

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902062409A1

Publication Date

20131222

Applicant

SCUOLA SUPERIORE DI STUDI UNIVERSITARI E DI PERFEZIONAMENTO SANT'ANN

Title

METODO PER LA LOCALIZZAZIONE DI DISPOSITIVI GUIDATI
MAGNETICAMENTE

TITOLO

METODO PER LA LOCALIZZAZIONE DI DISPOSITIVI GUIDATI MAGNETICAMENTE E RELATIVO DISPOSITIVO MAGNETICO.

SETTORE TECNICO

La presente invenzione concerne un metodo per la localizzazione di dispositivi guidati mediante l' applicazione di campi magnetici esterni al dispositivo stesso.

La presente invenzione concerne anche un dispositivo adatto ad essere guidato da sorgenti di campo magnetico esterne provvisto di almeno un magnete e di un sensore di inclinazione.

STATO DELL' ARTE

Dispositivi guidati magneticamente tramite l' applicazione di campi magnetici esterni sono utilizzati principalmente per indagini endoscopiche e chirurgiche. In questo settore una piattaforma diagnostica è composta tipicamente da un braccio robotico che sorregge una sorgente di campo magnetico posizionata all' esterno del corpo del paziente, e da un dispositivo endoluminale, in particolare una capsula, il quale, inghiottito dal paziente, si accoppia con il campo magnetico esterno che ne controlla l' avanzamento.

In queste piattaforme diagnostiche, risulta di fondamentale importanza conoscere, nel modo più preciso e tempestivo possibile, la localizzazione del dispositivo guidato magneticamente rispetto alla sorgente di campo magnetico, in modo da poter modificare il campo magnetico esterno in base alle esigenze di locomozione.

A questo scopo sono note ed utilizzate varie strategie di localizzazione che operano secondo principi differenti.

Una prima strategia di localizzazione, descritta nella pubblicazione scientifica *Fischer D, Schreiber R, Levi D and Eliakim R 2004 " Capsule endoscopy: the localization system"* *Gastrointest Endosc Clin N Am 14*

25-31 , si basa sull' emissione da parte della capsula di segnali in radio frequenza i quali vengono misurati da antenne posizionate all' esterno del corpo del paziente e triangolati. I principali limiti di questa strategia si riscontrano nel fatto che viene eseguita una localizzazione a due soli gradi di libertà e che è necessario prevedere un' apparecchiatura addizionale (le antenne esterne) che deve essere correttamente riferita rispetto al resto del sistema. Inoltre, la difficoltà di riferire correttamente le antenne esterne provoca una scarsa accuratezza di localizzazione la quale è di circa 38 mm contro i 2-5 mm di accuratezza ottenibili con altre strategie.

Una differente strategia di localizzazione è descritta in EP 2 347 699 A1. In questo caso la strategia si fonda su misure inerziali eseguite da sensori inerziali presenti nel dispositivo ed ha come presupposto la presenza di un accoppiamento permanente e stabile tra la sorgente di campo magnetico esterno ed il dispositivo guidato magneticamente. I sensori inerziali sono utilizzati per misurare le inclinazioni assunte dal dispositivo e per modificare conseguentemente la posizione della sorgente magnetica esterna quando vengono rilevate inclinazioni che non consentono più al dispositivo di rispondere correttamente ai comandi di spostamento impartiti da un' interfaccia utente.

Nel settore delle indagini endoscopiche e chirurgiche, in particolare del tratto gastro-intestinale, sono note anche strategie di localizzazione diverse, basate sulla misurazione di campi magnetici, le quali però possono essere utilizzate esclusivamente con dispositivi endoluminali di tipo passivo, vale a dire dispositivi non guidati magneticamente ma il cui avanzamento avviene per peristalsi.

Una strategia di quest' ultimo tipo prevede la presenza di un sensore magnetico nel dispositivo che misura valori di campo magnetico per determinare la localizzazione del dispositivo stesso. Ad esempio, in [Guo 2009] si prevede la presenza di tre bobine accuratamente posizionate in un lettino diagnostico, attivate in sequenza per produrre

campi magnetici di piccola intensità e sincronizzate con il rilevamento eseguito da un sensore magnetico triassiale presente nel dispositivo. La strategia sopra delineata consente una localizzazione molto accurata del dispositivo. Tuttavia, come già affermato, il suo utilizzo è limitato a dispositivi non guidati magneticamente in quanto, come risulta ovvio, la presenza di campi magnetici di elevata intensità, quali quelli necessari per la guida del dispositivo, impedirebbe il corretto funzionamento del sistema dei sensori a causa della saturazione dei sensori geo-magnetici utilizzati.

In settori molto diversi, sono anche noti dispositivi, quali i sensori cosiddetti MARG, che comprendono sia sensori magnetici che sensori inerziali. Tuttavia il loro utilizzo è di tipo completamente diverso. Questi sensori, infatti, sono utilizzati in dispositivi per i quali deve essere definita la posizione e l'orientamento rispetto al sistema di riferimento terrestre. A questo scopo è fondamentale che i sensori magnetici abbiano una elevata sensibilità e che siano tarati per rilevare il campo magnetico terrestre. Sensori magnetici utilizzati per questi scopi hanno quindi un fondo scala di circa 8 gauss. Inoltre, per dispositivi impieganti sensori di questo tipo, sorgenti magnetiche nelle vicinanze che generano campi magnetici che si sommano a quello terrestre costituiscono esclusivamente elementi di disturbo che, in funzione dell'intensità del campo magnetico generato, possono impedire il funzionamento del dispositivo.

