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

UIBM

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	**102021000004376**
Data Deposito	**25/02/2021**
Data Pubblicazione	**25/08/2022**

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	06	T	7	73

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
A	61	B	8	14

Titolo

Metodo di determinazione di piani di scansione nell?acquisizione di immagini ecografiche e sistema ecografico per l?attuazione del detto metodo

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

DESCRIZIONE dell'Invenzione Industriale dal titolo:
"Metodo di determinazione di piani di scansione nell'acquisizione di immagini ecografiche e sistema ecografico per l'attuazione del detto metodo"
appartenente a ESAOTE S.p.A. di nazionalità italiana, con sede in Via Enrico Melen 77, 16152 Genova
Depositato il Al Nr.

****

TESTO DELLA DESCRIZIONE

La presente invenzione ha per oggetto un metodo di determinazione di piani di scansione nell'acquisizione di immagini ecografiche ed in particolare per la determinazione di misure dimensionali degli oggetti rappresentati nelle immagini ed un sistema ecografico per l'attuazione del detto metodo.

Il rilevamento del piano di scansione standard, ad esempio, nell'acquisizione di immagini ecografiche cerebrali del feto costituisce un passaggio cruciale nella valutazione dello sviluppo fetale. In combinazione con una sonda 2D, ciò viene fatto attualmente, spostando manualmente la sonda 2D lungo il corpo in esame fintanto che il fascio in trasmissione emesso dalla sonda non cade, cioè è coincidente con un piano di scansione che corrisponde all'immagine di sezione desiderato. Una modalità alternativa prevede l'utilizzo di tecniche e sistemi di acquisizione di immagini volumetriche, ovvero 3D. In questo caso, viene acquisito l'intero volume del cervello fetale che contiene fra l'altro anche i dati immagine lungo questi piani di scansione standard. Pertanto, l'individuazione dell'immagine lungo il piano di scansione desiderato ha luogo in tempo reale

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

od in una fase successiva, cioè di post processamento, scegliendo i dati immagine dell'insieme di dati che costituiscono l'immagine volumetrica e che sono relativi ai contributi dell'immagine volumetrica delle strutture che ricadono sul piano di scansione desiderato. L'identificazione manuale del piano standard nel volume 3D è laboriosa e richiede una conoscenza approfondita dell'anatomia fetale.

La determinazione dei corretti piani di scansione non solo nel caso della analisi cerebrale fetale, ma anche in altri casi, sia applicati alla condizione del feto, sia ad indagini diagnostiche di organi di adulti, è comunque sempre affetta da una imprecisione che l'occhio umano non può facilmente cogliere e che è dovuta a tolleranze di posizionamento del piano di acquisizione. Infatti, le tecniche di determinazione della corretta posizione del piano di scansione per l'esecuzione di misurazioni dimensionali degli oggetti rappresentati sull'immagine corrispondente al detto piano si basano sul fatto di rilevare strutture anatomiche specifiche che devono contemporaneamente essere visibili in un certo modo nell'immagine relativa al piano di scansione. Questi punti di riferimento o marker anatomici possono tuttavia essere presenti nelle immagini di piani di scansione che ricadono in un certo ambito di tolleranza relativamente alla posizione e l'orientamento rispetto al piano ottimale, in particolare per quanto riguarda l'indagine, ovvero le misure da eseguire sull'immagine acquisita.

Il modo convenzionale di acquisizione dei piani di scansione richiede quindi una conoscenza approfondita dell'anatomia, ad esempio, dell'anatomia fetale nel caso della diagnostica per immagini

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

applicata al feto, e un intenso lavoro manuale. Pertanto, gli approcci automatici sono molto richiesti nella pratica clinica.

Per questo motivo recentemente sono stati proposti metodi e sistemi che prevedono approcci basati su algoritmi di machine learning per l'analisi delle immagini e la determinazione del piano di scansione ottimale da un insieme di dati immagine volumetrico corrispondente all'immagine volumetrica che contiene la zona d'interesse e quindi la sezione lungo il piano di scansione di interesse.

Grazie a questi algoritmi è possibile codificare le capacità e l'esperienza dello specialista nell'individuare il corretto piano di scansione in una base dati che costituisce la base dati di training dell'algoritmo ed utilizzare questa base dati per far determinare all'algoritmo il piano di scansione desiderato, ovvero i contributi dei dati immagine acquisiti che ricadono sul detto piano di scansione e che quindi sono relativi alle strutture anatomiche riprodotte lungo la sezione delle dette strutture coincidente con il detto piano di scansione.

Il trattamento di immagini diagnostiche mediante algoritmi è noto allo stato dell'arte, ad esempio al fine di analizzare e suggerire indicazioni di interpretazione degli oggetti rappresentati in una immagine. Tali tecniche sono riassunte dalla denominazione CAD (Computer Aided Diagnostics). Questi algoritmi sono in parte costituiti da algoritmi proposti per altri scopi e relativi, ad esempio, ad attività come il generico riconoscimento delle immagini, cioè di ciò che in esse è rappresentato.

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

Esempi di algoritmi di machine learning utilizzati nell'analisi automatica di immagini sono gli algoritmi predittivi, fra cui le reni neurali, gli algoritmi genetici, algoritmi classificatori o di clustering ed altri. Il precedente elenco non è da considerare esaustivo essendo attualmente disponibile un grandissimo numero di algoritmi di machine learning utilizzati sia separatamente che anche in una combinazione di due o più algoritmi.

Il limite più importante di questi algoritmi risiede nell'onere computazionale che può anche comportare in alcuni casi in tempi di calcolo relativamente lunghi e che si ripercuotono quindi sulle funzionalità dello scanner ecografico nel produrre i risultati finali e quindi sulla durata dell'esame dall'acquisizione dell'immagine all'emissione del referto. Ciò riduce in parte il vantaggio detta tecnica diagnostica mediante immagini ultrasoniche che risiede fra l'altro nella capacità di produrre immagini utili diagnosticamente in tempo reale e quindi riduce costi e tempi dell'esame stesso.

La presente invenzione si basa pertanto su un metodo ed un sistema ecografico del tipo descritto all'inizio, ovvero un metodo ed un sistema di determinazione di piani di scansione nell'acquisizione di immagini ecografiche ed in particolare per la determinazione di misure dimensionali degli oggetti rappresentati nelle immagini, il quale metodo comprende i seguenti passi:

a) definire un corpo da sottoporre ad esame e definire un orientamento prestabilito del piano di scansione che interseca il detto corpo lungo il quale piano viene acquisita almeno una immagine ecografica;

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

b) prevedere un algoritmo di machine learning per la verifica dell'orientamento e della posizione del piano di scansione lungo cui è stata acquisita la detta immagine ecografica, il detto algoritmo essendo addestrato con un database di casi noti i quali univocamente correlano i dati immagine di una immagine di un corpo esaminato in istanti temporali precedenti e che è analogo al detto corpo da sottoporre ad esame con la posizione e l'orientamento del piano di scansione lungo cui la detta immagine è stata acquisita relativamente al detto corpo esaminato, ai detti istanti precedenti, la detta posizione ed il detto orientamento del detto piano di scansione corrispondendo alla detta posizione e/o al detto orientamento prestabilito;

c) eseguire la scansione del detto corpo da sottoporre ad esame mediante l'acquisizione di almeno una immagine ecografica lungo almeno un piano di scansione che interseca il detto corpo e che presenta una posizione ed un orientamento rispetto allo stesso;

d) analizzare i dati immagine relativi alla detta almeno una immagine lungo il detto almeno un piano di scansione mediante il detto algoritmo di machine learning e stabilire se la posizione e/o l'orientamento del detto piano di scansione lungo cui è stata acquisita l'immagine corrisponde alla posizione ed all'orientamento prestabiliti per il detto piano di scansione rispetto al corpo da sottoporre ad esame e/o se il piano di scansione lungo cui è stata acquisita l'immagine coincide con il piano di scansione avente la detta prestabilita posizione e/o il detto prestabilito orientamento;

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

e) memorizzare i dati immagine dell'immagine acquisita e/o sottoporre la detta immagine ad ulteriore elaborazione se il piano di scansione lungo cui detta immagine è stata acquisita corrisponde entro determinate tolleranze al piano di scansione avente la prestabilita posizione e/o il detto prestabilito orientamento;

f) segnalare che il piano di scansione lungo cui detta immagine è stata acquisita non corrisponde entro determinate tolleranze alla posizione e/o all'orientamento del detto prestabilito piano di scansione;

g) e/o ripetere la scansione modificando la posizione e/o l'orientamento del piano di scansione lungo cui acquisire l'immagine rispetto alla posizione e/o all'orientamento del piano di scansione utilizzato nell'acquisizione dell'immagine precedente e ripetere i passi da c) a g) fintanto che la posizione e l'orientamento del piano di scansione lungo cui è acquisita una immagine che è calcolato al passo d) non corrispondono a e/o non coincidono con la posizione e/o l'orientamento del piano di scansione prestabilito.

Secondo una prima forma esecutiva, il suddetto metodo è eseguito in combinazione con una sonda ecografica che acquisisce immagini bidimensionali ed in cui la posizione della sonda e/o la sua inclinazione rispetto al corpo da sottoporre in esame definiscono la posizione e/o l'orientamento del piano di scansione; In questo caso è possibile che la verifica della posizione e/o dell'orientamento del piano di scansione vengano eseguiti in tempo reale con l'acquisizione e che il risultato di tale verifica venga mostrato all'utente.

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

In una forma esecutiva la detta informazione è puramente informativa e cioè una indicazione relativa al fatto che la posizione e/o l'orientamento del piano di scansione non sono corrispondenti alla posizione e/o all'orientamento del piano di scansione desiderato per l'esame in corso e che l'utente deve pertanto modificare la posizione della sonda, venendo la detta verifica eseguita per ciascuna nuova posizione e/o ciascun nuovo orientamento della sonda fintanto che la verifica rileva la corrispondenza o la coincidenza della posizione e/o dell'orientamento effettivi con la posizione e/o l'orientamento desiderati, tale condizione venendo segnalata da opportuno messaggio di informazione. In questo caso secondo una variante esecutiva all'utente viene richiesto di dare un comando per i possibili successivi passi che possono consistere nella memorizzazione dei dati immagine e/o anche nell'esecuzione di processi di elaborazione o di estrazione di caratteristiche dai detti dati immagine. Una variante alternativa prevede che nel suddetto caso di corrispondenza e/o coincidenza della posizione e/o dell'orientamento effettivi con la posizione e/o l'orientamento desiderati, uno o più successivi passi come la memorizzazione dei dati immagine acquisiti lungo il detto piano di scansione e/o l'esecuzione di passi di elaborazione e/o di estrazione di caratteristiche dai detti dati immagine vengano attivati ed eseguiti automaticamente e che tale attivazione e/o esecuzione venga semplicemente segnalata all'utente.

Una forma esecutiva può prevedere in combinazione con le caratteristiche della forma esecutiva precedente e/o con una delle varianti previste in combinazione

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

con la stessa l'informazione all'utente può contenere indicazioni e/o suggerimenti di come modificare la posizione e/o l'orientamento della sonda per portare il piano di scansione generato dalla stessa ad avvicinarsi almeno od a coincidere con la posizione e/o con l'orientamento desiderato del piano di scansione.

E' possibile prevedere qualsivoglia tipo di interfacce grafiche e/o mediante tastiera con l'utente, ed il metodo di presentazione delle informazioni può avvenire sia in modalità passiva da parte dell'utente oppure può avvenire in modo dinamico, prevedendo che all'utente venga lasciata la scelta fra diverse opzioni di visualizzazione o di esecuzione dei passi di metodo.

Una forma esecutiva alternativa prevede l'utilizzo di una sonda ecografica tridimensionale, cioè in grado di acquisire una immagine volumetrica di un corpo da sottoporre ad esame o di una regione limitata dello stesso.

Secondo una forma esecutiva, in combinazione con una acquisizione di un'immagine volumetrica, i dati immagine vengono memorizzati e vengono elaborati in un tempo successivo, cioè in una fase di post-processing successiva ed anche separata rispetto alla fase di acquisizione.

Secondo una variante esecutiva di questa fase di post processing, i dati immagine dell'immagine volumetrica (3D) acquisita vengono sottoposti ad elaborazione mediante un algoritmo di machine learning, il quale algoritmo è addestrato grazie al suddetto database di casi noti ad identificare quali contributi dei dati immagine volumetrici ricadono su un piano di sezione del volume acquisito del corpo esaminato,

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

ovvero quali dei voxel che costituiscono l'insieme tridimensionale di dati immagine dell'immagine volumetrica ricadono su detto piano di sezione, il quale piano di sezione presenta la posizione e/o l'orientamento prestabilito desiderati.

Una volta selezionato il detto insieme di voxel che ricadono sul piano di sezione, è possibile proseguire con l'esecuzione degli ulteriori passi di metodo secondo una o più delle precedenti rivendicazioni.

Pertanto, secondo questa forma esecutiva, il metodo di determinazione di piani di scansione nell'acquisizione di immagini ecografiche ed in particolare per la determinazione di misure dimensionali degli oggetti rappresentati nelle immagini definito nella sua forma generica più sopra prevede i seguenti passi:

a) definire un corpo da sottoporre ad esame e definire un orientamento prestabilito del piano di scansione che interseca il detto corpo lungo il quale piano viene acquisita almeno una immagine ecografica tridimensionale;

b) prevedere un algoritmo di machine learning per l'identificazione di dati immagine che ricadono su un piano di scansione che si estende lungo un piano di sezione avente una posizione e/o un orientamento desiderati rispetto al detto corpo in esame ed il quale piano interseca la detta immagine ecografica tridimensionale, il detto algoritmo essendo addestrato con un database di casi noti i quali univocamente correlano i dati immagine di una immagine di un corpo esaminato in istanti temporali precedenti e che è analogo al detto corpo da sottoporre ad esame con la

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

posizione e l'orientamento del piano di scansione lungo il quale piano di scansione ricadono i contributi dei dati immagine, ovvero i voxel della detta immagine tridimensionale acquisita;

c) eseguire la scansione tridimensionale del detto corpo da sottoporre ad esame;

d) individuare i contributi ai dati immagine che ricadono lungo il detto almeno un piano di scansione mediante il detto algoritmo di machine learning e generare un insieme di dati immagine lungo il detto piano di scansione;

e) memorizzare i dati immagine identificati come ricadenti lungo il detto piano di scansione e/o sottoporre la detta immagine ad ulteriore elaborazione.

Secondo una forma esecutiva il suddetto metodo prevede ulteriormente i passi di:

f) calcolare l'affidabilità dell'individuazione dei detti dati immagine con riferimento al piano di scansione e segnalare tale valore all'utente;

g) ripetere l'acquisizione dell'immagine volumetrica e/o il passo di identificazione/individuazione dei contributi dei dati immagine (voxel) che ricadono sul detto piano di scansione ed eseguire il passo f) in relazione alla nuova individuazione;

h) eseguire il passo g) fintanto che il valore di fitness non rientra entro un campo di valori prestabilito;

i) procedere con il passo e) se il valore di fitness rientra nel detto campo di valori prestabilito.

Nella precedente descrizione il termine dati immagine si riferisce sia ai pixel o voxel di una immagine ricostruiti dai segnali ricevuti dalla sonda,

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

sia ai detti segnali generalmente a radiofrequenza (denominati in seguito segnali RF) o raw data.

Le suddette tipologie di dati si differenziano dal fatto che il segnale RF è un segnale elettrico che è generato dalla trasformazione da parte dei trasduttori elettro acustici dei segnali acustici ricevuti dai detti trasduttori. Tali dati inoltre sono sottoposti a processi cosiddetti di beamforming che hanno lo scopo di identificare i contributi dei segnali ricevuti dovuti a riflettori aventi una posizione all'interno del corpo in esame lungo un piano di scansione od in un volume di scansione.

Altri processi di estrazione e affinamento dei detti contributi di segnali sono possibili e dipendono dai diversi metodi di estrazione dei dati immagine presenti allo stato dell'arte. Ciascuno di detti metodi noti e/o una combinazione di questi può essere utilizzata in combinazione con il metodo della presente invenzione. Ciò vale anche per quanto attiene i processi di generazione dei fasci dei segnali trasmessi da una sonda, ovvero i fasci di segnali ad ultrasuoni emessi dalla sonda e diretti al corpo in esame che possono essere realizzati secondo qualsivoglia tecnica nota allo stato dell'arte e/o secondo combinazioni di queste tecniche note.

Per quanto attiene le modalità di acquisizione di immagini volumetriche, allo stato dell'arte esistono diversi metodi e sistemi di acquisizione di immagini ecografiche tridimensionali, fra i quali sono presenti ad esempio:

- metodi in cui grazie ad un sistema di rilevamento della posizione e/o dell'orientamento di una sonda del tipo atto ad acquisire immagini

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

bidimensionali viene acquisita una serie di immagini bidimensionali lungo piani di scansione fra loro adiacenti, spostando la sonda lungo un prestabilito percorso e venendo tracciata la posizione e l'orientamento della sonda lungo il detto percorso di spostamento rispetto ad un sistema di riferimento e venendo i dati immagine lungo i detti adiacenti piani di scansione raggruppati in una immagine tridimensionale grazie alla conoscenza della loro posizione relativa rilevata dal sistema di tracciamento della sonda;

- la previsione di una sonda formata da un array bidimensionale di trasduttori e che quindi genera un fascio avente una apertura lungo due direzioni fra loro trasversali, per cui l'immagine acquisita è relativa al volume che ricade nell'ambito della detta apertura della sonda;

- l'acquisizione di immagini tridimensionali mediante steering del fascio generato dalla detta sonda lungo un settore bidimensionale di sfera (spicchio).

Queste tecniche o combinazioni di queste possono essere utilizzate in combinazione con una o più delle forme e delle varianti esecutive più sopra descritte.

