



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA NUMERO	102008901615510
Data Deposito	07/04/2008
Data Pubblicazione	07/10/2009

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	63	C		

Titolo

METODO DI PILOTAGGIO COMBINATO DI VEICOLI SOTTOMARINI OPERABILI IN REMOTO,
DISPOSITIVO PER L'IMPLEMENTAZIONE DELLO STESSO E SISTEMA IMPIEGANTE GLI
STESSI.

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale

a nome: ENI S.p.A.

di nazionalità: italiana

con sede in: ROMA

La presente invenzione si riferisce ad un metodo di pilotaggio combinato di veicoli sottomarini operabili in remoto, un dispositivo per l'implementazione di tale metodo ed un sistema impiegante gli stessi.

Per l'esecuzione di operazioni di costruzione e manutenzione di strutture sottomarine è ormai diffuso nell'ambiente *offshore*, scientifico e di installazione di strutture edili, impiegare dei veicoli sottomarini operabili in remoto, anche detti ROV (*remote operated vehicle*).

L'esigenza di operare con strutture sempre più voluminose e/o richiedenti operazioni particolari, ha portato a realizzare ROV sempre più potenti e ad alte prestazioni, equipaggiati per di più con dotazioni destinate al particolare intervento.

Sono state inoltre elaborate di volta in volta procedure operative specificamente destinate ad operazioni particolari, quali ad esempio la discesa ed il posizionamento di oggetti in ambiente sottomarino, l'ispezione visiva durante operazioni di installa-

zione sottomarina e la riduzione di disturbi durante il moto di strutture lunghe o comunque di grandi dimensioni.

Ad oggi esistono dunque una pluralità di tipologie di ROV differenti, ognuna impiegabile per eseguire una determinata operazione.

In particolare si distinguono i ROV a bassa potenza che vengono in genere impiegati per la sola ispezione visiva di operazioni sottomarine, e diverse tipologie di ROV ad alta potenza che si differenziano per il loro impiego, ad esempio la movimentazione di oggetti e/o l'esecuzione di operazioni attraverso sistemi robotici.

Risulta dunque che per poter eseguire la molteplicità di operazioni necessarie, ad esempio nella produzione petrolifera *offshore*, sarebbe necessario avere a disposizione un'altrettanto elevato numero di ROV differenti ognuno appartenente ad una particolare tipologia di impiego.

Tuttavia le imbarcazioni utilizzate per le operazioni *offshore* non sono in genere dotate di un numero elevato di tali veicoli operabili in remoto di tipologia differente, in particolare per via degli ingombri e dei costi non trascurabili degli stessi.

Tali imbarcazioni sono in genere provviste di ROV a

bassa potenza, anche detti ROV per ispezione, i quali non possono essere tuttavia impiegati per lo svolgimento di operazioni eseguibili con ROV ad alta potenza.

Ciò non risulta ad oggi possibile nemmeno nel caso la minore potenza offerta dal ROV per ispezione sia sopperita attraverso l'impiego di una pluralità di tali veicoli.

L'impiego di più ROV per ispezione non permette infatti di ottenere i risultati che offre un ROV ad alta potenza essendo a tal fine necessaria una coordinazione delle operazioni dei singoli ROV per ispezione che non risulta possibile realizzare attraverso i metodi di pilotaggio in remoto ad oggi noti i quali sono solo in grado di pilotare i singoli ROV in maniera disgiunta.

In assenza di una tale coordinazione fine, i singoli ROV per ispezione impiegati ad esempio nella movimentazione di oggetti in ambiente sottomarino potrebbero sviluppare forze contrastanti su tale oggetto portando alla sua ingovernabilità, fin'anche al danneggiamento dello stesso.

Scopo della presente invenzione è quello di ovviare agli inconvenienti sopra menzionati ed in particolare quello di ideare un metodo di pilotaggio combinato di

veicoli sottomarini operabili in remoto che permetta di realizzare operazioni richiedenti una potenza elevata attraverso la combinazione di veicoli operabili in remoto a potenza inferiore.

