



*Ministero delle Imprese e del Made in Italy*  
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE  
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHE

# UIBM

<b>DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO</b>	<b>102022000017103</b>
<b>Data Deposito</b>	<b>10/08/2022</b>
<b>Data Pubblicazione</b>	<b>10/02/2024</b>

### Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
A	61	B	34	30

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
A	61	B	34	35

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
A	61	B	34	37

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
A	61	B	34	20

### Titolo

Metodo per controllare un dispositivo slave, comandato da un dispositivo master in un sistema robotico per teleoperazione medica o chirurgica, che tiene conto di limiti di un campo di visione, e relativo sistema robotico

**Richiedente: Medical Microinstruments, Inc.**

*Inventori designati:*

*Massimiliano Simi, Emanuele Ruffaldi, Antonio Di Guardo*

5

**"Metodo per controllare un dispositivo slave, comandato da un dispositivo master in un sistema robotico per teleoperazione medica o chirurgica, che tiene conto di limiti di un campo di visione, e relativo sistema robotico"**

10

#### **DESCRIZIONE**

##### SFONDO TECNOLOGICO DELL'INVENZIONE

##### Campo di applicazione.

La presente invenzione riguarda un metodo e un sistema di controllo di un sistema robotico per teleoperazione medica o chirurgica.

In particolare, l'invenzione riguarda un metodo per controllare un dispositivo slave, comandato da un dispositivo master in un sistema robotico per teleoperazione medica o chirurgica, tenendo conto di limiti di un campo di visione, e il relativo sistema robotico.

##### DESCRIZIONE DELL'ARTE NOTA.

In un sistema per chirurgia robotica, il campo di vista (Field of View - FOV) fornito da un qualunque sistema di visione ad esso associato (endoscopio,

25

laparoscopio, microscopio o esoscopio) è tipicamente incluso nello spazio di lavoro del dispositivo slave (definito anche come "slave workspace").

In altri termini, spesso, per un utilizzo elevato dell'ingrandimento, o una posizione della camera molto vicina all'area di lavoro, o un ridotto spazio di lavoro, oppure semplicemente per un ampio spazio di lavoro del dispositivo slave, il campo di vista FOV è un sottospazio, cioè rappresenta un sottoinsieme, dello spazio di lavoro dei giunti del dispositivo slave.

Pertanto, è possibile che un movimento di uno strumento comandato dal dispositivo master, sia mappato all'interno dello spazio di lavoro slave (cioè all'interno dello spazio dei giunti slave), ma all'esterno dell'effettivo campo di vista FOV e perciò non risulta eseguito sotto il controllo completo dell'operatore che, in un sistema di teleoperazione robotica, chiude il loop di controllo di ogni movimento tramite la propria vista mediata dal sistema di visione.

In particolare, portare uno strumento fuori dal campo di vista o muovere uno strumento quando già fuori dal campo di vista può essere pericoloso e potenzialmente causa di danni al paziente come perforazioni e/o lacerazioni dei tessuti. Questo perché gli strumenti

robotici sono solitamente molto più rigidi, forti o acuminati di quanto il tessuto possa sopportare.

Da tale situazione ne può scaturire un ulteriore rischio derivante dal tentativo dell'operatore di muovere  
5 gli strumenti "alla cieca" per tentare di rientrare nel FOV una volta usciti.

Da tale situazione ne può scaturire un ulteriore rischio derivante dal tentativo dell'operatore di rientrare in teleoperazione con gli strumenti fuori del  
10 FOV o una volta usciti, allineando o muovendo lo strumento "alla cieca" quando questo non è più nel campo di vista e aumentando così notevolmente il rischio di danni al paziente.

È noto dal documento **US 2022 000579** un metodo che  
15 prevede in un sistema robotico il movimento autonomo in arretramento dell'endoscopio quando lo strumento esce dal campo di vista così da riportare lo strumento nel FOV, allargando il campo. In particolare, lo strumento è mantenuto nel capo di vista muovendo autonomamente in  
20 rotazione (roll) la camera laparoscopica che presenta un FOV inclinato di un angolo (ad esempio 30° o 45°) dalla cima dell'endoscopio, così da realizzare, ruotando ad esempio di un giro completo, una vista panoramica del sito chirurgico.

Questa soluzione è prona ad alcuni inconvenienti come ad esempio la scomodità ("discomfort") dovuta alle frequenti movimentazioni del sistema di visione (posizione e/o orientazione) per seguire lo strumento chirurgico, nonché il ritardo di aggiornamento dell'immagine panoramica, e/o alle corrispondenti frequenti modifiche visibili a schermo come conseguenza del riposizionamento della telecamera che potrebbero disorientare un operatore durante la chirurgia.

È noto dal documento **US 2018 0025666** controllare la camera, per muoverla, utilizzando ad esempio il master controller durante uno stato di teleoperazione sospesa.

Le soluzioni note, nell'ambito tecnico considerato, non consentono di risolvere in modo soddisfacente i suddetti problemi ed inconvenienti.

In particolare, resta sentita l'esigenza di evitare il rischio di procurare danni al paziente quando lo strumento chirurgico è non visibile. In aggiunta, il rischio di procurare danni al paziente si manifesta anche nel caso in cui una certa porzione dell'anatomia del paziente risulti non visibile perché esterna al campo di visione e lo strumento chirurgico venga movimentato proprio verso di essa.

Questi effetti svantaggiosi sono particolarmente sentiti in quelle piattaforme robotiche prive di feedback

di forza sul dispositivo master nonché quelle che evitano di prevedere vincoli meccanici ai movimenti del dispositivo master, come pure quelle destinate a teleoperazione monolaterale.

5           Quindi, nell'ambito tecnico considerato, è fortemente sentita l'esigenza di controllare il movimento asservito del dispositivo slave, in dipendenza del dispositivo master, con accorgimenti e sulla base di algoritmi di controllo tali da risolvere o almeno mitigare  
10 i suddetti problemi ed inconvenienti.

#### SOMMARIO DELL'INVENZIONE

È scopo della presente invenzione quello di fornire un metodo per controllare un dispositivo slave, comandato da un dispositivo master in un sistema robotico per  
15 teleoperazione medica o chirurgica, tenendo conto di limiti di un campo di visione, che consenta di ovviare almeno parzialmente agli inconvenienti qui sopra lamentati con riferimento alla tecnica nota, e di rispondere alle summenzionate esigenze particolarmente  
20 avvertite nel settore tecnico considerato. Tale scopo è raggiunto mediante un metodo in accordo alla rivendicazione **1**.

Ulteriori forme di realizzazione di tale metodo sono definite dalle rivendicazioni **2-28**.

25           È altresì scopo della presente invenzione quello di

fornire un sistema robotico per teleoperazione medica o chirurgica, configurato per essere controllato mediante il suddetto metodo. Tale scopo è raggiunto mediante un sistema in accordo alla rivendicazione **29**.

5           Ulteriori forme di realizzazione di tale sistema sono definite dalla rivendicazione **30**.

#### BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

Ulteriori caratteristiche e vantaggi del metodo secondo l'invenzione risulteranno dalla descrizione di seguito riportata di esempi preferiti di realizzazione,  
10           dati a titolo indicativo e non limitativo, con riferimento alle annesse figure, in cui:

- le figure 1 e 2 mostrano due rispettive forme di realizzazione di un sistema robotico per teleoperazione  
15           medica o chirurgica secondo l'invenzione;

- la figura 3 illustra due strumenti chirurgici compresi nel suddetto sistema robotico in relazione ad uno spazio nel quale devono operare, secondo una forma di realizzazione del metodo secondo l'invenzione;

20           - la figura 4 illustra uno strumento chirurgico compresi nel suddetto sistema robotico, e possibili movimenti dello stesso in relazione ad uno spazio nel quale deve operare, secondo una forma di realizzazione del metodo secondo l'invenzione;

25           - le figure 5, 5bis e 5ter rappresentano rispettivi

schemi a blocchi semplificati di un sistema robotico dell'invenzione, secondo rispettive forme di realizzazione;

5 - le figure 6, 7, 7bis, 7 ter, 7 quater, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16 e 16bis illustrano uno strumento chirurgico compreso nel suddetto sistema robotico in relazione a diversi spazi nei quali devono operare, correlati a spazi di visione, secondo rispettive forme di realizzazione del metodo secondo l'invenzione;

10 - la figura 15 illustra aspetti geometrici di uno spazio di visione definito da una forma di realizzazione del metodo secondo l'invenzione.

#### DESCRIZIONE DETTAGLIATA

15 Con riferimento alle figure 1-16, viene descritto un metodo per controllare un dispositivo slave di un sistema robotico per teleoperazione medica o chirurgica.

Il sistema robotico, al quale il metodo si applica, comprende almeno un dispositivo master 110 atto ad essere movimentato da un operatore 150, almeno un dispositivo slave comprendente uno strumento chirurgico 170 atto ad essere comandato dal dispositivo master, e comprende inoltre mezzi di visione configurati per visualizzare all'operatore 150 immagini e/o video di uno spazio di visione associato ad una zona di teleoperazione in cui  
25 opera lo strumento chirurgico 170.

Il dispositivo master 110 è di preferenza un dispositivo master di tipo "volante", senza retroazione di forza, per teleoperazione monolaterale. Ad esempio, quindi, il dispositivo master può essere un master  
5 meccanicamente vincolato ad una consolle operativa ed al contempo essere del tipo volante senza retroazione di forza, per teleoperazione monolaterale.

Il dispositivo master 110 è di preferenza un dispositivo master di tipo meccanicamente non vincolato  
10 alla consolle operativa.

Il metodo comprende innanzi tutto la fase di determinare una posizione dello strumento chirurgico 170 rispetto a detto spazio di visione, per stabilire se lo strumento chirurgico 170 si trova all'interno o  
15 all'esterno uno spazio consentito correlato allo spazio di visione.

Il metodo prevede poi di controllare il movimento del dispositivo slave in una maniera dipendente dalla posizione determinata dello strumento chirurgico 170  
20 rispetto allo spazio consentito correlato allo spazio di visione, e in modo che il movimento dello strumento chirurgico 170 sia consentito solo se lo strumento chirurgico 170 si trova all'interno dello spazio consentito correlato allo spazio di visione e che il  
25 movimento dello strumento chirurgico 170, se consentito,

sia comunque confinato entro il suddetto spazio di visione.

Secondo un'opzione implementativa, il metodo prevede che il movimento dello strumento chirurgico 170, se consentito, sia comunque confinato entro il suddetto spazio consentito correlato allo spazio di visione.

Secondo una forma di realizzazione del metodo, il suddetto spazio consentito correlato allo spazio di visione corrisponde allo spazio di visione.

Secondo un'altra forma di realizzazione del metodo, il suddetto spazio consentito correlato allo spazio di visione comprende lo spazio di visione ed inoltre un intorno esterno che si estende di una tolleranza spaziale  $\epsilon$  oltre i confini dello spazio di visione.

Secondo un'altra forma di realizzazione del metodo, il suddetto spazio consentito correlato allo spazio di visione comprende un sottoinsieme dello spazio di visione, corrispondente allo spazio di visione cui viene tolto un intorno interno che si estende di una tolleranza spaziale  $\epsilon$  entro i confini dello spazio di visione.

Secondo un'opzione implementativa delle suddette forme di realizzazione che prevedono una tolleranza spaziale  $\epsilon$ , detta fase di stabilire se lo strumento chirurgico 170 si trova all'interno o all'esterno dello spazio di visione viene effettuata a meno di tale

tolleranza spaziale e nell'intorno dei confini dello spazio di visione.

Secondo un'opzione implementativa del metodo, il suddetto spazio di visione viene definito da un campo di  
5 visione (Field Of View, FOV) dei mezzi di visione.

Tale opzione implementativa si riferisce ad un sistema robotico avente mezzi di visione, o un generico sistema di visione (comprendente mezzi di acquisizione di immagini/video digitali), in grado di catturare una  
10 porzione del mondo osservata attraverso opportuni sistemi di lenti o guide di luce.

Con una terminologia nota nell'ambito tecnico considerato, tale porzione di mondo di cui viene acquisita un'immagine o un video ha un'estensione chiamata "Campo  
15 di Visione" o "Field of View" (FOV) che viene tipicamente rappresentata in unità angolari prese lungo la diagonale oppure uno degli assi del sistema di acquisizione di immagini/video digitale.

Secondo un'altra opzione implementativa del metodo,  
20 il suddetto spazio di visione viene definito da un predefinito sottoinsieme del campo di visione (Field Of View, FOV) dei mezzi di visione.

Infatti, non necessariamente i confini dell'area o volume che definiscono lo spazio di visione di interesse  
25 coincidono con il campo di visione; tali confini possono

essere costruiti su un sotto-volume del campo di visione  
ove la visione è ottimale e/o per avere una forma  
geometrica particolare e/o appositamente scelto per  
favorire la mobilità del dispositivo slave al suo interno  
5 e/o per qualsiasi altro motivo.

Secondo un'altra opzione implementativa del metodo,  
il suddetto spazio di visione viene definito da uno spazio  
di lavoro di campo di visione, costituito da un volume  
geometrico, in un sistema di coordinate di riferimento  
10 del sistema robotico, associato al suddetto campo di  
visione.

Tale spazio di lavoro di campo di visione (definito  
anche nel seguito come "FOV Workspace") può ad esempio  
corrispondere ad un volume, ad esempio un trapezoide che  
15 va dalla lente all'infinito e centrato nell'asse  
principale del sistema ottico, che è in grado di  
rappresentare il campo di vista di un sistema di visione  
digitale, ad esempio per lenti con "Field of View" FOV  
inferiori a 180 gradi. Fissato un piano rispetto alla  
20 lente è possibile valutare l'estensione del campo di vista  
in termini metrici valutando la porzione di piano che  
interseca il "FOV Workspace", e generalmente tale piano  
è ortogonale all'asse principale. Si può definire come  
"FOV Diagonal" la diagonale del rettangolo di detto piano  
25 ad una certa distanza.

Secondo un'altra opzione implementativa del metodo, il suddetto spazio di visione viene definito da limiti geometrici del campo di visione, costituiti da una superficie di confine del suddetto spazio di lavoro di  
5 visione, nel sistema di coordinate di riferimento del sistema robotico.

Ad esempio, lo spazio di lavoro di campo di visione è costruito rispetto al trapezoide originante nel piano immagine della camera del sistema di visione. Da esso è  
10 possibile costruire delle geometrie semplificate chiamate "limiti dello spazio di lavoro del campo di visione" (FOV Workspace Limits) che vengono imposti per limitare il movimento del dispositivo slave. Tali geometrie possono essere definite come piani ortogonali al sistema di  
15 visione oppure come superfici curve che in ogni caso sono definite all'interno dello spazio di lavoro di campo di visione.

Secondo diverse possibili forme di realizzazione, i suddetti mezzi di visione comprendono almeno una  
20 telecamera 120 oppure comprendono un endoscopio e/o un laparoscopio e/o un microscopio e/o un esoscopio.

Secondo un'opzione implementativa, i mezzi di visione comprendono un sistema di visione stereoscopico comprendente due telecamere, ciascuna delle quali  
25 definisce un rispettivo "FOV Workspace" (175L, 175R),

detti "spazio di lavoro di campo di visione di camera L" (FOV Workspace L) e "spazio di lavoro di campo di visione di camera R" (FOV Workspace R). L'intersezione dei suddetti due spazi di lavoro di campo di visione di camera L e R produce uno "spazio di lavoro di campo di visione comune" che garantisce la massima visibilità degli oggetti nella scena.

Per un dato punto in tale "spazio di lavoro di campo di visione comune" può essere calcolata la disparità ovvero la differenza (in una data unità) della posizione laterale di uno stesso elemento. Eccessiva disparità può indurre mancata percezione della profondità e quindi un effetto di sfocamento.

Secondo diverse possibili forme di realizzazione, i suddetti mezzi di visione hanno la possibilità di magnificare il campo di vista, e cambiare nel tempo tale magnificazione, variando di conseguenza anche il "FOV Workspace", senza movimento fisico del mezzo di visione. In questo modo, come mostrato ad esempio in figura 13, (in cui le indicazioni FOV(t1) e FOV (t2) si riferiscono appunto al FOV in diversi istanti di tempo) si rende possibile ingrandire il campo di visione senza dover arretrare la telecamera, quando lo strumento chirurgico approccia i bordi del campo di visione FOV e/o viene comandato in una posizione che è fuori dal campo di

visione attuale. Ad esempio, tali mezzi di visione comprendono mezzi di visione digitali adatti per chirurgia e/o micro-chirurgia robotica.

In accordo con una forma di realizzazione del metodo, la suddetta fase di determinare una posizione dello strumento chirurgico 170 rispetto allo spazio consentito correlato allo spazio di visione comprende determinare una posizione corrente dello strumento chirurgico 170 e/o la presenza dello strumento chirurgico 170 nello spazio consentito correlato allo spazio di visione, sulla base di dati digitali derivanti dai mezzi di visione.