In relazione alla combinazione del metodo secondo la presente invenzione che prevede l'acquisizione di una immagine tridimensionale di un corpo in esame o di una regione dello stesso, è possibile prevedere in alternativa ad una elaborazione in post-processing al fine di determinare i contributi dei dati immagine che ricadono su uno specifico piano di scansione che interseca il corpo in esame e/o la rappresentazione dello stesso nell'immagine volumetrica, anche un passo di elaborazione in tempo reale.

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

Secondo una variante esecutiva che può essere applicata a ciascuna delle forme esecutive e delle varianti esecutive più sopra evidenziate e che per ciascuna di esse consente di ridurre i tempi di elaborazione ed una esecuzione del metodo in tempo reale senza necessitare di tempi di attesa fra i singoli passi del detto metodo che potrebbero rendere meno fluido l'esame e l'elaborazione dei dati immagine desiderate, è previsto di eseguire i passi di elaborazione su un sottoinsieme selezionato dei dati immagine acquisiti e/o alternativamente od in combinazione fra loro di eseguire alcuni passi come la determinazione mediante l'algoritmo di machine learning della corrispondenza fra la posizione e l'orientamento del piano di scansione effettivo con la posizione e l'orientamento del piano di scansione desiderato e/o l'individuazione nell'insieme di dati immagine di una immagine 3D (volumetrica) dei dati immagine relativi ai contributi che derivano o ricadono su un prestabilito piano di scansione che interseca la detta immagine 3D, utilizzando quali dati immagine i raw data, cioè i dati RF od utilizzando come dati immagine i dati relativi ai pixel o voxel dell'immagine ottenuta dai detti dati grezzi, cioè dai dati RF, secondo una delle varianti più sopra definite.

Sono possibili diverse alternative che consentono di ridurre il carico computazionale e quindi la velocità di esecuzione del metodo.

In una forma esecutiva la verifica della posizione e/o dell'orientamento del piano di scansione oppure la individuazione e la selezione dei dati immagine di una immagine tridimensionale che ricadono su un prestabilito piano di scansione che interseca la detta

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

immagine volumetrica sono eseguiti sull'immagine costituita dai singoli pixel o voxel.

In una variante esecutiva è possibile ridurre il numero di pixel o voxel lungo il piano di scansione mediante note tecniche di riduzione della risoluzione e/o di compressione delle immagini.

Una volta identificati il piano di scansione corretto e/o una volta individuati e selezionati i pixel o voxel di una immagine volumetrica che ricadono su un prestabilito piano di sezione, i passi di elaborazione dei dati immagine e/o di estrazione di caratteristiche dagli stessi possono venire eseguiti ritornando alla risoluzione maggiore e/o decomprimendo l'immagine lungo il paino di scansione desiderato alla risoluzione originale oppure addirittura utilizzando per l'elaborazione e/o per l'estrazione di caratteristiche i dai immagine in forma di raw data, ovvero i segnali RF corrispondenti.

Secondo una forma esecutiva prima dei passi di verifica della posizione e/o dell'orientamento del piano di scansione oppure della individuazione e/o della selezione dei pixel o voxel di una immagine volumetrica che cadono su un piano di scansione desiderato, è previsto il passo di selezionare un sottoinsieme di piani di scansione e/o un sottoinsieme di dati immagine che ricadono in una limitata regione e/o in un limitata regione del corpo in esame, ovvero una ROI, la quale contiene le regioni e/o le strutture e/o i tessuti target.

La posizione e/o l'orientamento della detta ROI può essere determinata ad esempio in base al riconoscimento di prestabiliti marker caratteristici di strutture anatomiche presenti nel corpo in esame e

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

vicine o coincidenti con il piano di scansione desiderato.

Il riconoscimento di queste strutture, ovvero dei marker caratteristici può avvenire sulla base di una elaborazione dei dati immagine in una qualsiasi delle forme più sopra definite, eventualmente modificati o compressi ad una risoluzione minore di quella di acquisizione.

Per questo passo è possibile utilizzare algoritmi di elaborazione di immagini note allo stato dell'arte, come algoritmi di autocorrelazione, algoritmi di classificazione sia di tipo statistico che deterministico ed anche algoritmi di machine learning.

Secondo una forma esecutiva, queste ROI possono essere definite mediante cosiddette bounding boxes, la cui dimensione, posizione ed il cui orientamento sono definiti dalla struttura anatomica e morfologica del corpo in esame e da marker costituiti da elementi caratteristici di questa struttura.

In relazione, ad esempio, a questa variante esecutiva è possibile prevedere una acquisizione veloce a bassa risoluzione che viene sottoposta ad una elaborazione per la determinazione della dimensione, della posizione e dell'orientamento di una ROI sotto forma di bounding box, una successiva acquisizione con risoluzione maggiore dell'immagine della regione compresa all'interno della bounding box.

I dati relativi a questa seconda scansione possono venire utilizzati riducendo la risoluzione o comprimendoli per la verifica della correttezza del piano di scansione o per la determinazione e la selezione dei contributi di dati immagine che ricadono su un piano di scansione che è compreso all'interno

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

della bounding box, mentre successivamente i dati alla risoluzione originaria e/o i dati in forma di segnali RF lungo il piano di scansione convalidato dalla suddetta verifica e/o lungo il prestabilito piano di scansione all'interno dell'immagine volumetrica della bounding box possono venire utilizzati per l'esecuzione dei passi di memorizzazione e/o di elaborazione e/o di estrazione di caratteristiche.

Secondo una forma esecutiva la presente invenzione è applicata al campo ostetrico ed in particolare all'acquisizione di immagini ecografiche per l'esecuzione di misurazioni di grandezze caratteristiche di organi del feto e da qui per la stima del peso fetale o di altre caratteristiche dello stesso.

Tipici distretti anatomici per i quali vengono eseguite queste misure in base all'immagini ecografiche sono ad esempio la testa del feto, il corpo del feto le ossa del feto, l'addome del feto, il cuore del feto e la colonna vertebrale.

Al fine di consentire una affidabile misurazione, le immagini su cui vengono eseguite dette misurazioni sono acquisite lungo piani di scansione che intersecano organi o strutture anatomiche adiacenti e che costituiscono marker anatomici di posizionamento ed orientamento del piano di scansione. Quando tutte le strutture previste quali marker sono presenti in una immagine ecografica eseguita lungo un piano di scansione, allora la posizione e l'orientamento del detto piano sono quelli corretti al fine di ottenere affidabili misurazioni dalle dette immagini.

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

L'allegata tabella 1 mostra per alcuni esempi di classi di immagini acquisite e le misurazioni che possono essere fatte su queste immagini.

In una forma esecutiva dell'invenzione, pertanto, l'ulteriore elaborazione prevista al passo g, prevede la determinazione dai dati immagine acquisiti lungo il piano di scansione desiderato delle misure anatomiche, dimensionali degli organi o delle strutture d'interesse presenti nella detta immagine.

Secondo una forma esecutiva la fase di esecuzione delle misurazioni è preceduta da una fase di filtratura e/o segmentazione dell'immagine e quindi di riconoscimento della struttura di cui si deve eseguire la misurazione, ovvero dei contorni della detta struttura.

Tale passo può essere eseguito utilizzando diversi tipi di algoritmi noti allo stato dell'arte ed anche utilizzando un algoritmo di machine learning che è stato addestrato con un database i cui record associano immagini acquisite e corrispondenti immagini segmentate relative a casi noti e validati dal personale esperto.

Secondo una forma esecutiva, una volta che sono stati eseguiti i passi di determinazione dell'immagine lungo il pano di scansione desiderato e tale condizione viene verificata secondo una delle forme esecutive del metodo più sopra descritte, l'immagine viene mostrata sullo schermo all'utente e viene bloccata (freeze) dando la possibilità all'utente di valutare visivamente se o meno nel piano di scansione sono presenti tutti i marker anatomici previsti per il piano di scansione desiderato.

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

Secondo una forma esecutiva è possibile dare all'utente la facoltà di confermare l'immagine mostrata o di rifiutare l'immagine e rilanciare i passi di acquisizione secondo una o più delle forme esecutive più sopra descritte.

Nel caso l'immagine venga confermata, è possibile consentire all'utente di eseguire i passi di misurazione in modalità manuale, e cioè indicando punti di riferimento della misurazione oppure consentire l'esecuzione di una misurazione automatica da parte del sistema.

In ambedue i casi risulta vantaggioso che i punti di riferimento selezionati manualmente od automaticamente e le linee lungo cui vengono eseguite le misurazioni vengano evidenziate sovrapposte all'immagine mostrata sul display.

Nella modalità manuale, la definizione di punti di riferimento e/o di linee di misurazione fra i detti punti possono essere selezionati mediante un mouse con operazioni di clicca e punta o mediante un touchscreen direttamente con le dita della mano.

Ulteriori caratteristiche del metodo secondo una o più delle precedenti forme esecutive e/o secondo una o più delle varianti esecutive più sopra descritte sono oggetto delle rivendicazioni dipendenti.

L'invenzione ha per oggetto un sistema ecografico per l'attuazione del detto metodo di determinazione di piani di scansione nell'acquisizione di immagini ecografiche ed in particolare per la determinazione di misure dimensionali degli oggetti rappresentati nelle immagini secondo una o più delle forme esecutive e/o delle varianti del metodo più sopra descritte.

Il suddetto sistema ecografico comprende:

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

Una sonda ecografica per la trasmissione di fasci di impulsi ultrasonici in un corpo in esame e per la ricezione degli impulsi ultrasonici riflessi dal detto corpo in esame, la detta sonda essendo composta da un insieme di trasduttori elettroacustici disposti secondo un prestabilito disegno;

una unità di generazione di segnali di eccitazione dei trasduttori elettroacustici della detta sonda per causare l'emissione dei fasci di impulsi ultrasonici di trasmissione;

una unità di ricezione dei segnali di ricezione prodotti dai trasduttori elettroacustici a seguito dell'incidenza sugli stessi dei segnali ultrasonici di riflessione;

una unità di formatura dei fasci di trasmissione che sincronizzano fra loro i segnali di eccitazione forniti ai singoli traduttori per focalizzare il fascio generato dall'insieme di trasduttori elettroacustici su singoli punti e/o linee e/o aree del corpo in esame;

una unità di formatura dei fasci di ricezione che sincronizzano fra loro i segnali di ricezione per combinare i contributi di segnale dei singoli trasduttori generati da segnali di riflessione derivanti da identici punti e/o zone di riflessione del corpo in esame;

una unità di estrazione dai segnali di ricezione di dati immagine sotto forma di segnali a radiofrequenza;

una unità di generazione di una immagine digitale dai detti dati immagine sotto forma di segnali a radiofrequenza;

una unità di visualizzazione della detta immagine digitale;

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

una interfaccia utente che consente l'immissione di comandi e/o dati da parte dell'utente e la visualizzazione di dati informativi per l'utente da parte del sistema;

una unità di misurazione di grandezze dimensionali di strutture presenti in una immagine, la quale unità di misurazione comprende:

organi di definizione di punti e/o linee e/o superfici di riferimento per l'esecuzione di una o più diverse misure dimensionali relativi ai detti punti alle dette linee e/o alle dette superfici di riferimento;

un algoritmo di determinazione delle grandezze e/o delle posizioni dei detti punti, delle dette line e/o delle dette superfici di riferimento.

Secondo l'invenzione, il sistema ecografico comprende ulteriormente una unità di elaborazione, di verifica della posizione e/o dell'orientamento del piano di scansione di una o più immagini acquisite, la quale unità è configurata per eseguire una verifica di corrispondenza della posizione e/o dell'orientamento del piano di scansione delle dette immagini acquisite con la posizione e/o con l'orientamento di un piano di scansione predefinito,

detta verifica essendo eseguita mediante un algoritmo di analisi dei dati immagine dell'immagine acquisita con dati immagine di un database di dati dati immagine relativi ad una pluralità di separate acquisizioni per le quali è nota la corrispondenza della posizione e/o dell'orientamento del piano di scansione con quello desiderato,

il detto algoritmo di analisi essendo codificato sotto forma di istruzioni in un programma che è

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

eseguito da un processore della detta unità di elaborazione.

Secondo una forma esecutiva preferita, la detta unità di elaborazione di verifica della posizione e/o dell'orientamento del piano di scansione, comprende una unità di generazione di dati di informazione sull'esito della verifica, la quale unità è in comunicazione con l'interfaccia utente e/o con la detta unità di visualizzazione e visualizza tali dati di informazione in formato intellegibile dall'utente;

essendo la detta unità di elaborazione provvista di una interfaccia di input per una conferma di accettazione e/o per un comando di ripetizione e/o di interruzione della detta attività di verifica.

Secondo ancora una forma esecutiva che può essere prevista in qualsiasi combinazione o sottocombinazione con le precedenti, la detta unità di elaborazione è provvista di una interfaccia di input per una conferma di accettazione e per un comando manuale di attivazione di un processo di estrazione di informazioni e/o caratteristiche dai dati immagine delle immagini per le quali è stata inviata la conferma all'unità di elaborazione.

Secondo ancora una ulteriore caratteristica che può essere compresa in qualsivoglia combinazione o sottocombinazione, nella detta unità di elaborazione è caricato un programma per l'esecuzione del processo di estrazione di informazione e/o di caratteristiche dai dati immagine, il quale programma contiene le istruzioni per la detta unità di elaborazione per l'esecuzione dei passi del detto processo di estrazione di informazioni e/o di caratteristiche ed il quale programma viene caricato e lanciato per l'esecuzione

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

in modo automatico dalla stessa unità di elaborazione a seguito dell'esito positivo della verifica della posizione e/o dell'orientamento del piano di scansione oppure a seguito della conferma manuale dell'utente relativamente all'esito della suddetta verifica.

Il sistema secondo una o più delle precedenti rivendicazioni è particolarmente indicato in combinazione con sonde ecografiche che acquisiscono immagini bidimensionali.

Secondo una variante esecutiva il sistema prevede una sonda od un gruppo sonda/tracciatore per l'acquisizione di una immagine volumetrica, ovvero tridimensionale del corpo in esame,

ed in combinazione con la stessa una unità di elaborazione in cui è caricato e che esegue un programma nel quale sono codificate le istruzioni che rendono il detto elaboratore adatto a determinare e selezionare i contributi ai dati immagine dell'immagine volumetrica che sono derivanti da un prestabilito piano di scansione avente una posizione e/o un orientamento desiderati rispetto alla detta immagine volumetrica ed generare una immagine relativa al detto piano di scansione prestabilito.

Secondo una possibile ulteriore caratteristica, la detta immagine lungo il detto piano di scansione prestabilito viene visualizzata per mezzo della detta unità di visualizzazione.

Anche in questa variante esecutiva, la detta unità di elaborazione è provvista di una interfaccia di input per una conferma di accettazione e/o per un comando di ripetizione e/o di interruzione della detta attività determinazione e selezione dei detti contributi ai dati immagine dell'immagine volumetrica.

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

Sempre analogamente al precedente esempio esecutivo, la detta unità di elaborazione è provvista di una interfaccia di input per una conferma di accettazione e per un comando manuale di attivazione di un processo di estrazione di informazioni e/o caratteristiche dai dati immagine delle immagini per le quali è stata inviata la conferma all'unità di elaborazione.

Anche in questa forma esecutiva ed in combinazione con qualsiasi variante della stessa nella detta unità di elaborazione è caricato un programma per l'esecuzione del processo di estrazione di informazione e/o di caratteristiche dai dati immagine, il quale programma contiene le istruzioni per la detta unità di elaborazione per l'esecuzione dei passi del detto processo di estrazione di informazioni e/o di caratteristiche ed il quale programma viene caricato e lanciato per l'esecuzione in modo automatico dalla stessa unità di elaborazione a seguito dell'esito positivo della verifica della posizione e/o dell'orientamento del piano di scansione oppure a seguito della conferma manuale dell'utente relativamente all'esito della suddetta verifica.

Analogamente a quanto espresso per la prima forma esecutiva i passi di determinazione e/o selezione dei contributi ai dati immagine della immagine volumetrica che sono derivanti dal piano di scansione avente la desiderata posizione e/o il desiderato orientamento rispetto all'immagine volumetrica, ovvero alla parte del corpo in esame in essa rappresentato può avere luogo utilizzando diversi tipi di algoritmi e/o combinazioni di algoritmi, secondo quanto già precedentemente divulgato per il metodo.

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

In particolare, è possibile utilizzare algoritmi di machine learning che sono stati addestrati utilizzando database di casi noti a ciascuno dei quali casi è associato un record in cui sono memorizzati i contributi ai dati immagine della immagine volumetrica che sono derivanti dal piano di scansione avente la desiderata posizione e/o il desiderato orientamento rispetto all'immagine volumetrica, ovvero alla parte del corpo in esame in essa rappresentato relative a casi che hanno avuto una verifica di correttezza.

In una forma esecutiva questo database ed il corrispondente algoritmo vengono aggiornati aggiungendo al database i dati relativi a ciascuna ulteriore elaborazione svolta dall'algoritmo ed eseguendo l'addestramento dell'algoritmo sulla base di questo nuovo database aggiornato.

In combinazione con una qualsivoglia delle forme esecutive più sopra descritte e delle corrispondenti varianti esecutive o dei corrispondenti perfezionamenti, il sistema secondo la presente invenzione prevede una unità di elaborazione per la definizione di una o più ROI nelle quali ricadono una o più delle regioni e/o delle strutture rappresentate nelle immagini acquisite e che sono comuni alla regione e/o alle strutture che identificano un prestabilito piano di scansione avente una desiderata posizione e/o un desiderato orientamento rispetto al corpo in esame.

Tale unità può consistere in una unità di elaborazione indipendente in cui è caricato e che esegue un software comprendente le istruzioni per eseguire la suddetta attività di definizione della o delle ROI, oppure questo software è caricato ed è eseguibile da una unica unità di elaborazione come

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

quella di verifica del piano di scansione e/o quella di determinazione e/o selezione dei contributi ai dati immagine che derivano da un certo piano di scansione.

La suddetta unità di definizione di una o più ROI comunica con l'unità di elaborazione di verifica del piano di scansione e/o di determinazione e/o selezione dei contributi ai dati immagine che derivano da un certo piano di scansione e fornisce alla stessa per l'esecuzione delle attività di verifica e per le esecuzioni di attività di determinazione e selezione i pixel o voxel delle parti di immagine che corrispondono alle dette ROI.

