeno del *chattering*, ovvero del saltellamento dovuto
20 alla discontinuità nel passaggio da un rullino all'altro è notevolmente ridotto. Se tale fenomeno può essere tollerato nei robot mobili, esso è decisamente problematico nel caso di interfaccia aptica.

RIVENDICAZIONI dell'invenzione industriale dal titolo:

**DISPOSITIVO ROBOTICO APTICO PLANARE SU RUOTE
OMNIDIREZIONALI**

a nome della ditta italiana:

HUMANWARE Srl

con sede in

via Garofani 1, 56125 Pisa

5

Depositato il 17 /02/2011

RIVENDICAZIONI

10

1. Un dispositivo aptico atto ad essere utilizzato come interfaccia uomo-macchina per interazioni in ambienti virtuali e/o reali, tele-operazioni e riabilitazione assistita da robot comprendente:

15

- a. una unità mobile atta ad interfacciarsi con almeno un utente
- b. una unità di controllo associata a detta unità mobile
- c. una unità di alimentazione atta ad alimentare detta unità mobile
- d. mezzi di localizzazione atti a localizzare la posizione di detta unità mobile in uno spazio e a comunicare con detta unità di controllo (4) in

modo che detta unità mobile si muova secondo un percorso predeterminato

e. un sistema di rilevazione delle forze o delle coppie di interazione esercitate dall'utente

5 f. un piano di lavoro opzionale

g. un sistema di visualizzazione opzionale per feedback audiovisivi.

in cui detta unità mobile comprende:

– almeno tre ruote angolarmente spaziate tra loro

10 – mezzi per azionare ciascuna unità di motorizzazione di dette ruote in modo da causare la rotazione di ciascuna ruota attorno al rispettivo asse di rotazione in un piano di rotolamento ortogonale a detto asse di rotazione

15 – mezzi di scorrimento per consentire un libero movimento di dette ruote in una direzione trasversale a detto piano di rotolamento, in modo tale che detta unità mobile possa seguire una traiettoria qualsivoglia in base alla combinazione del movimento di rotolamento imposto a ciascuna ruota da dette unità di motorizzazione e al libero movimento in una direzione trasversale a detto piano di rotolamento permesso da detti mezzi di scorrimento

20 2. Un dispositivo aptico come da rivendicazioni precedenti, mobile su cingoli o su sfere motrici.

3. Un dispositivo aptico, come da rivendicazioni precedenti, interfacciandosi con l'arto superiore o inferiore a qualsiasi livello distale/proximale o anche solo con la mano o con le dita, per mezzo di interfacce quali:
- a. impugnature rigide o flessibili
 - 5 b. guanti rigidi o flessibili
 - c. bracciali o cinghie
 - d. una penna
 - e. ditali
 - f. una interfaccia come le precedenti capace di rilevare fino a tre
 - 10 rotazioni.
4. Un dispositivo aptico, come dalle rivendicazioni precedenti, con un sistema di localizzazione a scelta tra i tipi seguenti
- a. Rilevante la posizione assoluta mediante lettura ottica di un codice bidimensionale riportato sul piano di lavoro
 - 15 b. rilevante la posizione assoluta, triangolando con metodo ottico
 - c. rilevante la posizione assoluta, triangolando con metodo acustico
 - d. rilevante la posizione assoluta, triangolando con metodo in radiofrequenza
 - e. rilevante la posizione assoluta con potenziometri a filo o encoder a filo
 - 20 f. rilevante la posizione con metodo incrementale con sensori a scelta tra:
 - i. encoder
 - ii. odometri

- iii. resolver
 - iv. potenziometri
 - v. uno dei precedenti tipi di sensori o altri integrati nel sistema di attuazione
- 5 5. Un dispositivo aptico, come da rivendicazioni precedenti, con un sistema di rilevazione delle forze o delle coppie con sensori a scelta tra i seguenti:
- a. estensimetri a resistenza variabile, metallici o a semiconduttore
 - b. celle di carico
 - c. a misurazione della deformazione indotta, con metodo ottico o
 - 10 magnetico o acustico
 - d. che desumono la coppia dai sensori di corrente assorbita dai motori
6. Un dispositivo aptico costituito da due o più dispositivi come descritti nelle rivendicazioni precedenti agenti contemporaneamente sullo stesso utente (ad es. su più articolazioni e/o su arti diversi) o su più utenti.
- 15 7. Un dispositivo come descritto nelle rivendicazioni precedenti ma passivo, atto solo a misurare le variabili dinamiche (forze, coppie, e inerzie) e cinematiche (posizioni, velocità, accelerazioni, jerk), e quelle da esse derivate, durante il suo interfacciamento con l'utente.
8. Un dispositivo aptico come descritto nelle rivendicazioni precedenti integrato
- 20 con un ulteriori dispositivi aptici sia di tipo tattile, in modo da integrare il dispositivo al fine di restituire all'utente anche sensazioni tattili, che di tipo

cinestesico al fine di integrare il dispositivo per restituire ulteriori ritorni di forza su altre articolazioni.