Secondo un'altra forma di realizzazione del metodo, la suddetta fase di determinare una posizione dello strumento chirurgico 170 rispetto allo spazio consentito correlato allo spazio di visione comprende:

- mappare il suddetto spazio consentito correlato allo spazio di visione in un corrispondente spazio di lavoro slave di campo di visione, in un sistema di coordinate di riferimento slave associato al dispositivo slave;

- determinare la posizione dello strumento chirurgico 170 mediante rispettive coordinate di posizione nel suddetto sistema di coordinate di riferimento slave;

- determinare la posizione dello strumento chirurgico 170 rispetto allo spazio consentito correlato allo spazio di visione sulla base di un confronto tra le suddette coordinate di posizione e il suddetto spazio di lavoro slave di campo di visione, nel sistema di coordinate di riferimento slave.

Secondo un'opzione implementativa della suddetta forma di realizzazione, il metodo comprende inoltre le seguenti fasi:

10 - definire, nel sistema di coordinate di riferimento slave, uno spazio di lavoro cinematico slave 175, sulla base di limiti fisici di movimento del dispositivo slave e/o di vincoli operativi non correlati ai mezzi di visione;

15 - definire, nel sistema di coordinate di riferimento slave, uno spazio di lavoro slave effettivo 200, corrispondente all'intersezione dei suddetti spazio di lavoro slave di campo di visione e spazio di lavoro cinematico slave 175.

20 In tal caso, la fase di controllare il movimento del dispositivo slave comprende controllare il movimento del dispositivo slave in modo che il movimento dello strumento chirurgico 170 sia consentito solo se lo strumento chirurgico 170 si trova all'interno del  
25 suddetto spazio di lavoro slave effettivo 200, e che il

movimento dello strumento chirurgico 170, se consentito, sia comunque confinato entro il suddetto spazio di lavoro slave effettivo 200.

Più in particolare, si può definire ad esempio uno spazio di lavoro slave di campo di visione (o "FOV Slave Workspace") uno spazio di lavoro geometricamente equivalente allo spazio di lavoro slave di campo di visione ma trasposto tramite una funzione di mappatura (ad esempio, rototraslazione) nel sistema di riferimento del dispositivo slave.

Tale "FOV Slave Workspace" viene intersecato con lo spazio di lavoro cinematico slave 175 così da garantire che è sempre al suo interno, e ne risulta quindi il suddetto spazio di lavoro slave effettivo 200, che può essere poi utilizzato dai vari algoritmi di limitazione del movimento.

Secondo un'opzione implementativa, lo spazio di lavoro FOV slave è contenuto all'interno dello spazio di lavoro cinematico slave 175.

Secondo un'altra opzione implementativa, lo spazio di lavoro slave di campo di visione è contenuto solo parzialmente all'interno dello spazio di lavoro cinematico slave 175.

Secondo un'opzione implementativa, lo spazio di lavoro slave effettivo 200 è l'intersezione dello spazio

di lavoro cinematico slave 175 e dello spazio di lavoro slave di campo di visione.

Secondo un'opzione implementativa, lo spazio di lavoro slave effettivo 200 è ridotto e limitato dallo spazio di lavoro slave di campo di visione.

Secondo diverse possibili opzioni implementative del metodo, tale limitazione può essere fatta tramite una pura intersezione geometrica tra le due geometrie convesse, oppure semplificata in un parallelepipedo o in un tronco di piramide interno a tale intersezione (quindi calcolata dal software; ad esempio, per avere un workspace effettivo 200 con una forma/usabilità desiderata).

Come già osservato, secondo una forma di realizzazione del metodo, la suddetta fase di stabilire se lo strumento chirurgico 170 si trova all'interno o all'esterno dello spazio di visione viene effettuata a meno di una tolleranza spaziale e nell'intorno dei confini dello spazio di visione.

Secondo un'opzione implementativa, tale tolleranza spaziale e può dipendere da uno o più fattori come la velocità, il fattore di scala, la magnificazione del mezzo di visione, o altri.

Come già sopra illustrato, secondo un'opzione implementativa preferenziale, tale tolleranza spaziale e definisce un'area maggiore dell'area dello spazio di

visione, e in un'altra un'area minore dell'area di spazio di visione.

Secondo una forma di realizzazione del metodo, la suddetta fase di determinare una posizione dello strumento chirurgico 170 rispetto allo spazio consentito correlato allo spazio di visione viene svolta ciclicamente e/o continuamente in tempo reale, per verificare in tempo reale la posizione o la presenza dello strumento chirurgico 170 nello spazio di visione o nello spazio di lavoro slave effettivo 200.

Secondo una forma di realizzazione del metodo la suddetta fase di determinare una posizione dello strumento chirurgico 170 rispetto allo spazio consentito correlato allo spazio di visione viene svolta ciclicamente e/o continuamente in tempo reale utilizzando e stimando la futura posa dello strumento chirurgico rispetto detto FOV Workspace a partire da detti input di master, e da ulteriori informazioni di contesto come la vicinanza ad una regione obiettivo, lo storico di movimento dello strumento negli ultimi secondi.

Secondo un esempio di implementazione, il metodo si applica ad una situazione in cui il campo di visione FOV è dinamico, e dipende ad esempio da posizione dei mezzi di visione (ad esempio microscopio), zoom, fattore di scala, e così via, mentre lo spazio di lavoro cinematico

è tendenzialmente statico e predefinito.

In accordo con una forma di realizzazione del metodo, la suddetta fase di determinare una posizione dello strumento chirurgico 170 rispetto spazio consentito correlato allo spazio di visione comprende calcolare e/o determinare la posizione di un punto reale appartenente allo strumento chirurgico oppure la posizione di un punto virtuale solidale allo strumento chirurgico 170, sulla base di immagini fornite da detto sistema di visione.

Secondo un'opzione implementativa, la suddetta fase di determinare una posizione dello strumento chirurgico 170 comprende determinare la posizione di un punto virtuale di controllo 600 del dispositivo slave (ad esempio posto tra le punte 171, 172 o "jaws" 171, 172 dello strumento chirurgico 170).

Secondo un'altra opzione implementativa, la suddetta fase di determinare una posizione dello strumento chirurgico 170 comprende determinare la posizione di almeno una delle punte 171, 172 dello strumento chirurgico 170.

Secondo un'opzione implementativa, la suddetta fase di determinare una posizione dello strumento chirurgico 170 comprende determinare la posizione di almeno uno dei link di un polsino articolato (o "end-effector") compreso nello strumento chirurgico 170.

Secondo un'altra opzione implementativa, la suddetta fase di determinare una posizione dello strumento chirurgico 170 comprende determinare la posizione di una parte distale di un alberino di posizionamento 179 o shaft 179 vicina al polsino articolato 177 dello strumento chirurgico 170.

In accordo con una forma di realizzazione del metodo, la suddetta fase di determinare la posizione dello strumento chirurgico 170 comprende determinare la posizione dello strumento chirurgico 170 sulla base di una posizione nominale del dispositivo slave, in uno spazio di lavoro del dispositivo slave definito nel sistema di coordinate di riferimento slave, comandata dal dispositivo master, oppure sulla base di una posa bersaglio nominale del dispositivo slave, in uno spazio di lavoro del dispositivo slave definito nel sistema di coordinate di riferimento slave, corrispondente ad una rispettiva posa del dispositivo master in uno spazio di lavoro del dispositivo master.

In accordo con una forma di realizzazione, il metodo comprende l'ulteriore fase di arrestare la teleoperazione del sistema robotico, o uscire da una condizione di teleoperazione del sistema robotico, se e quando non viene rilevata la presenza dello strumento chirurgico entro lo spazio consentito correlato allo spazio di visione o nello

spazio di lavoro slave effettivo 200, oppure se e quando detta posizione nominale del dispositivo slave viene determinata essere al di fuori dello spazio consentito correlato allo spazio di visione o al di fuori dello spazio di lavoro slave effettivo 200.

In accordo con un'altra forma di realizzazione, il metodo comprende l'ulteriore fase di consentire e/o abilitare la movimentazione dello strumento chirurgico solo quando viene rilevata la presenza dello strumento chirurgico entro lo spazio consentito correlato allo spazio di visione o nello spazio di lavoro slave effettivo 200, oppure solo quando detta posizione nominale del dispositivo slave viene determinata essere all'interno dello spazio consentito correlato allo spazio di visione o all'interno dello spazio di lavoro slave effettivo 200.

Secondo un'altra forma di realizzazione, il metodo comprende l'ulteriore fase di consentire e/o abilitare operazioni di allineamento tra dispositivo master e dispositivo slave solo quando viene rilevata la presenza dello strumento chirurgico entro lo spazio consentito correlato allo spazio di visione o nello spazio di lavoro slave effettivo 200, oppure solo quando la posizione nominale del dispositivo slave viene determinata essere all'interno dello spazio consentito correlato allo spazio di visione o all'interno dello spazio di lavoro slave

effettivo 200. Ad esempio, il dispositivo master è un dispositivo master del tipo non vincolato meccanicamente alla consolle operativa.

In accordo con un'altra forma di realizzazione, in cui il sistema robotico comprende una pluralità di dispositivi slave e di rispettivi strumenti chirurgici, il metodo prevede che vengano consentite e/o abilitate la movimentazione o operazioni di allineamento tra dispositivo master e dispositivo slave solo per gli strumenti chirurgici di cui viene rilevata la presenza entro lo spazio consentito correlato allo spazio di visione o nello spazio di lavoro slave effettivo 200, oppure solo per gli strumenti chirurgici per i quali la posizione nominale del rispettivo dispositivo slave viene determinata essere all'interno dello spazio consentito correlato allo spazio di visione o all'interno dello spazio di lavoro slave effettivo 200.

Secondo una di realizzazione (illustrata ad esempio nelle figure 16 e 16bis), il metodo comprende l'ulteriore fase di modificare una traiettoria nominale slave 606 del dispositivo slave, corrispondente ad una rispettiva traiettoria master 601 del dispositivo master 110, se e quando la suddetta posizione nominale del dispositivo slave viene determinata essere al di fuori dello spazio di visione (ad esempio, FOV) o al di fuori dello spazio

di lavoro slave effettivo 200, oppure se e quando la suddetta traiettoria nominale slave 606 del dispositivo slave esce dallo spazio di visione o dallo spazio di lavoro slave effettivo 200.

5           In tal caso, la suddetta fase di modificare determina una traiettoria bersaglio slave modificata 607, tale da svilupparsi interamente all'interno dello spazio di visione (ad esempio, FOV) o dello spazio di lavoro slave effettivo 200, e/o comunque lungo i bordi o limiti  
10       imposti dallo spazio di lavoro di campo di visione, come mostrato ad esempio in figura 16.

          In tal caso, il metodo prevede infine di controllare il dispositivo slave in modo che esso insega e compia detta traiettoria bersaglio slave modificata.

15           Secondo un'opzione implementativa della suddetta forma di realizzazione, la fase di modificare una traiettoria nominale slave 606 del dispositivo slave comprende arrestare e/o congelare ("Freeze") lo strumento chirurgico 170 quando la sua posizione raggiunge i limiti  
20       dello spazio di visione o dello spazio di lavoro slave effettivo 200). L'azione di arrestare e/o congelare lo strumento chirurgico 170 comprende bloccare tutti i gradi di libertà dello strumento chirurgico 170, sia di traslazione che di orientazione, e uscire dalla  
25       teleoperazione.

Secondo un'altra opzione implementativa della suddetta forma di realizzazione, la suddetta fase di modificare una traiettoria nominale slave 606 del dispositivo slave comprende arrestare e/o congelare lo strumento chirurgico 170 quando la sua posizione 5 raggiunge i limiti dello spazio consentito correlato allo spazio di visione o dello spazio di lavoro slave effettivo 200. L'azione di arrestare e/o congelare lo strumento chirurgico 170 comprende, in questo caso, bloccare solo 10 un sottoinsieme dei gradi libertà dello strumento chirurgico 170, e consentire di rimanere in teleoperazione.

Secondo un particolare esempio implementativo, la suddetta azione di arrestare e/o congelare lo strumento 15 chirurgico 170 comprende bloccare tutti i gradi di libertà di traslazione dello strumento chirurgico 170 lasciando abilitati i gradi di libertà di orientazione distale dello strumento chirurgico, in modo che in prossimità dei limiti dello spazio di visione, lo strumento chirurgico 170 o un 20 punto di controllo 600 ad esso associato non segue il dispositivo master in traslazione e segue il dispositivo master in orientazione.

Secondo un altro esempio implementativo, la suddetta azione di arrestare e/o congelare lo strumento 25 chirurgico 170 comprende bloccare il grado o i gradi di

libertà di traslazione associati ad una direzione di uscita dal confine dello spazio consentito correlato allo spazio di visione, e mantenere attivi gli altri gradi di libertà di traslazione.

5           In accordo con un'opzione implementativa del metodo, quando il movimento imposto dal dispositivo master riporta il dispositivo slave e lo strumento chirurgico 170 in una direzione o posizione entro lo spazio consentito correlato allo spazio di visione, la  
10           suddetta azione di arrestare e/o congelare viene interrotta, in modo da consentire nuovamente il movimento dello strumento chirurgico 170 secondo tutti i gradi di libertà.

          Come sopra notato, alcune opzioni implementative  
15           prevedono che la suddetta azione di arrestare e/o congelare ("Freeze") lo strumento chirurgico 170 comprenda l'azione di bloccare tutti i gradi di libertà attuati o bloccare una parte dei gradi di libertà attuati e/o in particolare bloccare uno o la totalità dei gradi  
20           di libertà di posizione lasciando abilitati quelli di orientazione distale.

          Ad esempio, in prossimità dei limiti del campo di visione FOV o dello spazio effettivo 200 lo strumento chirurgico 170 o un punto di controllo 600 associato a  
25           detto strumento chirurgico non segue il dispositivo

master in traslazione e segue il dispositivo master in orientazione. In tale situazione, il dispositivo slave può essere configurato per non seguire il dispositivo master in traslazione soltanto in direzione di uscita dal campo di visione FOV o dallo spazio effettivo 200, e di  
5 inseguire il dispositivo master 110 in traslazione quando in direzione rivolta verso l'interno del campo di visione FOV o dello spazio effettivo 200.

Secondo un'altra opzione implementativa della  
10 suddetta forma di realizzazione, la fase di modificare una traiettoria nominale slave del dispositivo slave comprende ridurre i movimenti del dispositivo slave, rispetto ai movimenti del dispositivo master, secondo un fattore di scala  $F_s$  dinamicamente variabile, al diminuire  
15 della distanza dello strumento chirurgico 170 rispetto ai limiti dello spazio di visione o dello spazio di lavoro slave effettivo 200.

Secondo un'altra opzione implementativa della  
suddetta forma di realizzazione, la fase di modificare  
20 una traiettoria nominale slave del dispositivo slave comprende diminuire il modulo della velocità traslazionale del dispositivo slave, in una direzione ortogonale ai limiti dello spazio di visione o dello spazio di lavoro slave effettivo 200, secondo una funzione  
25 di trasferimento dipendente dalla velocità istantanea del

dispositivo master e/o dalla potenza o energia istantanea del dispositivo master e/o dalla distanza tra una posizione corrente del dispositivo slave e i limiti dello spazio di visione o dello spazio di lavoro slave effettivo  
5 200.

Secondo un'altra opzione implementativa della suddetta forma di realizzazione, la fase di modificare una traiettoria nominale slave del dispositivo slave comprende diminuire la potenza o energia istantanea  
10 impartita dal dispositivo master al dispositivo slave secondo una funzione di trasferimento dipendente dalla velocità istantanea del dispositivo master e/o dalla potenza o energia istantanea del dispositivo master e/o dalla distanza tra una posizione corrente del dispositivo  
15 slave e i limiti di detto spazio di visione o di detto spazio di lavoro slave effettivo 200.

In accordo con una forma di realizzazione del metodo, lo spazio di visione comprende il suddetto campo di visione (Field Of View, FOV) dei mezzi di visione, o  
20 un predefinito sottoinsieme del campo di visione (Field Of View, FOV).

Secondo un'altra forma di realizzazione, il metodo comprende l'ulteriore fase di definire dei limiti o bordi dello spazio di visione che a loro volta definiscono  
25 soglie superiori ed inferiori per i movimenti consentiti

al dispositivo slave.

Secondo un'opzione implementativa, i suddetti limiti o bordi comprendono un perimetro di soglia su un piano XY ortogonale ad una direzione di profondità Z del campo di visione FOV.

Tale perimetro di soglia definisce soglie superiori/inferiori per movimentazioni nel suddetto piano XY e/o lungo assi ortogonali X, Y appartenenti al piano XY. Il perimetro di soglia viene calcolato in dipendenza della distanza del piano XY rispetto ai mezzi di visione.

Secondo un'altra opzione implementativa, i suddetti limiti o bordi comprendono, oltre al perimetro di soglia su un piano XY, anche soglie inferiori/superiori lungo l'asse della direzione di profondità Z del campo di visione FOV.

In tal caso, le suddette soglie inferiori/superiori lungo l'asse della direzione di profondità Z sono determinate sulla base di una buona messa fuoco dei mezzi di visione, valutata e calcolata in tempo reale utilizzando i dati forniti dai mezzi di visione, oppure sulla base della profondità di campo dei mezzi di visione in una data configurazione all'interno di un intervallo di accettabilità di fuoco predefinito fornito dal mezzo di visione.