SINTESI DELL' INVENZIONE

Uno scopo della presente invenzione è allora quello di proporre un metodo per la localizzazione di un dispositivo guidato tramite campi magnetici applicati esternamente al dispositivo stesso.

Ulteriore e particolare scopo della presente invenzione è proporre un metodo per la localizzazione di dispositivi endoluminali, quali capsule endoscopiche, che consenta la guida del dispositivo tramite campi magnetici applicati esternamente.

Un altro scopo della presente invenzione è proporre un metodo di localizzazione di dispositivi guidati magneticamente che sia attuabile senza la necessità di prevedere hardware aggiuntivo nei macchinari esterni di generazione dei campi magnetici utilizzati per la guida del dispositivo.

Un altro scopo della presente invenzione è proporre un dispositivo adatto ad essere guidato tramite l' applicazione di campi magnetici esterni.

Secondo un aspetto della presente invenzione gli scopi suddetti ed altri ancora sono raggiunti per mezzo di un dispositivo secondo quanto espresso e caratterizzato nella rivendicazione indipendente 1.

Le rivendicazioni dipendenti dalla rivendicazione 1 espongono altre caratteristiche della presente invenzione o varianti dell' idea di soluzione principale.

Un dispositivo noto, adatto ad essere guidato da sorgenti di campo magnetico esterne comprende un magnete, preferibilmente un magnete permanente, un sensore di inclinazione per rilevare l' inclinazione del dispositivo rispetto alla direzione della gravità, un' unità elettronica per misurare valori rilevati da detto sensore e per trasmettere dati all' esterno, una sorgente di energia per alimentare i suddetti sensori, unità ed unità elettroniche.

Secondo un aspetto caratteristico della presente invenzione il dispositivo comprende anche un sensore magnetico triassiale montato in posizione fissa rispetto al suddetto magnete ed almeno angolarmente fissa rispetto al suddetto sensore di inclinazione.

Un dispositivo come sopra delineato permette di applicare un metodo di localizzazione molto accurato e che consente di non aggiungere hardware al macchinario esterno di generazione del campo magnetico tramite il quale viene guidato il dispositivo.

Vantaggiosamente il sensore magnetico è un sensore ad effetto hall triassiale avente un fondo scala uguale o superiore a 0,1 tesla, o comunque di almeno due ordini di grandezza superiore rispetto a quello dei sensori geo-magnetici.

Ancora vantaggiosamente il sensore di inclinazione è un sensore inerziale triassiale.

Secondo una forma realizzativa della presente invenzione il dispositivo suddetto è una capsula endoscopica.

Secondo un altro aspetto della presente invenzione gli scopi suddetti ed altri ancora sono raggiunti per mezzo di un metodo di localizzazione secondo quanto espresso e caratterizzato nella rivendicazione indipendente 6.

Le rivendicazioni dipendenti dalla rivendicazione 6 espongono altre caratteristiche del metodo della presente invenzione, quali specifiche forme di applicazione, o varianti dell' idea di soluzione principale.

Secondo la presente invenzione un metodo per la localizzazione di un dispositivo come precedentemente delineato, guidato tramite un campo magnetico generato da una sorgente esterna al dispositivo prevede:

- la rilevazione simultanea di valori da parte del citato sensore magnetico triassiale e del citato sensore di inclinazione;
- l' utilizzo dei suddetti valori per calcolare valori misurati del modulo del vettore di campo magnetico applicato al dispositivo e del modulo e verso del vettore di campo magnetico applicato al dispositivo nella direzione definita dall' accelerazione di gravità.

Le due suddette informazioni sul campo magnetico ottenibili simultaneamente grazie alla presenza nel dispositivo di un inclinometro e di un sensore magnetico triassiale possono essere utilizzate in molteplici

modi per ottenere la localizzazione del dispositivo rispetto alla sorgente di campo magnetico.

Vantaggiosamente, ad esempio, i valori misurati del modulo del campo magnetico applicato al dispositivo e del modulo e verso del vettore di campo magnetico applicato al dispositivo nella direzione definita dall' accelerazione di gravità g vengono confrontati con modelli noti del campo magnetico generato dalla sorgente esterna per determinare la posizione del dispositivo magnetico.

Ancora vantaggiosamente, secondo una specifica modalità di applicazione del metodo dell' invenzione i suddetti modelli noti del campo magnetico sono mappe pre-calcolate tramite modelli matematici analitici e la distanza 3D del dispositivo dalla sorgente esterna viene calcolata cercando il valore minimo di una funzione di errore applicata a tali mappe di campo magnetico pre-calcolate.

Grazie alla conoscenza della distanza 3D tra il dispositivo e la sorgente di campo magnetico è possibile la gestione delle forze applicate (ed il loro calcolo mediante un modello di calcolo di forze di accoppiamento magnetico) al dispositivo guidato magneticamente, mantenendo stabile la connessione magnetica.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

Queste ed altre caratteristiche dell' invenzione risulteranno più facilmente comprensibili dalla seguente descrizione di forme realizzative preferite della stessa, fornite come esempi non limitativi, con riferimento alle figure allegate nelle quali:

- la figura 1 mostra una schematica vista prospettica di un dispositivo secondo la presente invenzione, in particolare una capsula endoscopica;
- la figura 2 mostra un diagramma a blocchi che illustra le modalità di attuazione di un metodo secondo la presente invenzione;

- le figure da 3 a 5 illustrano una specifica forma realizzativa del metodo dell' invenzione, attuabile per calcolare la distanza tra una sorgente di campo magnetico esterna ed un dispositivo secondo l' invenzione.