In alternativa od in combinazione con la precedente caratteristica il sistema può prevedere una unità di variazione nel senso di una riduzione od un ripristino della risoluzione e/o del numero di pixel o di voxel, la quale unità comunica con l'unità di elaborazione di verifica del piano di scansione e/o di determinazione e/o selezione dei contributi ai dati immagine che derivano da un certo piano di scansione e fornisce alla stessa per l'esecuzione delle attività di verifica e per le esecuzioni di attività di determinazione e selezione fornisce alla detta unità i pixel o voxel delle immagini aventi una risoluzione ridotta od il numero ridotto di pixel o voxel, mentre la detta unità comunica con l'unità di elaborazione per l'esecuzione del processo di estrazione di informazione e/o di caratteristiche dai dati immagine alla quale fornisce i dati immagine alla risoluzione originaria e/o i dati immagine in formato a radiofrequenza.

In ambedue le forme esecutive ed in qualsivoglia delle corrispondenti varianti e/o dei corrispondenti

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

perfezionamenti è possibile utilizzare diversi tipi di algoritmi di machine learning come ad esempio classificatori, reti neurali, algoritmi genetici ed altri algoritmi analoghi.

Queste ed altre caratteristiche e vantaggi della presente invenzione risulteranno più chiaramente dalla seguente descrizione di alcuni esempi esecutivi illustrati nei disegni allegati in cui:

La fig.1 mostra uno schema a blocchi di alto livello di un esempio esecutivo di un sistema di imaging ad ultrasuoni secondo la presente invenzione.

La fig. 2 mostra uno schema a blocchi di un esempio esecutivo di una unità di elaborazione dei segnali di ricezione per la determinazione del piano di scansione e l'estrazione delle caratteristiche dai dati immagine.

La figura 3 è uno schema a blocchi dei passi di una forma esecutiva del processo per la determinazione del piano di scansione e l'estrazione di caratteristiche dai corrispondenti dati immagine secondo un esempio esecutivo della presente invenzione.

La fig. 4 mostra la successione di comandi manuali di un esempio del processo di misurazione del diametro del cranio di una immagine ad ultrasuoni del feto.

La fig. 5 mostra un tipico piano di scansione diametrale/biparietale per la misurazione del diametro cranico e la lista dei marker anatomici che definiscono detto piano.

La fig. 6 mostra analogamente alla figura 5 un esempio del piano di scansione trans-ventricolare e la lista dei marker anatomici che definiscono il detto piano di scansione.

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

La fig. 7 mostra analogamente alle precedenti figure il piano di scansione cerebellare e i marker anatomici che definiscono detto piano.

La fig. 8 mostra un diagramma di flusso secondo una ulteriore forma esecutiva del metodo della presente invenzione.

Le figure 9 a 14 mostrano alcuni esempi schematici di come viene generata l'immagine od i relativi dati immagine rispettivamente lungo tre esempi di piani di scansione che presentano diverse posizioni e diversi orientamenti relativamente ad una immagine tridimensionale.

Le figure 15 a 18 mostrano un ulteriore esempio esecutivo di dettaglio di un sistema di imaging mediante ultrasuoni che può essere impiegato per l'attuazione del metodo secondo la presente invenzione.

Con riferimento alle figure, queste mostrano alcuni esempi esecutivi del metodo e di un sistema per l'attuazione dello stesso e detti esempi non sono da considerarsi limitativi dell'ambito protettivo più generale.

In particolare, come verrà specificato meglio in relazione ai diversi esempi esecutivi, il metodo secondo la presente invenzione prevede due forme esecutive una specificatamente indicata per la determinazione di un piano di scansione durante la scansione mediante una sonda 2D e l'altro per la determinazione del piano di scansione mediante una sonda 3D.

La corretta determinazione del piano di scansione può avere diverse finalità a seconda dell'ambito di utilizzo, cioè della tipologia di soggetto e della

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

tipologia di informazione che si desidera estrarre dai dati immagine.

Nonostante i seguenti esempi siano applicati al campo della ostetricia, cioè all'imaging fetale per l'estrazione dalle immagini di dati dimensionali funzionali alla verifica della corretta formazione del feto, l'invenzione non è limitata a questa applicazione e può essere estesa anche ad altri soggetti e ad altre caratteristiche da estrarre dalle immagini ecografiche di target anatomici del soggetto.

Inoltre con il termine dati immagine, la presente descrizione si riferisce in via generale sia ai segnali RF generati dai trasduttori ultrasonici in base ai segnali di riflessione ricevuti ovvero ai contributi dei detti segnali dopo il processo di beamforming in ricezione, ovvero ai contributi dei segnali in radio frequenza (RF) derivanti dai vari riflettori all'interno del corpo in esame e sia ai valori che caratterizzano i pixel od i voxel di una immagine ecografica generata dai detti contributi di segnali a radiofrequenza.

Con riferimento alla figura 1, questa mostra uno schema ad alto livello di un esempio esecutivo di un sistema ad ultrasuoni secondo la presente invenzione.

La sonda 101 può includere varie configurazioni di array di trasduttori, come un array monodimensionale, un array bidimensionale, un array bidimensionale, un array lineare, un array convesso e simili. I trasduttori dell'array possono essere gestiti come array 1D, array 1.25D, array 1.5D, array 1.75D, array 2D, array 3D, array 4D, ecc.

La sonda ad ultrasuoni 101 è accoppiata tramite un collegamento cablato o wireless ad un beamformer

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

103. Il beamformer 103 comprende un beamformer di trasmissione (TX) e un beamformer di ricezione (RX) che sono rappresentati congiuntamente dal beamformer TX/RX 103. Le parti TX e RX del beamformer possono essere implementate insieme o separatamente. Il beamformer 103 fornisce segnali di trasmissione alla sonda 101 ed esegue il beamforming dei segnali di ricezione "eco" ricevuti dalla sonda 101.

Un generatore di forma d'onda TX 102 è accoppiato al beamformer 103 e genera i segnali di trasmissione che vengono forniti dal beamformer 103 alla sonda 101. I segnali di trasmissione possono rappresentare vari tipi di segnali TX ad ultrasuoni, come quelli utilizzati in connessione con l'imaging in modalità B, l'imaging Doppler, l'imaging Doppler a colori, le tecniche di trasmissione ad inversione di impulsi, l'imaging basato sul contrasto, l'imaging in modalità M e simili. Inoltre o in alternativa, i segnali di trasmissione possono includere la trasmissione singola o multilinea, impulsi di trasmissione possono essere focalizzati su singole linee oppure possono essere focalizzati in modo da insonorizzare,zone più ampie o l'intera ROI sotto forma di onde piane.

Il beamformer 103 esegue il beamforming su segnali eco ricevuti per formare segnali eco beamformed in connessione con le posizioni dei pixel distribuiti nella regione di interesse. Ad esempio, in accordo con certe forme di realizzazione, gli elementi del trasduttore generano segnali di ricezione analogica grezzi che vengono forniti al beamformer. Il beamformer regola i ritardi per focalizzare il segnale di ricezione lungo uno o più raggi di ricezione selezionati e ad una o più profondità selezionate

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

all'interno della regione di interesse (ROI). Il beamformer regola la ponderazione dei segnali di ricezione per ottenere l'apodizzazione e il profilo desiderato. Il beamformer applica pesi e ritardi ai segnali di ricezione dei singoli trasduttori corrispondenti della sonda. I segnali di ricezione ritardati e ponderati vengono poi sommati per formare un segnale di ricezione coerente.

Il beamformer 103 include (o è accoppiato a) un preamplificatore e/o convertitore A/D 104 che digitalizza i segnali di ricezione ad una frequenza di campionamento selezionata. Il processo di digitalizzazione può essere eseguito prima o dopo l'operazione di somma che produce i segnali di ricezione coerenti. Il beamformer include anche (o è accoppiato a) un demodulatore 105 che demodula i segnali di ricezione per rimuovere la forma d'onda portante. Una volta che i segnali di ricezione sono demodulati e digitalizzati, vengono generati segnali di ricezione complessi che includono componenti I,Q (chiamati anche coppie di dati I,Q). Le coppie di dati I,Q vengono salvate in memoria come pixel dell'immagine. Le coppie di dati I,Q, che definiscono i pixel dell'immagine per le singole posizioni corrispondenti lungo le linee di vista corrispondenti (LOS) o linee di vista. Una collezione di pixel dell'immagine (p.es. coppie di dati I,Q) vengono raccolti nel tempo e salvati come frame 2D e/o volumi 3D di dati immagine. I pixel dell'immagine corrispondono ai tessuti e ad altre anatomie all'interno del ROI.

Opzionalmente, è possibile programmare un controllore di sequenza/temporizzazione dedicato 110

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

per gestire la temporizzazione dell'acquisizione, che può essere generalizzata come una sequenza di spari mirata a selezionare punti di riflessione/obiettivi nel ROI. Il controllore di sequenza 110 gestisce il funzionamento del beamformer TX/RX 103 in connessione con la trasmissione di raggi ultrasonici e la misurazione dei pixel dell'immagine nelle singole posizioni LOS lungo le linee di vista. Il controllore di sequenza 110 gestisce anche la raccolta dei segnali di ricezione.

Uno o più processori 106 e/o CPU 112 eseguono varie operazioni di elaborazione come descritto nel presente documento.

Ad esempio, il processore 106 esegue un modulo B/N per generare immagini in modalità B. Il processore 106 e/o la CPU 112 esegue un modulo Doppler per generare immagini Doppler. Il processore esegue un modulo Color flow module (CFM) per generare immagini colorate. Il processore 106 e/o la CPU 112 possono implementare ulteriori operazioni di imaging a ultrasuoni e di misurazione. Opzionalmente, il processore 106 e/o la CPU 112 possono filtrare il primo e il secondo spostamento per eliminare gli artefatti legati al movimento.

Un convertitore di scansione dell'immagine 107 esegue la conversione di scansione dei pixel dell'immagine per convertire il formato dei pixel dell'immagine dal sistema di coordinate del percorso del segnale di acquisizione degli ultrasuoni (ad esempio, il beamformer, ecc.) e dal sistema di coordinate del display. Ad esempio, il convertitore di scansione 107 può convertire i pixel dell'immagine

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

dalle coordinate polari alle coordinate cartesiane per i frame.

Una memoria cinetica non illustrata in dettaglio memorizza una collezione di frame nel tempo. I frame possono essere memorizzati con formati in coordinate polari, coordinate cartesiane o in un altro sistema di coordinate.

Un display di immagini 109 visualizza varie informazioni ecografiche, come i frame e le informazioni misurate in base alle forme di realizzazione qui contenute. Il display 109 visualizza l'immagine ecografica con la regione di interesse indicata.

Un modulo CPU di controllo 112 è configurato per eseguire vari compiti come l'implementazione dell'utente/interfaccia e la configurazione/controllo generale del sistema. In caso di implementazione completamente software del percorso del segnale a ultrasuoni, il nodo di elaborazione ospita di solito anche le funzioni della CPU di controllo.

Viene fornito un circuito di alimentazione 111 per alimentare i vari circuiti, moduli, processori, componenti di memoria e simili. L'alimentatore 111 può essere una fonte di alimentazione in corrente alternata e/o una fonte di alimentazione a batteria (ad esempio, in connessione con il funzionamento portatile).

Secondo la presente forma esecutiva ed a titolo di esempio, il processore 106 può essere associato od eventualmente anche comprendere un modulo di monitoraggio di ECG che riceve i segnali di un ECG (non mostrato in dettaglio) e che consente di combinare l'acquisizione di immagini con i segnali ECG secondo le

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

diverse varianti di tecniche note di acquisizione di immagini sincronizzate mediante segnale ECG.

Con riferimento alla presente invenzione, in relazione ad una prima forma esecutiva in cui la sonda è una sonda in grado di acquisire immagini di scansione bidimensionali (2D), il sistema comprende un elaboratore di validazione del piano di scansione indicato con 130. Come verrà spiegato con maggiore dettaglio in seguito il detto elaboratore di validazione del piano di scansione lungo cui è stata acquisita una immagine provvede a verificare se l'immagine acquisita è coincidente con il piano di scansione ottimale rispetto al corpo in esame al fine di eseguire estrazioni di caratteristiche dalla detta immagine. Tale operazione può avvenire secondo diverse modalità fra cui ad esempio mediante un algoritmo di machine learning.

I dati immagine dell'immagine acquisita lungo il piano di scansione validato dall'elaboratore di validazione 130 è fornito ad un elaboratore di estrazione delle caratteristiche che è indicato con 131 nella figura 1.

I risultati dell'estrazione di caratteristiche dall'immagine acquisita possono venire combinati con l'immagine stessa e visualizzati sia sovrapposti che affiancati su un monitor 109 grazie ad un modulo di combinazione di immagini indicato con 127.

Con riferimento ai processi di elaborazione di estrazione di caratteristiche, questi processi possono essere destinati a diverse finalità. Come verrà mostrato in dettaglio nella seguente descrizione i dati immagine, sia in formato a radiofrequenza, sia in quello relativo alle caratteristiche dei pixel o voxel

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

dell'immagine, possono essere utilizzati per determinare misurazioni di particolari anatomici e/o morfologici. In alternativa od in combinazione l'elaborazione di estrazione di caratteristiche può anche essere relativa alla individuazione della qualità o della tipologia di tessuti rappresentati nell'immagine, come ad esempio nell'identificazione di tumori e del fatto se gli stessi siano benigni o maligni oppure nella identificazione di altre caratteristiche di tessuti.

Nonostante i moduli 130 e 131 siano mostrati quali moduli separati provvisti di entrate ed uscite dei dati da elaborare e dei dati prodotti dalla corrispondente elaborazione, questi moduli possono anche essere integrati nell'elaboratore 106 e/o nella CPU 112 oppure suddivisi su ambedue in modo da dividere l'onere computazionale su più processori che operano in parallelo.

La suddetta integrazione può anche essere almeno in parte realizzata a livello di hardware. Tuttavia poiché generalmente i suddetti moduli 130 e 131 sono realizzati sotto forma di un hardware costituito da una unità generica di elaborazione in cui è caricato un programma che codifica le istruzioni per rendere il detto hardware generico ad eseguire le operazioni relative alla validazione del piano di scansione e/o alla estrazione di caratteristiche, ed il quale hardware esegue il suddetto programma, l'integrazione preferita è a livello di software essendo il od i suddetti programmi caricati ed eseguiti dall'elaboratore 106 e/o dalla CPU 112.

Per quanto riguarda invece una seconda forma esecutiva, che prevede l'acquisizione di una immagine

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

tridimensionale di una regione d'interesse, la definizione di un piano di scansione che interseca il detto volume e che presenta la posizione e l'orientamento rispetto al detto volume che sono corrispondenti al piano di scansione ottimale per l'estrazione di caratteristiche e la selezione dall'insieme di dati immagine relativi all'immagine volumetrica dei contributi che ricadono o sono coincidenti con un piano di intersezione della detta immagine volumetrica, nella figura 1 è inserito con linee tratteggiate un ulteriore modulo 126 di tracciatura della posizione di una sequenza di piani di scansione bidimensionali in cui i piani di scansione sono spostati l'uno rispetto all'altro in modo da coprire un volume dell'oggetto target.

In questo caso i moduli 130 e 131 operano per la definizione del piano di scansione, ovvero del piano di intersezione dell'immagine volumetrica coincidente con il piano di scansione desiderato e per la selezione dei dati immagine ricadenti sul detto piano, nonché per l'elaborazione relativa alla estrazione delle caratteristiche. In questo caso, i detti moduli 130 e 131 eseguono un software di elaborazione in cui sono codificate le istruzioni per la selezione della posizione e dell'orientamento del piano di scansione e per la definizione del piano di intersezione dell'immagine volumetrica corrispondente al detto piano di scansione, nonché per la selezione dei dati immagine coincidenti con detto piano e per l'elaborazione di estrazione delle caratteristiche desiderate.

Vale la pena qui ricordare che il modulo 126 specificato è solo un esempio di unità di acquisizione

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

di una immagine volumetrica che generalmente è abbinato ad una sonda in grado di acquisire immagini bidimensionali, per cui l'immagine 3D vene acquisita combinando fra loro in un comune sistema di riferimento le immagini bidimensionali acquisite lungo una pluralità di adiacenti piani di scansione.

I diversi piani di scansione possono essere sfalsati secondo una direzione di traslazione perpendicolare agli stessi e parallelamente fra loro, oppure i piani di scansione possono essere sfalsati angolarmente fra loro, presentando una successione di angolazioni rispetto ad un asse di oscillazione comune. Una forma esecutiva alternativa può prevedere l'acquisizione di una immagine volumetrica di una regione target per mezzo di una sonda del tipo avente un array di trasduttori bidimensionale od in grado di acquisire immagini tridimensionali senza necessità di uno spostamento della sonda stessa relativamente al paziente e di sistemi di tracciatura della sonda.

I moduli 130 e 131 della figura 1 sono mostrati come moduli integrati nel sistema ecografico, ma possono essere anche separati dallo stesso e fare parte di almeno una separata unità di elaborazione che svolge le funzioni dei detti moduli 130 e 131.

A prescindere dalle forme e dalle varianti esecutive lo schema a blocchi della figura 2 mostra una forma esecutiva di un sistema di elaborazione che costituisce una forma esecutiva in cui sono integrati i moduli 130 e 131 relativi al validatore del piano di scansione ed all'elaboratore di estrazione delle caratteristiche.

Con 200 è indicato un ingresso del sistema per i segnali di ricezione, questo modulo è parte del sistema

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

ecografico ed è mostrato solamente per una migliore comprensione dei flussi di dati. I segnali di ricezione vengono elaborati dai beamformer di ricezione per l'estrazione dei contributi dei segnali di ricezione che derivano dai punti di riflessione delle onde acustiche all'interno della zona in cui è stato trasmesso il fascio di trasmissione. La focalizzazione 201 ha luogo secondo una delle possibili diverse varianti note ed utilizzate nei diversi sistemi ecografici esistenti. L'insieme di contributi di segnale RF è quindi ordinato in modo corrispondente alla posizione dei riflettori all'interno della zona in cui è stato trasmesso il fascio ad ultrasuoni.