Un altro scopo della presente invenzione è quello di realizzare un dispositivo per il pilotaggio di veicoli sottomarini operabili in remoto che permetta di combinare l'azione di una pluralità di veicoli operabili in remoto.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di fornire un sistema di pilotaggio di veicoli sottomarini operabili in remoto implementante tale metodo. Questi ed altri scopi secondo la presente invenzione sono raggiunti realizzando un metodo di pilotaggio combinato di veicoli sottomarini operabili in remoto, un dispositivo per l'implementazione dello stesso ed un sistema impiegante gli stessi come esposto nelle rivendicazioni indipendenti.

Ulteriori aspetti dell'invenzione sono oggetto delle rivendicazioni dipendenti.

Le caratteristiche ed i vantaggi di un metodo di pilotaggio combinato di veicoli sottomarini operabili in remoto secondo la presente invenzione risulteranno maggiormente evidenti dalla descrizione seguente, esemplificativa e non limitativa, riferita ai disegni

schematici allegati nei quali:

- la figura 1 è una rappresentazione schematica di un sistema per il pilotaggio combinato di veicoli sottomarini operabili in remoto secondo la presente invenzione;
- la figura 2 mostra un dispositivo per il vincolo di una pluralità di veicoli operabili in remoto per l'implementazione del metodo di pilotaggio combinato secondo l'invenzione;
- le figure 2a-2d illustrano dettagli ingranditi della figura 2;
- la figura 3 è uno schema a blocchi del metodo di pilotaggio combinato secondo la presente invenzione;
- la figura 4 è un grafico rappresentante il sistema di riferimento del dispositivo di vincolo secondo la presente invenzione.

Con riferimento alle figure, viene innanzitutto mostrato un sistema per il pilotaggio combinato di veicoli sottomarini operabili in remoto secondo la presente invenzione, complessivamente indicato con 10. Tale sistema 10 comprende un'unità di elaborazione 11 collegata in uscita agli ingressi di comunicazione digitali dei sistemi di controllo di almeno due veicoli operabili in remoto o ROV 14 per trasmettere i comandi agli stessi.

A tal fine l'unità di elaborazione 11 comprende dei mezzi *software* 16 che determinano i comandi da trasmettere ai ROV 14 attraverso l'implementazione di un metodo di pilotaggio combinato di tali veicoli 14 descritto più avanti.

Secondo la presente invenzione i ROV 14 sono rigidamente collegati ad un dispositivo 20 per il vincolo degli stessi al fine del loro pilotaggio combinato.

L'unità di elaborazione 11 è inoltre collegata in ingresso ad un'interfaccia 12 per l'immissione di comandi da parte di un operatore, come ad esempio una *consolle* con *joystick*, e ad un sistema 13 di determinazione della posizione di tale dispositivo 20 di vincolo, nonché dell'orientazione degli almeno due ROV 14.

A tal fine viene ad esempio impiegato un sistema di posizionamento globale 13a, preferibilmente del tipo ad alta precisione, quale il sistema DGPS (*Differential Global Positioning System*), che permette di raggiungere un'accuratezza metrica o sub-metrica, posto sul dispositivo 20 di vincolo ed associato a delle bussole 13b installate nei ROV 14.

Diversamente, per la determinazione della posizione del dispositivo di vincolo 20 è possibile prevedere un sistema acustico di posizionamento posto a fondo

mare (non illustrato), preferibilmente del tipo a *transceiver*.

Infine, l'unità di elaborazione 11 comprende preferibilmente un'interfaccia di visualizzazione 15 per la rappresentazione bidimensionale e/o tridimensionale della posizione istantanea dei veicoli 14.

Il dispositivo 20 di vincolo comprende almeno due bracci di ancoraggio o *docking* 25 disposti ad una posizione angolare reciproca fissa, ognuno provvisto, ad una propria prima estremità 25a, di mezzi 29 per collegare rigidamente un ROV 14. Tali almeno due bracci di ancoraggio 25 sono inoltre vincolati, in corrispondenza della loro seconda estremità 25b, a dei mezzi 26 per l'aggancio scorrevole e girevole ad un profilo verticale 21.