In una forma realizzativa i limiti di spazio di

lavoro di campo di visione sono definiti come tronco di piramide definito da una  $Z$  in funzione combinata di  $X$ ,  $Y$  e  $Z$  sono calcolati tenendo conto dello spazio di lavoro di intersezione di un sistema di visione stereoscopico.

5 Secondo un'opzione implementativa, vengono definite soglie superiori/inferiori per evitare di entrare in zone con eccesso di disparità tra i due punti di vista che portano ad una visione sfocata per l'operatore.

Secondo una forma di realizzazione, il metodo  
10 prevede inoltre di fornire all'operatore avvisi visivi ed uditivi quando il dispositivo si trova in prossimità dei limiti o bordi dello spazio di visione o dello spazio di lavoro slave effettivo 200.

In accordo con una forma di realizzazione, il metodo  
15 comprende l'ulteriore fase di aggiustare/variare dinamicamente lo spazio di visione, controllando i mezzi di visione, ad esempio modificando lo zoom o aggiustando il punto di vista, al fine di migliorare o ripristinare la visione dello strumento chirurgico tramite i mezzi di  
20 visione.

In particolare, in una forma realizzativa il sistema robotico accoppiato al sistema di visione è in grado di agire autonomamente sullo zoom allargando lo spazio di visione (ad esempio, FOV) quando uno strumento  
25 raggiunge i limiti del campo di visione, in tal modo si

evita che una manovra del chirurgo, che può essere involontaria, determini l'uscita dello strumento dal campo di visione.

In una forma realizzativa viene memorizzato un  
5 primo valore di zoom relativo a un primo spazio di visione (ad esempio, primo FOV) ed un secondo valore di zoom relativo ad un secondo spazio di visione (ad esempio, secondo FOV) in cui:

- il suddetto primo valore di zoom è maggiore del  
10 secondo valore di zoom;

- il suddetto primo spazio di visione (ad esempio, primo FOV) è minore del suddetto secondo spazio di visione (ad esempio, secondo FOV).

L'auto-aggiustamento dello zoom al raggiungimento  
15 dei limiti imposto dallo spazio di visione (ad esempio, FOV) può variare tra i suddetti primo valore di zoom e secondo valore di zoom e relativi primo FOV e secondo FOV.

Ad esempio, detto auto-aggiustamento variabile  
20 dello zoom è una variazione intermedia tra i due valori calcolata e valutata sulla base della posizione bersaglio dello strumento o al raggiungimento dei limiti generando spazi di visione intermedi contenuti tra il primo e il secondo spazio di visione, oppure è uno tra i due valori  
25 di zoom, e passa da uno all'altro quando lo strumento è

fuori o dentro detto primo spazio di visione (ad esempio, FOV).

In una forma realizzativa un pedale associato permette di passare alla pressione, o mantenimento, da  
5 detti primo zoom a secondo zoom.

In una forma realizzativa la suddetta magnificazione è una porzione di una immagine digitale ad alta risoluzione e almeno uno tra detti primo e secondo valore di zoom e primo e secondo spazio di visione sono  
10 una porzione della detta immagine digitale acquisita.

In tale forma realizzativa, il passaggio tra primo valore di zoom e secondo valore di zoom o viceversa non prevede alcuna movimentazione meccanica di giunti, lenti o microscopio ma solo un'elaborazione digitale.

15 In una forma realizzativa detto primo spazio di lavoro (ad esempio, primo FOV) è una sotto-porzione della immagine acquisita dal sistema di visione e può cambiare o semplicemente muoversi all'interno del perimetro della immagine acquisita seguendo la posa dello strumento e  
20 mantenendolo sempre dentro il suddetto primo spazio di visione.

In tale forma realizzativa, l'inseguimento dello strumento ed il mantenimento dello stesso all'interno del FOV non prevede alcuna movimentazione meccanica di  
25 giunti, lenti o microscopio ma un solo un'elaborazione

digitale.

Secondo un'opzione implementativa, il sistema digitale di visione ha uno schermo associato su cui proietta le immagini.

5 Secondo una forma di realizzazione del metodo, l'arresto o l'inibizione dei movimenti del dispositivo slave viene effettuata a meno di una tolleranza temporale, durante la quale viene consentito un movimento rallentato del dispositivo slave anche se lo strumento chirurgico è  
10 fuori dallo spazio di visione, al fine di mantenere coerenza direzionale di movimento tra dispositivo master e dispositivo slave.

Con riferimento ancora alle figure 1-16, viene qui di seguito descritto un sistema robotico 100 per  
15 teleoperazione medica o chirurgica, compreso nella presente invenzione.

Tale sistema robotico comprende almeno un dispositivo master 110, atto ad essere movimentato da un operatore 150; almeno un dispositivo slave comprendente  
20 uno strumento chirurgico 170 atto ad essere comandato dal dispositivo master; mezzi di visione configurati per visualizzare all'operatore 150 immagini e/o video di uno spazio di visione associato ad una zona di teleoperazione in cui opera lo strumento chirurgico 170; e infine  
25 un'unità di controllo configurata per controllare il

dispositivo slave, durante una teleoperazione, sulla base di movimenti del dispositivo master.

L'unità di controllo è inoltre configurata per svolgere le seguenti azioni:

- 5           - determinare una posizione dello strumento chirurgico 170 rispetto al suddetto spazio di visione, per stabilire se lo strumento chirurgico 170 si trova all'interno o all'esterno dello spazio consentito correlato allo spazio di visione;
- 10           - controllare il movimento del dispositivo slave in una maniera dipendente dalla posizione determinata dello strumento chirurgico 170 rispetto allo spazio consentito correlato allo spazio di visione, e in modo che il movimento dello strumento chirurgico 170 sia consentito
- 15 solo se lo strumento chirurgico 170 si trova all'interno dello spazio consentito correlato allo spazio di visione.

Secondo diverse possibili opzioni implementative del sistema robotico, l'unità di controllo è configurata per eseguire un metodo per controllare un dispositivo

20 slave secondo una qualsiasi delle forme di realizzazione illustrate in questa descrizione.

Come si può constatare, gli scopi della presente invenzione, come precedentemente indicati, sono pienamente raggiunti dal metodo e dal sistema sopra divulgati, in

25 virtù delle caratteristiche sopra descritte in dettaglio.

Alle forme di realizzazione del metodo e del sistema sopra descritti, un tecnico del ramo, per soddisfare esigenze contingenti, potrà apportare modifiche, adattamenti e sostituzioni di elementi con altri 5 funzionalmente equivalenti, senza uscire dall'ambito delle seguenti rivendicazioni. Ognuna delle caratteristiche descritte come appartenente ad una possibile forma di realizzazione può essere realizzata indipendentemente dalle altre forme di realizzazione descritte.

## ELENCO DEI RIFERIMENTI NUMERICI

100. Sistema robotico per teleoperazione
110. Dispositivo master
120. Mezzi di visione, ad esempio telecamera
- 5 150. Operatore
170. Strumento chirurgico del dispositivo slave
- 171, 172. Link di punta (o "jaws") dello strumento  
chirurgico slave
175. Spazio di lavoro cinematico slave, o spazio di lavoro  
10 dei giunti del dispositivo slave
- 175L. Spazio di lavoro cinematico slave sinistro
- 175R. Spazio di lavoro cinematico slave destro
177. Polsino articolato
179. Porzione distale asta o alberino di posizionamento
- 15 200. Spazio di lavoro eletto, o spazio di lavoro utile
600. Punto di controllo del dispositivo slave
607. Traiettoria bersaglio modificata
- FOV. Campo di visione
- ε. Tolleranza
- 20 SFO. Sistema di riferimento globale slave
- SF. Sistema di riferimento locale slave
- SFL. Sistema di riferimento locale slave sinistro
- SFR. Sistema di riferimento locale slave destro
- t1, t2. Istanti di tempo primo e secondo
- 25 S-S. Asse di rollio (roll) dello strumento chirurgico

## RIVENDICAZIONI

1. Metodo per controllare un dispositivo slave di un sistema robotico per teleoperazione medica o chirurgica, in cui detto sistema robotico comprende almeno un  
5 dispositivo master (110) atto ad essere movimentato da un operatore (150), almeno un dispositivo slave, comprendente uno strumento chirurgico (170) atto ad essere comandato dal dispositivo master, e mezzi di visione (120) configurati per visualizzare all'operatore  
10 (150) immagini e/o video di uno spazio di visione associato ad una zona di teleoperazione in cui opera lo strumento chirurgico (170), in cui il metodo comprende:

- determinare una posizione dello strumento chirurgico (170) rispetto a detto spazio di visione, per  
15 stabilire se lo strumento chirurgico (170) si trova all'interno o all'esterno di uno spazio consentito correlato allo spazio di visione;

- controllare il movimento del dispositivo slave in una maniera dipendente dalla posizione determinata dello  
20 strumento chirurgico (170) rispetto allo spazio consentito correlato allo spazio di visione, e in modo che il movimento dello strumento chirurgico (170) sia consentito solo se lo strumento chirurgico (170) si trova all'interno dello spazio consentito correlato allo spazio  
25 di visione.

**2.** Metodo la rivendicazione 1, in cui detto spazio consentito correlato allo spazio di visione corrisponde allo spazio di visione.

5

**3.** Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui detto spazio consentito correlato allo spazio di visione comprende lo spazio di visione ed inoltre un intorno esterno che si estende di una tolleranza spaziale ( $\epsilon$ )  
10 oltre i confini dello spazio di visione.

**4.** Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui detto spazio consentito correlato allo spazio di visione comprende un sottoinsieme dello spazio di visione,  
15 corrispondente allo spazio di visione cui viene tolto un intorno interno che si estende di una tolleranza spaziale ( $\epsilon$ ) entro i confini dello spazio di visione.

**5.** Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni  
20 1-4, in cui detto spazio di visione viene definito da:

- un campo di visione (Field Of View, FOV) dei mezzi di visione, e/o

- un predefinito sottoinsieme del campo di visione (Field Of View, FOV) dei mezzi di visione, e/o

25 - uno spazio di lavoro di campo di visione,

costituito da un volume geometrico, in un sistema di coordinate di riferimento del sistema robotico, associato a detto campo di visione, e/o

- limiti geometrici del campo di visione, 5  
costituiti da una superficie di confine di detto spazio di lavoro di visione, nel sistema di coordinate di riferimento del sistema robotico.

6. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 10  
1-5, in cui detta fase di determinare una posizione dello strumento chirurgico (170) rispetto allo spazio consentito correlato allo spazio di visione comprende determinare una posizione corrente dello strumento chirurgico (170) e/o la presenza dello strumento 15  
chirurgico (170) nello spazio consentito correlato allo spazio di visione sulla base di dati digitali derivanti dai mezzi di visione.

7. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 20  
1-5, in cui detta fase di determinare una posizione dello strumento chirurgico (170) rispetto spazio consentito correlato allo spazio di visione comprende:

- mappare detto spazio consentito correlato allo spazio di visione in un corrispondente spazio di lavoro 25  
slave di campo di visione, in un sistema di coordinate di

riferimento slave associato al dispositivo slave;

- determinare la posizione dello strumento chirurgico (170) mediante rispettive coordinate di posizione in detto sistema di coordinate di riferimento slave;

- determinare la posizione dello strumento chirurgico (170) rispetto allo spazio consentito correlato allo spazio di visione sulla base di un confronto tra dette coordinate di posizione e detto spazio di lavoro slave di campo di visione, nel sistema di coordinate di riferimento slave.

**8.** Metodo secondo la rivendicazione 7, comprendente inoltre le fasi di:

- definire, nel sistema di coordinate di riferimento slave (SFO), uno spazio di lavoro cinematico slave (175), sulla base di limiti fisici di movimento del dispositivo slave e/o di vincoli operativi non correlati ai mezzi di visione;

- definire, nel sistema di coordinate di riferimento slave, uno spazio di lavoro slave effettivo (200), corrispondente all'intersezione di detto spazio di lavoro slave di campo di visione (FOV) e spazio di lavoro cinematico slave (175);

ed in cui la fase di controllare il movimento del

dispositivo slave comprende controllare il movimento del  
dispositivo slave in modo che il movimento dello strumento  
chirurgico (170) sia consentito solo se lo strumento  
chirurgico (170) si trova all'interno di detto spazio di  
5 lavoro slave effettivo (200), e che il movimento dello  
strumento chirurgico (170), se consentito, sia comunque  
confinato entro detto spazio di lavoro slave effettivo  
(200).

10 **9.** Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni  
precedenti, in cui detta fase di determinare una posizione  
dello strumento chirurgico (170) rispetto allo spazio  
consentito correlato allo spazio di visione viene svolta  
ciclicamente e/o continuamente in tempo reale, per  
15 verificare in tempo reale la posizione o la presenza dello  
strumento chirurgico (170) nello spazio di visione o nello  
spazio di lavoro slave effettivo (200).

**10.** Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni  
20 precedenti, in cui detta fase di determinare una posizione  
dello strumento chirurgico (170) rispetto allo spazio  
consentito correlato allo spazio di visione comprende:

- calcolare e/o determinare la posizione di un punto  
reale appartenente allo strumento chirurgico oppure la  
25 posizione di un punto virtuale solidale allo strumento

chirurgico (170), e/o

- calcolare e/o determinare la posizione di un punto virtuale di controllo (600) del dispositivo slave, e/o

- determinare la posizione di almeno una delle punte  
5 (171, 172) dello strumento chirurgico (170), e/o

- determinare la posizione di almeno uno dei link di un polsino articolato (177) compreso nello strumento chirurgico (170), e/o

- determinare la posizione di una parte distale di  
10 un alberino di posizionamento (179) vicina al polsino articolato (177) dello strumento chirurgico (170).

**11.** Metodo secondo la rivendicazione 6 o la rivendicazione 7, in cui determinare la posizione dello  
15 strumento chirurgico (170) comprende:

- determinare la posizione dello strumento chirurgico (170) sulla base di una posizione nominale del dispositivo slave, in uno spazio di lavoro del dispositivo slave definito nel sistema di coordinate di riferimento  
20 slave, comandata dal dispositivo master,

oppure sulla base di una posa bersaglio nominale del dispositivo slave, in uno spazio di lavoro del dispositivo slave definito nel sistema di coordinate di riferimento slave, corrispondente ad una rispettiva posa  
25 del dispositivo master in uno spazio di lavoro del

dispositivo master.

**12.** Metodo secondo la rivendicazione 1 o la rivendicazione 11, comprendente l'ulteriore fase di:

5           - arrestare la teleoperazione del sistema robotico,  
o uscire da una condizione di teleoperazione del sistema  
robotico, se e quando non viene rilevata la presenza dello  
strumento chirurgico entro lo spazio consentito correlato  
allo spazio di visione o nello spazio di lavoro slave  
10 effettivo (200), oppure se e quando detta posizione  
nominale del dispositivo slave viene determinata essere  
al di fuori dello spazio consentito correlato allo spazio  
di visione o al di fuori dello spazio di lavoro slave  
effettivo (200).

15

**13.** Metodo secondo la rivendicazione 1 o la rivendicazione 11, comprendente l'ulteriore fase di:

          - consentire e/o abilitare la movimentazione dello  
strumento chirurgico (170) solo quando viene rilevata la  
20 presenza dello strumento chirurgico entro lo spazio  
consentito correlato allo spazio di visione o nello spazio  
di lavoro slave effettivo (200), oppure solo quando detta  
posizione nominale del dispositivo slave viene  
determinata essere all'interno dello spazio consentito  
25 correlato allo spazio di visione o all'interno dello

spazio di lavoro slave effettivo (200).

**14.** Metodo secondo la rivendicazione 1 o la rivendicazione 11, comprendente l'ulteriore fase di:

5           - consentire e/o abilitare operazioni di allineamento tra dispositivo master (110) e dispositivo slave (170) solo quando viene rilevata la presenza dello strumento chirurgico entro lo spazio consentito correlato allo spazio di visione o nello spazio di lavoro slave  
10 effettivo (200), oppure solo quando detta posizione nominale del dispositivo slave viene determinata essere all'interno dello spazio consentito correlato allo spazio di visione o all'interno dello spazio di lavoro slave  
effettivo (200).

15

**15.** Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 13 o 14, in cui il sistema robotico comprende una pluralità di dispositivi slave e di rispettivi strumenti chirurgici, ed in cui vengono consentite e/o abilitate la  
20 movimentazione o operazioni di allineamento tra dispositivo master e dispositivo slave solo per gli strumenti chirurgici di cui viene rilevata la presenza entro lo spazio consentito correlato allo spazio di visione o nello spazio di lavoro slave effettivo (200),  
25 oppure solo per gli strumenti chirurgici per i quali la

posizione nominale del rispettivo dispositivo slave viene determinata essere all'interno dello spazio consentito correlato allo spazio di visione o all'interno dello spazio di lavoro slave effettivo (200).