L'ordine spaziale o topologico dei contributi del segnale di ricezione derivante dai singoli riflettori lungo un piano bidimensionale od un volume tridimensionale corrisponde all'ordine dei pixel o voxel dell'immagine finale, l'aspetto dei detti pixel o voxel è funzione di parametri derivati dai detti contributi di segnale.

Una sezione di controllo della regione d'interesse denominata ROI ed indicata con 202 consente di delimitare i dati acquisiti ed ordinati ad una o più specifiche regioni dell'insieme dei dati corrispondenti ai vari contributi di segnale che in questo documento sono definiti anche come dati immagine a radiofrequenza o dati immagine grezzi.

Tali una o più ROI possono presentare estensioni maggiori o minori a scelta dell'utente e/o anche posizioni diverse nell'ambito della immagine.

In relazione all'esempio esecutivo in cui viene acquisita una immagine bidimensionale lungo un piano di scansione ed il verificatore del piano di scansione

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

esegue una verifica della coincidenza del detto piano di scansione con la posizione e/o l'orientamento del piano di scansione ottimale per l'esecuzione di una elaborazione di estrazione di caratteristiche, è possibile che la posizione e l'orientamento del piano di scansione lungo cui è stata acquisita l'immagine ecografica siano verificati grazie a specifici marcatori anatomici che devono essere presenti tutti contemporaneamente sull'immagine relativa al piano di scansione lungo cui è stata acquisita. In questo caso, tali strutture anatomiche che fungono da marcatori, possono avere estensioni limitate rispetto alla grandezza dimensionale della intera immagine e/o anche posizioni diverse nell'immagine stessa, l'uno rispetto all'altro.

Secondo una forma esecutiva del presente metodo e del sistema per la sua attuazione, l'unità di elaborazione che verifica il piano di scansione ed esegue l'estrazione di caratteristiche dai dati immagine può essere prevista di un modulo di controllo della ROI indicata con 203, grazie a cui è possibile impostare una o più ROI relativamente alla loro posizione ed alla loro estensione le quali contengono almeno una parte delle suddette strutture anatomiche di marcatura.

La definizione della posizione e/o della grandezza della o delle ROI può essere stabilita manualmente dall'utente oppure la stessa può essere stabilita mediante un processo automatico.

Nel caso dell'impostazione manuale il sistema di elaborazione può presentare una interfaccia utente provvista di organi di input come tastiere, sistemi

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

touch screen oppure tradizionali sistemi provvisti di organi del tipo punta e clicca.

Nel caso della variante automatica è possibile eseguire mediante un software di elaborazione d'immagini configurato per il riconoscimento di oggetti nell'immagine, il riconoscimento almeno approssimativo delle strutture che costituiscono il od i marcatori anatomici e quindi provvedere a posizionare una corrispondente ROI per ciascuna struttura anatomica identificata oppure una ROI che contenga almeno una parte delle dette strutture anatomiche, dimensionando allo stesso tempo la o le dette ROI in modo da contenere almeno la parte maggiore o più caratterizzante delle dette strutture anatomiche con riferimento alle caratteristiche funzionali al riconoscimento automatico delle stesse.

Sono noti allo stato dell'arte moltissimi software di riconoscimento di oggetti nelle immagini. Fra questi sono noti, ad esempio, algoritmi di riconoscimento facciale, algoritmi di riconoscimento di pattern ed anche classificatori. Tale lista non è esaustiva, ma solo esemplificativa.

In relazione al passo di definizione delle ROI ed in combinazione con lo stesso è possibile prevedere una sezione di controllo della risoluzione che nell'esempio del sistema della figura 2 è indicato con 203. Questa sezione può operare indipendentemente rispetto alla sezione di controllo della ROI e può anche essere utilizzata per ridurre il numero dei dati immagine da elaborare nel passo di definizione automatica della ROI per l'esecuzione del riconoscimento approssimativo delle strutture di marcatura.

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

La riduzione del numero di dati immagine può avvenire ad esempio riducendo la risoluzione dei dati immagine, ad esempio fondendo fra loro i dati immagine di un numero prestabilito di dati immagine relativi a posizioni adiacenti fra loro nella detta distribuzione topologica dei dati immagine. Quando con il termine dati immagine si riferisce ai pixel di una immagine è vantaggioso, la detta operazione di fusione può comprendere la sommatoria eventualmente anche pesata delle intensità di un certo numero di adiacenti pixel per formare un unico pixel.

Una alternativa di riduzione del numero di dati immagine può essere ad esempio una semplice decimazione degli stessi quindi una eliminazione di un certo numero di dati immagine.

Generalmente risulta vantaggioso eseguire un primo passo di riduzione del numero di dati immagine secondo una o più delle precedenti alternative, operare la definizione della o delle ROI relativamente alle strutture anatomiche di marcatura di interesse e quindi trasformare unicamente i dati immagine presenti nelle dette ROI in una immagine cioè in un insieme di pixel o voxel che è presente nella o nelle dette ROI.

Si generano pertanto immagini bidimensionali o tridimensionali che presentano un ridotto numero di pixel o voxel rispetto all'intera immagine poiché sono limitate solamente alla od alle ROI. Tali dati immagine vengono quindi forniti ad una sezione di verifica del piano di scansione lungo cui è stata acquisita l'immagine. La detta sezione di verifica del piano di scansione e indicata globalmente con 211.

A seconda del fatto se il sistema opera secondo una prima delle due forme esecutive alternative del

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

metodo, cioè la forma esecutiva che prevede l'acquisizione di immagini bidimensionali, oppure secondo la seconda forma esecutiva, cioè la forma esecutiva che prevede l'acquisizione di una immagine tridimensionale, la sezione di verifica del piano di scansione opera secondo due modalità diverse.

Nel primo caso, viene verificato se nelle ROI sono rappresentate le strutture anatomiche di marcatura in modo ottimale al fine di garantire che il piano di scansione coincide con il piano di scansione prestabilito ed ottimale per l'esecuzione della estrazione di caratteristiche.

Ciò è evidenziato dal modulo 204 che esegue un riconoscimento delle strutture di marcatura anatomiche, ovvero brevemente dei marker anatomici e mediante il modulo 205 che confronta i dati immagine, ovvero i pixel o voxel relativi alle strutture di marcatura identificate nell'immagine acquisita con quelli di casi noti che sono memorizzati nei record di un database di casi noti indicato con 206.

Nel secondo caso, poiché viene acquisito un volume, la sezione 211 opera sempre mediante il riconoscimento delle strutture anatomiche di marcatura all'interno dell'immagine volumetrica e quindi alla definizione di un piano di scansione ottimale prestabilito per l'estrazione di caratteristiche.

In questo caso, una volta stabilito un piano di intersezione dell'immagine volumetrica che corrisponde al piano di scansione ottimale prestabilito per l'esecuzione di estrazione di caratteristiche, la sezione 211 provvede a costruire l'immagine selezionando i contributi dei dati immagine che ricadono lungo il detto piano di sezione. In questo

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

modo viene generata una immagine bidimensionale che corrisponde ad una immagine acquisita mediante scansione bidimensionale lungo un piano di scansione ottimale per l'estrazione delle caratteristiche.

I contributi dei dati immagine che ricadono sul piano di scansione verificato o ricostruito a seconda se si tratta della variante in cui si acquisisce una immagine bidimensionale o di quella in cui si acquisisce una immagine tridimensionale vengono utilizzati per l'estrazione delle caratteristiche dai dati stessi.

Tale processo può avvenire secondo una forma esecutiva utilizzando i dati immagine in formato RF, ovvero grezzi prima della loro conversione in pixel o voxel. Grazie a questa variante esecutiva è possibile avere a disposizione una maggiore quantità di informazione e quindi ottenere un risultato migliore in relazione all'estrazione delle caratteristiche ricercate.

Il passo di estrazione è eseguito da un modulo elaboratore di estrazione indicato con 207, in questo caso il risultato può essere una immagine e/o dati numerici od alfanumerici che possono quindi venire visualizzati in un display 210 insieme dopo che l'immagine viene generata nel modulo 208.

Con riferimento al sistema secondo la figura 2, il riconoscimento delle strutture anatomiche di marcatura e/o la verifica del piano di scansione vengono eseguiti per mezzo di un algoritmo di machine learning che è addestrato sulla base delle informazioni memorizzate nel database dei casi noti.

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

L'algoritmo di machine learning può essere scelto fra una pluralità di algoritmi e può anche essere costituito da una combinazione di questi algoritmi.

Esempi di algoritmi possono essere algoritmi predittivi, classificatori, come ad esempio reti neurali od anche algoritmi genetici.

In questo caso come illustrato nella figura 2 i dati immagine relativi all'estrazione delle feature ed alla generazione della corrispondente immagine lungo il piano di scansione ottimizzato e prestabilito vengono memorizzati nel database in combinazione con le features estratte come indicato con 209.

La figura 3 mostra un diagramma di flusso del metodo secondo la prima forma esecutiva della presente invenzione che prevede l'acquisizione di immagini bidimensionali.

Al passo 300 è indicata l'acquisizione mediante un sistema ecografico, ad esempio un sistema secondo la figura 1 di segnali di ricezione lungo un piano di scansione che attraversa il corpo in esame e lungo cui vengono trasmessi i fasci di trasmissione ad ultrasuoni.

Da questi segnali di ricezione che sono sotto forma di segnali in radiofrequenza, vengono generate mediante uno scan-converter delle immagini digitali. Queste sono preferibilmente sotto campionate per ridurre la quantità di dati da elaborare ai passi successivi come indicato al passo 310. In luogo di un sotto campionamento e/o in combinazione con lo stesso è possibile eseguire una decimazione e/o una riduzione di risoluzione delle immagini od altre elaborazioni volte a ridurre la quantità dei dati da elaborare per

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

rendere meno onerose le attività dei passi di validazione del piano di scansione.

Al passo 320 viene eseguita la validazione del piano di scansione relativamente alla posizione e/o all'orientamento del detto piano di scansione.

Come già precedentemente descritto nella parte introduttiva della presente descrizione, tale validazione avviene mediante utilizzo di algoritmi per il calcolo della similitudine dell'immagine acquisita con le immagini di un database di casi noti ed in cui sono memorizzate le immagini ecografiche il cui piano di scansione è quello riconosciuto come adatto e/o ottimale per l'estrazione delle caratteristiche desiderate dai dati immagine.

Diverse modalità operative sono possibili. Secondo una forma esecutiva, a tale scopo vengono utilizzati algoritmi di machine learning che, sulla base dei dati immagine, eventualmente anch'essi sotto campionati e/o decimati ed eventualmente anche in relazione a ROI di ridotte dimensioni come indicato al passo 310 corrispondentemente a quanto eseguito per i dati immagine relativi all'immagine acquisita e da validare, sono addestrati ad individuare se o meno il piano di scansione dell'immagine da validare è quello adatto e/o ottimale all'estrazione delle caratteristiche desiderate dalla detta immagine.

Detti algoritmi di machine learning possono essere sotto forma di classificatori o di comparatori e/o possono operare secondo diversi principi come, ad esempio, possono essere strutturati come reti neurali, algoritmi di correlazione, algoritmi genetici ed altre tipologie di algoritmi o combinazioni di questi algoritmi.

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

Qualora il risultato della validazione sia positivo, come indicato al passo 330, vengono definite le ROI nell'immagine che sono coincidenti con una o più regioni della detta immagine e/o dello spazio dei dati immagine, in cui sono presenti le informazioni per estrarre le caratteristiche ricercate come indicato al passo 340.

Successivamente, al passo 370, per le suddette ROI vengono richiamati i dati immagine a radiofrequenza che sono relativi al piano di acquisizione validato. In questo modo, al passo successivo 380 di esecuzione dell'elaborazione di estrazione delle caratteristiche, ovvero delle features ricercate, vengono forniti i dati più completi acquisiti durante la scansione e che contengono la maggiore quantità di informazione.

Al passo 390, le caratteristiche identificate e/o le corrispondenti immagini vengono memorizzate ed anche visualizzate ed a seconda della tipologia di descrizione di queste caratteristiche la visualizzazione può avere luogo sia in modo grafico che con modalità alfanumerica.

Quando come indicato al passo 330 il risultato della validazione il piano di scansione dell'immagine acquisita è negativo, viene consentito di scegliere fra due alternative di ripetizione come indicato al passo 350. Una prima alternativa consiste nell'esecuzione di un passo alternativo di riduzione del peso dei dati da utilizzare per la validazione, come ad esempio descritto con riferimento al passo 320.

Tale ripetizione del passo 320 può avvenire con parametri di riduzione del peso dei dati immagine, come ad esempio il sotto campionamento e/o la decimazione

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

e/o la scelta di una o più ROI e quindi il processo di validazione viene ripetuto.

In alternativa come indicato al passo 360 è possibile scegliere se terminare il processo o se ripetere l'acquisizione di una immagine che può avvenire modificando la posizione della sonda rispetto all'oggetto in esame in modo da modificare il piano di scansione lungo cui la detta immagine viene acquisita.

In questo caso come mostrato il passo 360 porta al passo iniziale 300 e l'intero flusso descritto può ripetersi.

In una forma esecutiva è possibile prevedere ulteriori alternative che possono essere eseguite in caso di mancata validazione al passo 330 e che possono essere applicate insieme oppure in successione qualora il passo di ripetizione non porta anch'esso ad un esito di validazione positivo.

Ad esempio, in un primo passo di ripetizione del processo a seguito di un esito negativo della validazione è possibile ripetere solo il passo 310 secondo una o più delle varianti esecutive più sopra descritti.

Parallelamente, è anche possibile variare l'algoritmo utilizzato per la validazione e/o impostare parametri di impostazione del detto algoritmo.

In alternativa, questo passo di modifica dell'algoritmo di validazione e/o delle impostazioni dello stesso, può essere eseguito qualora il passo di validazione 330 eseguito su dati immagine ottenuti da una prima ripetizione dei passi di riduzione del peso dei dati secondo una o più delle varianti descritte con riferimento al passo 310, mentre l'acquisizione dell'immagine secondo il passo 300 può essere ripetuta

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

solamente dopo che la validazione ha dato esito negativo anche a seguito di una ripetizione del processo con un diverso algoritmo o con una impostazione modificata del detto algoritmo.

L'ordine della sequenza della ripetizione dei passi 310 e/o 300 e/o della modifica dell'algoritmo di validazione e/o delle impostazioni dello stesso, può essere qualsivoglia e non è limitata a quanto esposto.

Ancora una forma esecutiva può prevedere in combinazione con quanto sopra esposto un valore massimo di ripetizioni del processo di validazione.

In questo caso una variante esecutiva può prevedere un numero di ripetizioni massimo possibile.

In combinazione od in alternativa è possibile fissare un margine di errore della corrispondenza del piano di scansione dell'immagine acquisita con il piano di scansione previsto come adatto od ottimale al processo di estrazione delle caratteristiche, venendo i passi della suddetta ripetizione terminata quando la validazione indica che una corrispondenza è presente nell'ambito dei detti margini.

Secondo ancora una caratteristica è anche possibile consentire all'utente di modificare i detti margini utilizzando le interfacce di input come previsto nell'esempio esecutivo sopra descritto.

La figura 4 in combinazione con le figure mostrate indica un esempio di estrazione di caratteristiche da immagini di tipici piani di scansione in ambito fetale illustrate nelle figure 5 a 7 ed in cui sono indicati i marker anatomici per identificare che il piano di scansione lungo cui è acquisita l'immagine è quello corretto ed adatto per l'estrazione delle caratteristiche ricercate.

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

In particolare, la figura 5 mostra l'immagine adatta per la misurazione del diametro del cranio del feto. Questo è identificato da un punto iniziale indicato come caliper 1 ed il punto terminale è indicato come caliper 2.

Il processo è indicato dal diagramma di flusso della figura 4. Utilizzando una o più delle interfacce di input a disposizione dell'utente del sistema ecografico, una volta che la validazione del piano di scansione è avvenuta positivamente, in una forma esecutiva che prevede l'estrazione in parte manuale ed in parte automatica della caratteristica relativa al diametro del cranio, l'utente ferma l'immagine al passo 400. Al successivo passo 410 da inizio al processo di misurazione, ovvero di estrazione di caratteristiche.

E' possibile che diversi tipi di caratteristiche siano estraibili e che all'utente venga offerta la possibilità di selezionare un tipo di misurazione e di iniziare la procedura relativa all'esecuzione di questa misurazione come indicato al passo 420. In questo caso l'interfaccia utente è del tipo touchscreen, ma è possibile prevedere uno o più ulteriori dispositivi di input e/o selezione che possono essere utilizzati alternativamente od in combinazione a seconda delle preferenze dell'utente.

Per la misurazione del diametro come indicato nella figura 5, l'utente trascina un primo indicatore del punto di inizio della misurazione di distanza indicato con caliper 1 nella posizione indicata nella figura 5 e come indicato dal passo 430. Al passo 440 viene portato sull'immagine nella posizione scelta dall'utente un secondo indicatore denominato caliper 2 che definisce il punto terminale della misura di

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

lunghezza. Questa è indicata dalla linea tratteggiata che collega i due simboli che definiscono il caliper 1 ed il caliper 2. Al passo 450 una volta verificate le posizioni dei caliper l'utente conferma ed il sistema provvede a calcolare la distanza sulla base dei dati immagine.

Le modalità di esecuzione di questo calcolo sulla base dei dati immagine è nota al tecnico del ramo e può essere eseguita secondo una o più qualsivoglia delle note tecniche.

Il processo più sopra descritto è eseguito manualmente per quanto riguarda la posizione dei punti di inizio e di fine del tratto la cui lunghezza viene misurata.

E' possibile secondo una forma esecutiva alternativa di eseguire la misurazione in modo totalmente automatizzato utilizzando un algoritmo di machine learning od altri algoritmi che operano su basi geometriche/analitiche o di riconoscimento di caratteristiche nelle immagini o combinazioni di questi algoritmi per identificare i punti di inizio e di fine della distanza da misurare.