In una forma di realizzazione preferenziale ma non limitativa, i mezzi di aggancio 26 sono un manicotto 26 provvisto internamente di carrelli 28 che permettono lo scorrimento dell'insieme formato dal manicotto 26 e dai bracci 25 lungo il profilo verticale 21 limitatamente ad un tragitto definito da due elementi di fine corsa meccanici 27.

Il funzionamento del sistema di pilotaggio di veicoli sottomarini operabili in remoto secondo la presente invenzione è il seguente.

Il dispositivo di vincolo 20 viene collegato ad un profilo verticale 21.

Successivamente i ROV 14 vengono collegati rigidamente al dispositivo 20 di vincolo (fase 110) e la struttura complessiva 14,20 immersa in acqua (fase 120), monitorandone la posizione ed orientazione attraverso il sistema 13.

Alternativamente il collegamento dei ROV (fase 110) può avvenire quando il dispositivo 20 è già in acqua. L'unità di elaborazione 11, attraverso l'esecuzione dei mezzi *software* 16, determina (fase 150) i comandi da impartire agli stessi 14 sulla base della posizione e dell'orientazione istantanea di tali veicoli 14 (fase 130) e delle informazioni sulla posizione ed orientazione da raggiungere inserita da un operatore attraverso l'interfaccia 12 (fase 140).

Tali comandi vengono successivamente trasferiti ai controllori dei ROV 14 (fase 160) affinché questi comandino le forze desiderate ai propulsori dei ROV 14. Per la determinazione dei comandi da impartire ai ROV 14 si applica l'algoritmo di *Thruster Allocation Matrix* (TAM) sulla base della struttura complessiva costituita dagli almeno due ROV 14 collegati rigidamente al dispositivo 20 per il pilotaggio combinato. In maniera del tutto esemplificativa e non limita-

tiva, la determinazione dei comandi da impartire ai ROV 14 viene di seguito illustrata con riferimento ad una struttura complessiva costituita da due soli ROV 14 collegati ad un dispositivo 20 per il pilotaggio combinato come precedentemente esposto.

Viene innanzitutto determinato il centro di massa O_C della struttura complessiva 14,20 (fase 151) al fine di costruire un sistema di riferimento come quello illustrato in figura 4, in cui vengono individuate le coordinate $[x_c, y_c, 0]$, $[x_{R1}, 0, 0]$, $[0, y_{R2}, 0]$, rispettivamente del centro di massa O_C , del sistema di riferimento O_{R1} di un primo ROV 14 e del sistema di riferimento O_{R2} di un secondo ROV 14, espresse rispetto al sistema di riferimento di navigazione (O_K, X_k, Y_k, Z_k).

Definendo (F_{x1}, F_{y1}, F_{z1}) la forza applicata dal primo ROV 14 al sistema, e (F_{x2}, F_{y2}, F_{z2}) la forza applicata dal secondo ROV al sistema, secondo l'algoritmo della *Thruster Allocation Matrix* tali forze generano una forza risultante (F_x, F_y, F_z) ed un momento risultante (M_x, M_y, M_z) rispetto al sistema di riferimento del centro di massa O_C della struttura complessiva 14,20, le cui componenti sono calcolate mediante il seguente calcolo matriciale:

$$\begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ M_x \\ M_y \\ M_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & | & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & | & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & | & 0 & 0 & 1 \\ \hline 0 & 0 & -y_c & | & 0 & 0 & (y_{R2} - y_c) \\ 0 & 0 & (x_c - x_{R1}) & | & 0 & 0 & x_c \\ y_c & (x_{R1} - x_c) & 0 & | & x_c & (y_c - y_{R2}) & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} F_{x1} \\ F_{y1} \\ F_{z1} \\ F_{x2} \\ F_{y2} \\ F_{z2} \end{bmatrix}$$

Sulla base delle informazioni immesse dall'utente in merito all'orientazione e posizione che la struttura complessiva 14,20 deve raggiungere, vengono determinati in tempo reale la forza (F_x, F_y, F_z) ed il momento (M_x, M_y, M_z) necessari ad eseguire lo spostamento richiesto (fase 152).

Sulla base di tali dati, ha luogo la determinazione delle componenti delle forze $F_{x1}, F_{y1}, F_{z1}, F_{x2}, F_{y2}, F_{z2}$ applicate dai singoli ROV 14 mediante il calcolo matriciale sopra riportato (fase 153).