5

**16.** Metodo secondo la rivendicazione 1 o la rivendicazione 11, comprendente l'ulteriore fase di:

- modificare una traiettoria nominale slave (606) del dispositivo slave, corrispondente ad una rispettiva  
10 traiettoria master (601) del dispositivo master (110), se e quando detta posizione nominale del dispositivo slave viene determinata essere al di fuori dello spazio consentito correlato allo spazio di visione o al di fuori dello spazio di lavoro slave effettivo (200), oppure se  
15 e quando detta traiettoria nominale slave del dispositivo slave esce dallo spazio consentito correlato allo spazio di visione o dallo spazio di lavoro slave effettivo (200),

in cui detta fase di modificare determina una traiettoria bersaglio slave modificata (607), tale da  
20 svilupparsi interamente all'interno dello spazio consentito correlato allo spazio di visione o dello spazio di lavoro slave effettivo (200) e/o lungo bordi o limiti imposti dalla spazio di lavoro del campo di visione;

- controllare il dispositivo slave in modo che esso  
25 insegua e compia detta traiettoria bersaglio slave

modificata.

**17.** Metodo secondo la rivendicazione 16, in cui detta fase di modificare una traiettoria nominale slave (606) del dispositivo slave comprende:

- arrestare e/o congelare lo strumento chirurgico (170) quando la sua posizione raggiunge i limiti di detto spazio consentito correlato allo spazio di visione o di detto spazio di lavoro slave effettivo (200), in cui detta azione di arrestare e/o congelare lo strumento chirurgico (170) comprende bloccare tutti i gradi di libertà dello strumento chirurgico (170), sia di traslazione che di orientazione, e uscire dalla teleoperazione.

**18.** Metodo secondo la rivendicazione 16, in cui detta fase di modificare una traiettoria nominale slave (606) del dispositivo slave comprende:

- arrestare e/o congelare lo strumento chirurgico (170) quando la sua posizione raggiunge i limiti di detto spazio consentito correlato allo spazio di visione o di detto spazio di lavoro slave effettivo (200), in cui detta azione di arrestare e/o congelare lo strumento chirurgico (170) comprende bloccare solo un sottoinsieme dei gradi libertà dello strumento chirurgico (170), e consentire di rimanere in teleoperazione.

**19.** Metodo secondo la rivendicazione 18, in cui detta azione di arrestare e/o congelare lo strumento chirurgico (170) comprende bloccare tutti i gradi di libertà di traslazione dello strumento chirurgico (170) lasciando abilitati i gradi di libertà di orientazione distale dello strumento chirurgico, in modo che in prossimità dei limiti dello spazio di visione, lo strumento chirurgico (170) o un punto di controllo (600) associato a detto strumento chirurgico non segue il dispositivo master in traslazione e segue il dispositivo master in orientazione.

**20.** Metodo secondo la rivendicazione 18 o la rivendicazione 19, in cui detta azione di arrestare e/o congelare lo strumento chirurgico (170) comprende bloccare il grado o i gradi di libertà di traslazione associati ad una direzione di uscita dal confine dello spazio consentito correlato allo spazio di visione, e mantenere attivi gli altri gradi di libertà di traslazione.

**21.** Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 18-20, in cui, quando il movimento imposto dal dispositivo master riporta il dispositivo slave e lo strumento chirurgico (170) in una direzione o posizione entro lo

spazio consentito correlato allo spazio di visione, detta azione di arrestare e/o congelare viene interrotta, in modo da consentire nuovamente il movimento dello strumento chirurgico (170) secondo tutti i gradi di libertà.

**22.** Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 16 o 17, in cui detta fase di modificare una traiettoria nominale slave (606) del dispositivo slave comprende:

10           - diminuire il modulo della velocità traslazionale del dispositivo slave, in una direzione ortogonale ai limiti di detto spazio di visione o di detto spazio di lavoro slave effettivo (200), secondo una funzione di trasferimento dipendente dalla velocità

15 istantanea del dispositivo master e/o dalla potenza o energia istantanea del dispositivo master e/o dalla distanza tra una posizione corrente del dispositivo slave e i limiti di detto spazio di visione o di detto spazio di lavoro slave effettivo (200); e/o

20           - diminuire la potenza o energia istantanea impartita dal dispositivo master al dispositivo slave secondo una funzione di trasferimento dipendente dalla velocità istantanea del dispositivo master e/o dalla potenza o energia istantanea del dispositivo master e/o

25 dalla distanza tra una posizione corrente del dispositivo

slave e i limiti di detto spazio di visione o di detto spazio di lavoro slave effettivo (200); e/o

- ridurre i movimenti del dispositivo slave, rispetto ai movimenti del dispositivo master, secondo un  
5 fattore di scala (Fs) dinamicamente variabile, al diminuire della distanza dello strumento chirurgico (170) rispetto ai limiti di detto spazio di visione o di detto spazio di lavoro slave effettivo (200).

10 **23.** Metodo secondo la rivendicazione 5 o la rivendicazione 7, in cui lo spazio di visione comprende detto campo di visione (Field Of View, FOV) dei mezzi di visione, o un predefinito sottoinsieme del campo di  
15 visione (Field Of View, FOV), oppure detto spazio di lavoro di campo di visione (FOV), oppure detto spazio di lavoro slave effettivo (200), comprendente l'ulteriore fase di definire dei limiti o bordi dello spazio di  
visione che a loro volta definiscono soglie superiori ed inferiori per i movimento consentiti al dispositivo  
20 slave.

**24.** Metodo secondo la rivendicazione 23, in cui detti limiti o bordi comprendono un perimetro di soglia su un piano (XY) ortogonale ad una direzione di profondità (Z)  
25 del campo di visione (FOV), in cui detto perimetro di

soglia definisce soglie superiori/inferiori per  
movimentazioni in detto piano (XY) e/o lungo assi  
ortogonali (X, Y) appartenenti al piano (XY), in cui detto  
perimetro di soglia viene calcolato in dipendenza della  
5 distanza del piano (XY) rispetto ai mezzi di visione.

**25.** Metodo secondo la rivendicazione 24, in cui detti  
limiti o bordi comprendono, oltre al perimetro di soglia  
su un piano (XY), anche soglie inferiori/superiori lungo  
10 l'asse della direzione di profondità (Z) del campo di  
visione (FOV),

in cui dette soglie inferiori/superiori lungo  
l'asse della direzione di profondità (Z) sono determinate  
sulla base di una buona messa fuoco dei mezzi di visione,  
15 valutata e calcolata in tempo reale utilizzando i dati  
forniti dai mezzi di visione, oppure sulla base della  
profondità di campo dei mezzi di visione in una data  
configurazione.

20 **26.** Metodo secondo una qualsiasi delle  
rivendicazioni precedenti, comprendente inoltre:

- fornire all'operatore avvisi visivi ed uditivi  
quando il dispositivo si trova in prossimità dei limiti  
o bordi dello spazio di visione o dello spazio di lavoro  
25 slave effettivo (200).

**27.** Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente l'ulteriore fase di aggiustare/variare dinamicamente lo spazio di visione, controllando i mezzi di visione, ad esempio modificando lo zoom o aggiustando il punto di vista, al fine di migliorare o ripristinare o non perdere la visione dello strumento chirurgico tramite i mezzi di visione.

**28.** Metodo secondo la rivendicazione 27, comprendente inoltre le fasi di memorizzare un primo valore di zoom relativo ad un primo spazio di visione ed un secondo valore di zoom relativo ad un secondo spazio di visione in cui il primo valore di zoom è maggiore del secondo valore di zoom, e il primo spazio di visione è minore del secondo spazio di visione,

in cui l'auto-aggiustamento dello zoom al raggiungimento dei limiti imposto dallo spazio di visione può variare tra detti primo valore di zoom e secondo valore di zoom e relativi primo spazio di visione e secondo spazio di visione,

e/o in cui detto auto-aggiustamento variabile dello zoom è una variazione intermedia tra i due valori calcolata e valutata sulla base della posizione bersaglio dello strumento o al raggiungimento dei limiti generando

spazi di visione intermedi contenuti tra il primo e il secondo spazio di visione, oppure è uno tra i due valori di zoom,

e/o in cui detto auto-aggiustamento comprende  
5 passare da un valore di zoom all'altro quando lo strumento è fuori o dentro detto primo spazio di visione.

**29.** Sistema robotico (100) per teleoperazione medica o chirurgica, comprendente:

10 - almeno un dispositivo master (110) e atto ad essere movimentato da un operatore (150);

- almeno un dispositivo slave comprendente uno strumento chirurgico (170) atto ad essere comandato dal dispositivo master;

15 - mezzi di visione configurati per visualizzare all'operatore (150) immagini e/o video di uno spazio di visione associato ad una zona di teleoperazione in cui opera lo strumento chirurgico (170),

- un'unità di controllo configurata per controllare  
20 il dispositivo slave, durante una teleoperazione, sulla base di movimenti del dispositivo master,

in cui l'unità di controllo è inoltre configurata per:

- determinare una posizione dello strumento  
25 chirurgico (170) rispetto a detto spazio di visione, per

stabilire se lo strumento chirurgico (170) si trova all'interno o all'esterno dello spazio consentito correlato allo spazio di visione;

- controllare il movimento del dispositivo slave in una maniera dipendente dalla posizione determinata dello strumento chirurgico (170) rispetto allo spazio consentito correlato allo spazio di visione, e in modo che il movimento dello strumento chirurgico (170) sia consentito solo se lo strumento chirurgico (170) si trova all'interno dello spazio consentito correlato allo spazio di visione.

**30.** Sistema robotico secondo la rivendicazione 29, in cui l'unità di controllo è configurata per eseguire un metodo per controllare un dispositivo slave secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-28.