DESCRIZIONE DELLE FORME REALIZZATIVE PREFERITE

Con riferimento alla figura 1 un dispositivo adatto ad essere guidato da sorgenti di campo magnetico esterne può essere, ad esempio, una capsula endoscopica, 10, del tipo idoneo ad essere ingerito da un paziente allorché devono essere eseguite su di esso indagini endoscopiche.

Il dispositivo comprende un involucro di piccole dimensioni, 11, in forma di capsula, una cui porzione di estremità, 12, è realizzata in materiale trasparente per permettere il corretto funzionamento di un dispositivo di acquisizione video, 13, alloggiato all' interno della capsula. Nella capsula sono anche alloggiati un sensore inerziale triassiale utilizzato come inclinometro, 14, un magnetometro triassiale, 15, magneti, 16, una scheda elettronica integrata, 18, ed una batteria in qualità di sorgente di energia, 19, per alimentare il dispositivo di acquisizione video 12 i sensori 14 e 15 e la scheda elettronica 18. La scheda elettronica integrata 18 comprende almeno un microprocessore in grado di misurare i valori rilevati dai sensori 14 e 15, mezzi di memoria, e mezzi di trasmissione dati, ad esempio via radio.

Il magnetometro triassiale 15 è costituito da tre magnetometri monoassiali ad effetto hall vincolati e riferiti tra loro in modo da eseguire le misurazioni secondo tre direzioni distinte in grado di determinare un riferimento tridimensionale. Vantaggiosamente i tre magnetometri ad effetto hall monoassiali sono vincolati tra loro in modo da misurare il campo magnetico in tre direzioni ortogonali tra loro. Ovviamente potrebbe anche essere utilizzato un singolo magnetometro ad effetto hall triassiale o anche altri magnetometri triassiali che sfruttano proprietà fisiche diverse

dall' effetto hall. Inoltre, il magnetometro triassiale 15 ha un fondo scala di circa 2 tesla in quanto deve essere in grado di misurare il campo magnetico dovuto alla sorgente di campo magnetico esterna che, nel caso di capsule endoscopiche, per le finalità di guida magnetica deve essere di questo ordine di grandezza. In particolare, non possono essere utilizzati sensori geo-magnetici i quali hanno fondo scala di circa 8 gauss. In generale, un dispositivo magnetico 10 secondo la presente invenzione comprende un sensore magnetico triassiale 15 che ha un fondo scala di almeno due ordini di grandezza superiore rispetto ad un normale sensore geo-magnetico.

Il magnete 16 è preferibilmente un magnete permanente o una pluralità di magneti permanenti solidali tra loro.

Il magnetometro triassiale 15 è vincolato in posizione fissa rispetto ai magneti 16 e rispetto all' inclinometro 14.

Grazie alla presenza dei magneti 16 il dispositivo 10 può essere soggetto a forze di interazione magnetica esplicate su di esso da una sorgente di campo magnetico esterna. Nel caso di capsule endoscopiche le suddette forze di interazione magnetica vengono modulate per guidare la capsula 10 nel corpo del paziente, ad esempio nel tratto gastro-intestinale. La capsula viene utilizzata a fini diagnostici in quanto durante l' avanzamento vengono acquisite immagini dei tratti corporei attraversati da parte del dispositivo di acquisizione video 13 e trasmesse all' esterno.

Un dispositivo secondo la presente invenzione, idoneo ad essere guidato dall' interazione magnetica che si genera tra i magneti 16 ed una sorgente di campo magnetico esterna può essere utilizzato anche per finalità molto diverse da quelle sopra descritte. In differenti forme realizzative, ad esempio, il dispositivo potrebbe non essere provvisto del dispositivo di acquisizione video 13 ed al suo posto potrebbero essere presenti componenti diversi, quali altri tipi di dispositivo ottici, sensori della concentrazione di specifici gas, o altro.

Con riferimento alle figure da 2 a 5, la localizzazione di un dispositivo 10 come sopra descritto viene eseguita in modo estremamente vantaggioso mediante il metodo della presente invenzione.

In figura 2 è mostrata una capsula endoscopica 10 in interazione magnetica con una sorgente di campo magnetico esterna 20. La sorgente di campo magnetico esterna è costituita da un magnete esterno 21 montato su un unità robotizzata, 22, che alimenta il magnete esterno 21 ed è in grado di muoverlo secondo un determinato numero di gradi di libertà. L' unità robotizzata 22 è provvista di un' unità di controllo che determina i movimenti del magnete esterno 21 e l' intensità del campo magnetico da esso generato per modulare le forze di interazione magnetica in base alle esigenze di locomozione. Affinché il controllo della sorgente di campo magnetico esterna 20 possa avvenire in modo ottimale è importante conoscere in tempo reale, con elevata frequenza di campionamento e nel modo più accurato possibile la posizione del dispositivo magnetico 10.