9. Un dispositivo aptico come descritto nelle rivendicazioni precedenti integrante ulteriori sistemi audiovisivi da utilizzarsi come interfacce aggiuntive ad esempio nella valutazione cognitiva o riabilitazione di soggetti affetti da patologie neuro-psichiatriche o neurologiche degenerative.
10. Un dispositivo aptico come descritto nelle rivendicazioni precedenti integrante sensoristica capace di rilevare grandezze di tipo biometrico (cardiofrequenzimetro, sensore di umidità corporea, ossimetro, etc.)

Claims of the invention named:

**DISPOSITIVO ROBOTICO APTICO PLANARE SU RUOTE
OMNIDIREZIONALI (MOBILE PLANAR ROBOTIC DEVICE MOVING ON
OMNIDIRECTIONAL WHEELS)**

Whose assignee is the Italian company:

HUMANWARE Srl

Located in

via Garofani 1, 56125 Pisa

5

Filed on 17 February 2011

CLAIMS

The invention claimed is

- 10 1. A haptic device intended for being used as a Human Machine interface for
master/slave applications or virtual/augmented reality applications or for
robotic rehabilitation, comprising
 - a. a mobile unit interacting at least with one user (providing kinesthetic
feedback, eg. Force feedback)
 - 15 b. a control unit (which can be either located inside the mobile unit or outside
in a remotely connected computer)
 - c. a power supply unit (or a battery charger)
 - d. a navigation system (for positioning of the mobile unit in the plane)

- e. a force/torque sensing system (for user's interaction force/torque measurement)
- f. a working plane (optional)
- g. a display system (optional) intended for audio-visual feedback

The mobile unit (a) above described encloses

- at least three wheel and each of these wheels has
 - o means to allow the rotation around the wheel axis (e.g a driving unit or a motor)
 - o means to allow the wheel sliding in a plane different from the plane in which the rotation of the wheel occurs. In this manner, combining the effect of the rotations of the wheels and their ability to slide in a direction outside of the rotation plane, the device will be able to freely move in any direction, in fact obtaining an omnidirectional device.

2. The haptic device of claim 1 wherein the wheels are replaced by driving caterpillars or driving spheres.
3. The invention of the previous claims wherein the interaction between the device and the user occurs with any link of the upper limb or with any link of the lower limb or even with the hand or the fingers by means of an interface such as:
 - a. solid or soft handles
 - b. solid or soft gloves
 - c. rings or belts
 - d. a stick or a pen

- e. thimbles
 - f. an interface as above depicted able to detect up to three rotations
- 45 4. The invention of the previous claims wherein the navigation system can be one of the following:
- a. an optical positioning system reading a bi-dimensional positioning code impressed on the plane surface
 - b. an absolute navigation system triangulating with optical devices
 - 50 c. an absolute navigation system triangulating with acoustic devices
 - d. an absolute navigation system triangulating with radiofrequency based devices
 - e. a positioning system using string potentiometers or string encoders.
 - f. a positioning system using incremental sensor such as
 - 55 i. encoders
 - ii. odometers
 - iii. resolvers
 - iv. potentiometers
 - g. the previous optionally integrated with sensors in the actuation systems
- 60 5. The invention of the previous claims wherein the force/torque interaction is measured by one of the following sensors:
- a. metallic or semiconductor strain gauges
 - b. load cells
 - c. force/torque measuring systems based on strain deformation using
 - 65 optical or magnetic or acoustic methods.
 - d. torque measuring systems based on monitoring current absorption of the actuators

6. The invention of the previous claims wherein the device is made of two or more mobile units interacting with the same user (e.g. acting on two or more joints and/or acting on two or more limbs) or interacting with two or more users.
7. The invention of the previous claims but without actuation whose intent is to measure dynamics values (force, torque, inertia, etc.) and/or kinematic values (position, velocity, acceleration, jerk, etc.) and the other values that can be elicited from the previous while the user interacts with the mobile unit.
8. The invention of the previous claims endowed with further haptic systems such as tactile haptic systems (in order to provide the user with tactile feedback) or kinesthetic systems (in order to provide the user with further force feedback on other joints)
9. The invention of the previous claims endowed with further audio-visual feedback systems intended for enhancing the interaction, e.g. during cognitive assessment or rehabilitation in neuro-psychiatric diseases or neuro-degenerative diseases.
10. The invention of the previous claims endowed with biometric sensors (e.g. cardio-frequency meter, oxymeter, sweat sensors, etc.)