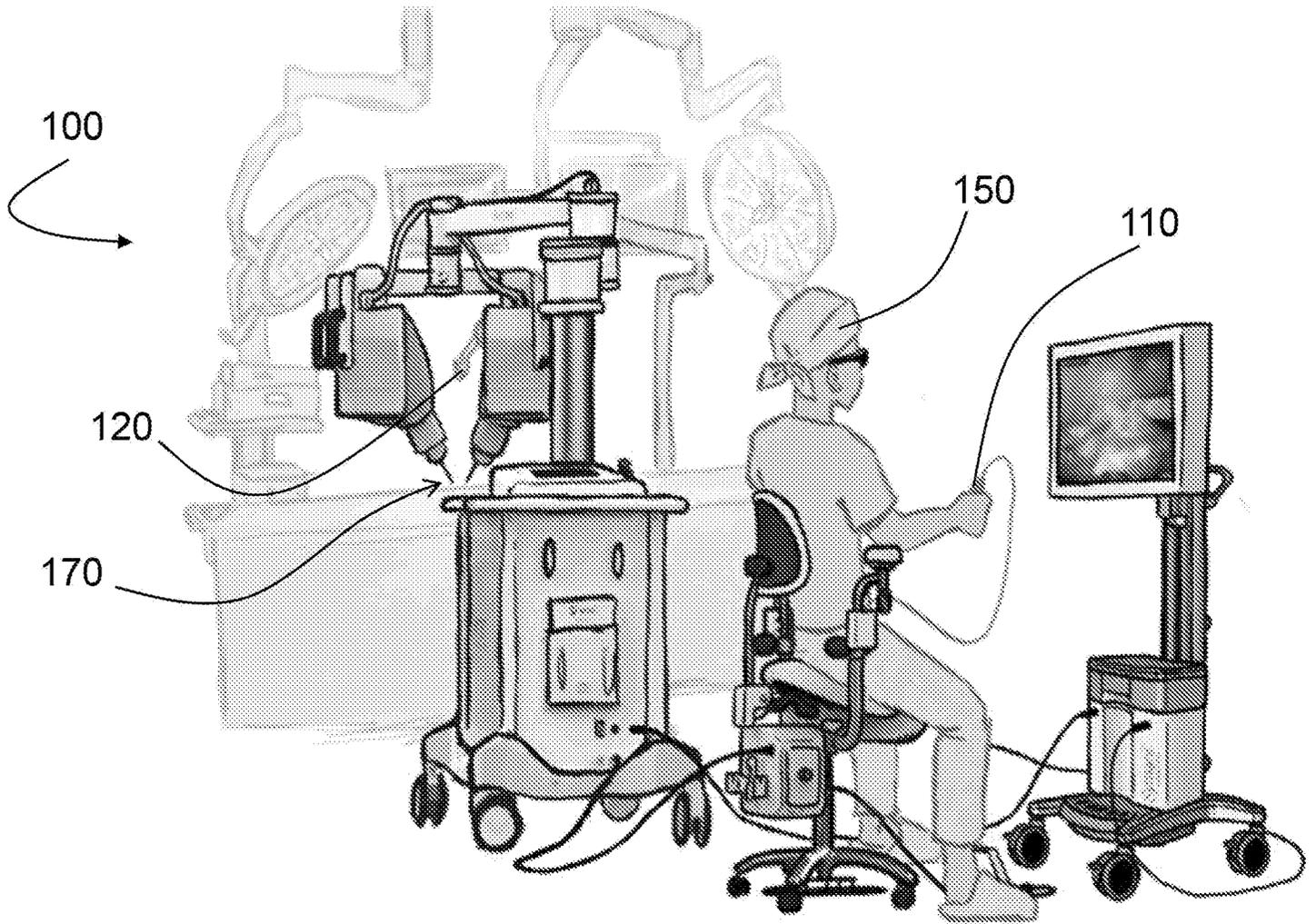


FIG.1

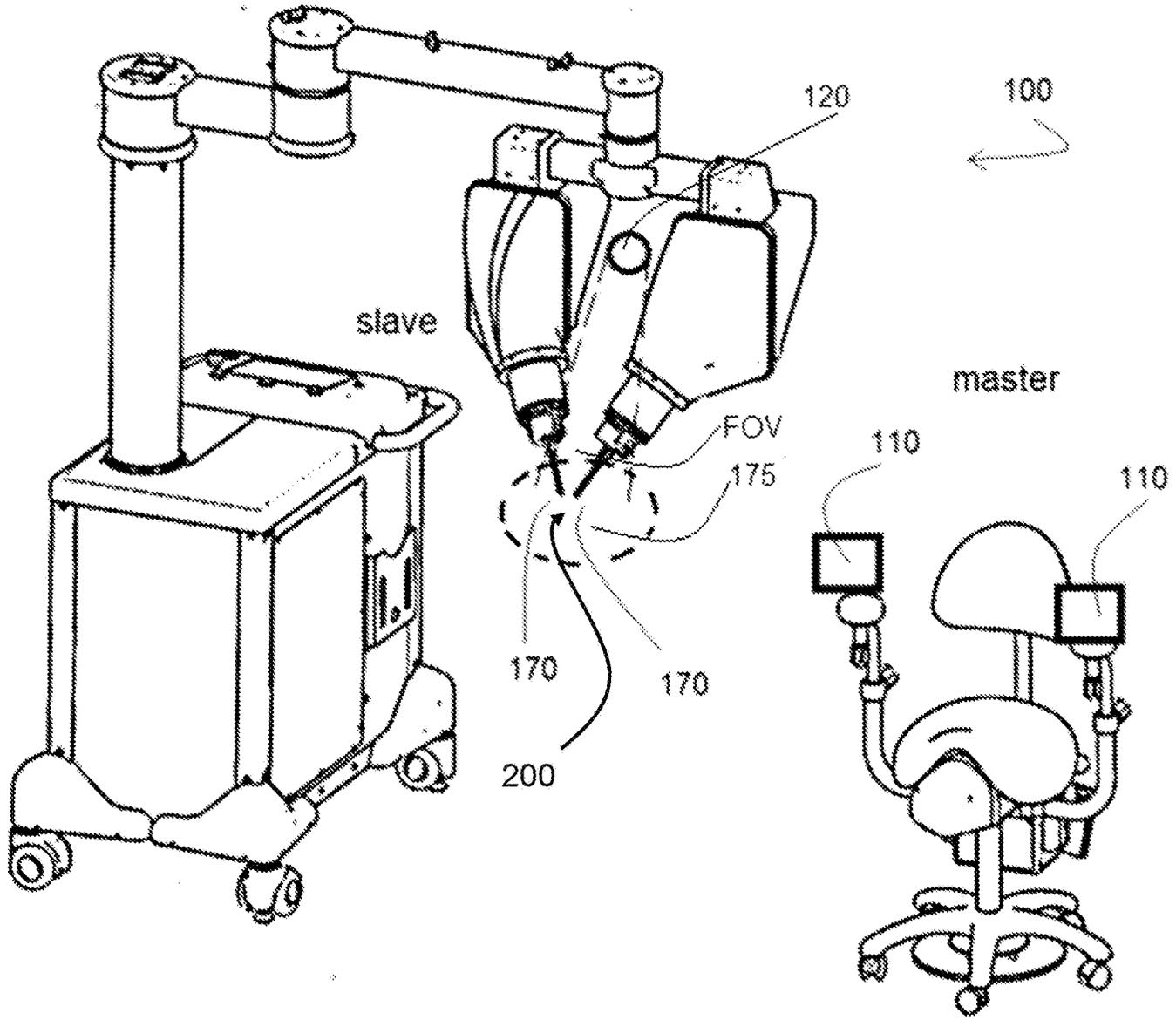


FIG. 2

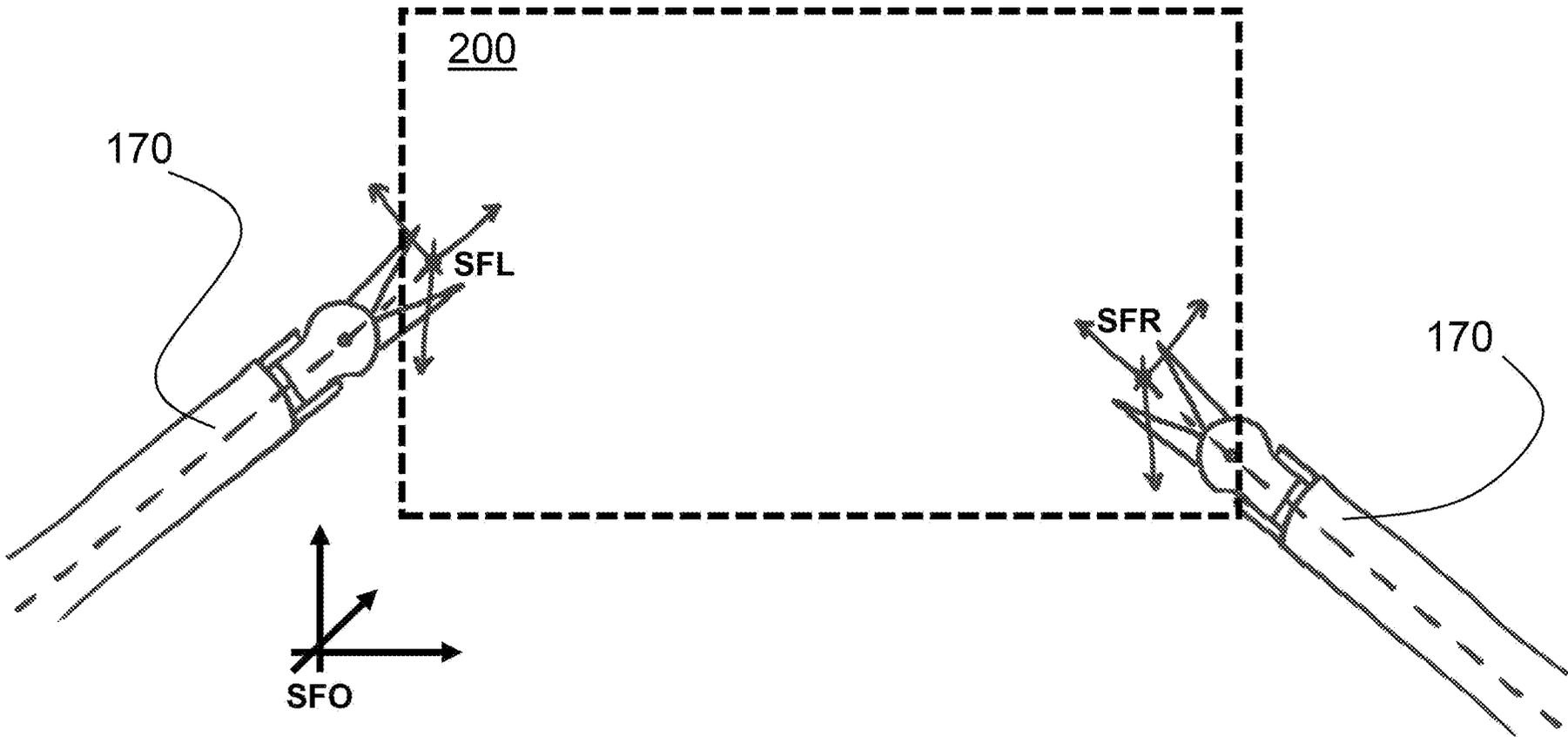
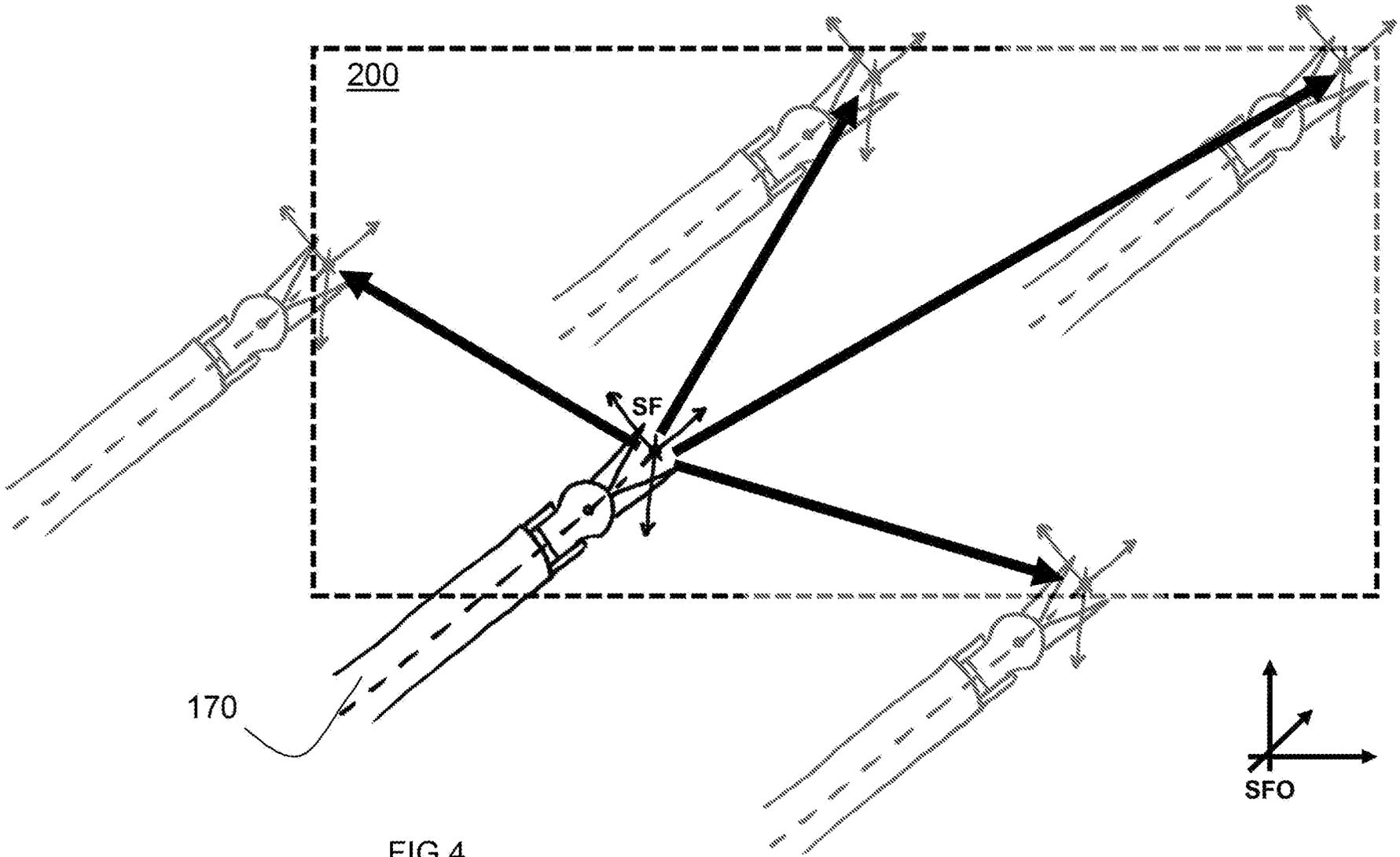