Secondo il metodo della presente invenzione questo è ottenuto grazie alla contemporanea presenza nel dispositivo magnetico 10 del sensore magnetico triassiale 15 e dell' inclinometro 14, senza che sia necessario prevedere nessun componente hardware aggiuntivo oltre a quello necessario per la guida magnetica del dispositivo magnetico 10.

Secondo il metodo della presente invenzione viene eseguita una rilevazione simultanea di valori da parte del sensore magnetico triassiale 15 e da parte del sensore di inclinazione 14.

Nel caso che il sensore magnetico sia un magnetometro ad effetto hall da tre valori in tensione vengono calcolati tre valori del campo magnetico, 101. A questi valori calcolati vengono sottratti, 102, i contributi al campo magnetico dovuti ai magneti 16 solidali al dispositivo magnetico 10. Poiché i magneti 16 generano un campo magnetico di intensità costante e sono vincolati in posizione fissa e nota rispetto al

magnetometro triassiale 15 risulta agevole depurare i valori calcolati del contributo fisso, 103, dovuto ai magneti 16, ottenendo così le componenti del campo magnetico, 104, dovute alla sorgente di campo magnetico esterna 20. Dalle componenti 104 è quindi immediato calcolare il modulo $|B|$, 105, del vettore campo magnetico applicato al dispositivo magnetico 10.

I valori simultaneamente acquisiti dal sensore inerziale triassiale 14 danno le componenti dell' accelerazione di gravità g , 106, dai quali possono essere calcolati i coseni direttori, 107, dell' accelerazione di gravità g stessa. Quindi, mettendo insieme le informazioni relative ai valori delle componenti del campo magnetico, 104, ed i coseni direttori dell' accelerazione di gravità g , 107 viene calcolato il verso e l' intensità del campo magnetico B_g applicato al dispositivo magnetico 10 nella direzione dell' accelerazione di gravità g , 108.

Le due informazioni simultanee sul campo magnetico applicato al dispositivo magnetico 10 possono essere sfruttate in vari modi, in particolare per calcolare la posizione del dispositivo magnetico 10 stesso.

Ad esempio, i suddetti valori possono essere forniti come input a sistemi di reti neurali, oppure i valori misurati del modulo del campo magnetico $|B|$ applicato al dispositivo magnetico 10 e del verso e intensità del campo magnetico B_g applicato al dispositivo magnetico 10 nella direzione dell' accelerazione di gravità g possono essere confrontati con modelli noti del campo magnetico generato dalla sorgente di campo magnetico esterna 20. In questo secondo caso i suddetti modelli del campo magnetico generato dalla sorgente di campo magnetico esterna 20 possono essere ottenuti con varie tecniche. Ad esempio possono essere modelli matematici analitici o numerici, modelli ottenuti tramite calcolo ad elementi finiti, modelli ricostruiti in base a misure sperimentali, e altri ancora.

Nel seguito viene descritta con riferimento alle figure da 3 a 5 una specifica forma realizzativa del metodo della presente invenzione in cui i valori misurati IBI e Bg vengono confrontati con mappe precalcolate del campo magnetico generato della sorgente esterna 20 per calcolare la distanza 3D tra la sorgente di campo magnetico esterna 20 e il dispositivo magnetico 10.

In fig. 3a è mostrata in un riferimento cartesiano tridimensionale una prima superficie, 31, ottenuta per mezzo di una nuvola di punti in cui il modulo del campo magnetico calcolato assume il valore del modulo del campo magnetico misurato. Analogamente in fig. 3b è mostrata nello stesso riferimento cartesiano tridimensionale una seconda superficie, 32, ottenuta per mezzo di una nuvola di punti in cui l' intensità calcolata del campo magnetico nella direzione dell' accelerazione di gravità assume il valore misurato. In fig. 3c sono mostrate le due superfici sovrapposte ed in fig. 3d ne è evidenziata l' intersezione, 33, nel dominio di interesse che rappresenta i punti in cui può trovarsi il dispositivo magnetico 10 rispetto al magnete esterno 21. Dato il tipo di magnete 21 utilizzato l' intersezione 33 delle suddette superfici 31 e 32 è una circonferenza che si trova in un piano perpendicolare all' asse di magnetizzazione del magnete esterno 21 e centrata sull' asse stesso.

Vantaggiosamente la suddetta circonferenza può essere calcolata ricercando il minimo di una semplice funzione di errore (err) che confronta, nel dominio di interesse, i valori misurati del campo magnetico, B_{measured} e $B_{g\text{-measured}}$, con i valori calcolati dello stesso, B_{model} e $B_{g\text{-model}}$:

$$err = \sqrt{(B_{\text{model}} - B_{\text{measured}})^2 + (B_{g\text{-model}} - B_{g\text{-measured}})^2}$$

in cui il minimo della suddetta funzione d' errore corrisponde a punti che si trovano sulla suddetta circonferenza. In figura 4 è mostrato l' andamento della suddetta funzione d' errore nel piano xy ed è

evidenziato come i valori minimi della funzione stessa si trovino in corrispondenza di punti della circonferenza intersezione 33.