L'esempio esecutivo illustrato non deve essere considerato limitativo, come pure gli esempi di piani di scansione delle figure 5 a 7.

La presente invenzione può essere utilizzata in molti altri campi applicativi relativamente alla esecuzione di estrazione di caratteristiche da immagini diagnostiche. Queste caratteristiche possono essere anche diverse dalla determinazione di misure, come il riconoscimento della qualità di tessuti identificati e/o l'identificazione di flussi ematici e/o la presenza di strutture in determinate regioni anatomiche.

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

Con riferimento alla figura 5, il corretto piano per la misurazione della circonferenza del cranio e del diametro biparietale deve comprendere le strutture anatomiche relative al cavum septum pellucidum, al talamo ed al plesso coroideo nell'atrio del ventricolo laterale.

La figura 6 indica le strutture anatomiche principali che caratterizzano il piano trasversale.

La figura 7 indica le strutture anatomiche principali che caratterizzano il piano cerebellare.

La figura 8 mostra il diagramma di flusso del processo di determinazione del piano di scansione secondo una ulteriore forma esecutiva dell'invenzione.

Questa forma esecutiva è particolarmente adatta in combinazione con un sistema ecografico configurato per l'acquisizione di immagini tridimensionali.

L'acquisizione di immagini ecografiche tridimensionali denominate anche immagini volumetriche può avvenire con diversi tipi di sistemi.

Secondo una forma esecutiva il sistema ecografico è provvisto di una sonda del tipo adatto ad acquisire immagini bidimensionali in combinazione con un sistema di tracciamento dello spostamento della detta sonda lungo una prestabilita direzione e/o un prestabilito percorso ed il quale sistema di tracciamento rileva la posizione e l'orientamento della sonda all'atto dell'acquisizione di immagini lungo piani di scansione adiacenti od angolarmente sfalsate. La combinazione dei dati immagine lungo i singoli piani di scansione grazie al rilevamento della posizione relativa dei detti piani di scansione consente di ricostruire una immagine di un volume.

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

In una alternativa la sonda è del tipo comprendente un insieme di trasduttori bidimensionale, cioè distribuiti secondo un disegno che si estende lungo un piano od una superficie secondo due direzioni perpendicolari all'asse di propagazione dei fasci ad ultrasuoni. In questo caso l'immagine acquisita copre o si estende su una fetta piramidale o troncopiramidale del corpo in esame e quindi è relativa alla parte del detto organo che ricade nella detta fetta.

Altre soluzioni sono costituite ad esempio da sonde del tipo motorizzato in cui un insieme lineare di trasduttori è montato oscillante intorno ad un asse parallelo all'estensione del detto insieme lineare e lo spostamento angolare intorno al detto asse è controllato da un motore come ade esempio un motore passo-passo o simili.

Partendo da una acquisizione di una immagine tridimensionale e basandosi sui marker anatomici che devono essere presenti nell'immagine lungo un piano di scansione adatto e/o ottimizzato per eseguire estrazioni di caratteristiche quantitative o qualitative dalla detta immagine, è necessario procedere definendo il detto piano di scansione ottimale relativamente alla posizione e/o all'orientamento rispetto al corpo in esame.

Una volta definite le caratteristiche che caratterizzano il piano di scansione adatto all'esecuzione dell'estrazione delle caratteristiche desiderate e come indicato al passo 600, secondo una forma esecutiva viene acquisita una immagine tridimensionale di una regione del corpo in esame in cui è previsto almeno uno dei detti marker anatomici e/o preferibilmente tutti i marker anatomici che

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

caratterizzano il piano di scansione selezionato, come indicato al passo 601.

Al passo 602 analogamente alla forma esecutiva del processo precedentemente descritto in combinazione con una acquisizione di immagini bidimensionali, viene ridotto il peso dei dati immagine da utilizzare per l'esecuzione dei passi successivi. Tale riduzione può avvenire al passo 602 ad esempio mediante sotto-campionamento dei detti dati e/o mediante decimazione e/o anche mediante la definizione e selezione di una o più ROI che sono limitate per posizione ed estensione ad uno o più dei marker anatomici che caratterizzano il piano di scansione.

In base a questi dati immagine e grazie al database di casi noti è possibile individuare la posizione e l'orientamento del piano di scansione adatto all'estrazione delle caratteristiche, relativamente all'insieme tridimensionale di dati immagine che rappresenta l'immagine tridimensionale acquisita.

Fra i diversi algoritmi possibili, secondo una forma esecutiva della presente invenzione vengono utilizzati un algoritmo di machine learning od una combinazione di algoritmi di machine learning come ad esempio reti neurali, algoritmi genetici od altri algoritmi di classificazione e/o predizione.

Il processo di individuazione del piano di scansione in relazione all'immagine tridimensionale acquisita può comprendere i passi di individuare i contributi ai dati immagine presenti nell'immagine tridimensionale e che corrispondono alle immagini dei marker anatomici che caratterizzano il piano di scansione.

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

Una volta definita con un certo margine di precisione che può essere preventivamente definito ed impostato, viene definita la posizione e l'orientamento del piano di scansione con riferimento all'immagine volumetrica e viene generato l'insieme dei contributi ai dati immagine che ricadono o coincidono con il detto piano di scansione.

Come indicato con il passo 604, è possibile utilizzare algoritmi di machine learning in combinazione con il suddetto database per eseguire una validazione del detto piano di scansione e dei contributi di dati immagine che ricadono sul detto piano di scansione.

Qualora la validazione del piano di scansione dia esito positivo, come indicato al passo 605 secondo la forma esecutiva illustrata, al passo 606 viene definita una ROI relativa alla regione dei dati immagine che contiene le informazioni da estrarre dalla detta immagine. Al passo 607 vengono invece richiamati, cioè identificati i dati immagine relativi alla detta ROI e nel piano di scansione validato ai passi precedenti.

Si genera pertanto un insieme di dati immagine che è relativo ad una immagine bidimensionale lungo il piano di scansione validato.

In una forma esecutiva ed analogamente alla forma esecutiva del precedente esempio anche in questo caso è vantaggioso utilizzare i dati immagine costituiti dai segnali a radiofrequenza ricevuti e relativi ai contributi dei segnali di ricezione derivanti al piano di scansione validato. Tali dati non essendo ancora stati sottoposti a successivi passi di conversione in pixel o voxel sono ancora sostanzialmente allo stato

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

grezzo e contengono una maggiore quantità di informazione potenziale.

Su questi dati viene quindi eseguita l'estrazione delle caratteristiche desiderate secondo una delle tecniche note e/o utilizzando sistemi automatizzati che possono basarsi su algoritmi di machine learning od altri algoritmi di intelligenza artificiale, analogamente a quanto descritto con riferimento alla misura del diametro del cranio del feto per la precedente forma esecutiva.

I risultati di tale elaborazione come pure le immagini su cui si basano possono essere quindi visualizzati e/o anche memorizzati come indicato al passo 609.

Ritornando al passo di verifica 605, qualora la validazione del piano di scansione desse esito negativo nella presente forma esecutiva sono possibili alternative di ripetizione dei passi precedenti o la fine del processo. Una prima alternativa è quella indicata al passo 610 che prevede la ripetizione della individuazione e validazione del piano di scansione del passo 604. In questo caso è possibile ad esempio modificare le impostazioni dell'algoritmo che esegue la identificazione del piano di scansione in funzione dei dati immagine relativi ai marker anatomici previsti per il piano di scansione ed in funzione del database di casi noti che addestra l'algoritmo. In combinazione o in alternativa è possibile anche modificare l'algoritmo utilizzato o combinare all'algoritmo utilizzato ulteriori algoritmi che eseguono fasi di ottimizzazione dei dati immagine od altre fasi di pre o post processamento.

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

Il passo 610 offre l'alternativa di procedere anche ad una ripetizione del passo 602 prima di eseguire nuovamente il passo 603. In questo caso è possibile agire sulle modalità di campionamento, decimazione od altre modalità di riduzione del peso dei dati immagine, come pure sulla selezione delle una o più ROI che contengono i marker anatomici dell'immagine acquisita. In questo modo il dataset che viene utilizzato per il passo 603 è modificato e può essere sottoposto ad una elaborazione del passo 803 mantenendo lo stesso algoritmo del passo precedente oppure può essere modificato anche l'algoritmo e/o le impostazioni dello stesso secondo una o più delle alternative qui sopra descritte.

Per quanto riguarda le ripetizioni possibili anche in relazione a questa forma esecutiva valgono le possibili varianti esecutive descritte con riferimento al precedente esempio esecutivo.

In particolare, l'ordine della sequenza della ripetizione dei passi 603 e/o 602 e/o della modifica dell'algoritmo di validazione e/o delle impostazioni dello stesso, può essere qualsivoglia e non è limitata a quanto esposto.

Ancora una forma esecutiva può prevedere in combinazione con quanto sopra esposto un valore massimo di ripetizioni del processo di validazione.

In questo caso una variante esecutiva può prevedere un numero di ripetizioni massimo possibile.

In combinazione od in alternativa è possibile fissare un margine di errore della corrispondenza del piano di scansione dell'immagine acquisita con il piano di scansione previsto come adatto od ottimale al processo di estrazione delle caratteristiche, venendo

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

i passi della suddetta ripetizione terminata quando la validazione indica che una corrispondenza è presente nell'ambito dei detti margini.

Secondo ancora una caratteristica è anche possibile consentire all'utente di modificare i detti margini utilizzando le interfacce di input come previsto nell'esempio esecutivo sopra descritto.

Sempre analogamente alla prima forma esecutiva della figura 3, l'estrazione delle caratteristiche dall'immagine può avvenire sia in modo manuale, in modo combinato manuale ed automatico od in modo completamente automatico, come descritto con riferimento all'esempio non limitativo delle figure 4 a 7.

Le figure 9 a 14 mostrano un esempio non limitativo e comprensibile visivamente di una variante esecutiva del metodo di questa seconda forma esecutiva.

In questo caso, l'esempio è relativo all'utilizzo di una sonda di tipo phased array-sector in cui un array di trasduttori lineare viene oscillato intorno ad un asse parallelo all'estensione longitudinale del detto array di trasduttori mediante un motore, ad esempio un motore passo-passo, venendo registrata ad ogni acquisizione la posizione angolare di orientamento dell'array. L'attivazione della sonda in trasmissione e ricezione è sincronizzata con l'avanzamento in modo tale da coprire il volume in esame V con una successione di piani di scansione che hanno diversi orientamenti prestabiliti nello spazio e che sono disposti a ventaglio come illustrato ed indicato con S1, S2, S3 ed Sn nelle figure 9 a 14.

Le figure 9 a 14 illustrano in modo molto semplificato le modalità del principio su cui si basa

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

il metodo secondo la presente invenzione, con riferimento all'utilizzo di una sonda per acquisizioni tridimensionali del suddetto tipo.

Le figg. 9 ad 11 illustrano in via di principio una forma esecutiva di ricostruzione dell'immagine lungo un piano di scansione che interseca una immagine tridimensionale e che consiste nell'impostare prima dell'esecuzione della scansione i parametri di orientamento e/o posizione del o dei piani di sezione o di proiezione del volume in esame che si desidera visualizzare. Essendo le posizioni dei piani di scansione S1, S2, S3, Sn note a priori in relazione ad un piano di scansione di riferimento della sonda, il metodo prevede di eseguire la scansione nei singoli piani di scansione solamente per le linee che formano ciascun piano di scansione e che coincidono od intersecano le linee Li, L2l L3, Ln che costituiscono le linee d'intersezione del o dei piani di visualizzazione prescelti con i singoli piani di scansione S1, S2, S3, Sn. Le posizioni di tali linee nello spazio sono calcolabili a priori dall'elaboratore principale, sulla base della nota posizione relativa fra singoli piani di scansione e dei parametri di orientamento e posizione del o dei piani da visualizzare preimpostati dall'utente.

Pertanto, con riferimento alla presente invenzione è possibile rendere più veloce anche l'acquisizione tridimensionale dei dati immagine, riducendo ad esempio la catena di elaborazione dei segnali di ricezione ad una ROI volumetrica che contiene al suo interno il piano di scansione desiderato e che però è una regione limitata

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

dell'intero volume altrimenti acquisibile mediante la sonda.

In questo caso, quindi non viene acquisito l'intero volume e quindi, si riducono drasticamente i tempi di rilevamento dell'immagine, ottenendo una consistente accelerazione dell'elaborazione dell'immagine che può essere visualizzata veramente in tempo reale consentendo al personale di servizio di verificare immediatamente che l'acquisizione è stata eseguita nelle condizioni previste per la stessa.

Con riferimento agli esempi delle figure 9 a 11, nelle stesse sono illustrati diversi piani P aventi diversi orientamenti. La situazione più favorevole è indicata nella fig. 9. In questa figura, il piano P di sezione lungo cui si desidera rilevare l'immagine è perpendicolare alla schiera di piani di scansione Sn della sonda. È chiaro come in una situazione ideale, per ciascun piano sarà necessaria l'esecuzione della scansione lungo un'unica linea per piano e cioè lungo la linea coincidente con le linee di sezione Ln del piano di sezione P lungo cui si desidera rilevare l'immagine con i piani di scansione Sn della sonda. Ciò risulta evidente dalla figura 12 dove la linea di scansione è indicata con SCNL.

Nella fig. 10, il piano di sezione P lungo cui si desidera rilevare l'immagine è inclinato rispetto alle linee di scansione che formano ciascun piano di scansione Sn della sonda. Pertanto, per ciascun piano di scansione Sn, verrà eseguita la scansione per tutte le linee di scansione che sono coincidenti od intersecano la corrispondente linea Ln di intersezione fra singolo piano di scansione Sn della sonda e piano P di sezione lungo cui si desidera rilevare l'immagine.

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

Ciò è evidenziato nella figura 13, in cui sono illustrate le due linee di scansione estreme SCNL(1) e SCNL(1+n).

La fig. 11 illustra la condizione meno favorevole e cioè in cui il piano di sezione P lungo cui si desidera rilevare l'immagine taglia completamente i piani di scansione Sn della sonda. In questa condizione nonostante sia necessario eseguire la scansione per tutte le linee di ciascun piano di scansione, l'invenzione consente di focalizzare i segnali di trasmissione sulle linee di intersezione Ln fra piano di sezione P lungo cui si desidera rilevare l'immagine e singoli piani di scansione, ottenendo notevoli vantaggi qualitativi. Anche questa situazione è evidenziata meglio nella figura 14 in cui sono illustrate le linee di scansione SCNL(1) e SCNL(1+m).

Poiché come risulterà più chiaramente in seguito, l'elaborazione per l'estrazione delle caratteristiche dall'immagine lungo il piano di scansione desiderato, e la generazione dell'immagine visualizzabile vengono eseguite con riferimento ai dati relativi alle sole linee di intersezione Ln fra piano P di sezione lungo cui si desidera rilevare l'immagine e piani di scansione Sn della sonda, si ottengono ciononostante riduzioni notevoli del tempo globale di elaborazione relativamente ai passi di validazione del piano di scansione effettivo lungo cui è generata l'immagine o l'insieme di dati immagine relativi alla detta immagine adatta al processo di estrazione delle caratteristiche desiderate.

E' importante notare che questa forma esecutiva può essere applicata sia ai dati immagine decimati e/o sotto campionati e/o comunque ridotti per la

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

determinazione e validazione del piano di scansione, con riferimento ai marker anatomici che caratterizzano il piano di scansione desiderato, sia relativamente alla generazione dell'insieme di dati immagine che sono relativi al piano di scansione validato e che costituiscono il dataset dell'immagine da utilizzare per l'esecuzione dei processi di estrazione delle caratteristiche.

Vantaggiosamente, è possibile modificare la focalizzazione dei segnali di trasmissione della sonda lungo le diverse linee di scansione che formano i piani di scansione Sn anche nel caso secondo la fig. 10. Infatti, conoscendo a priori l'orientamento e la lunghezza delle linee d'intersezione Ln del piano di sezione P lungo cui si desidera rilevare l'immagine con i piani di scansione Sn della sonda è possibile variare la legge di focalizzazione lungo le affiancate linee di sezione, per cui per ciascuna linea di scansione di ciascun piano di scansione Sn, il fascio trasmesso è focalizzato sul corrispondente punto d'intersezione con la corrispondente linea Ln.

Ovviamente, per garantire di rilevare l'immagine desiderata in ogni caso, è possibile eseguire la scansione per ciascun piano di scansione Sn della sonda anche lungo linee immediatamente adiacenti alle linee di scansione che intersecano il piano di sezione P lungo cui si desidera rilevare l'immagine. Ciò consente di eliminare eventuali errori dovuti ad una non perfetta corrispondenza fra impostazioni teoriche e situazione reale e dovute ad esempio ad errori o tolleranze di definizione dei riferimenti univoci fra posizione reale della sonda e piano di sezione prescelto lungo cui si desidera rilevare l'immagine.

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

Quanto sopra equivale alla definizione di una ROI tridimensionale che contiene i dati immagine del piano di scansione desiderato e nell'ambito delle tolleranze definite anche di ulteriori piani adiacenti paralleli e non al detto piano di scansione desiderato.

In ogni caso, esiste comunque una riduzione del numero di linee di scansione eseguite per ciascun piano di scansione Sn della sonda. La situazione su indicata è illustrata nelle figure 12 a 14 con le linee di scansione più estreme e di delimitazione dell'area scansita per sicurezza che sono in-dicate con SCNL(T) e SCNL(-T).

E' da notare, come il metodo su indicato sia anche applicabile a sonde che presentino una disposizione bidimensionale di trasduttori e che quindi non eseguano scansioni su piani, ma bensì lungo fasce con un prestabilito volume e che comprendono al-lo stesso tempo più piani di scansione affiancati. In questo caso, il concetto di linea di scansione può essere applicato ad un fascio o un volume unitario di scansione.