FIG.3



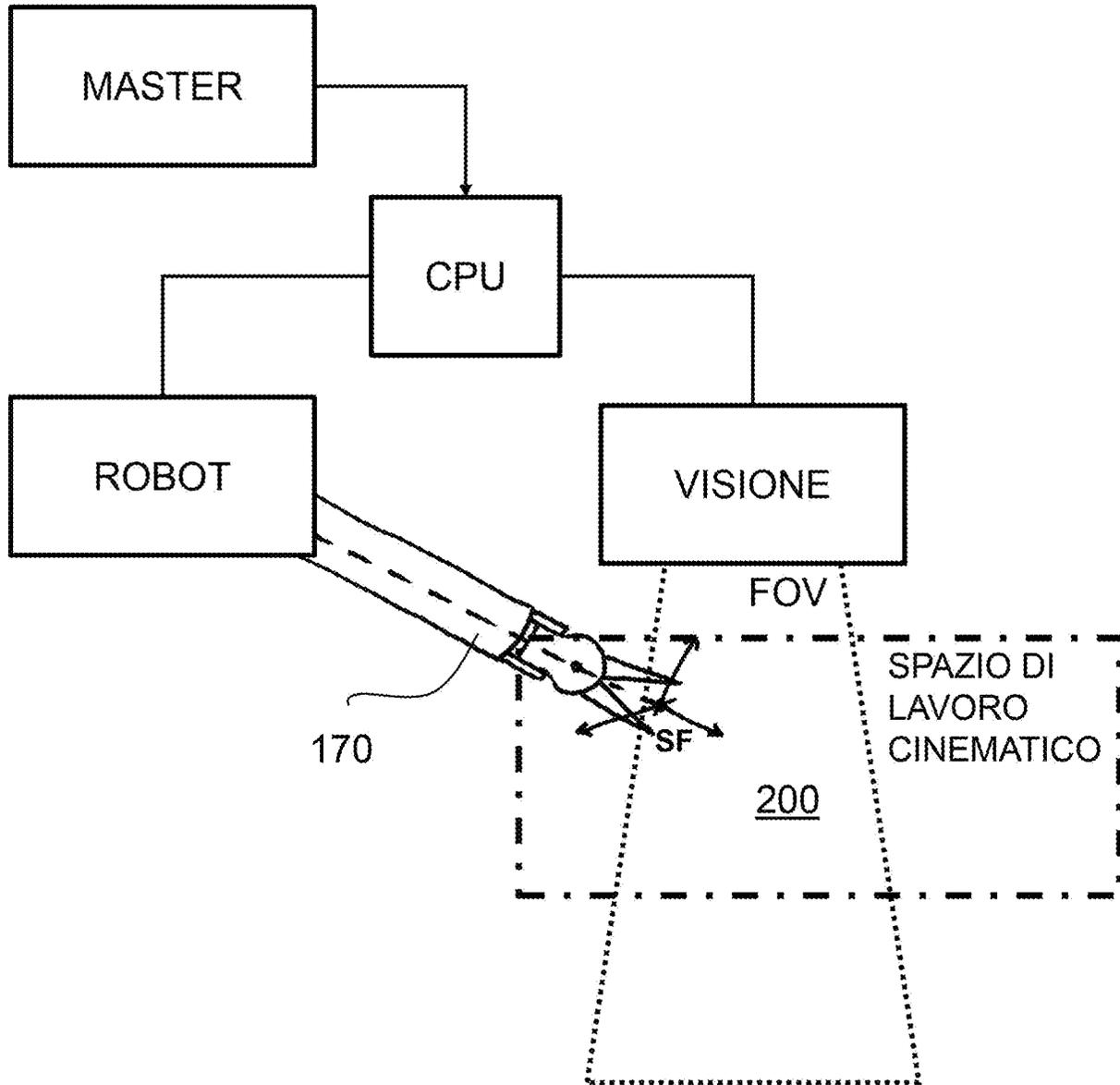


FIG.5

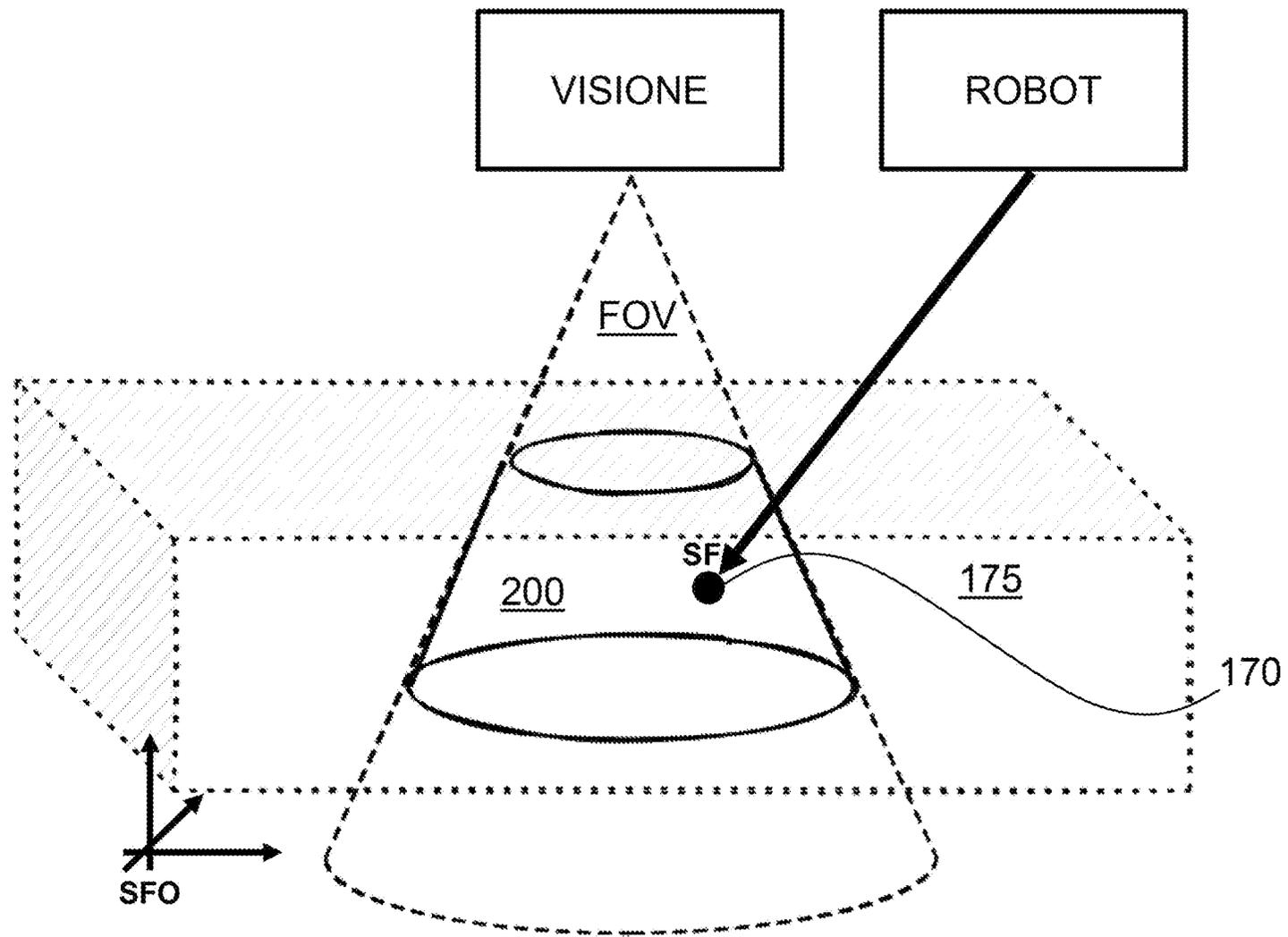


FIG.5bis

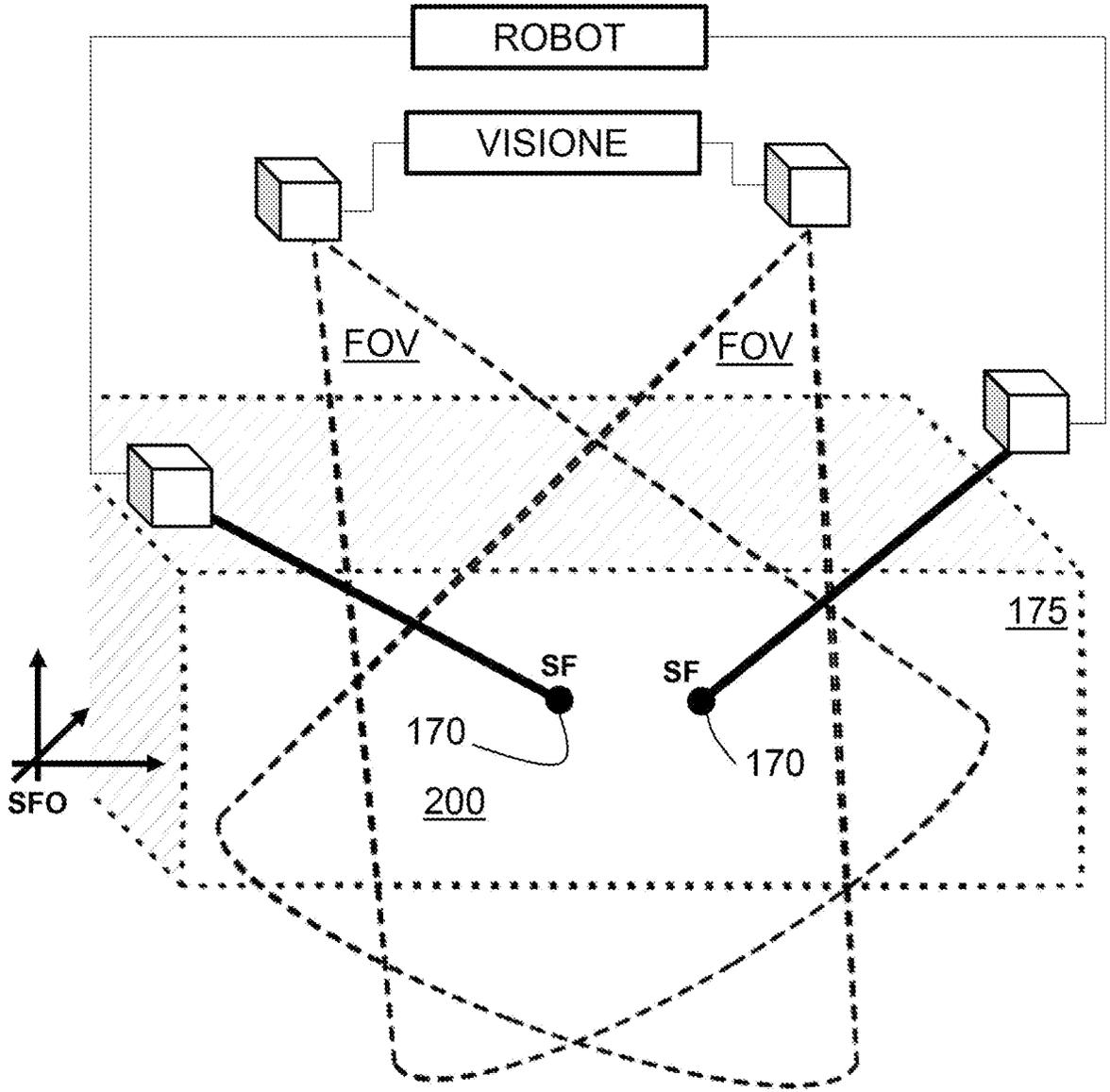


FIG.5ter

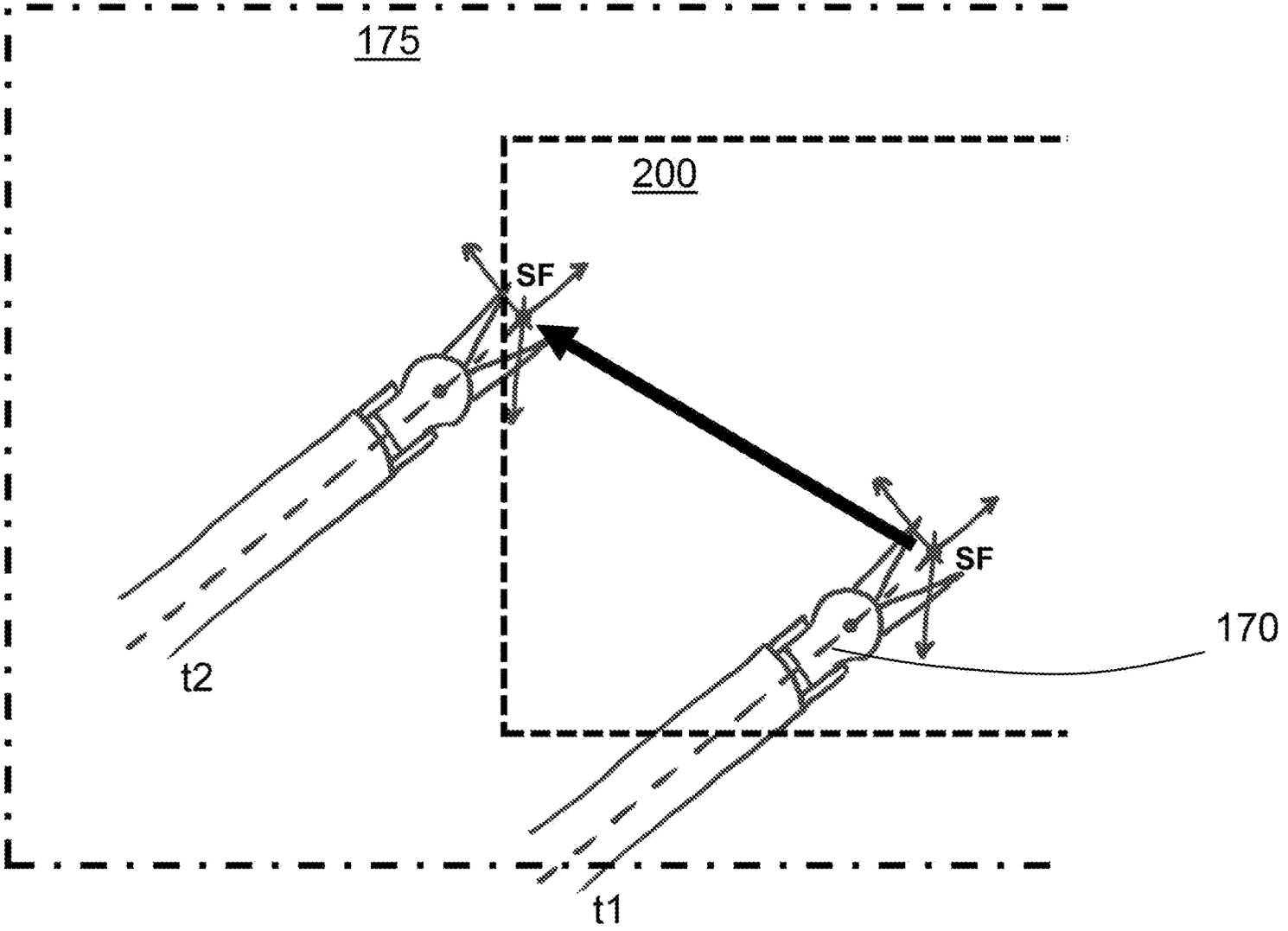


FIG.6

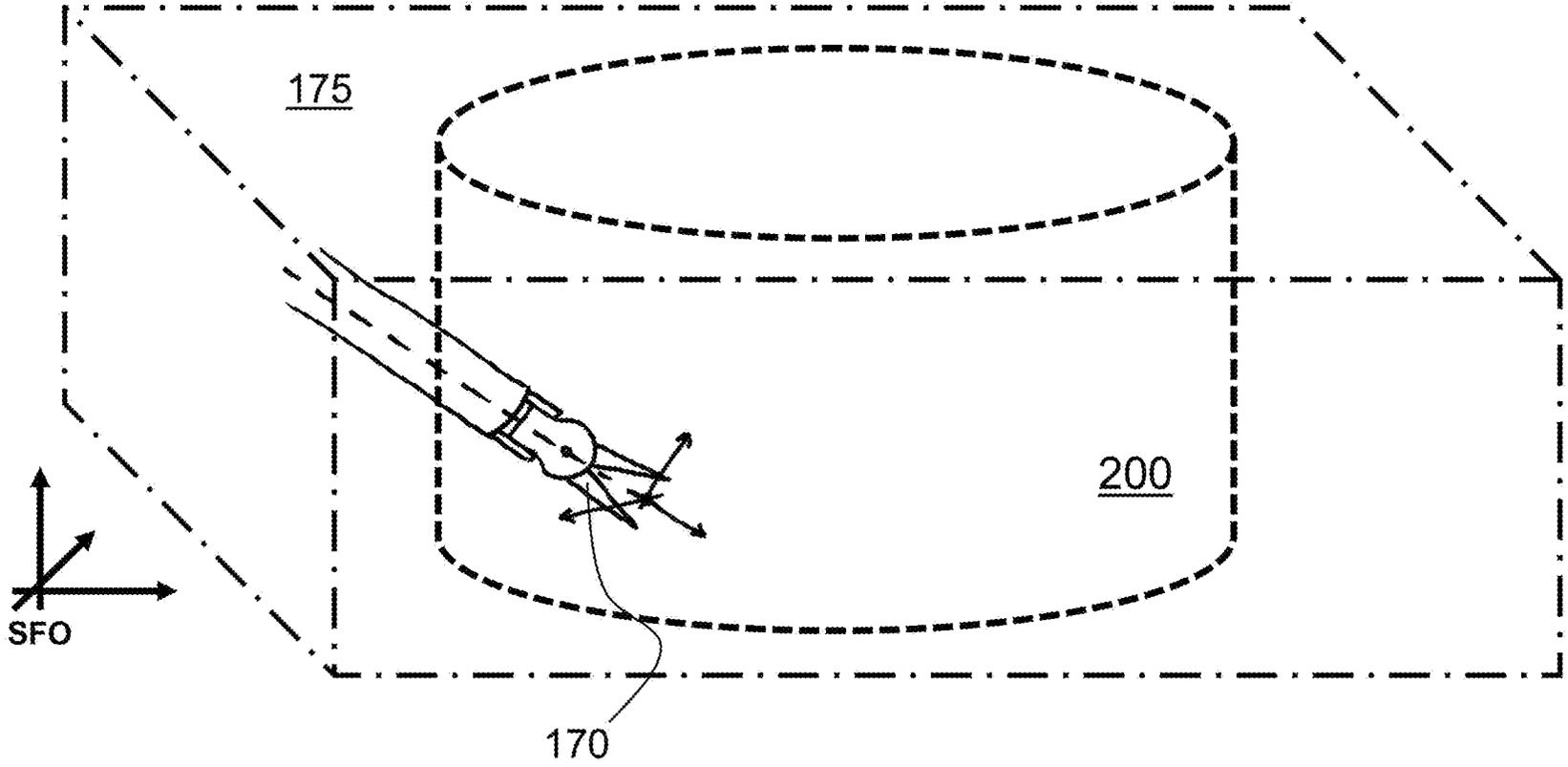