Con riferimento alla figura 5, se il magnete esterno è opportunamente orientato con il proprio asse di magnetizzazione x diretto secondo la direzione dell' accelerazione di gravità g si ha che la distanza della circonferenza 33 dall' origine del riferimento cartesiano rappresenta la componente x , vale a dire verticale, della distanza tra il magnete esterno 21 ed il dispositivo magnetico 10, mentre il raggio della circonferenza 33 rappresenta la componente y della distanza tra il magnete esterno 21 ed il dispositivo magnetico 10. Note le due componenti risulta immediato calcolare la distanza 3D tra i due magneti.

Ovviamente, quello sopra descritto è soltanto un esempio di come a partire dalle due simultanee informazioni sul campo magnetico, modulo e intensità nella direzione dell' accelerazione di gravità g , è possibile localizzare il dispositivo magnetico 10, e risulterà facilmente comprensibile ad un esperto del settore che le suddette informazioni possono essere utilizzate nei molteplici altri modi sopra accennati, o in altri modi ancora, per localizzare il dispositivo magnetico 10, o anche per altri scopi.

I vantaggi del dispositivo magnetico 10 e del metodo di localizzazione sopra descritto sono evidenti. Infatti, è possibile ricavare informazioni in tempo reale sulla posizione del dispositivo magnetico 10 che permettono di modulare il campo magnetico esterno in modo da ottenere una connessione magnetica stabile tale da sostenere il dispositivo e generare movimento. Allo stesso tempo, nel caso che il dispositivo magnetico 10 sia un dispositivo endoscopico possono essere agevolmente soddisfatti requisiti di sicurezza per evitare danni ai tessuti che potrebbero essere causati nel caso di forze di interazione magnetica troppo elevate. Inoltre, il dispositivo magnetico 10 può essere accoppiato ad ogni tipo di sorgente magnetica esterna 20 senza dover aggiungere alla sorgente esterna 20 stessa hardware destinato alla localizzazione.

Ovviamente, i vantaggi suddetti rimangono inalterati anche in presenza di ulteriori varianti o modifiche sia al dispositivo magnetico che al metodo dell' invenzione, pur sempre rimanendo all' interno dell' ambito di protezione definito dalle rivendicazioni seguenti.

RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo magnetico (10) adatto ad essere guidato da sorgenti di campo magnetico esterne comprendente almeno un magnete (16), un sensore di inclinazione (14) per rilevare l' inclinazione del dispositivo rispetto alla direzione della gravità g, un' unità elettronica (18) per misurare valori rilevati da detto sensore (14) e per trasmettere dati all' esterno, una sorgente di energia (19) per alimentare i suddetti sensori (14) ed unità elettroniche (18) **caratterizzato dal fatto** di comprendere un sensore magnetico triassiale (15) montato in posizione fissa rispetto a detto magnete (16) ed angolarmente fissa rispetto a detto sensore di inclinazione (14).
2. Dispositivo magnetico (10) secondo la rivendicazione 1 **caratterizzato dal fatto** che detto sensore magnetico (15) è un sensore ad effetto hall triassiale.
3. Dispositivo magnetico (10) secondo la rivendicazione precedente **caratterizzato dal fatto** che detto sensore ad effetto hall triassiale ha fondo scala uguale o superiore a 0,1 tesla.
4. Dispositivo magnetico (10) secondo una delle rivendicazioni precedenti **caratterizzato dal fatto** che detto sensore di inclinazione (14) è un sensore inerziale triassiale.
5. Dispositivo magnetico (10) secondo una delle rivendicazioni precedenti **caratterizzato dal fatto** che detto dispositivo è una capsula endoscopica.
6. Metodo per la localizzazione di un dispositivo (10) secondo una delle rivendicazioni precedenti, in interazione magnetica con una sorgente di campo magnetico esterna (20) a detto dispositivo **caratterizzato dal fatto** di comprendere fasi di:
 - rilevazione simultanea di valori da parte di detto sensore magnetico triassiale (15) e di detto sensore di inclinazione (14);

- utilizzo dei suddetti valori per calcolare valori misurati del modulo del vettore di campo magnetico IBI applicato a detto dispositivo e del modulo e verso del vettore di campo magnetico Bg applicato a detto dispositivo nella direzione definita dall' accelerazione di gravità g.
7. Metodo secondo la rivendicazione precedente **caratterizzato dal fatto** che detti valori misurati del modulo del campo magnetico IBI applicato a detto dispositivo (10) e del modulo e verso del vettore di campo magnetico Bg applicato a detto dispositivo (10) nella direzione definita dall' accelerazione di gravità g vengono confrontati con modelli noti del campo magnetico generato dalla sorgente esterna (20) per determinare la posizione di detto dispositivo magnetico (10).
 8. Metodo secondo la rivendicazione precedente **caratterizzato dal fatto** che detti modelli noti del campo magnetico generato da detta sorgente di campo magnetico esterna (20) sono mappe pre-calcolate tramite modelli matematici analitici.
 9. Metodo secondo la rivendicazione precedente **caratterizzato dal fatto** che il confronto tra detti valori misurati e detti valori calcolati da modelli noti di IBI e Bg avviene ricercando in un determinato dominio i valori minimi di una funzione d' errore applicata a dette mappe di campo magnetico pre-calcolate.