1/8

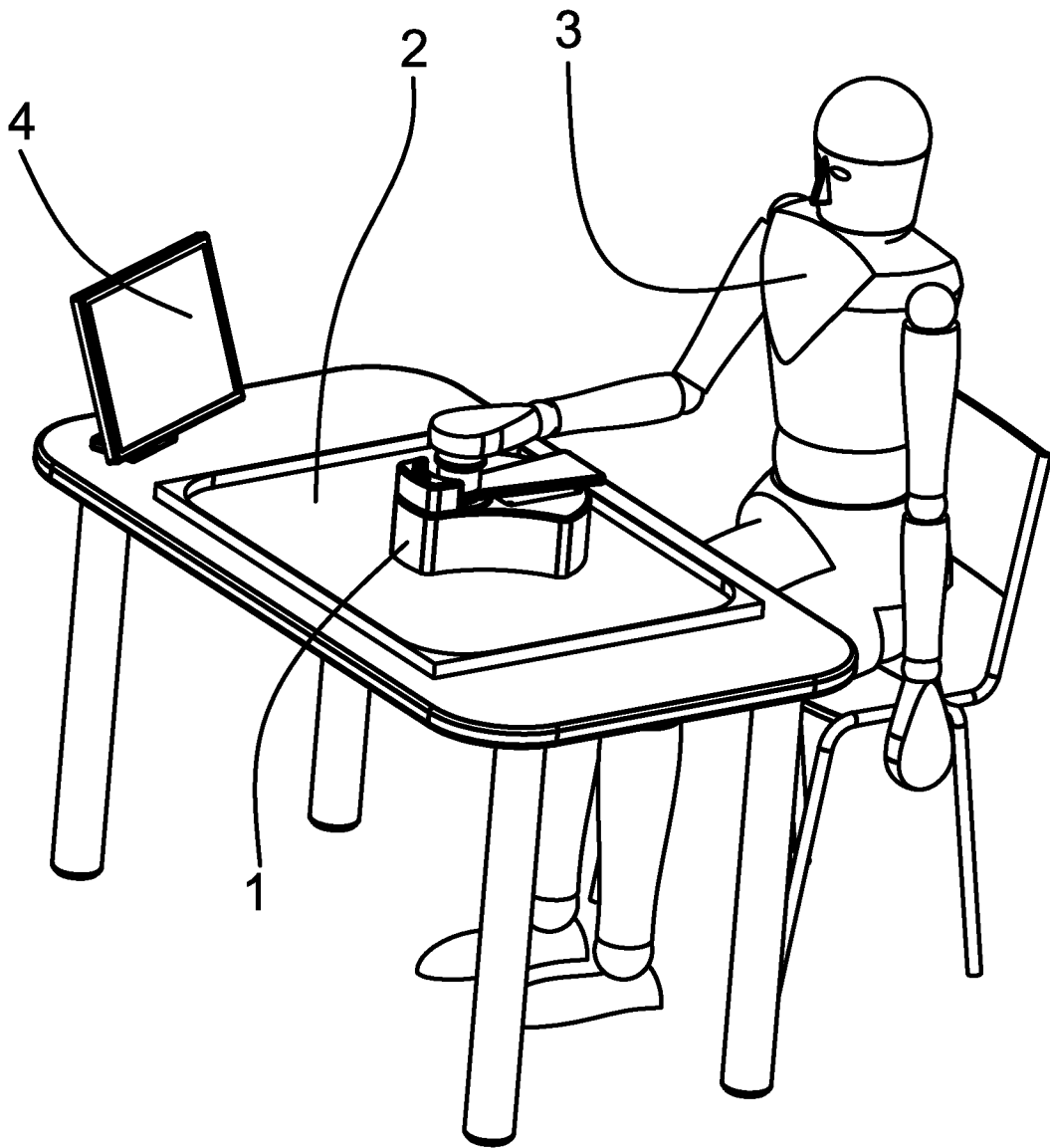


Fig. 1

2/8