Secondo un ulteriore perfezionamento dell'invenzione, quando ciò è desiderato o compatibile con i tempi richiesti per l'esame è possibile eseguire l'intera scansione per ciascun piano Sn di scansione della sonda, limitando i parametri di scansione per le linee non intersecanti o coincidenti con il piano di sezione P lungo cui si desidera rilevare l'immagine, od eventualmente anche il numero di linee non intersecanti il detto piano di sezione P, in modo da rendere più rapida sia la scansione che l'elaborazione e memorizzazione a scapito della qualità, ma ottenendo comunque una immagine anche di bassa qualità delle zone

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

non coincidenti con il piano di sezione P, ovvero al di fuori di una ROI tridimensionale che contiene il detto piano come più sopra definita, lungo cui si desidera rilevare l'immagine. Tali dati immagine possono essere combinati con quelli ad elevata qualità lungo il piano di sezione P. Ciò può costituire un aiuto quando il piano di sezione P prescelto e lungo cui si desidera rilevare l'immagine non coincide nella realtà effettivamente a quello desiderato e pertanto è possibile verificare se impostazioni lievemente diverse dei parametri di orientamento del piano P di sezione portano al rilevamento dell'immagine desiderata.

Secondo un perfezionamento del suddetto esempio, poiché la correlazione spaziale fra piano di scansione desiderato ed i piani di scansione effettivi dipendono dal posizionamento relativo fra la sonda ed il volume in esame, è possibile eseguire una scansione iniziale di scout grazie a cui vengono definite in modo più preciso le relazioni di posizione.

La fig.15 illustra uno schema a blocchi molto semplificato della costruzione di un sistema ecografico che è configurato per l'attuazione della forma esecutiva di acquisizione su descritta.

Il sistema presenta una sezione di controllo della scansione che comprende un processore 1501 di controllo della scansione a cui è collegata una sonda 1502 per l'acquisizione di immagini, in particolare una sonda per acquisizioni tridimensionali, ad esempio ma non limitativamente una sonda del tipo phased-array-sector.

Il processore controlla in questo caso la posizione dei trasduttori per correlare univocamente gli

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

echi ricevuti con il piano di scansione e fornisce i dati di posizione nello spazio ad una memoria RAM a quattro ingressi indicata con 1503. I parametri di posizione (qui riferiti alle coordinate cartesiane ma riferibili a qualsiasi modello di coordinate per la definizione di un volume), formano gli indirizzi 1 univocamente correlati all'ingresso dati 1 della memoria RAM a cui la sonda fornisce, dopo opportuna ed usuale elaborazione, i dati relativi ai segnali di eco ricevuti. In questo modo la memoria 1503 diviene una memoria tridimensionale a guisa di matrice tridimensionale in cui gli spazi di memoria dei dati immagine sono definiti da un indirizzo che corrisponde od è correlato alla collocazione spaziale a cui i dati immagine si riferiscono.

Con particolare riferimento alla forma esecutiva illustrata, ma assolutamente non in modo limitativo per l'applicabilità del metodo e del dispositivo secondo l'invenzione, l'acquisizione avviene per linee secondo due direzioni fra loro ortogonali indicate con linea x e linea y mentre la terza coordinata di posizione è data dalla profondità. Il sistema cartesiano è indicato nelle figg. 9 ad 11. Ovviamente, i piani di scansione a ventaglio illustrati nelle figg. 9 ad 11 vengono descritti meglio con riferimento ad un angolo. La trasformazione da un sistema all'altro è comunque costituita da una semplice trasformazione fra sistemi di riferimento ed è l'applicazione di una banale formula di trasformazione. La terza dimensione relativa alla profondità è rilevabile od ottenibile in base al tempo di riflessione. Il segnale a radiofrequenza (RF) derivato dalla trasduzione degli echi ricevuti per ogni linea di scansione ha uno sviluppo temporale e le parti

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

che giungono prima sono relative a profondità minori rispetto alle parti di segnale che per la stessa linea di scansione giungono in tempi via via successivi.

Ovviamente i segnali di eco vengono opportunamente campionati mediante una prestabilita base temporale per ottenere punti discreti. La discretizzazione dovuta al campionamento, ovvero la frequenza di campionamento influenza la definizione dell'immagine che si desidera ottenere.

Il processore di controllo della scansione viene comandato da un processore principale 1505 che è collegato a mezzi 1506 di impostazione della modalità o tipologia di acquisizione d'immagine, come ad esempio B-mode, Doppler, Power Doppler od Harmonic Imaging, ed a mezzi 1507 per l'impostazione dei parametri di orientamento e/o posizione del piano di sezione o del piano di proiezione da visualizzare. Fisicamente questi mezzi possono essere costituiti da manopole, selettori, tastiere, icone di touch screen, etc. non illustrati in dettaglio ed eventualmente atti a caricare modalità o parametri di orientamento e posizione già prestabilite.

Il processore principale 1505 controlla sia lo svolgimento delle modalità di acquisizione e pertanto comanda il processore di controllo della scansione 1501 sia un processore di conversione della scansione, cosiddetto scan-converter 1504 che in base ai parametri di orientamento e/o posizione del piano di scansione prestabilito ed adatto all'estrazione delle caratteristiche dalla corrispondente immagine determina le linee d'intersezione L1, L2, L3, Ln del detto piano di scansione P, ovvero il piano di scansione adatto alla estrazione delle caratteristiche

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

desiderate dalla corrispondente immagine, con i singoli piani di scansione, ovvero la posizione, l'orientamento e l'estensione di una ROI che contiene il detto piano di scansione adatto alla estrazione delle caratteristiche desiderate dalla corrispondente immagine e identifica gli indirizzi della memoria corrispondenti ai dati immagine lungo dette linee d'intersezione, carica detti dati e li trasforma in segnali di comando di un monitor 1508 abbinandoli ad indirizzi video agli ingressi/uscite indirizzi 3 e dati 3 della RAM a quattro ingressi 1503. Questi dati vengono letti dal monitor di visualizza-zione (dati 2 ed ingressi 2 della RAM 1503) e vengono trasformati in linee d'immagine, formando l'insieme di linee d'immagine l'immagine relativa al piano di scansione prestabilito ed adatto all'estrazione delle caratteristiche dalla corrispondente immagine.

I dati relativi alle linee d'intersezione L1, L2, L3, Ln del piano di scansione prestabilito P ed adatto all'estrazione delle caratteristiche dalla corrispondente immagine, con i singoli piani di scansione Sn vengono anche inviati al processore di controllo della scansione, per la determinazione delle linee di scansione da eseguire per ciascun piano di scansione Sn.

Lo scan-converter 1504 è di tipo noto ed ampiamente utilizzato nelle macchine ad ultrasuoni e comunque è destinato ad elaborare le informazioni con riferimento ad un insieme di linee. Potrebbe pertanto essere un convertitore di scansione lineare o bidimensionale.

L'implementazione della conversione tridimensionale, cioè per piani di scansione con

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

orientamento qualsivoglia nello spazio, con riferimento al volume in esame è conseguita grazie alla combinazione dello scan-converter lineare o bidimensionale con il processore principale, il processore di controllo scansione e la memoria RAM a quattro ingressi, grazie a cui è possibile memorizzare e richiamare le informazioni raccolte in sede di scansione mantenendo sempre una univoca correlazione delle stesse con la corretta posizione nello spazio delle dette informazioni che è opportunamente codificata utilizzando gli indirizzi di memorizzazione dei dati. Durante l'elaborazione, questi sono sempre identificabili univocamente relativamente alla corretta posizione nello spazio e ciò garantisce la discriminazione dei dati inerenti alle linee d'intersezione del piano di scansione prestabilito ed adatto all'estrazione delle caratteristiche dalla corrispondente immagine con i piani di scansione, per la lettura, l'elaborazione in comandi di visualizzazione e la memorizzazione in dati immagine nella detta memoria ed in fine per il richiamo di questi dati immagine per i passi del metodo come descritto precedentemente con riferimento alla figura 8.

Un processore 1509 di controllo della memorizzazione è collegato agli ingressi/uscite dati 4 ingressi 4 della RAM 1503 e controlla sempre sotto comando del processore principale 1505 la memorizzazione dei dati su supporti fisici di memorizzazione, come Hard Disk 1510, Floppy, masterizzatori per CD 1512.

Come già descritto in precedenza, il metodo secondo l'invenzione è particolarmente efficace con una tipologia di sonde di scansione cosiddette tri-

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

dimensionali motorizzate, anche se è da notare che l'attuazione del metodo non è limitata all'utilizzo di tali sonde.

Secondo la presente forma esecutiva un selezionatore 1515 provvede al richiamo dei dati immagine, sotto forma di insieme di pixel o voxel dall'usciata 2 della memoria RAM 1503 per l'esecuzione della sequenza di passi del metodo secondo la figura 8 ed in particolare dei passi 603. L'elaboratore di validazione 1516 esegue il passo 604 e 605, mentre l'unità 1504 comprende una sezione di variazione del peso dei dati immagine grazie ad una selezione di una o più ROI e/o il sotto-campionamento dei dati immagine e/o la decimazione dei dati immagine. L'estrazione delle feature è affidata ad una sezione di elaborazione indicata con 1518.

Come già detto in precedenza, le sezioni o le unità per l'attuazione del metodo secondo una o più delle forme esecutive e delle varianti esecutive descritte possono essere sia di tipo puramente software essendo previsto che uno degli elaboratori 1501, 1505, 1509 e/o 1516 esegua almeno una parte di un software che contiene le istruzioni per rendere il detto elaboratore adatto alla esecuzione delle funzioni previste, sia anche del tipo hardware che prevede per almeno parte del detto software un elaboratore dedicato e diverso presente nella corrispondente unità 1515 e/o 1516 e/o 1518. Anche il programma che codifica le istruzioni di esecuzione dell'algoritmo di machine learning può essere eseguito da uno o più dei processori presenti nel sistema oppure è possibile prevedere un processore dedicato sia integrato nel sistema ecografico, sia previsto in una stazione remota

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

a cui il sistema ecografico si può collegare mediante una unità di comunicazione, ad esempio via cavo o wireless e mediante noti protocolli di comunicazione.

Le figure 16 a 18 mostrano un sistema ecografico adatto per l'attuazione della presente invenzione secondo una delle varianti qui sopra indicate.

La Fig. 16 illustra un diagramma a blocchi di un sistema ad ultrasuoni formato secondo una forma di realizzazione alternativa. Il sistema di Fig. 16 implementa le operazioni qui descritte in relazione a varie forme di realizzazione. A titolo di esempio, uno o più circuiti/processori all'interno del sistema implementano le operazioni di eventuali processi illustrati in relazione alle figure e/o qui descritti. Il sistema comprende una scheda di interconnessione sonda 702 che include una o più porte di connessione sonda 704. Le porte di connessione 704 possono supportare vari numeri di canali di segnale (es. 128, 192, 256, ecc.). Le porte di connessione 704 possono essere configurate per essere utilizzate con diversi tipi di array di sonde (ad esempio, array a fasi, array lineare, array curvo, 1D, 1.25D, 1.5D, 1.75D, array 2D, ecc.) Le sonde possono essere configurate per diversi tipi di applicazioni, come l'esame addominale, cardiaco, di maternità, ginecologico, urologico e cerebrovascolare, l'esame del seno e simili.

Una o più porte di connessione 704 possono supportare l'acquisizione di dati di immagini 2D e/o una o più porte di connessione 704 possono supportare dati di immagini 3D. Solo a titolo di esempio, i dati di immagine 3D possono essere acquisiti attraverso il movimento fisico (ad esempio, movimento meccanico a tappeto o movimento del medico) della sonda e/o da una

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

sonda che dirige elettricamente o meccanicamente l'array di trasduttori.

La scheda di interconnessione della sonda (PIB) 702 include un circuito di commutazione 706 per selezionare tra le porte di connessione 704. Il circuito di commutazione 706 può essere gestito manualmente in base agli ingressi dell'utente. Ad esempio, un utente può designare una porta di connessione 704 selezionando un pulsante, un interruttore o un altro ingresso sul sistema. Facoltativamente, l'utente può selezionare una porta di connessione 704 inserendo una selezione attraverso un'interfaccia utente sul sistema.

Opzionalmente, il circuito di commutazione 706 può passare automaticamente ad una delle porte di connessione 704 in risposta al rilevamento della presenza di una connessione di accoppiamento di una sonda. Ad esempio, il circuito di commutazione 706 può ricevere un segnale di "collegamento" che indica che una sonda è stata collegata ad una delle porte di collegamento 704 selezionate. Il segnale di connessione può essere generato dalla sonda quando la sonda viene inizialmente alimentata quando è accoppiata alla porta di connessione 704.

In aggiunta o in alternativa, ogni porta di connessione 704 può includere un sensore 705 che rileva quando una connessione di accoppiamento su un cavo di una sonda è stata interconnessa con la corrispondente porta di connessione 704. Il sensore 705 fornisce il segnale di connessione al circuito di commutazione 706 e, in risposta a ciò, il circuito di commutazione 706 accoppia la corrispondente porta di connessione 704 alle uscite PIB 708. Opzionalmente, il sensore 705 può

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

essere costruito come circuito con contatti forniti alle porte di collegamento 704. Il circuito rimane aperto quando non viene accoppiato nessun contatto collegato alla porta di collegamento corrispondente 704. Il circuito viene chiuso quando il contro-connettore di una sonda viene collegato alla porta di connessione 704.

Una linea di controllo 724 trasmette i segnali di controllo tra la scheda di interconnessione della sonda 702 e una scheda di elaborazione digitale 724. Una linea di alimentazione 736 fornisce l'alimentazione da un alimentatore 740 ai vari componenti del sistema, inclusi, ma non solo, la scheda di interconnessione delle sonde (PIB) 702, le schede digitali front-end (DFB) 710, la scheda di elaborazione digitale (DPB) 726, la scheda di elaborazione master (M PB) 744, e una scheda di controllo dell'interfaccia utente (UI CB) 746. Un bus di controllo temporaneo 738 interconnette e fornisce segnali di controllo temporanei tra l'alimentatore 740 e le schede 702, 710, 726, 744 e 746. L'alimentatore 740 include un cavo da accoppiare ad un alimentatore CA esterno. Opzionalmente, l'alimentatore 740 può includere uno o più dispositivi di memorizzazione dell'alimentazione (ad es. batterie) che forniscono energia quando l'alimentazione CA viene interrotta o scollegata. L'alimentatore 740 include un controller 742 che gestisce il funzionamento dell'alimentatore 740, compreso il funzionamento dei dispositivi di memorizzazione.

In aggiunta o in alternativa, l'alimentatore 740 può includere fonti di energia alternative, come pannelli solari e simili. Uno o più ventilatori 743 sono accoppiati all'alimentatore 740 e sono gestiti dal

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

controllore 742 per essere accesi e spenti in base ai parametri di funzionamento (ad es. temperatura) dei vari circuiti stampati e dei componenti elettronici all'interno del sistema complessivo (ad es. per evitare il surriscaldamento dei vari componenti elettronici).

Le schede digitali front-end 710 che forniscono l'interfaccia analogica da e verso le sonde collegate alla scheda di interconnessione delle sonde 702. Il DFB 710 fornisce anche segnali ad impulsi o di controllo e di azionamento, gestisce i guadagni analogici, include convertitori analogici a digitali in connessione con ogni canale di ricezione, fornisce la gestione del beamforming di trasmissione e la gestione del beamforming di ricezione e la composizione del vettore (associata alla focalizzazione durante le operazioni di ricezione).

Le schede frontali digitali 710 includono i circuiti driver di trasmissione 712 che generano i segnali di trasmissione che vengono passati sui canali corrispondenti ai trasduttori corrispondenti in connessione con le operazioni di cottura di trasmissione ad ultrasuoni. I circuiti driver di trasmissione 712 forniscono impulsi o controllo per ogni segnale di azionamento e trasmettono la gestione della formazione del fascio per guidare le operazioni di sparo verso i punti di interesse all'interno della regione di interesse. A titolo di esempio, un circuito di trasmissione 712 può essere fornito separatamente in connessione con ogni singolo canale, oppure un comune circuito di trasmissione 712 può essere utilizzato per pilotare più canali. I circuiti di trasmissione 712 cooperano per concentrare i raggi di trasmissione su uno o più punti selezionati all'interno

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

della regione di interesse. I circuiti di trasmissione 712 possono implementare la trasmissione a linea singola, sequenze di tiro codificate, operazioni di trasmissione multilinea, generazione di fasci ad ultrasuoni che inducono onde di taglio e altre forme di tecniche di trasmissione ad ultrasuoni.

Le schede digitali front end 710 includono i circuiti di ricezione beamformer 714 che ricevono i segnali echo/ricezione ed eseguono varie elaborazioni analogiche e digitali su di essi, così come lo sfasamento, il ritardo di tempo e altre operazioni in connessione con il beamforming. I circuiti beamformer 714 possono implementare vari tipi di beamforming, come l'acquisizione a linea singola, l'acquisizione multilinea e altre tecniche di beamforming ad ultrasuoni.

Le schede digitali front end 716 includono circuiti di elaborazione Doppler ad onda continua 716 configurati per eseguire l'elaborazione Doppler ad onda continua su segnali eco ricevuti. Opzionalmente, i circuiti Doppler ad onda continua 716 possono anche generare segnali di trasmissione Doppler ad onda continua.

Le schede digitali front-end 710 sono accoppiate alla scheda di elaborazione digitale 726 attraverso vari bus e linee di controllo, come le linee di controllo 722, le linee di sincronizzazione 720 e uno o più bus dati 718.

Le linee di controllo 722 e le linee di sincronizzazione 720 forniscono informazioni di controllo e dati, così come segnali di sincronizzazione, ai circuiti di azionamento di trasmissione 712, ai circuiti di beamforming 714 di

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

ricezione e ai circuiti Doppler ad onda continua 716. Il bus dati 718 trasmette i dati a ultrasuoni RF dalle schede digitali di front-end 710 alla scheda di elaborazione digitale 726. Opzionalmente, le schede digitali front-end 710 possono convertire i dati ultrasonici RF in coppie di dati I,Q che vengono poi passati alla scheda di elaborazione digitale 726.