Si ha dunque che, grazie alla unità di elaborazione 11 comprendente mezzi *software* 16, l'utente può pilotare in remoto la pluralità di ROV 14 rigidamente vincolati ad un dispositivo 20 di vincolo come se stesse pilotando un unico veicolo.

Non è pertanto necessario coordinare manualmente i comandi impartiti ai singoli ROV 14.

L'unità di elaborazione 11, attraverso l'esecuzione dei mezzi *software* 16 che implementano il metodo di pilotaggio combinato secondo la presente invenzione,

traduce automaticamente i comandi impartiti dall'operatore alla struttura complessiva 14,20 in comandi specifici per i singoli veicoli 14.

La Richiedente ha effettuato diversi test per validare l'invenzione verificando positivamente la capacità di inseguire traiettorie desiderate di qualsiasi tipo e di mantenere una desiderata posizione ed orientazione.

In particolare per tali test è stato ideato uno speciale profilo verticale 21 dotato di una zavorra 22 nella parte bassa e di un elemento galleggiante 23 collegato alla struttura sommitale 24.

Il dispositivo 20 di vincolo, una volta collegato a tale profilo verticale 21, si mantiene con l'asse principale in verticale quando rilasciato in acqua.

Per i test di validazione è stato impiegato un sistema di determinazione della posizione 13a del tipo DGPS la cui antenna 17 è stata installata sulla struttura sommitale 24 del profilo verticale 21.

Nell'esecuzione di tali test sono stati applicati anche disturbi di trazione della struttura.

Il sistema 10 si è tuttavia dimostrato capace di mantenere l'errore di posizione ed orientazione della struttura complessiva 14,20 sotto margini di centimetri in posizione e pochi gradi in orientazione.

Dalla descrizione effettuata sono chiare le caratteristiche del dispositivo oggetto della presente invenzione, così come sono chiari i relativi vantaggi.

La possibilità di pilotare in maniera combinata una pluralità di ROV attraverso il dispositivo di vincolo secondo la presente invenzione ed il relativo metodo di pilotaggio, permette di impiegare ROV appartenenti anche a diverse tipologie per effettuare operazioni differenti.

E' infatti sufficiente vincolare rigidamente un numero di ROV opportuno attraverso il dispositivo della presente invenzione per ottenere una struttura complessiva in grado di fornire la potenza necessaria alla particolare operazione, pilotabile con la stessa semplicità con cui si guiderebbe un singolo veicolo.

Risulta dunque possibile impiegare ad esempio una pluralità di ROV per ispezione, di cui sono in genere dotate le imbarcazioni utilizzate per le operazioni *offshore*, per effettuare operazioni che richiedono l'impiego di veicoli in grado di fornire una potenza maggiore.

La Richiedente ha inoltre verificato che il sistema di pilotaggio combinato secondo la presente invenzione, se applicato nella produzione petrolifera, in particolare per la costruzione di teste pozzo sotto-

marine, permette di controllare la posizione e l'orientazione di grandi moduli delle teste pozzo rendendo superfluo l'utilizzo delle linee guida sino ad oggi necessarie.

È chiaro, infine, che il dispositivo così concepito è suscettibile di numerose modifiche e varianti, tutte rientranti nell'invenzione; inoltre tutti i dettagli sono sostituibili da elementi tecnicamente equivalenti. In pratica i materiali utilizzati, nonché le dimensioni, potranno essere qualsiasi a seconda delle esigenze tecniche.

Barzanò & Zanardo Milano S.p.A.

RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo di vincolo (20) di almeno due veicoli (14) sottomarini operabili in remoto comprendente almeno due bracci di ancoraggio (25) disposti ad una posizione angolare reciproca fissa, ognuno di detti almeno due bracci di ancoraggio (25) comprendendo ad una prima estremità (25a) dei mezzi (29) per l'aggancio di un veicolo (14) sottomarino operabile in remoto, detti almeno due bracci di ancoraggio (25) essendo vincolati ad una loro seconda estremità (25b) a dei mezzi (26) per l'aggancio scorrevole e girevole ad un profilo verticale (21).