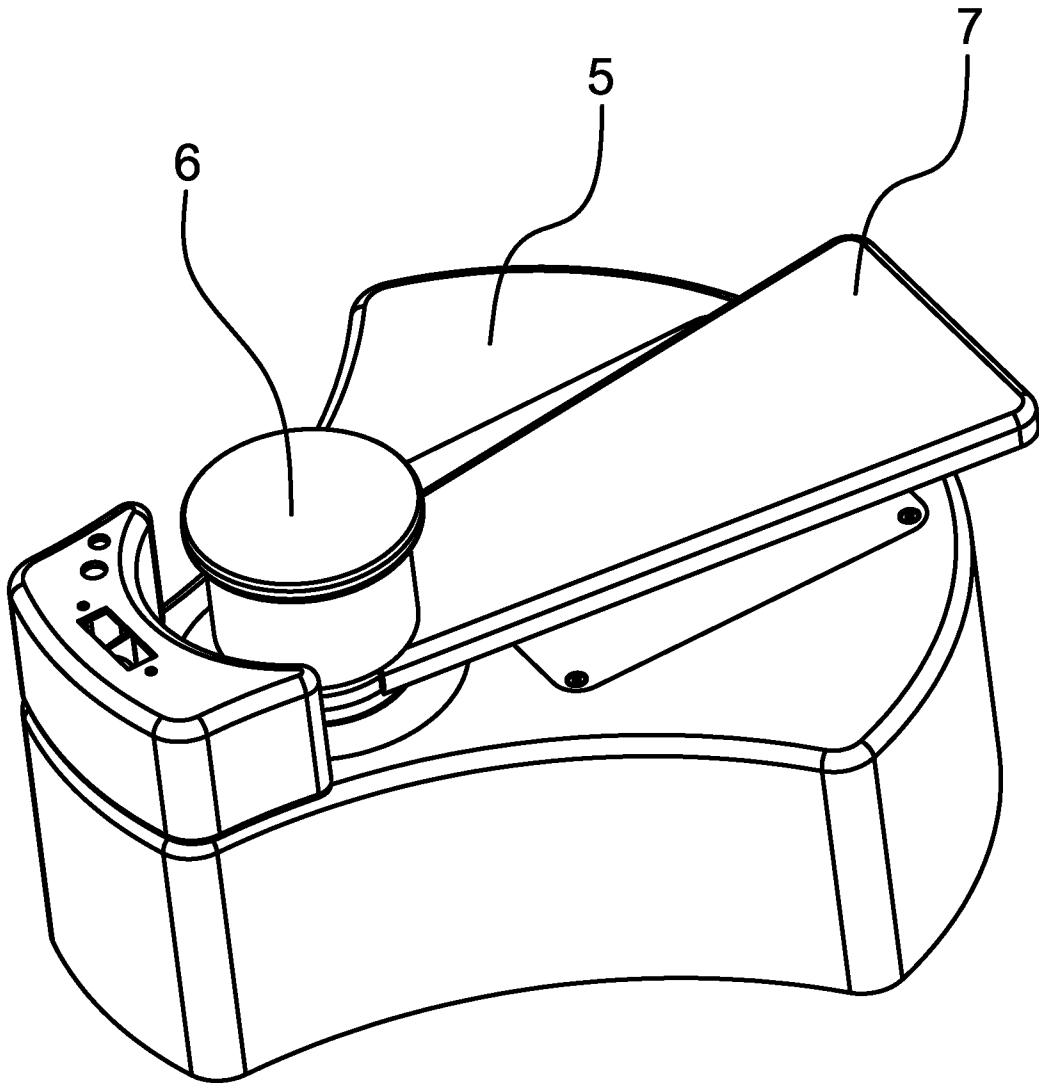


Fig. 2

3/8

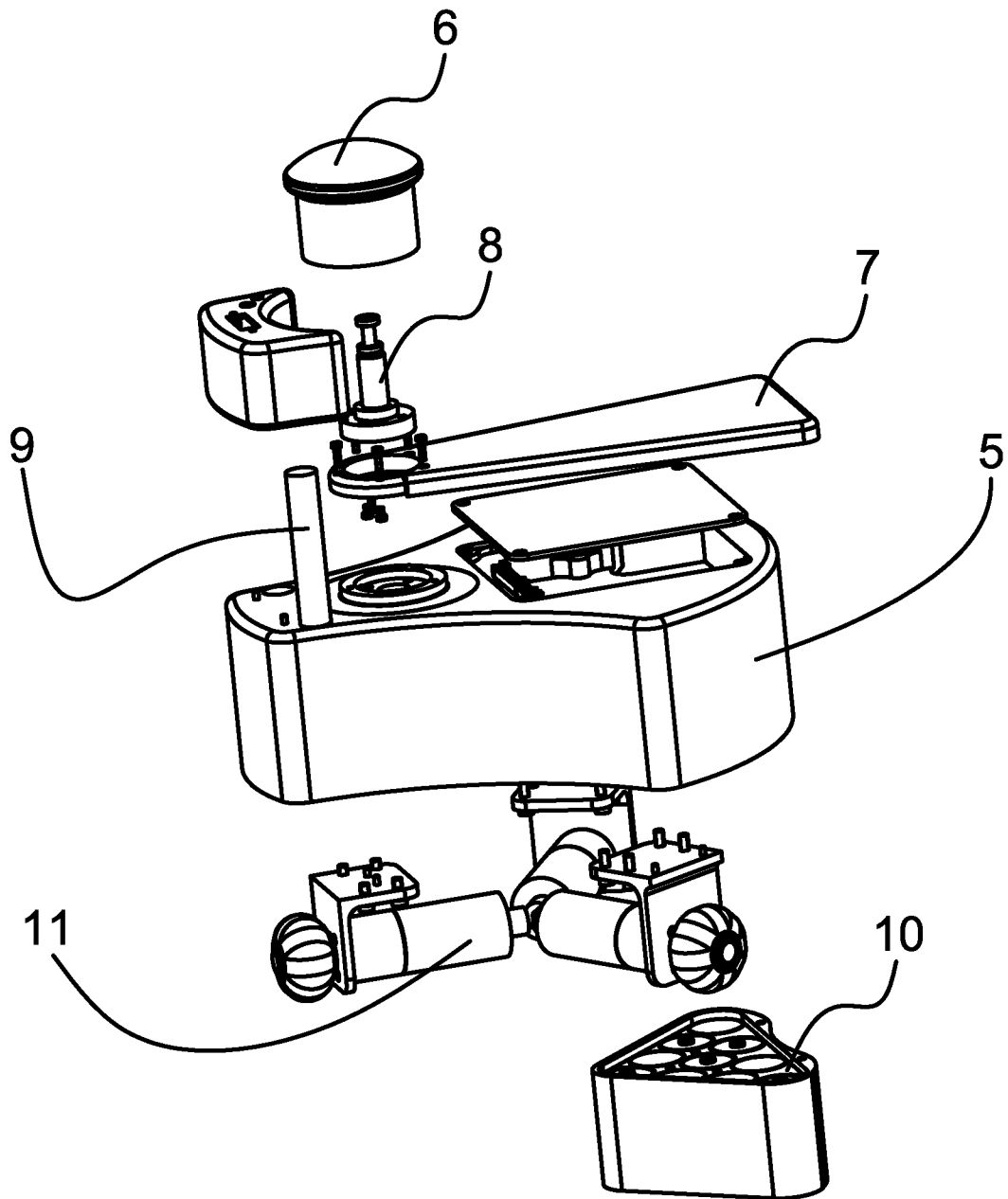