CLAIMS

1. Magnetic device (10) adapted to be driven by external magnetic field sources, said magnetic device comprising at least a magnet (16), a tilt sensor (14) for detecting the inclination of the device with regard to a gravity g direction, an electronic unit (18) for measuring values detected by said sensor (14) and for transmitting data, an energy source (19) for the energy supply of sensors (14) and electronic units (18) **characterized in that** it comprises a 3-axis magnetometer (15) mounted integral to said magnet (16) and in a position at least angularly fixed with respect to said tilt sensor (14).
2. Magnetic device (10) according to claim 1 **characterized in that** said magnetometer (15) is a 3D Hall sensor.
3. Magnetic device (10) according to the previous claim **characterized in that** said 3D hall sensor has a full scale of at least 0,1 T.
4. Magnetic device (10) according to any preceding claim **characterized in that** said tilt sensor (14) is a 3-axis inertial sensor.
5. Magnetic device (10) according to any preceding claim **characterized in that** said magnetic device (10) is a capsule type endoscope.
6. Method for the localization of a magnetic device (10) according to any preceding claim, being in magnetic interaction with an external magnetic field source (20) **characterized in that** it comprises steps of:
 - Simultaneously detecting values by said said 3-axis magnetometer (15) and said tilt sensor (14);
 - Using said detected values for calculating measured values of the magnetic field module IBI applied to said magnetic device and of the magnetic field intensity B_g applied to said magnetic device in the direction of the acceleration gravity vector g .

7. Method according to the previous claim **characterized in that** said measured values of the magnetic field module IBI applied to said magnetic device and of the magnetic field intensity B_g applied to said magnetic device in the direction of the acceleration gravity vector g are then compared with known models of the magnetic field produced by the external source (20) for performing the localization of said magnetic device (10).
8. Method according to the previous claim **characterized in that** said known models of the magnetic field produced by the external source (20) are pre-determined magnetic field maps obtained through analytical mathematical models.
9. Method according to the previous claim **characterized in that** the comparison between said measured values and said values calculated by known models of IBI and B_g is made by looking for minimum values, in a particular domain, of an error function applied to said magnetic field pre-determined maps.