2. Dispositivo di vincolo (20) secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che detti mezzi di aggancio (26) sono un manicotto (26) provvisto internamente di carrelli (28).

3. Dispositivo di vincolo (20) secondo la rivendicazione 1 o 2 caratterizzato dal fatto che mezzi di aggancio (26) sono vincolabili in maniera scorrevole a detto profilo verticale (21) limitatamente tra due fine corsa (27).

4. Metodo di pilotaggio combinato di veicoli (14) sottomarini operabili in remoto comprendente le fasi che consistono nel:

a) collegare un dispositivo di vincolo (20) secondo

una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti ad un profilo verticale (21);

b) collegare rigidamente almeno due veicoli operabili in remoto (14) a detto dispositivo di vincolo (20);

c) rilevare la posizione della struttura complessiva costituita da detto dispositivo di vincolo (20) e detti veicoli operabili in remoto (14);

d) rilevare l'orientazione di ognuno di detti veicoli operabili in remoto (14);

e) ricevere dati relativi alla posizione ed orientazione da raggiungere;

f) determinare la potenza richiesta a ciascun veicolo operabile in remoto (14) e trasmettere ad ogni veicolo (14) comandi relativi.

5. Metodo di pilotaggio combinato di veicoli (14) sottomarini operabili in remoto secondo la rivendicazione 4 caratterizzato dal fatto che detta fase di determinazione della potenza richiesta a ciascun veicolo comprende i passi che consistono nel:

f1) determinare il centro di massa di detta struttura complessiva (14,20);

f2) sulla base di detti dati ricevuti, determinare la forza ed il momento risultante, rispetto a detto centro di massa, necessari a raggiungere dette posizione ed orientazione;

f3) calcolare le componenti delle forze richieste ai singoli veicoli mediante una trasformazione matriciale di detta forza e detto momento risultante rispetto al centro di massa.

6. Metodo di pilotaggio combinato di veicoli (14) sottomarini operabili in remoto secondo la rivendicazione 5 caratterizzato dal fatto che detta trasformazione matriciale ha luogo secondo l'algoritmo *Thruster Allocation Matrix*.

7. Sistema di pilotaggio combinato di veicoli (14) sottomarini operabili in remoto comprendente un'unità di elaborazione (11) collegata in ingresso ad un sistema (13) di determinazione della posizione e dell'orientazione di almeno due veicoli (14) operabili in remoto, ed in uscita ai sistemi di controllo di detti almeno due veicoli (14), detta unità di elaborazione (11) essendo provvista di mezzi (16) atti ad implementare un metodo di pilotaggio combinato di detti almeno due veicoli (14) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 4 a 6, detti almeno due veicoli (14) essendo rigidamente collegati tra loro mediante un dispositivo di vincolo (20) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 3.

8. Sistema di pilotaggio combinato di veicoli (14) sottomarini operabili in remoto secondo la rivendi-

cazione 7 caratterizzato dal fatto che detta unità di elaborazione (11) è collegata ad un'interfaccia (12) per l'immissione di comandi.

9. Sistema di pilotaggio combinato di veicoli (14) sottomarini operabili in remoto secondo la rivendicazione 7 o 8 caratterizzato dal fatto che detta unità di elaborazione (11) comprende un'interfaccia di visualizzazione (15) per la rappresentazione bidimensionale e/o tridimensionale di dati.

10. Sistema di pilotaggio combinato di veicoli (14) sottomarini operabili in remoto secondo una delle rivendicazioni da 7 a 9 caratterizzato dal fatto che detto sistema (13) di determinazione della posizione e dell'orientazione di almeno due veicoli (14) operabili in remoto comprende sistema di posizionamento globale (13a) previsto su detto dispositivo di vincolo (20) ed una pluralità di bussole (13b) ognuna installata in un veicolo (14).

11. Sistema di pilotaggio combinato di veicoli (14) sottomarini operabili in remoto secondo una delle rivendicazioni da 7 a 9 caratterizzato dal fatto che detto sistema (13) di determinazione della posizione e dell'orientazione di almeno due veicoli (14) operabili in remoto comprende un sistema acustico di posizionamento posto a fondo mare ed una pluralità di

bussole (13b) ognuna installata in un veicolo (14).