FIG. 7

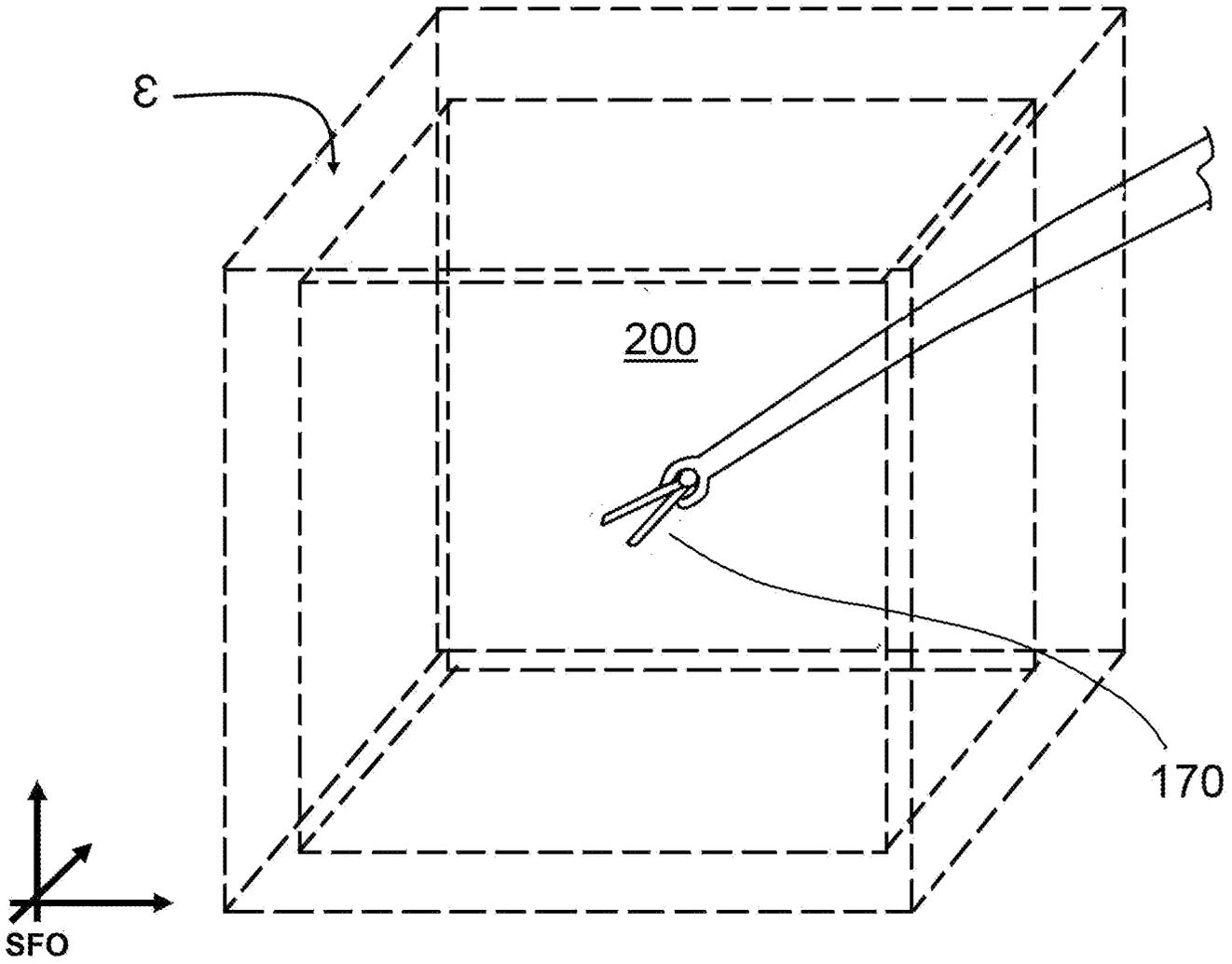


FIG.7bis

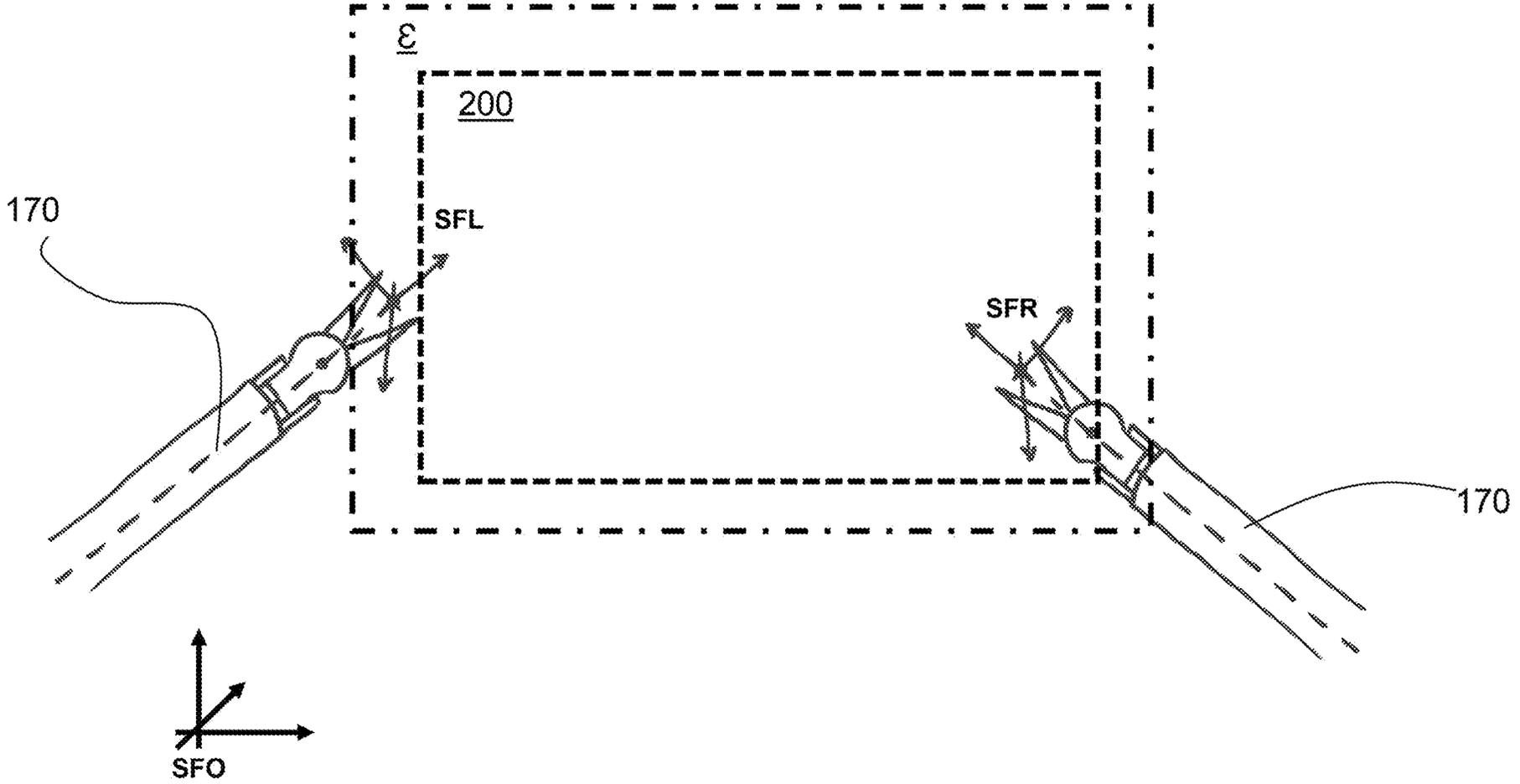


FIG.7ter

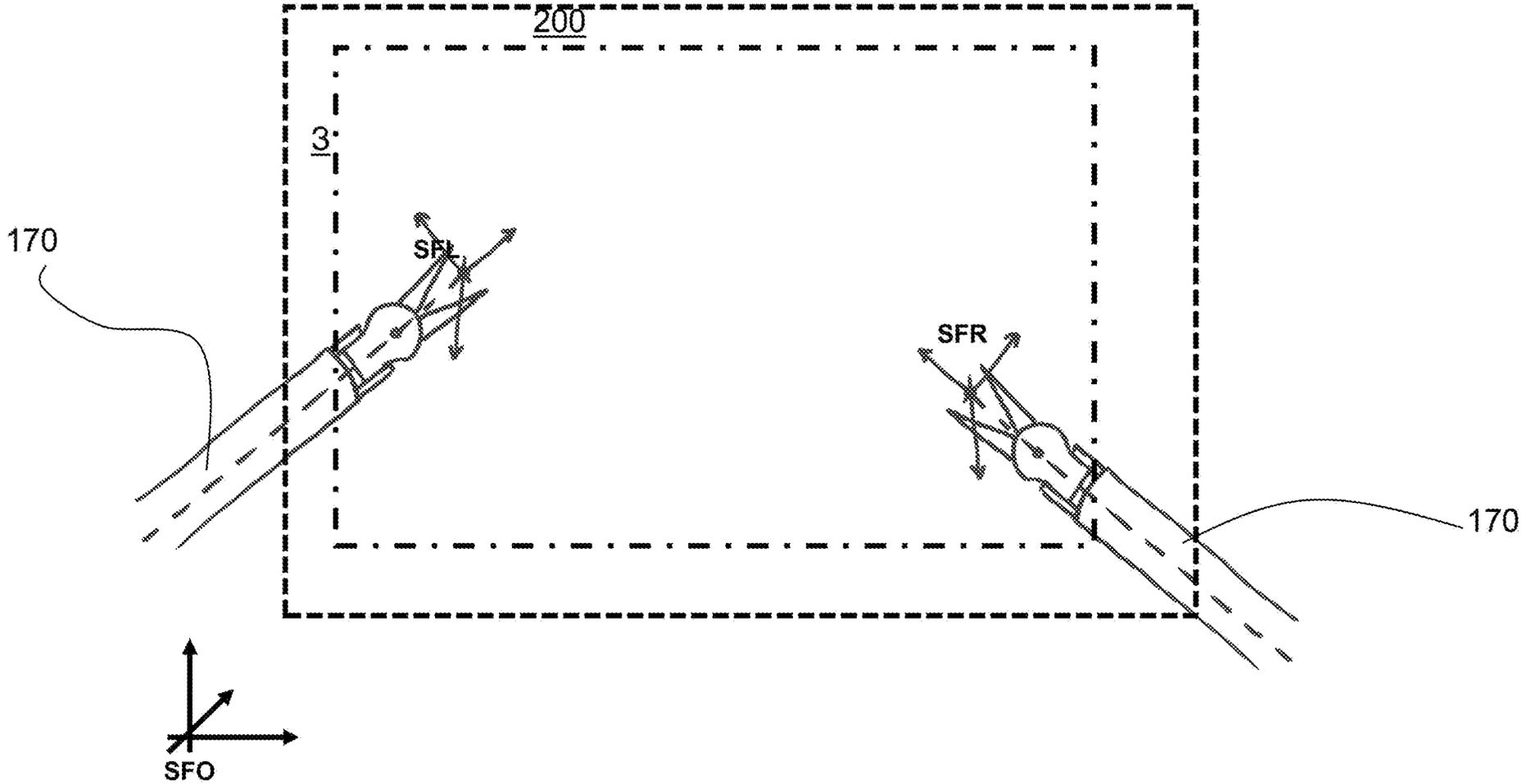


FIG.7quater

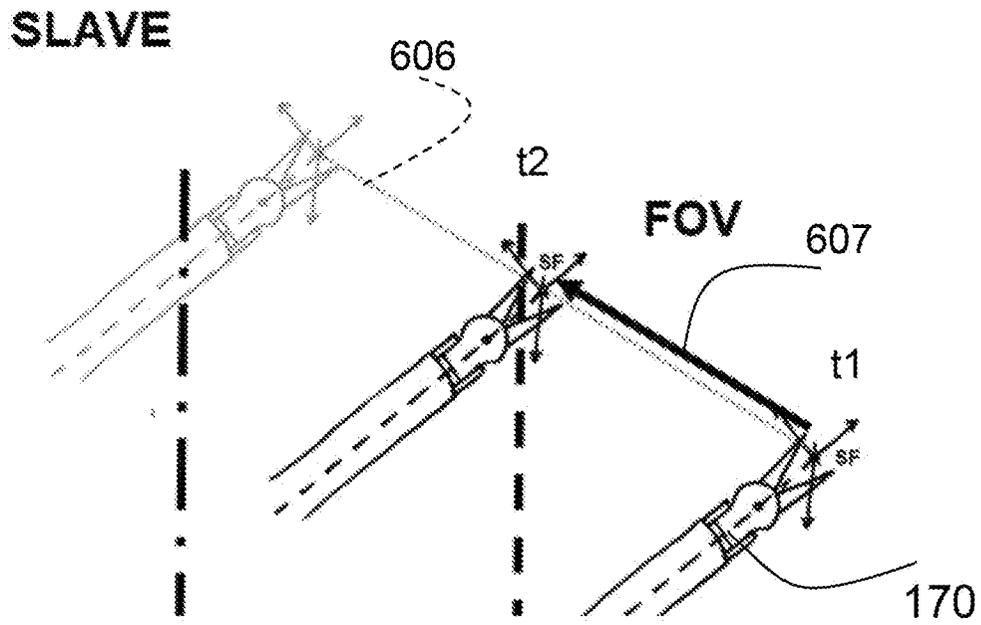
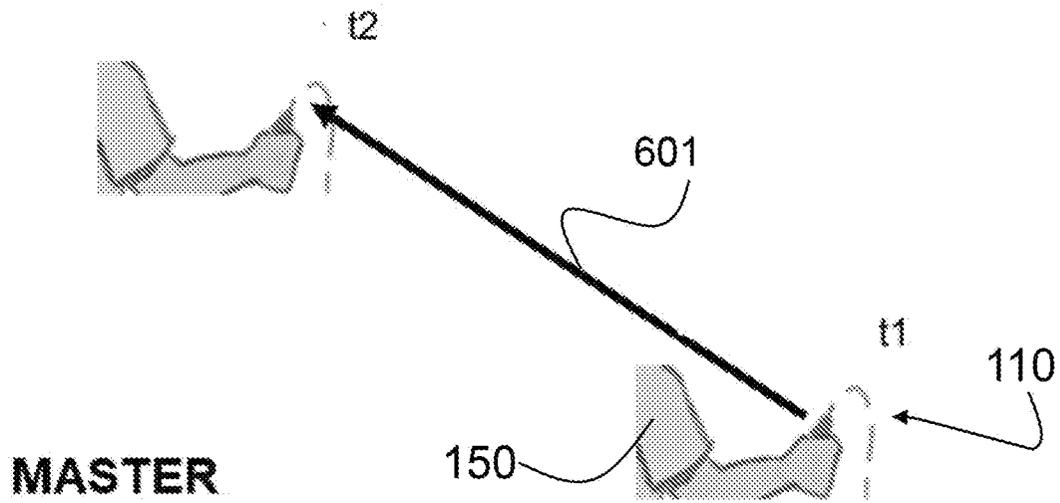