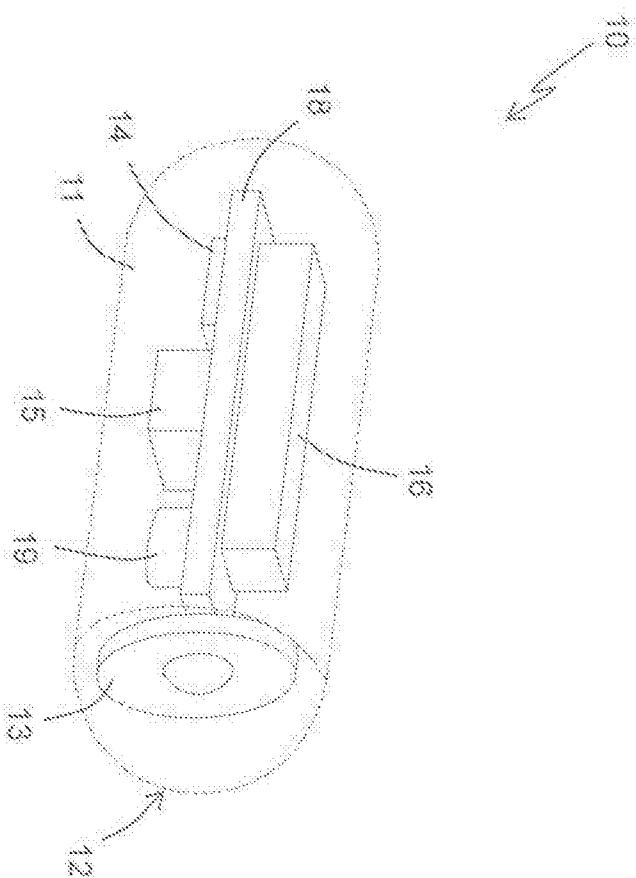


FIG. 1

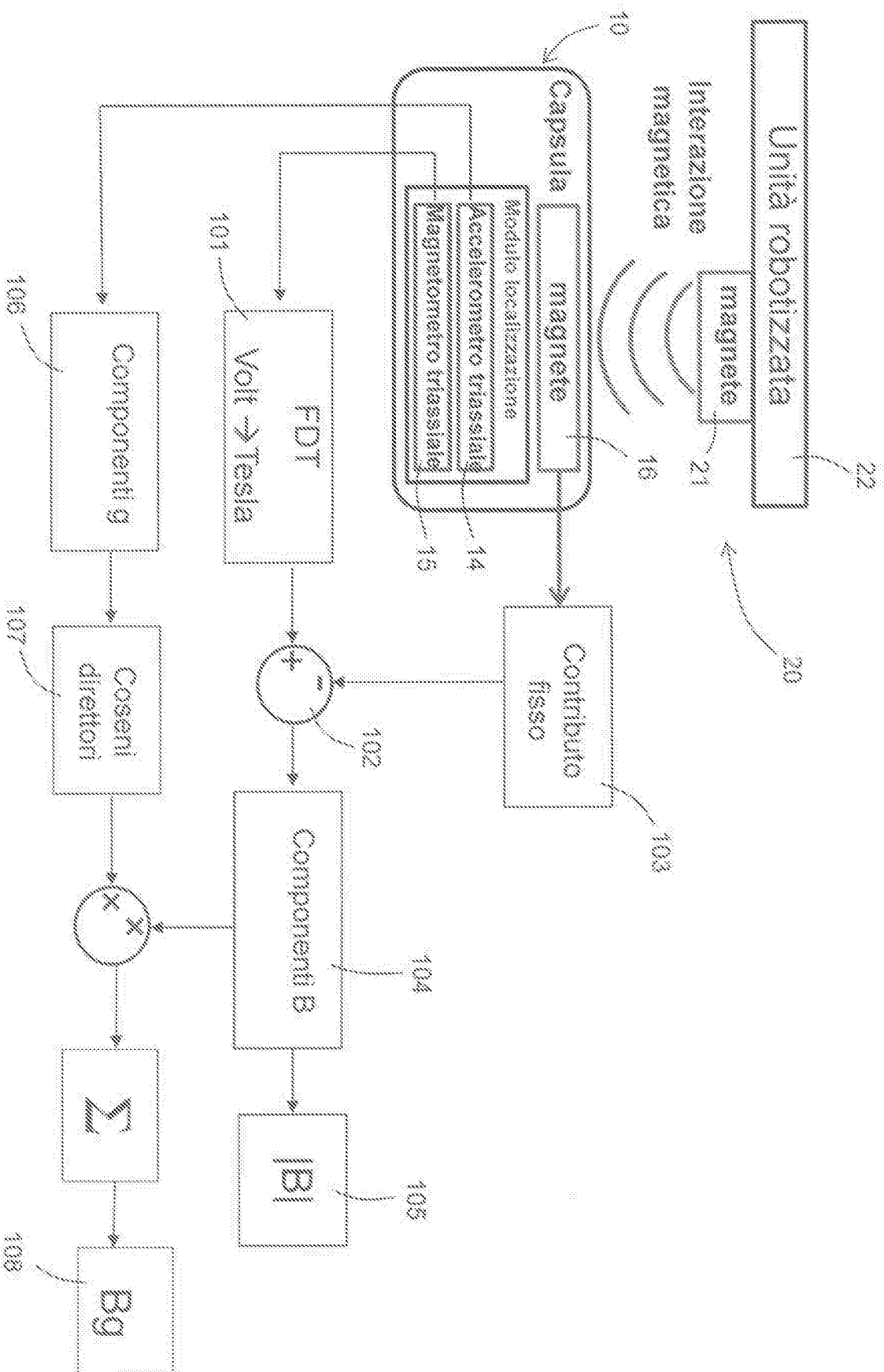


FIG. 2

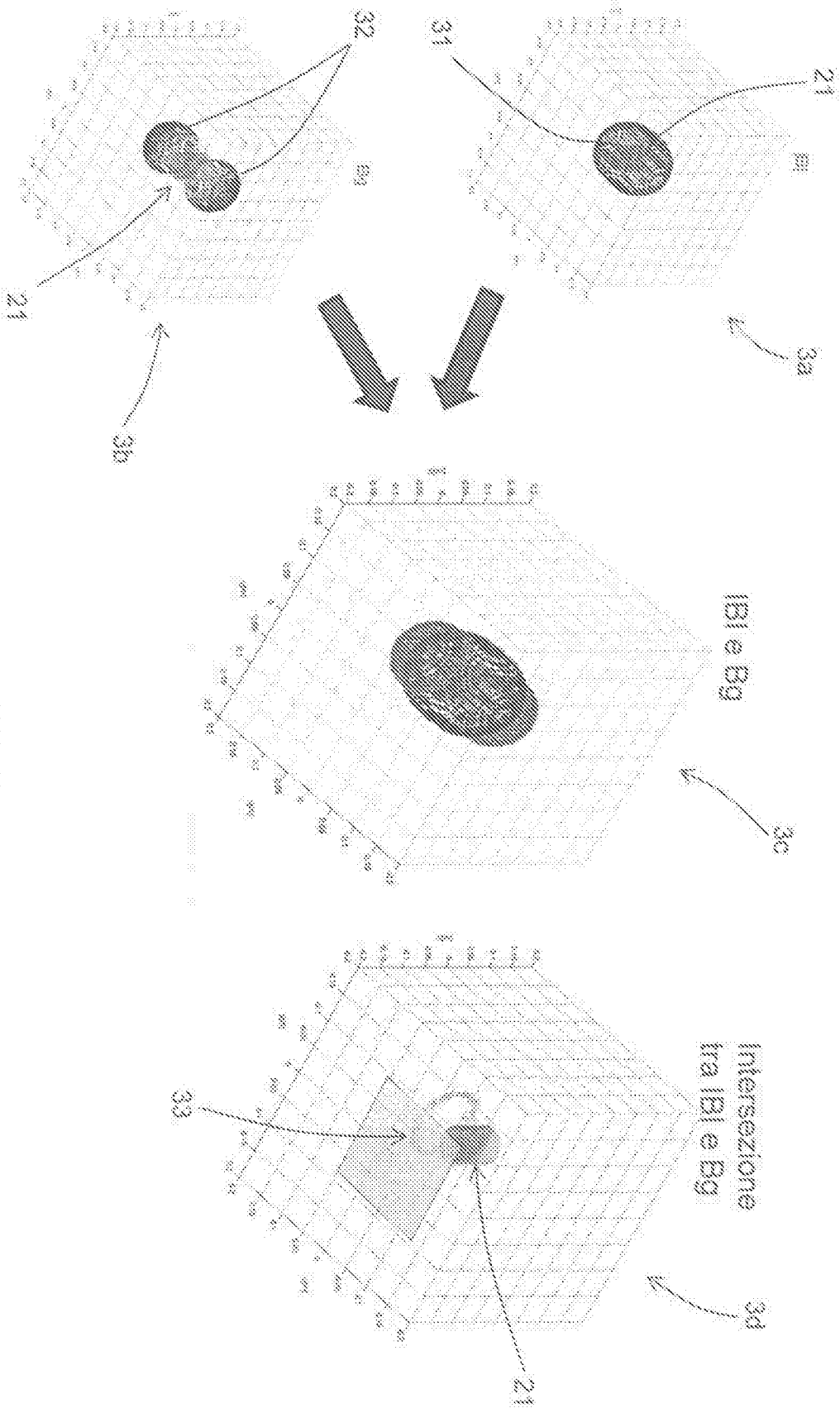