Barzanò & Zanardo Milano S.p.A.

SIM

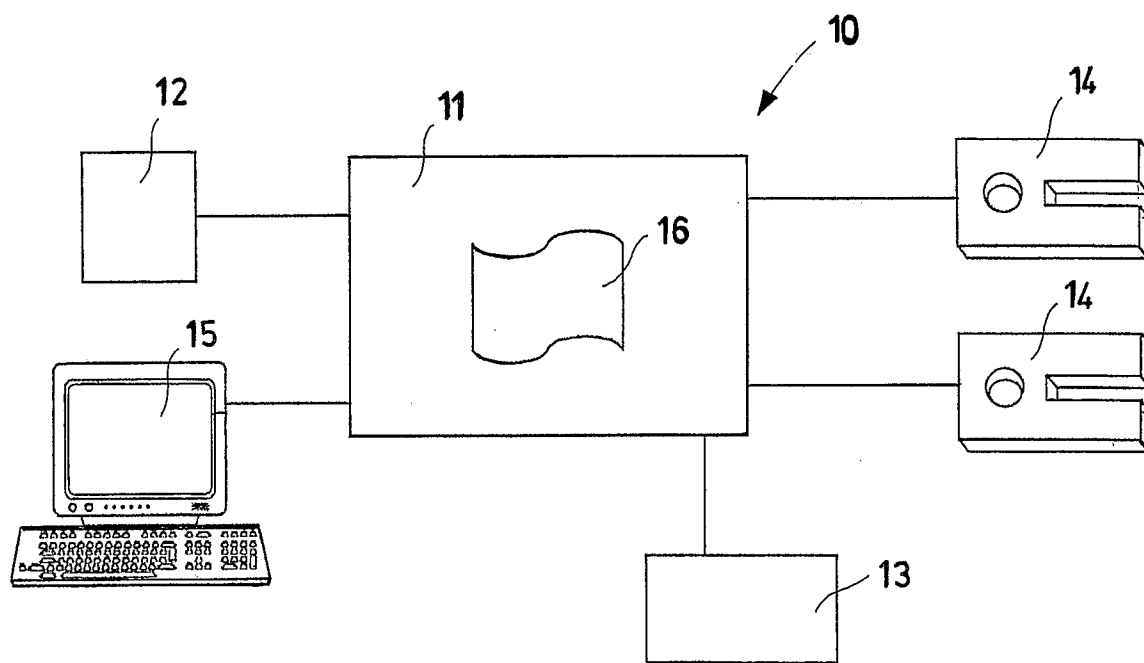
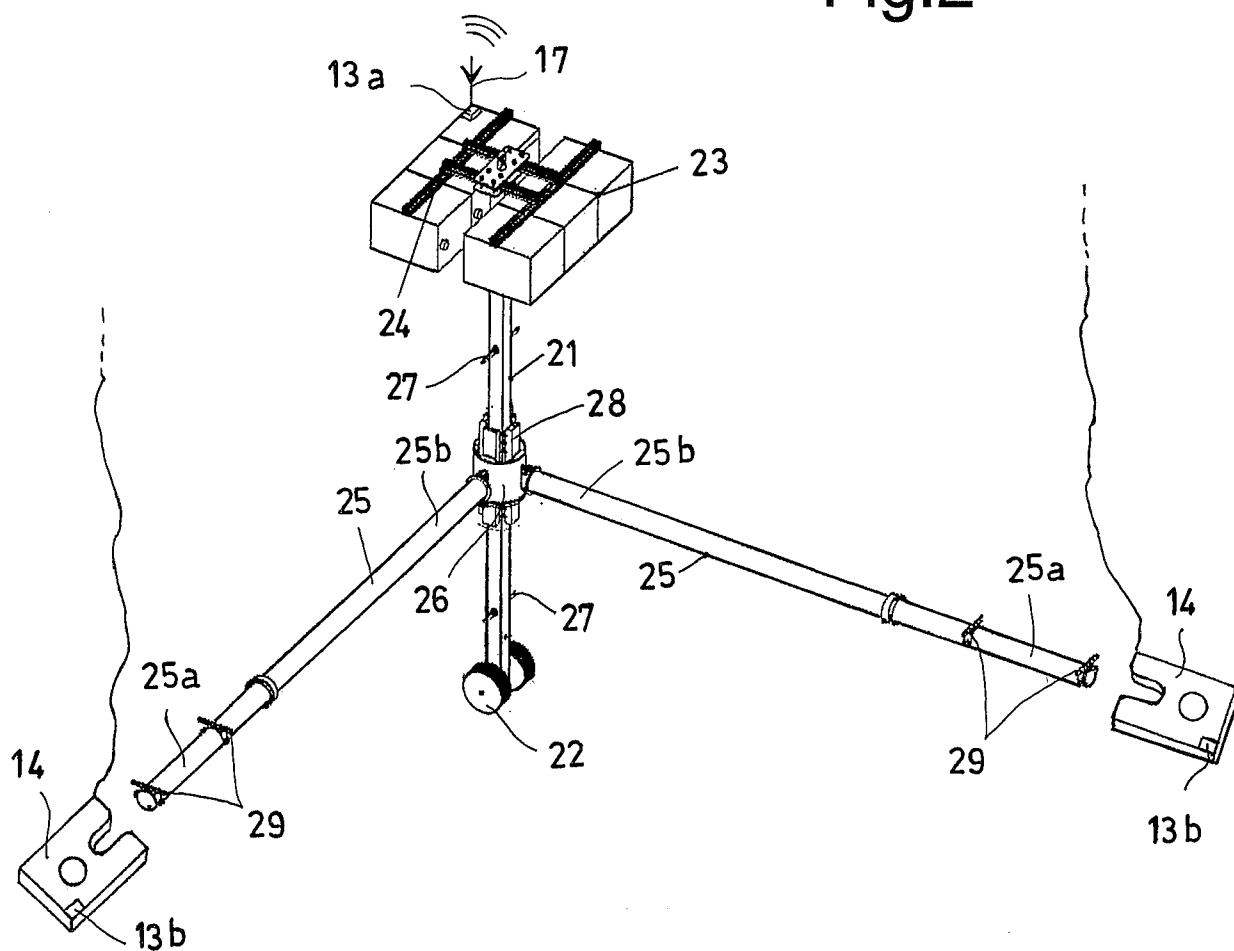