FIG.8

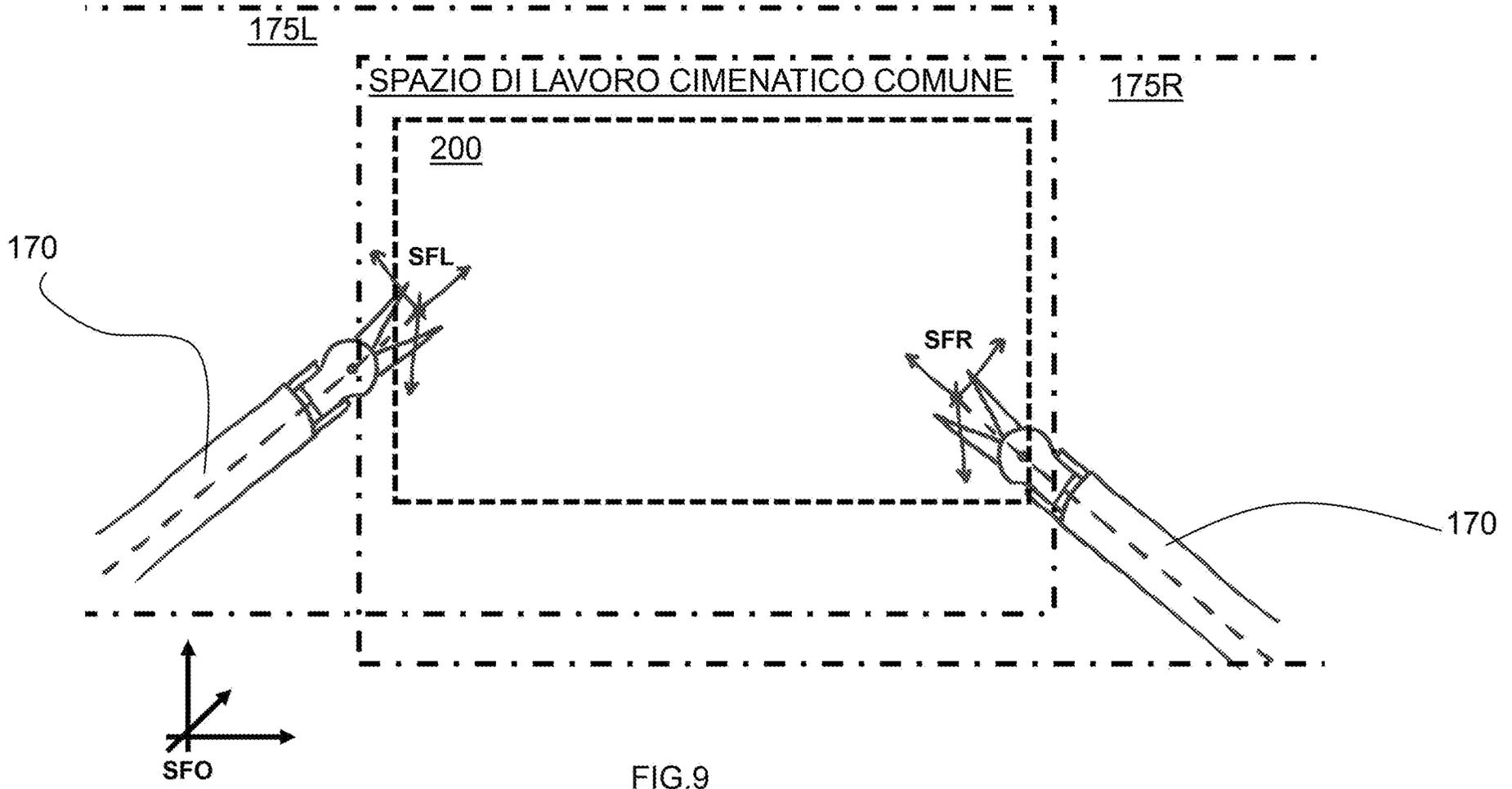


FIG.9

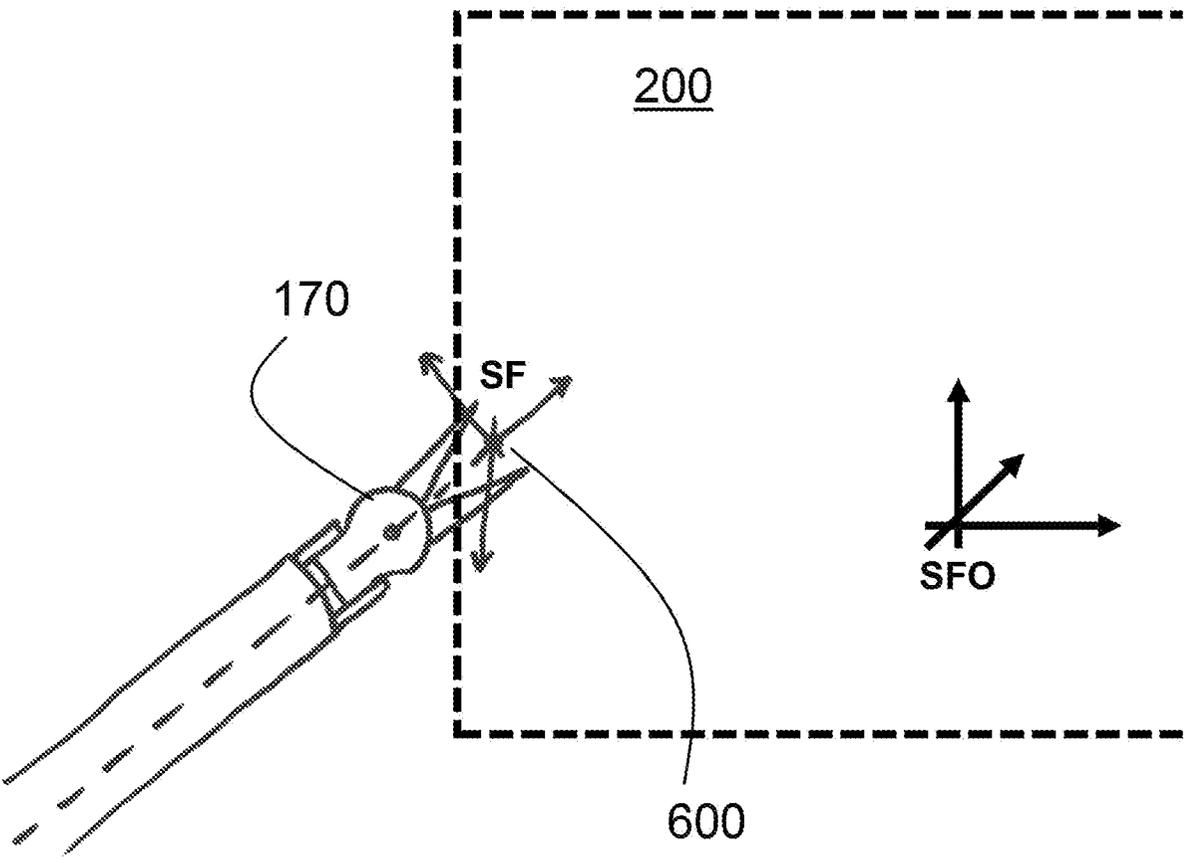


FIG.10

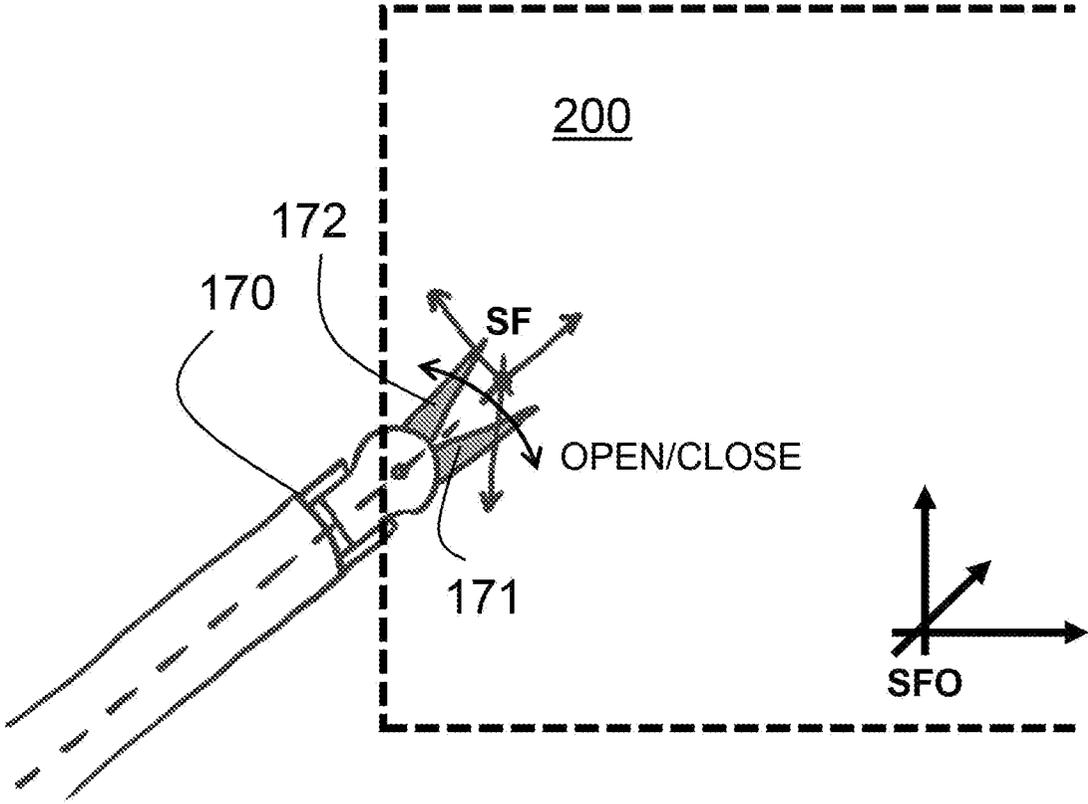


FIG.11

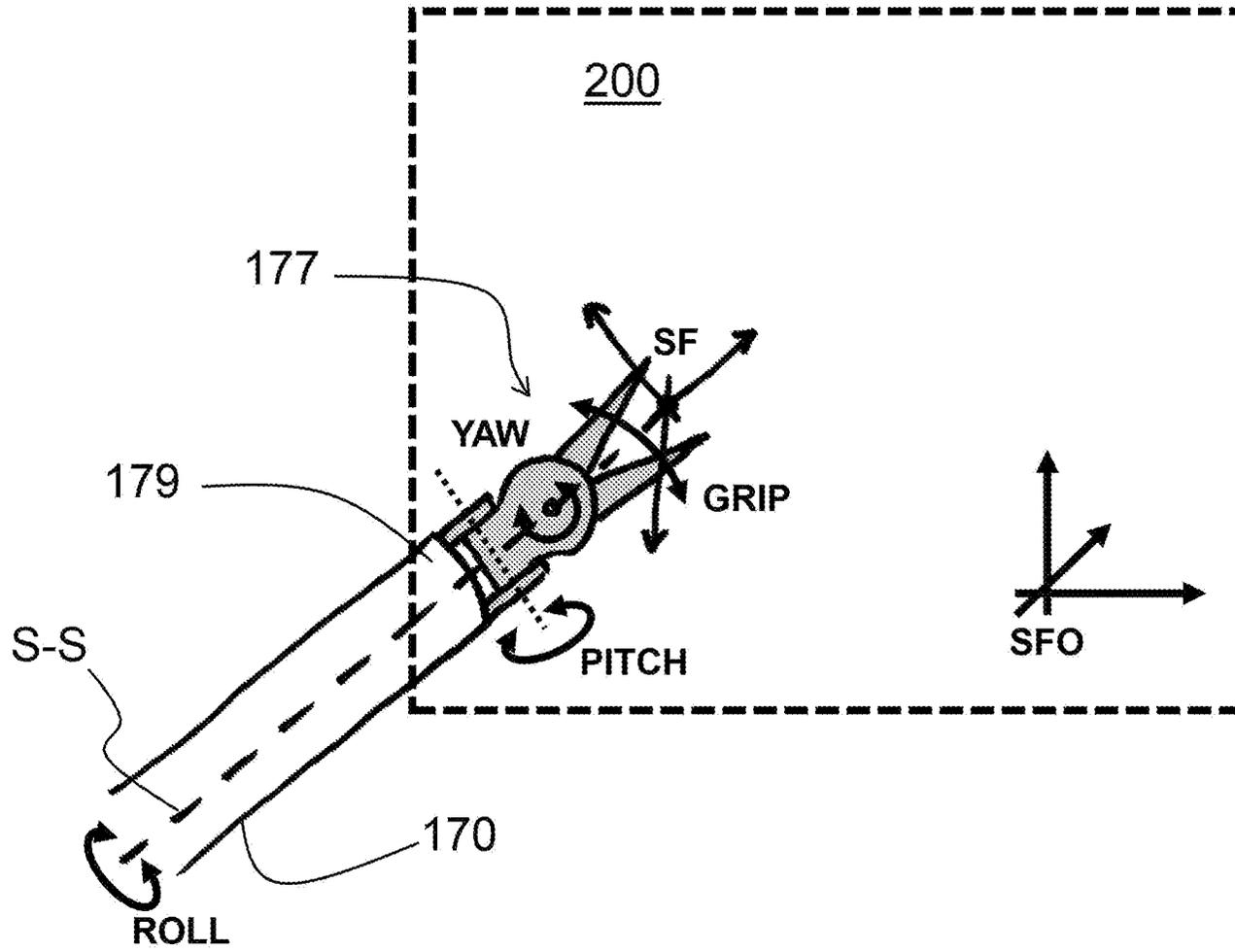


FIG.12

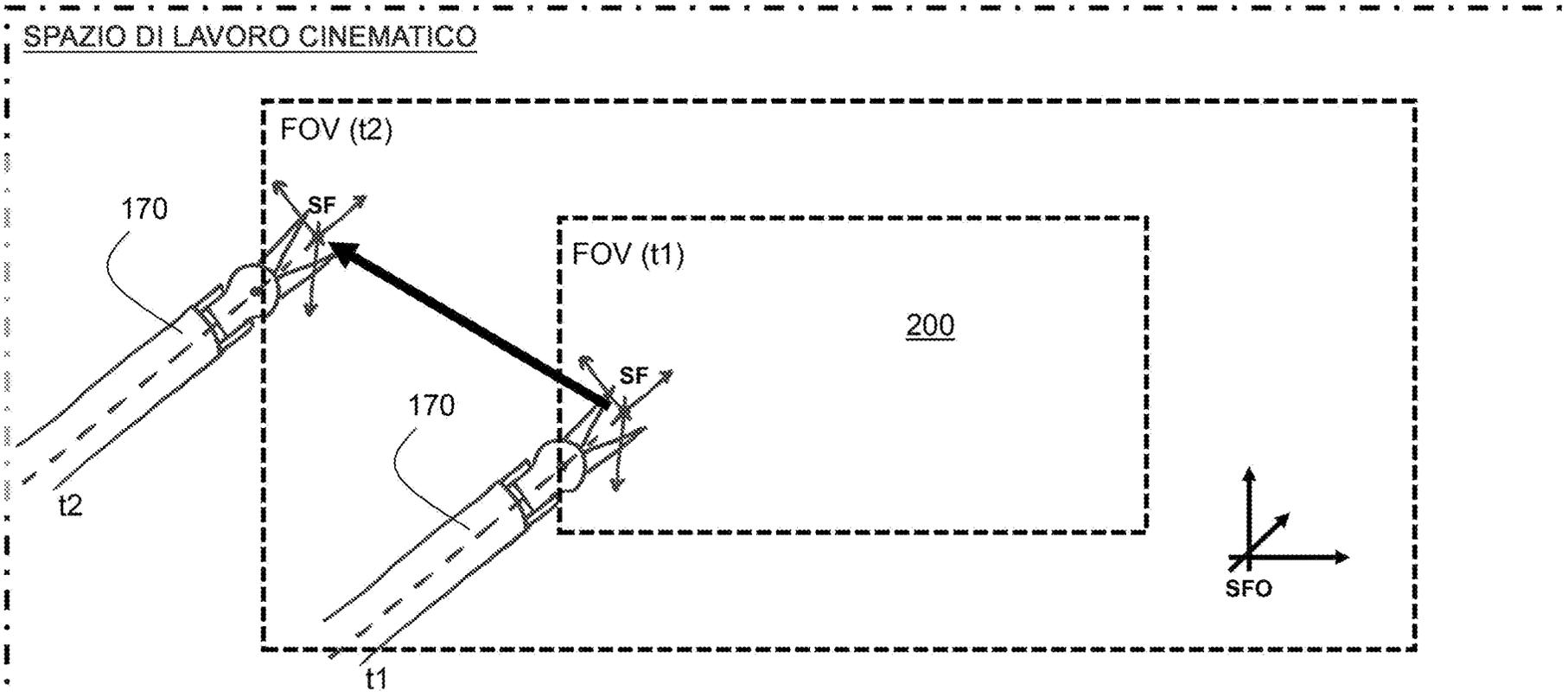


FIG. 13

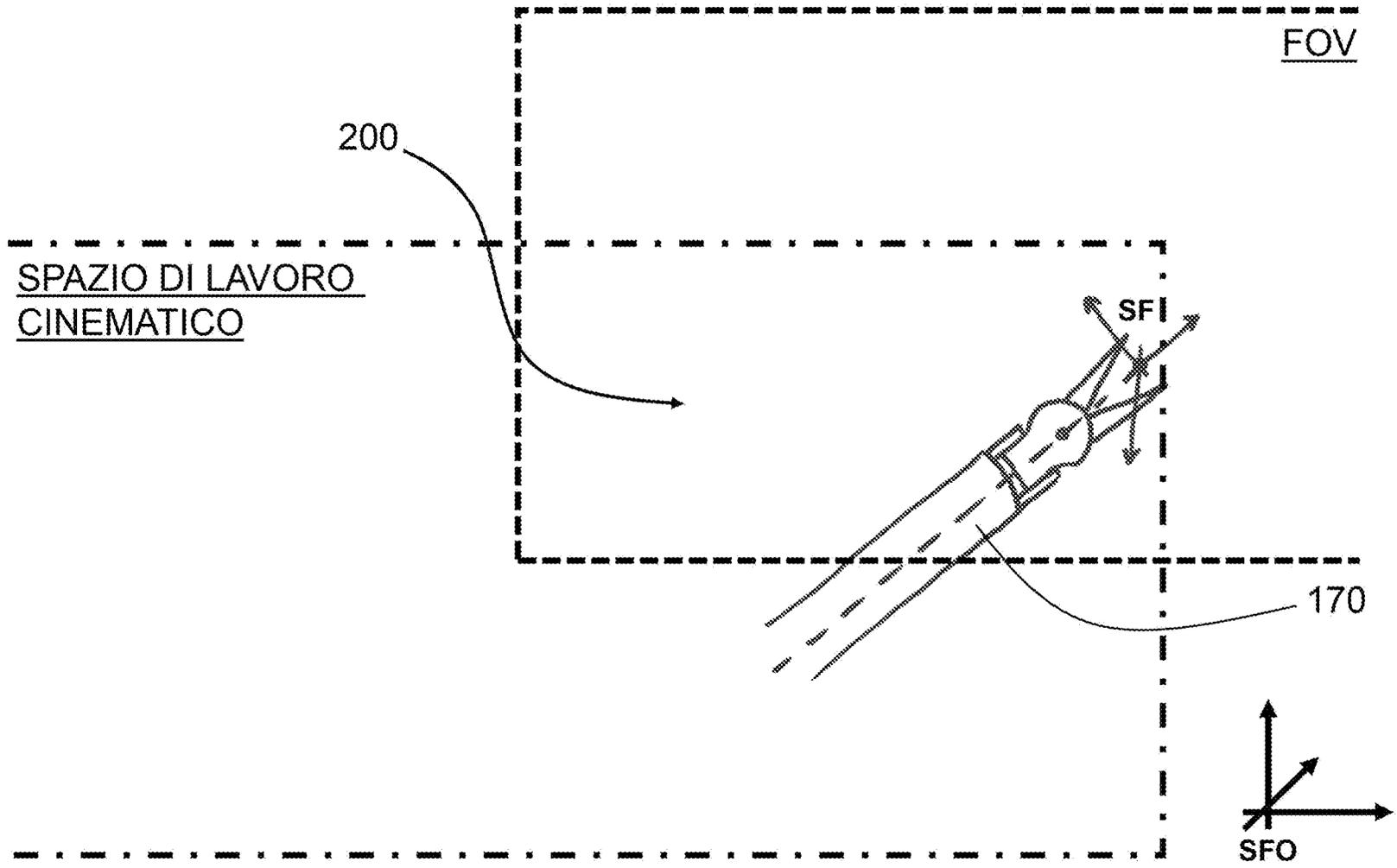


FIG.14

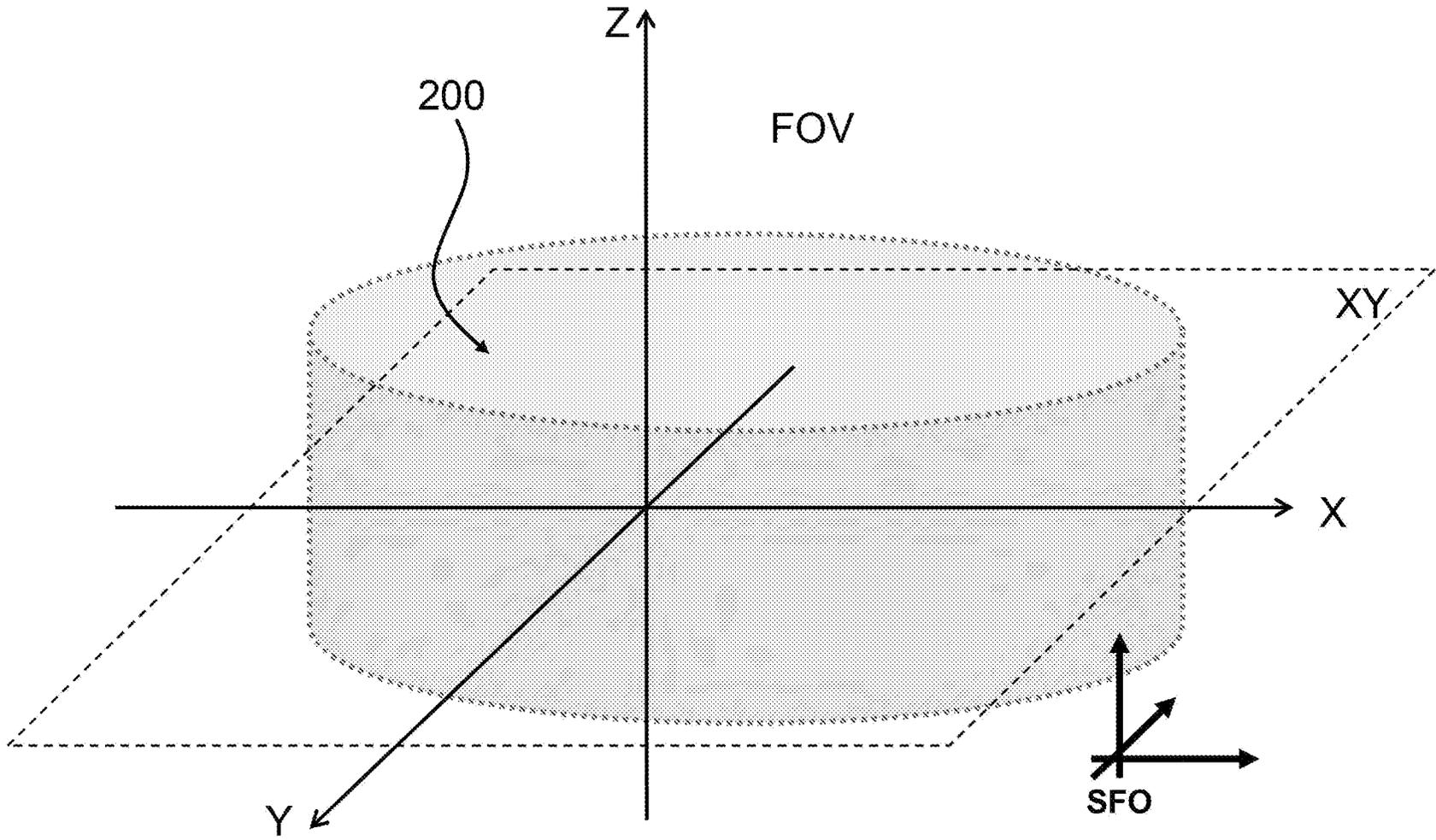


FIG.15.

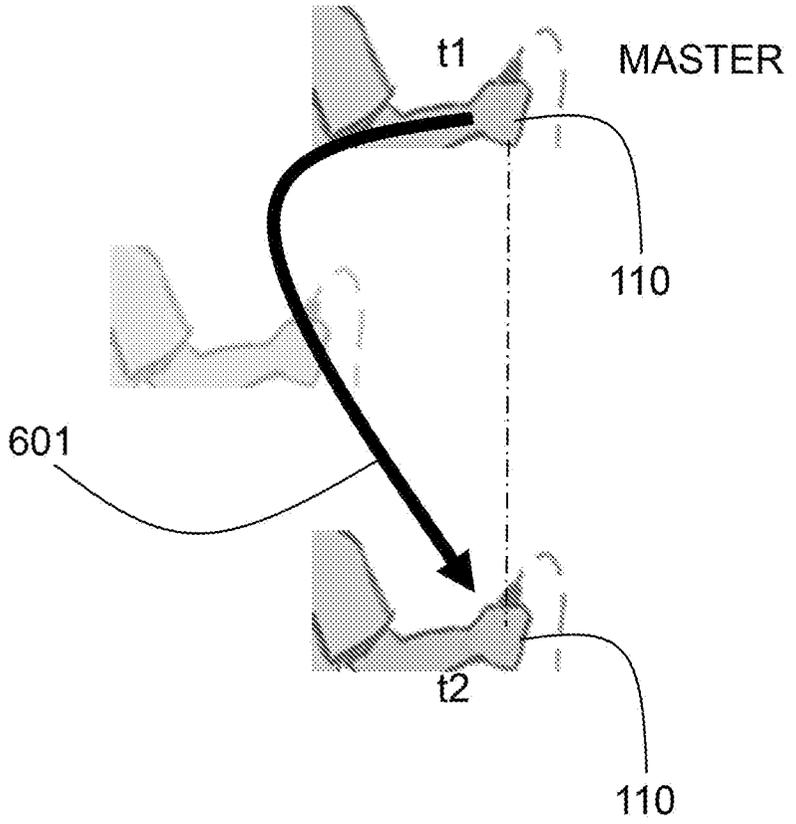


FIG.16