Fig. 3

4/8

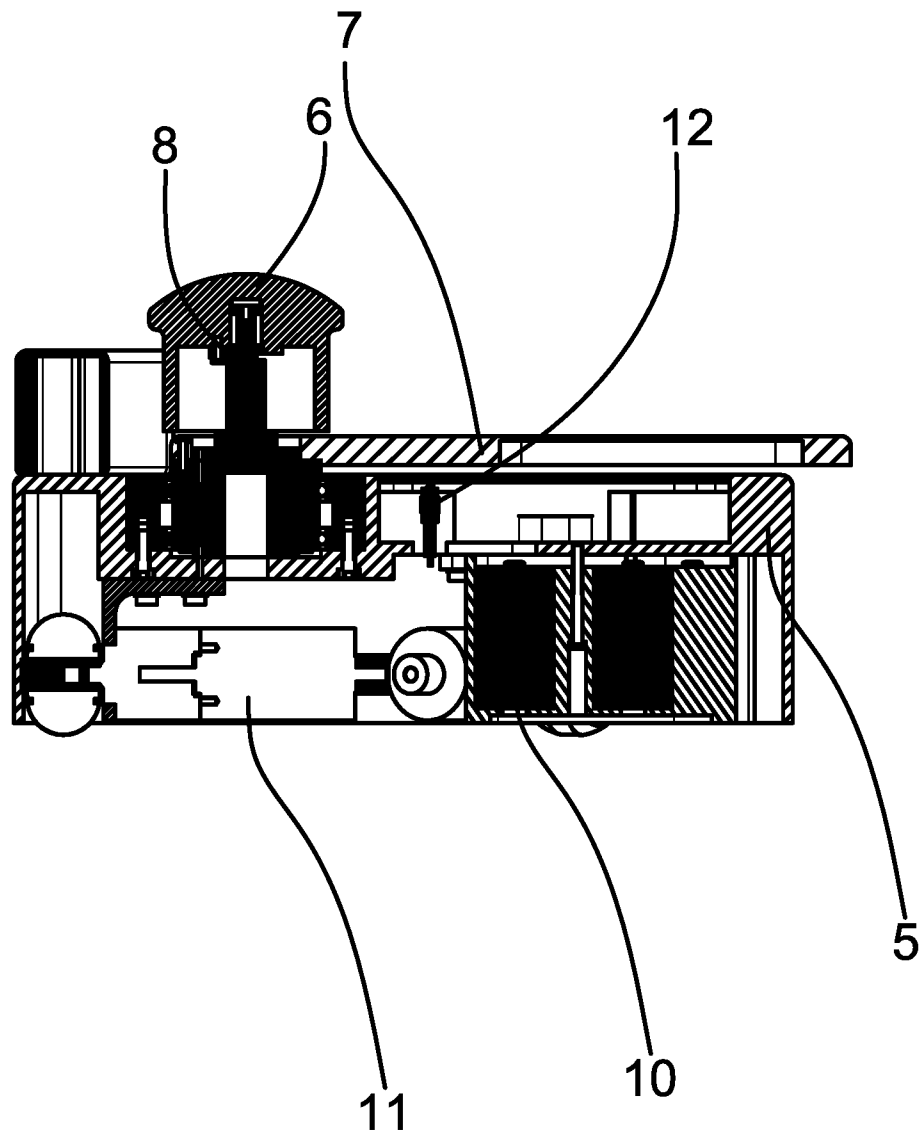


Fig.4