Fig.1

Fig.2



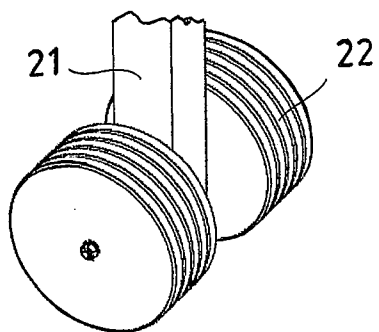


Fig. 2a

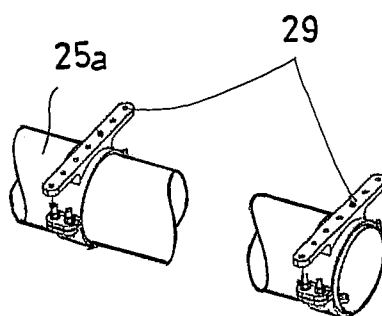


Fig. 2b

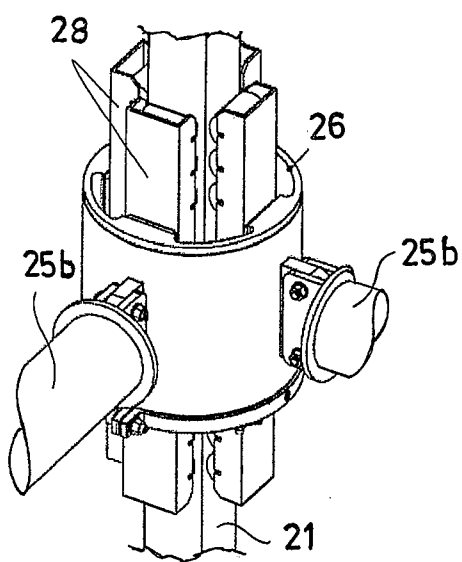
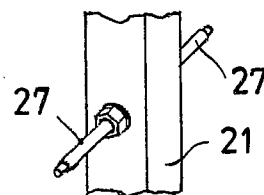