La scheda di elaborazione digitale 726 comprende un modulo di elaborazione RF e di imaging 728, un modulo di elaborazione del flusso di colore 730, un modulo di elaborazione RF e Doppler 732 e un modulo di collegamento PCI 734. La scheda di elaborazione digitale 726 esegue il filtraggio e l'elaborazione RF, l'elaborazione delle informazioni di immagine in bianco e nero, l'elaborazione in connessione con il flusso di colore, l'elaborazione in modalità Doppler (ad es. in connessione con il Doppler per sondaggi e il Doppler ad onda continua). La scheda di elaborazione digitale 726 fornisce anche il filtraggio delle immagini (p.es. riduzione delle macchioline) ed il controllo della temporizzazione dello scanner. La scheda di elaborazione digitale 726 può includere altri moduli basati sulla funzionalità di elaborazione delle immagini ad ultrasuoni offerta dal sistema.

I moduli 728 - 734 comprendono uno o più processori, DSP e/o FPGA e le istruzioni del programma di memorizzazione in memoria per indirizzare i processori, DSP e/o FPGA ad eseguire varie operazioni di elaborazione delle immagini ad ultrasuoni. Il modulo 728 per RF e imaging esegue varie operazioni di imaging correlate agli ultrasuoni, come ad esempio l'elaborazione delle immagini in modalità B dei dati RF. L'elaborazione RF e il modulo Doppler 732

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

convertono i dati RF in ingresso in coppie di dati I, Q, ed esegue l'elaborazione relativa al Doppler sulle coppie di dati I, Q. Opzionalmente, il modulo di imaging 728 può eseguire l'elaborazione delle immagini in modalità B su coppie di dati I, Q. Il modulo di elaborazione CFM 730 esegue l'elaborazione dell'immagine relativa al flusso di colore sui dati RF a ultrasuoni e/o sulle coppie di dati I, Q. Il PCI link 734 gestisce il trasferimento di dati ultrasonici, dati di controllo e altre informazioni, su un bus PCI express 748, tra la scheda di elaborazione digitale 726 e la scheda di elaborazione master 744.

La scheda di elaborazione master 744 include la memoria 750 (ad es. dispositivi a stato solido ATA seriali, unità disco rigido ATA seriali, ecc.), una scheda VGA 752 che include una o più unità di elaborazione grafica (GPU), uno o più ricetrasmettitori 760 una o più CPU 752 e la memoria 754. La scheda di elaborazione master (detta anche scheda PC) fornisce la gestione dell'interfaccia utente, la conversione di scansione e la gestione del cine loop. La scheda di elaborazione master 744 può essere collegata a uno o più dispositivi esterni, come un lettore DVD 756, e uno o più display 758. La scheda di elaborazione master include interfacce di comunicazione, come una o più porte USB 762 e una o più porte 764 configurate per essere accoppiate a dispositivi periferici. La scheda di elaborazione master 744 è configurata per mantenere la comunicazione con vari tipi di dispositivi di rete 766 e vari server di rete 768, come ad esempio su collegamenti wireless attraverso il ricetrasmettitore 760 e/o attraverso una connessione di rete (ad esempio

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

attraverso il connettore USB 762 e/o il connettore periferico 764).

I dispositivi di rete 766 possono rappresentare dispositivi portatili o desktop, come smartphone, assistenti digitali personali, dispositivi tablet, computer portatili, computer desktop, orologi intelligenti, monitor ECG, monitor paziente e simili. La scheda di elaborazione master 744 trasmette immagini a ultrasuoni, dati a ultrasuoni, dati del paziente e altre informazioni e contenuti ai dispositivi di rete per la presentazione all'utente. La scheda di elaborazione master 744 riceve, dai dispositivi di rete 766, input, richieste, inserimento dati e simili.

Il server di rete 768 può rappresentare parte di una rete medica, come un ospedale, una rete sanitaria, un fornitore di servizi sanitari di terze parti, un servizio di manutenzione delle apparecchiature mediche, un produttore di apparecchiature mediche, un servizio sanitario governativo e simili. Il collegamento di comunicazione con il server di rete 768 può avvenire tramite Internet, una intranet privata, una rete locale, una rete ad ampio raggio e simili.

La scheda di elaborazione master 744 è collegata, tramite un collegamento di comunicazione 770 con una scheda di controllo dell'interfaccia utente 746, alla scheda di elaborazione master 744. Il collegamento di comunicazione 770 trasmette dati e informazioni tra l'interfaccia utente e la scheda di elaborazione master 744. La scheda di controllo dell'interfaccia utente 746 comprende uno o più processori 772, uno o più componenti audio/video 774 (ad es. altoparlanti, un display, ecc.). La scheda di controllo dell'interfaccia

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

utente 746 è accoppiata a uno o più dispositivi di input/output dell'interfaccia utente, come un pannello tattile LCD 776, una trackball 778, una tastiera 780 e simili. Il processore 772 gestisce il funzionamento del pannello a sfioramento LCD 776, oltre a raccogliere gli input dell'utente attraverso il pannello a sfioramento 776, la trackball 778 e la tastiera 780, dove tali input dell'utente sono convogliati alla scheda di elaborazione master 744 in connessione con l'implementazione di queste forme di realizzazione.

La fig. 17 illustra un diagramma a blocchi di una parte delle schede digitali 710 formate secondo le forme di realizzazione qui contenute. Un gruppo di diplexer 802 riceve i segnali a ultrasuoni per i singoli canali attraverso l'uscita PIB 808. I segnali a ultrasuoni vengono trasmessi lungo un circuito di elaborazione standard 805 o ad un circuito di elaborazione ad onde continue 812, in base al tipo di sonda utilizzata. Quando vengono elaborati dal circuito di elaborazione standard 805, un preamplificatore e un amplificatore a guadagno variabile 804 elaborano gli ultrasuoni in ingresso ricevono i segnali ultrasonici che vengono poi forniti ad un filtro anti-alias 806 che esegue il filtraggio anti-alias. La sua uscita è fornita ad un convertitore A/D 808 che digitalizza i segnali di ricezione degli ultrasuoni analogici in ingresso. Quando viene utilizzata una sonda ad onda continua (CW), i segnali che ne derivano sono forniti ad un demodulatore, demodulatore e 810 estivo che converte i segnali analogici di ricezione RF in coppie di dati I,Q. Le coppie di dati CW I,Q vengono sommate, filtrate e digitalizzate da un circuito di elaborazione ad onda continua 812. Le uscite dai circuiti di

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

elaborazione ad onde standard o continue 805, 812 vengono poi passate ai circuiti di beamforming 820 che utilizzano uno o più FPGA per filtrare, ritardare e sommare i segnali di ricezione digitalizzati in ingresso prima di passare i dati RF alla scheda di elaborazione digitale 826 (Fig. 16). Gli FPGA ricevono i dati di focalizzazione dalle memorie 828. I dati di focalizzazione sono utilizzati per gestire i filtri, i ritardi e le operazioni di somma effettuate dagli FPGA in relazione al beamforming. I dati RF in fase di formazione vengono passati tra i circuiti di beamforming 820 ed infine alla scheda di elaborazione digitale 726.

Le schede digitali front-end 710 includono anche i moduli di trasmissione 822 che forniscono segnali di trasmissione ai corrispondenti trasduttori della sonda ad ultrasuoni. I circuiti di beamforming 820 includono la memoria che memorizza le forme d'onda di trasmissione. I moduli di trasmissione 822 ricevono le forme d'onda di trasmissione sulla linea 824 dai circuiti di beamforming 820.

La Fig. 18 illustra uno schema a blocchi della scheda di elaborazione digitale 726 implementata secondo le forme di realizzazione del presente documento. La scheda di elaborazione digitale 726 comprende diversi processori 952-959 per eseguire diverse operazioni sotto il controllo delle istruzioni di programma salvate nelle corrispondenti memorie vedi 962 - 969. Un controllore master 950 gestisce il funzionamento della scheda di elaborazione digitale 726 e dei processori 952 - 959. A titolo di esempio, uno o più processori come il 952 possono eseguire il filtraggio, il compounding, la modulazione, la

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

compressione e altre operazioni, mentre un altro processore 953 esegue l'elaborazione del flusso di colore. Il controllore master fornisce segnali di controllo della sonda, segnali di controllo della temporizzazione, controllo delle comunicazioni e simili. Il controllore master 950 fornisce informazioni di configurazione in tempo reale e segnali di sincronizzazione in connessione con ogni canale alla scheda digitale front-end 710.

Si deve chiaramente comprendere che le varie disposizioni e processi ampiamente descritti e illustrati rispetto alle figure, e/o uno o più singoli componenti o elementi di tali disposizioni e/o una o più operazioni di processo associate a tali processi, possono essere impiegati indipendentemente da o insieme a uno o più altri componenti, elementi e/o operazioni di processo qui descritti e illustrati. Di conseguenza, mentre le varie disposizioni e i vari processi sono ampiamente contemplati, descritti e illustrati nel presente documento, va inteso che essi sono forniti in modo meramente illustrativo e non restrittivo, e possono inoltre essere considerati come semplici esempi di possibili ambienti di lavoro in cui una o più disposizioni o processi possono funzionare o operare.

Gli aspetti sono qui descritti con riferimento alle Figure, che illustrano metodi di esempio, dispositivi e prodotti di programma secondo varie forme di realizzazione di esempio. Queste istruzioni di programma possono essere fornite ad un processore di un computer per uso generale, di un computer per uso speciale o di un altro dispositivo programmabile di elaborazione dati o di trattamento delle informazioni per produrre una macchina, in modo tale che le

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

istruzioni, che vengono eseguite tramite un processore del dispositivo, implementino le funzioni/atti specificati. Le istruzioni del programma possono anche essere memorizzate in un supporto leggibile del dispositivo che può indirizzare un dispositivo a funzionare in un determinato modo, in modo tale che le istruzioni memorizzate nel supporto leggibile del dispositivo producano un articolo di fabbricazione, comprese le istruzioni che attuano la funzione/l'atto specificato. Le istruzioni del programma possono anche essere caricate su un dispositivo per far sì che una serie di passi operativi vengano eseguiti sul dispositivo per produrre un processo implementato sul dispositivo in modo tale che le istruzioni che eseguono sul dispositivo forniscano processi per l'implementazione delle funzioni/atti specificati.

Una o più delle operazioni sopra descritte in relazione ai metodi possono essere eseguite utilizzando uno o più processori. I diversi dispositivi nei sistemi qui descritti possono rappresentare uno o più processori, e due o più di questi dispositivi possono includere almeno uno degli stessi processori. In un'unica forma di realizzazione, le operazioni qui descritte possono rappresentare azioni eseguite quando uno o più processori (ad esempio, dei dispositivi qui descritti) eseguono istruzioni di programma memorizzate in memoria (ad esempio, software memorizzato su un supporto di memorizzazione tangibile e non transitorio leggibile dal computer, come un disco rigido del computer, ROM, RAM o simili).

L'elaboratore o gli elaboratori possono eseguire una serie di istruzioni che sono memorizzate in uno o più elementi di memorizzazione, al fine di elaborare i

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

dati. Gli elementi di memorizzazione possono anche memorizzare dati o altre informazioni a seconda delle esigenze. L'elemento di memorizzazione può essere sotto forma di una fonte di informazioni o di un elemento di memoria fisica all'interno dei controllori e del dispositivo di controllo. L'insieme di istruzioni può includere vari comandi che istruiscono i controllori e il dispositivo di controllo ad eseguire operazioni specifiche come i metodi e i processi delle varie forme di realizzazione dell'argomento qui descritto. L'insieme di istruzioni può essere in forma di programma software. Il software può essere in varie forme, come ad esempio un software di sistema o un software applicativo. Inoltre, il software può essere sotto forma di un insieme di programmi o moduli separati, un modulo di programma all'interno di un programma più grande o una parte di un modulo di programma. Il software può anche includere una programmazione modulare sotto forma di programmazione orientata agli oggetti. L'elaborazione dei dati di input da parte della macchina di elaborazione può essere in risposta a comandi dell'utente, o in risposta ai risultati di un'elaborazione precedente, o in risposta a una richiesta fatta da un'altra macchina di elaborazione.

Il controllore può includere qualsiasi sistema basato su processore o microprocessore, compresi i sistemi che utilizzano microcontrollori, computer a set di istruzioni ridotte (RISC), circuiti integrati specifici per applicazioni (ASIC), array di gate programmabili sul campo (FPGA), circuiti logici e qualsiasi altro circuito o processore in grado di eseguire le funzioni descritte nel presente documento.

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

Quando è basato su un processore, il controllore esegue le istruzioni del programma memorizzate in memoria per eseguire le operazioni corrispondenti. In aggiunta o in alternativa, i controllori e il dispositivo di controllo possono rappresentare circuiti che possono essere implementati come hardware. Gli esempi di cui sopra sono solo esemplari e non intendono quindi limitare in alcun modo la definizione e/o il significato del termine "controllore".

Facoltativamente, gli aspetti dei processi qui descritti possono essere eseguiti su una o più reti uno o più server di rete. La rete può supportare le comunicazioni utilizzando uno qualsiasi dei vari protocolli disponibili in commercio, come Transmission Control Protocol/Internet Protocol ("TCP/IP"), User Datagram Protocol ("UDP"), protocolli che operano in vari livelli del modello Open System Interconnection ("OSI"), File Transfer Protocol ("FTP"), Universal Plug and Play ("UpnP"), Network File System ("NFS"), Common Internet File System ("CIFS") e AppleTalk. La rete può essere, ad esempio, una rete locale, una rete ad ampio raggio, una rete privata virtuale, Internet, una intranet, una extranet, una rete telefonica pubblica commutata, una rete a infrarossi, una rete senza fili, una rete satellitare e qualsiasi combinazione di questi elementi.

Nelle realizzazioni che utilizzano un server web, il server web può eseguire una qualsiasi delle varie applicazioni server o di medio livello, compresi i server Hypertext Transfer Protocol ("HTTP"), i server FTP, i server Common Gateway Interface ("CGI"), i server dati, i server Java, i server Apache e i server di applicazioni aziendali. I server possono anche

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

essere in grado di eseguire programmi o script in risposta a richieste da parte di dispositivi utente, ad esempio eseguendo una o più applicazioni web che possono essere implementate come uno o più script o programmi scritti in qualsiasi linguaggio di programmazione, come Java®, C, C# o C++, o qualsiasi linguaggio di scripting, come Ruby, PHP, Perl, Python o TCL, così come le loro combinazioni. I server possono anche includere server di database, inclusi, senza limitazione, quelli disponibili in commercio presso Oracle®, Microsoft®, Sybase® e IBM®, nonché server open-source come MySQL, Postgres, SQLite, MongoDB, e qualsiasi altro server in grado di memorizzare, recuperare e accedere a dati strutturati o non strutturati. I server di database possono includere server basati su tabelle, server basati su documenti, server non strutturati, server relazionali, server non relazionali o combinazioni di questi e/o altri server di database.

Le forme di realizzazione qui descritte possono includere una varietà di archivi di dati e altri supporti di memoria e di archiviazione come discusso in precedenza. Questi possono risiedere in una varietà di luoghi, come ad esempio su un supporto di memorizzazione locale a (e/o residente in) uno o più computer o remoto da uno o tutti i computer della rete. In una particolare serie di forme di realizzazione, le informazioni possono risiedere in una rete di aree di archiviazione ("SAN") familiare a chi è esperto nel settore. Allo stesso modo, qualsiasi file necessario per eseguire le funzioni attribuite ai computer, ai server o ad altri dispositivi di rete può essere memorizzato localmente e/o in remoto, a seconda dei

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

casi. Nel caso in cui un sistema comprenda dispositivi computerizzati, ciascuno di tali dispositivi può includere elementi hardware che possono essere accoppiati elettricamente tramite un bus, gli elementi che comprendono, ad esempio, almeno un'unità di elaborazione centrale ("CPU" o "processore"), almeno un dispositivo di ingresso (ad esempio, un mouse, una tastiera, un controller, un touch screen o una tastiera) e almeno un dispositivo di uscita (ad esempio, un dispositivo di visualizzazione, una stampante o un altoparlante). Tale sistema può anche includere uno o più dispositivi di memorizzazione, come unità disco, dispositivi di memorizzazione ottica e dispositivi di memorizzazione a stato solido come la memoria ad accesso casuale ("RAM") o la memoria di sola lettura ("ROM"), nonché dispositivi di supporto rimovibili, schede di memoria, schede flash, ecc.

Tali dispositivi possono anche includere un lettore di supporti di memorizzazione leggibile dal computer, un dispositivo di comunicazione (ad esempio, un modem, una scheda di rete (senza fili o cablata), un dispositivo di comunicazione a infrarossi, ecc. Il lettore di supporti di memorizzazione leggibili dal computer può essere collegato o configurato per ricevere un supporto di memorizzazione leggibile dal computer, che rappresenta dispositivi di memorizzazione remoti, locali, fissi e/o rimovibili, nonché supporti di memorizzazione per contenere, memorizzare, trasmettere e recuperare temporaneamente e/o più permanentemente informazioni leggibili dal computer. Il sistema e i vari dispositivi includeranno anche un certo numero di applicazioni software, moduli, servizi o altri elementi situati all'interno di almeno

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

un dispositivo di memoria di lavoro, compreso un sistema operativo e programmi applicativi, come ad esempio un'applicazione client o un browser web. Si dovrebbe apprezzare il fatto che le forme di realizzazione alternative possono avere numerose varianti rispetto a quelle sopra descritte. Ad esempio, possono essere utilizzati anche hardware personalizzati e/o possono essere implementati particolari elementi nell'hardware, nel software (compresi i software portatili, come le applet) o in entrambi. Inoltre, può essere utilizzata la connessione ad altri dispositivi informatici come dispositivi di input/output di rete.