5/8

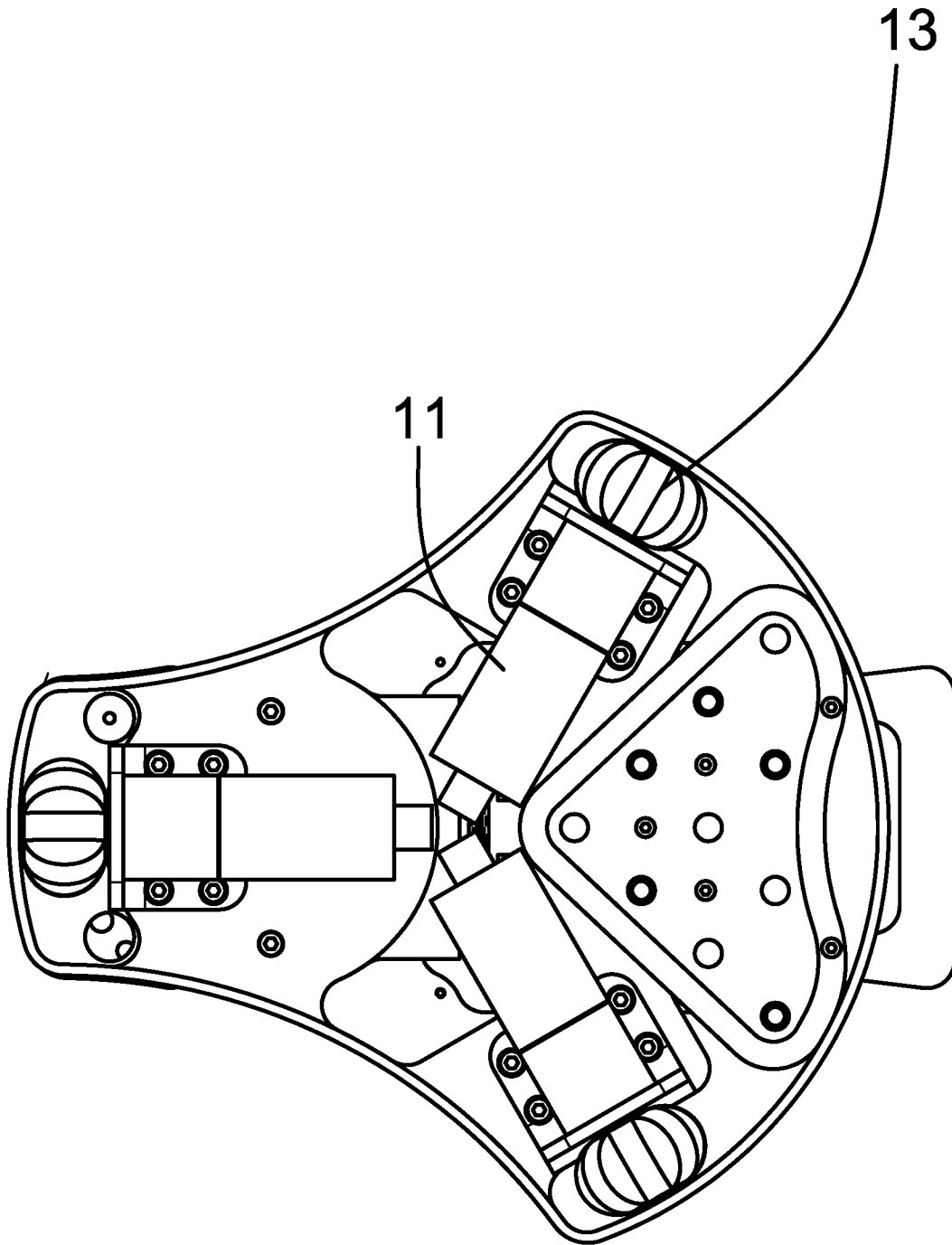


Fig.5

6/8