FIG. 3

Sorgente esterna

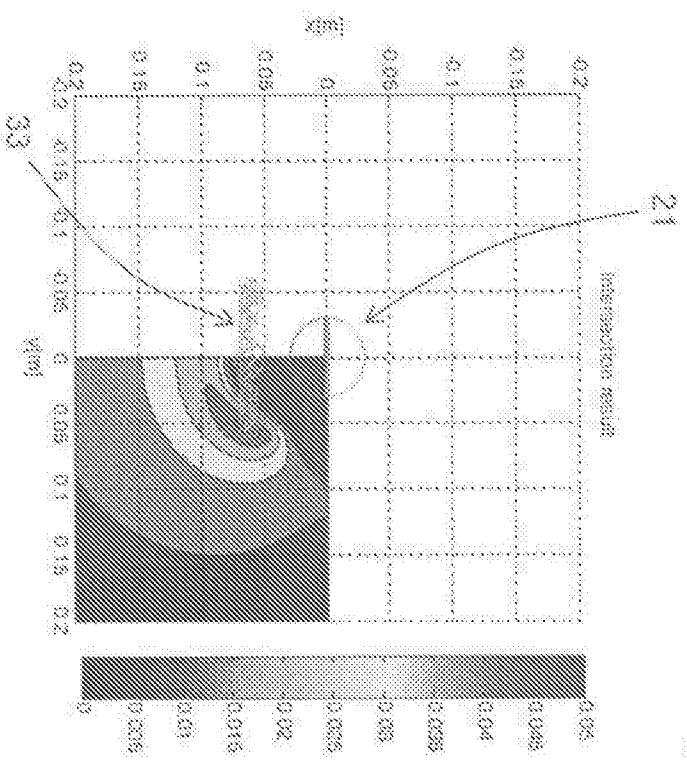
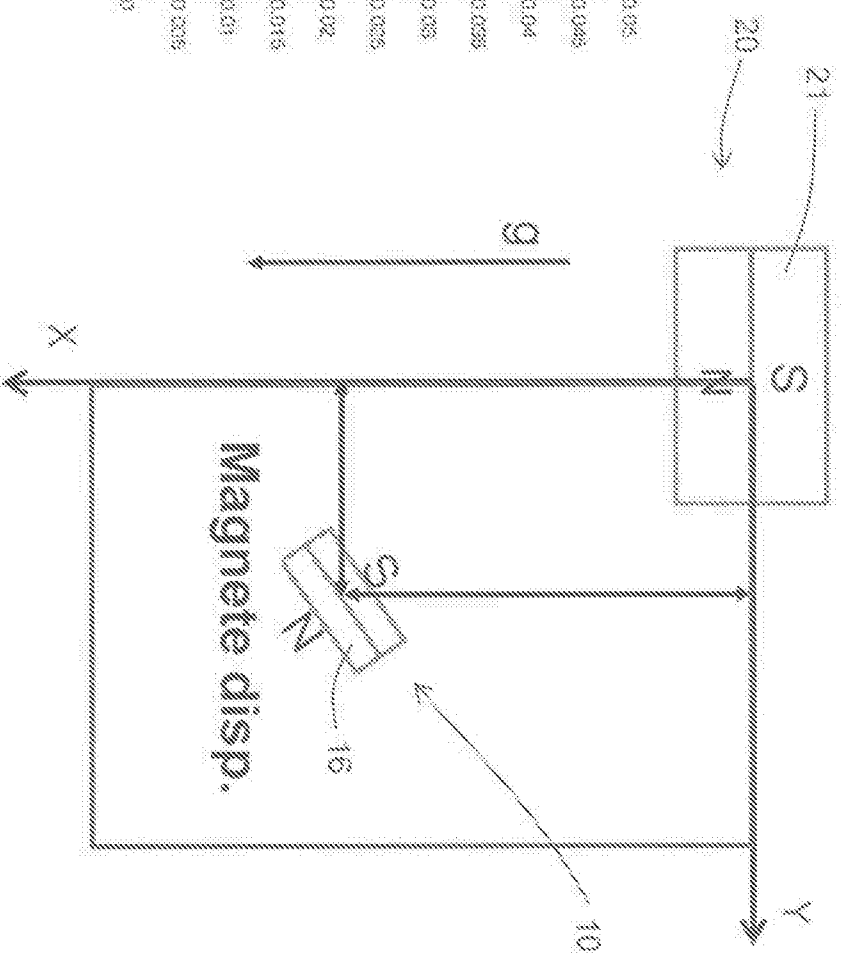


FIG. 4

FIG. 5