Fig. 2c

Fig. 2d



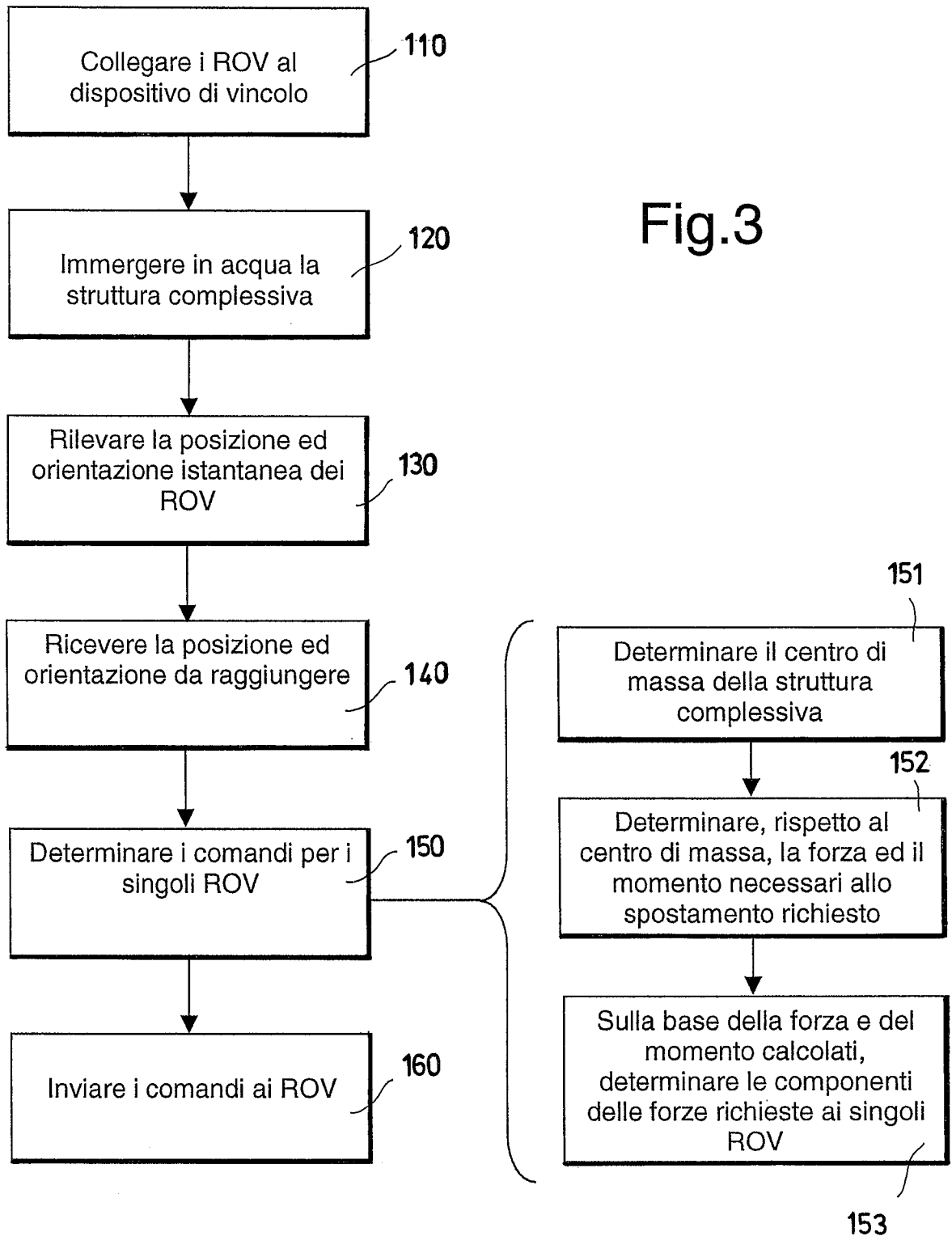


Fig.4