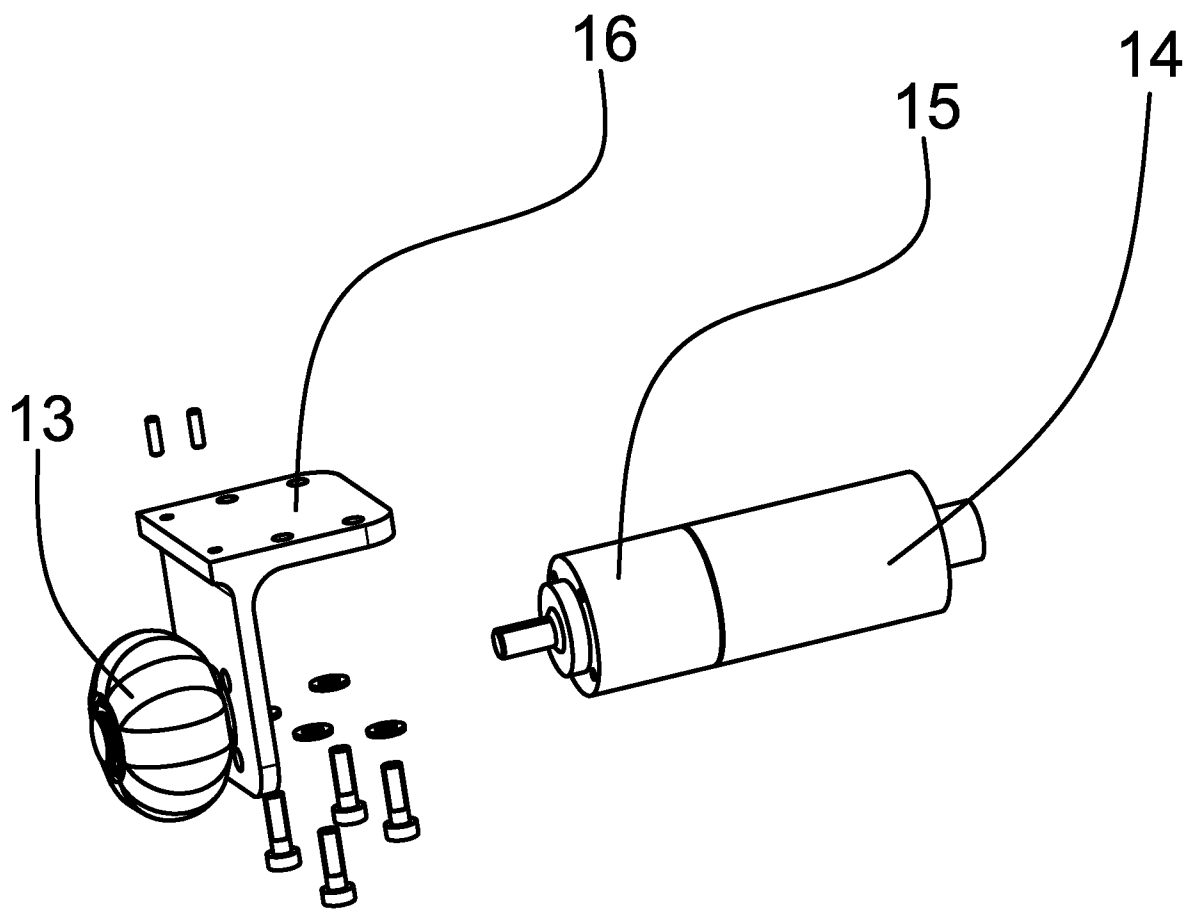


Fig.6

7/8

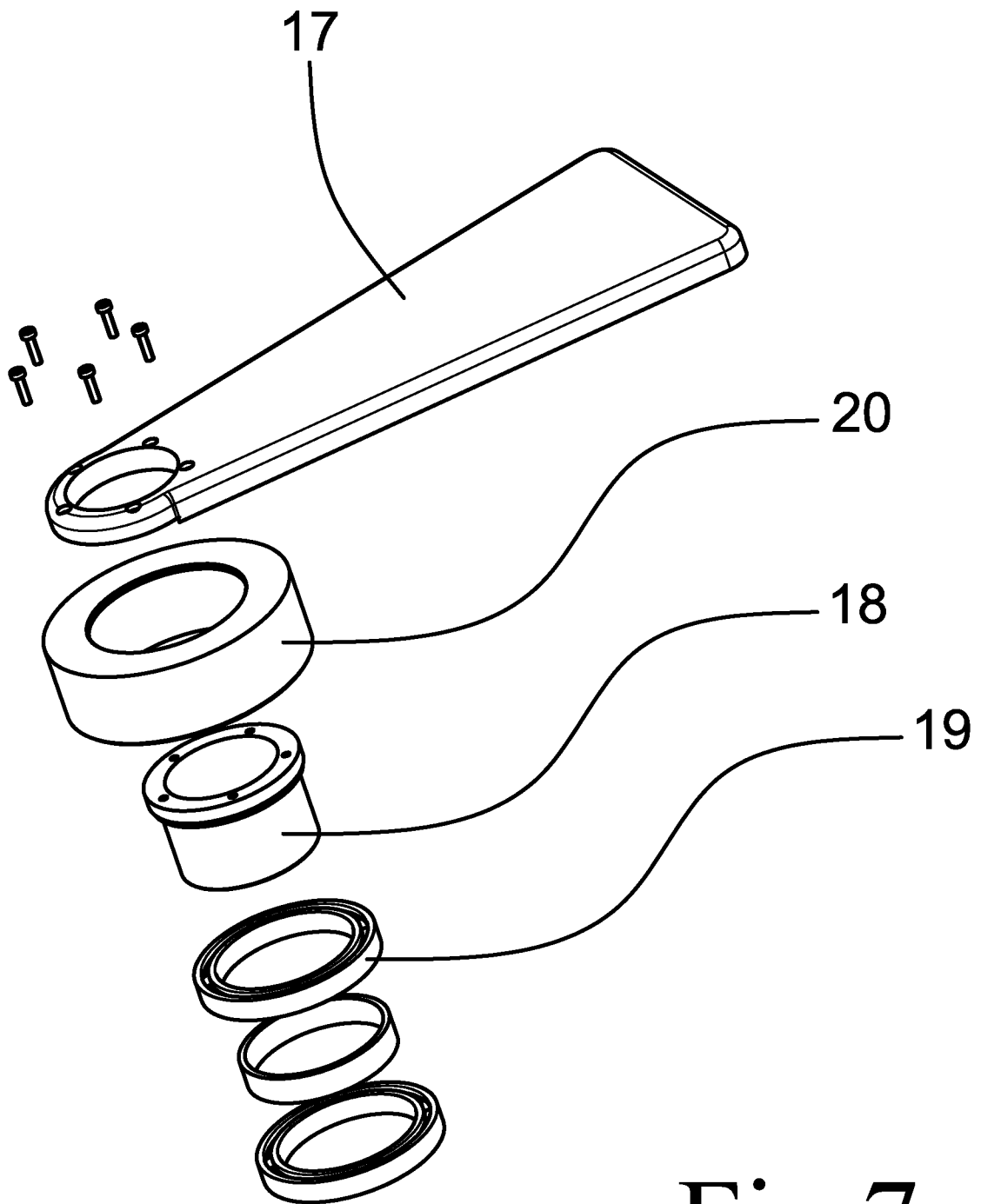


Fig.7

8/8

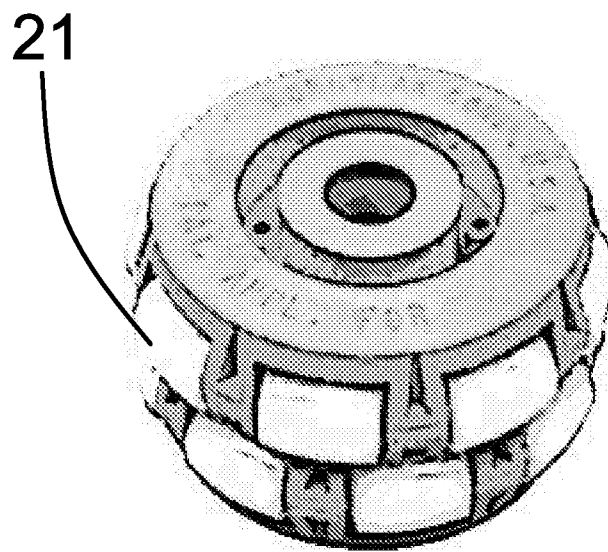


Fig.8