Le varie forme di realizzazione possono inoltre comprendere la ricezione, l'invio o la memorizzazione di istruzioni e/o dati implementati in conformità con la descrizione di cui sopra su un supporto leggibile dal computer. I supporti di memorizzazione e i supporti leggibili dal computer per contenere codice, o porzioni di codice, possono includere qualsiasi supporto appropriato conosciuto o utilizzato nell'arte, compresi i supporti di memorizzazione e i supporti di comunicazione, come, ma non solo, i supporti volatili e non volatili, rimovibili e non rimovibili implementati in qualsiasi metodo o tecnologia per la memorizzazione e/o la trasmissione di informazioni come istruzioni leggibili dal computer, strutture di dati, moduli di programma o altri dati, inclusi RAM, ROM, Memoria a sola lettura programmabile cancellabile elettricamente ("EEPROM"), memoria flash o altra tecnologia di memoria, Compact Disc Read-Only Memory ("CD-ROM"), disco digitale versatile (DVD) o altri dispositivi di memorizzazione ottica, cassette

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

magnetiche, nastro magnetico, memorizzazione su disco magnetico o altri dispositivi di memorizzazione magnetica o qualsiasi altro supporto che può essere utilizzato per memorizzare le informazioni desiderate e al quale il dispositivo di sistema può accedere. Sulla base della divulgazione e degli insegnamenti qui forniti, una persona di ordinaria abilità nell'arte apprezzerà altri modi e/o metodi per realizzare le varie forme di realizzazione.

Le specifiche e i disegni sono, di conseguenza, da considerare in senso illustrativo piuttosto che restrittivo. Sarà, tuttavia, evidente che varie modifiche e cambiamenti possono essere apportati in questo caso senza allontanarsi dallo spirito più ampio e dalla portata dell'invenzione, come indicato nelle rivendicazioni.

Altre variazioni rientrano nello spirito della presente informativa. Così, mentre le tecniche divulgate sono suscettibili di varie modifiche e costruzioni alternative, alcune loro forme di realizzazione illustrate sono mostrate nei disegni e sono state descritte in dettaglio in precedenza. Va inteso, tuttavia, che non vi è l'intenzione di limitare l'invenzione alla forma o alle forme specifiche divulgate, ma al contrario, l'intenzione è quella di coprire tutte le modifiche, le costruzioni alternative ed equivalenti che rientrano nello spirito e nell'ambito dell'invenzione, come definito nelle rivendicazioni allegate.

L'uso dei termini "a" e "an" e "il" e simili referenti nel contesto della descrizione delle forme di realizzazione divulgate (specialmente nel contesto delle seguenti affermazioni) deve essere interpretato

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

in modo da coprire sia il singolare che il plurale, a meno che non sia diversamente indicato nel presente documento o chiaramente contraddetto dal contesto. I termini "comprendente", "avere", "includere" e "contenere" devono essere interpretati come termini a tempo indeterminato (cioè, che significa "compreso, ma non limitato a"), salvo diversa indicazione. Il termine "connesso", quando non è modificato e si riferisce a connessioni fisiche, deve essere inteso come parzialmente o totalmente contenuto all'interno, collegato o unito, anche se c'è qualcosa che interviene. La recitazione di intervalli di valori nel presente documento è intesa semplicemente come un metodo abbreviato per riferirsi individualmente a ciascun valore separato che rientra nell'intervallo, salvo diversa indicazione nel presente documento, e ciascun valore separato è incorporato nella specifica come se fosse recitato individualmente nel presente documento. L'uso del termine "insieme" (ad esempio, "un insieme di elementi") o "sottoinsieme", a meno che non sia diversamente indicato o contraddetto dal contesto, deve essere inteso come una raccolta non vuota che comprende uno o più membri. Inoltre, a meno che non sia diversamente indicato o contraddetto dal contesto, il termine "sottoinsieme" di un insieme corrispondente non indica necessariamente un sottoinsieme adeguato dell'insieme corrispondente, ma il sottoinsieme e l'insieme corrispondente possono essere uguali.

Le operazioni dei processi descritti nel presente documento possono essere eseguite in qualsiasi ordine appropriato, a meno che non sia diversamente indicato nel presente documento o che non sia chiaramente contraddetto dal contesto. I processi qui descritti (o

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

le loro variazioni e/o combinazioni) possono essere eseguiti sotto il controllo di uno o più sistemi informatici configurati con istruzioni eseguibili e possono essere implementati come codice (ad esempio, istruzioni eseguibili, uno o più programmi informatici o una o più applicazioni) che vengono eseguiti collettivamente su uno o più processori, tramite hardware o combinazioni di essi. Il codice può essere memorizzato su un supporto di memorizzazione leggibile dal computer, ad esempio sotto forma di un programma per computer che comprende una pluralità di istruzioni eseguibili da uno o più processori. Il supporto di memorizzazione leggibile dal computer può essere non transitorio.

Le forme di realizzazione preferite di questa divulgazione sono descritte nel presente documento, compresa la migliore modalità conosciuta dagli inventori per realizzare l'invenzione. Le variazioni di tali forme di realizzazione preferite possono diventare evidenti a quelle di ordinaria abilità nell'arte leggendo la descrizione precedente. Gli inventori si aspettano che gli abili artigiani utilizzino tali variazioni in modo appropriato e gli inventori intendono che le forme di realizzazione della presente pubblicazione siano praticate in modo diverso da quanto qui descritto in modo specifico. Di conseguenza, l'ambito di applicazione della presente informativa comprende tutte le modifiche e gli equivalenti dell'oggetto recitato nelle rivendicazioni qui allegate, come consentito dalla legge applicabile. Inoltre, qualsiasi combinazione degli elementi sopra descritti in tutte le possibili varianti è inclusa nell'ambito di applicazione della presente

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

informativa, a meno che non sia diversamente indicato nel presente documento o sia chiaramente contraddetto dal contesto.

Tutti i riferimenti, incluse le pubblicazioni, le domande di brevetto e i brevetti, citati nel presente documento sono qui incorporati per riferimento nella stessa misura in cui ogni riferimento è stato individualmente e specificamente indicato per essere incorporato per riferimento ed è stato esposto nella sua interezza nel presente documento.

Sebbene venga divulgata principalmente con riferimento alle immagini composte da ultrasuoni, la tecnica di compensazione del movimento qui divulgata può essere utilizzata anche in altri tipi di elaborazione delle immagini, in particolare dove le immagini in movimento devono essere in qualche modo combinate, ad esempio nelle tecniche di imaging con contrasto differenziale, nell'elaborazione della persistenza o simili. Gli ultrasuoni non sono l'unica modalità di imaging che può trarre vantaggio dai presenti insegnamenti. Le immagini a raggi X, risonanza magnetica, SPECT, TC possono essere ugualmente utilizzate così come le immagini video anche in campi non medici come la compressione video, la segmentazione di oggetti video, l'analisi del contenuto video e l'interpolazione di frame o applicazioni in cui il "movimento" tra le immagini può essere solo apparente come nella registrazione di immagini o nella corrispondenza stereo in 3D.

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

RIVENDICAZIONI

1. Metodo di determinazione di piani di scansione nell'acquisizione di immagini ecografiche ed in particolare per la determinazione di misure dimensionali degli oggetti rappresentati nelle immagini, il quale metodo comprende i seguenti passi:

a) definire un corpo da sottoporre ad esame e definire un orientamento prestabilito e/o una posizione prestabilita del piano di scansione che interseca il detto corpo lungo il quale piano si vuole acquisire almeno una immagine ecografica;

b) prevedere un algoritmo di machine learning per la verifica dell'orientamento e/o della posizione del piano di scansione lungo cui è stata acquisita la detta immagine ecografica, il detto algoritmo essendo addestrato con un database di casi noti i quali univocamente correlano i dati immagine di una immagine di un corpo esaminato in istanti temporali precedenti e che è analogo al detto corpo da sottoporre ad esame con la posizione e l'orientamento del piano di scansione lungo cui la detta immagine è stata acquisita relativamente al detto corpo esaminato, ai detti istanti precedenti, la detta posizione ed il detto orientamento del detto piano di scansione corrispondendo alla detta posizione e/o al detto orientamento prestabilito;

c) eseguire la scansione del detto corpo da sottoporre ad esame mediante l'acquisizione di almeno una immagine ecografica lungo almeno un piano di scansione che interseca il detto corpo e che

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

presenta una posizione ed un orientamento rispetto allo stesso;

d) analizzare i dati immagine relativi alla detta almeno una immagine lungo il detto almeno un piano di scansione mediante il detto algoritmo di machine learning e stabilire se la posizione e/o l'orientamento del detto piano di scansione lungo cui è stata acquisita l'immagine corrisponde alla posizione ed all'orientamento prestabiliti per il detto piano di scansione rispetto al corpo da sottoporre ad esame e/o se il piano di scansione lungo cui è stata acquisita l'immagine coincide con il piano di scansione avente la detta prestabilita posizione e/o il detto prestabilito orientamento;

e) memorizzare i dati immagine dell'immagine acquisita e/o sottoporre la detta immagine ad ulteriore elaborazione se il piano di scansione lungo cui detta immagine è stata acquisita corrisponde entro determinate tolleranze al piano di scansione avente la prestabilita posizione e/o il detto prestabilito orientamento;

f) segnalare che il piano di scansione lungo cui detta immagine è stata acquisita non corrisponde entro determinate tolleranze alla posizione e/o all'orientamento del detto prestabilito piano di scansione;

g) e/o ripetere la scansione modificando la posizione e/o l'orientamento del piano di scansione lungo cui acquisire l'immagine rispetto alla posizione e/o all'orientamento del piano di scansione utilizzato nell'acquisizione dell'immagine precedente e ripetere i passi da c) a g) fintanto

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

che la posizione e l'orientamento del piano di scansione lungo cui è acquisita una immagine che è calcolato al passo d) non corrispondono a e/o non coincidono con la posizione e/o l'orientamento del piano di scansione prestabilito.

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui è prevista in combinazione una sonda ecografica che acquisisce immagini bidimensionali ed in cui la posizione della sonda e/o la sua inclinazione rispetto al corpo da sottoporre in esame definiscono la posizione e/o l'orientamento del piano di scansione;

ed eseguire la verifica della posizione e/o dell'orientamento del piano di scansione in tempo reale con l'acquisizione e mostrare il risultato di tale verifica all'utente.

3. Metodo secondo la rivendicazione 2, in cui la detta informazione è puramente informativa e cioè una indicazione relativa al fatto che la posizione e/o l'orientamento del piano di scansione non sono corrispondenti alla posizione e/o all'orientamento del piano di scansione desiderato per l'esame in corso e che l'utente deve pertanto modificare la posizione della sonda, venendo la detta verifica eseguita per ciascuna nuova posizione e/o ciascun nuovo orientamento della sonda fintanto che la verifica rileva la corrispondenza o la coincidenza della posizione e/o dell'orientamento effettivi con la posizione e/o l'orientamento desiderati, tale condizione venendo segnalata da opportuno messaggio di informazione essendo previsti in alternativa il passo di

richiedere all'utente di dare un comando per i possibili successivi passi che possono consistere nella

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

memorizzazione dei dati immagine e/o anche nell'esecuzione di processi di elaborazione o di estrazione di caratteristiche dai detti dati immagine;

attivare ed eseguire automaticamente uno o più successivi passi come la memorizzazione dei dati immagine acquisiti lungo il detto piano di scansione e/o l'esecuzione di passi di elaborazione e/o di estrazione di caratteristiche dai detti dati immagine quando si verifica la corrispondenza e/o la coincidenza della posizione e/o dell'orientamento effettivi con la posizione e/o l'orientamento desiderati, e segnalare solamente tale attivazione e/o esecuzione all'utente.

4. Metodo secondo una o più delle precedenti rivendicazioni, in cui l'informazione all'utente può contenere indicazioni e/o suggerimenti di come modificare la posizione e/o l'orientamento della sonda per portare il piano di scansione generato dalla stessa ad avvicinarsi almeno od a coincidere con la posizione e/o con l'orientamento desiderato del piano di scansione.

5. Metodo secondo una o più delle precedenti rivendicazioni, in cui è previsto l'utilizzo di una sonda ecografica tridimensionale, cioè in grado di acquisire una immagine volumetrica di un corpo da sottoporre ad esame o di una regione limitata dello stesso ed in cui

in combinazione con una acquisizione di un'immagine volumetrica, i dati immagine vengono memorizzati e vengono elaborati in un tempo successivo, cioè in una fase di post-processing successiva ed anche separata rispetto alla fase di acquisizione.

6. Metodo secondo la rivendicazione 5, in cui i dati immagine dell'immagine volumetrica (3D) acquisita

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

vengono sottoposti ad elaborazione mediante un algoritmo di machine learning, il quale algoritmo è addestrato grazie al suddetto database di casi noti ad identificare quali contributi dei dati immagine volumetrici ricadono su un piano di sezione del volume acquisito del corpo esaminato, ovvero quali dei voxel che costituiscono l'insieme tridimensionale di dati immagine dell'immagine volumetrica ricadono su detto piano di sezione, il quale piano di sezione presenta la posizione e/o l'orientamento prestabilito desiderati.

7. Metodo secondo la rivendicazione 5 o 6, in cui la determinazione di piani di scansione nell'acquisizione di immagini ecografiche ed in particolare per la determinazione di misure dimensionali degli oggetti rappresentati nelle immagini prevede i seguenti passi:

a) definire un corpo da sottoporre ad esame e definire un orientamento prestabilito e/o una posizione prestabilita del piano di scansione che interseca il detto corpo lungo il quale piano viene acquisita almeno una immagine ecografica tridimensionale;

b) prevedere un algoritmo di machine learning per l'identificazione di dati immagine che ricadono su un piano di scansione che si estende lungo un piano di sezione avente una posizione e/o un orientamento desiderati rispetto al detto corpo in esame ed il quale piano interseca la detta immagine ecografica tridimensionale, il detto algoritmo essendo addestrato con un database di casi noti i quali univocamente correlano i dati immagine di una

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

immagine di un corpo esaminato in istanti temporali precedenti e che è analogo al detto corpo da sottoporre ad esame con la posizione e l'orientamento del piano di scansione lungo il quale piano di scansione ricadono i contributi dei dati immagine, ovvero i voxel della detta immagine tridimensionale acquisita;

c) eseguire la scansione tridimensionale del detto corpo da sottoporre ad esame;

d) individuare i contributi ai dati immagine che ricadono lungo il detto almeno un piano di scansione mediante il detto algoritmo di machine learning e generare un insieme di dati immagine lungo il detto piano di scansione;

e) memorizzare i dati immagine identificati come ricadenti lungo il detto piano di scansione e/o sottoporre la detta immagine ad ulteriore elaborazione.

8. Metodo secondo la rivendicazione 7, in cui sono previsti ulteriormente i passi di:

f) calcolare l'affidabilità dell'individuazione dei detti dati immagine con riferimento al piano di scansione e segnalare tale valore all'utente;

g) ripetere l'acquisizione dell'immagine volumetrica e/o il passo di identificazione/individuazione dei contributi dei dati immagine (voxel) che ricadono sul detto piano di scansione ed eseguire il passo f) in relazione alla nuova individuazione;

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

h) eseguire il passo g) fintanto che il valore di fitness non rientra entro un campo di valori prestabilito;

i) procedere con il passo e) se il valore di fitness rientra nel detto campo di valori prestabilito.

9. Metodo secondo una o più delle precedenti rivendicazioni in cui è previsto di eseguire i passi di elaborazione su un sottoinsieme selezionato dei dati immagine acquisiti e/o alternativamente od in combinazione fra loro di eseguire alcuni passi come la determinazione mediante l'algoritmo di machine learning della corrispondenza fra la posizione e l'orientamento del piano di scansione effettivo con la posizione e l'orientamento del piano di scansione desiderato e/o l'individuazione nell'insieme di dati immagine di una immagine 3D (volumetrica) dei dati immagine relativi ai contributi che derivano o ricadono su un prestabilito piano di scansione che interseca la detta immagine 3D, utilizzando quali dati immagine i raw data, cioè i dati RF od utilizzando come dati immagine i dati relativi ai pixel o voxel dell'immagine ottenuta dai detti dati grezzi, cioè dai dati RF.

10. Metodo secondo la rivendicazione 9, in cui la verifica della posizione e/o dell'orientamento del piano di scansione oppure la individuazione e la selezione dei dati immagine di una immagine tridimensionale che ricadono su un prestabilito piano di scansione che interseca la detta immagine volumetrica sono eseguiti sull'immagine costituita dai singoli pixel o voxel.

11. Metodo secondo la rivendicazione 9 o 10 in cui è previsto di ridurre il numero di pixel o voxel lungo il piano di scansione mediante note tecniche di

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

riduzione della risoluzione e/o di compressione delle immagini.

12. Metodo secondo una o più delle rivendicazioni 10 o 11, in cui una volta identificati il piano di scansione corretto e/o una volta individuati e selezionati i pixel o voxel di una immagine volumetrica che ricadono su un prestabilito piano di sezione, i passi di elaborazione dei dati immagine e/o di estrazione di caratteristiche dagli stessi vengono eseguiti ritornando alla risoluzione maggiore e/o decomprimendo l'immagine lungo il piano di scansione desiderato alla risoluzione originale oppure addirittura utilizzando per l'elaborazione e/o per l'estrazione di caratteristiche i dati immagine in forma di raw data, ovvero i segnali RF corrispondenti.

13. Metodo secondo una o più delle precedenti rivendicazioni 9 a 12, in cui prima dei passi di verifica della posizione e/o dell'orientamento del piano di scansione oppure della individuazione e/o della selezione dei pixel o voxel di una immagine volumetrica che cadono su un piano di scansione desiderato, è previsto il passo di selezionare un sottoinsieme di piani di scansione e/o un sottoinsieme di dati immagine che ricadono in una limitata regione e/o in un limitata regione del corpo in esame, ovvero una ROI, la quale contiene le regioni e/o le strutture e/o i tessuti target.

14. Metodo secondo la rivendicazione 13, in cui, la posizione e/o l'orientamento della detta ROI è determinata in base al riconoscimento di prestabiliti marker caratteristici di strutture anatomiche presenti nel corpo in esame e vicine o coincidenti con il piano di scansione desiderato.

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

15. Metodo secondo la rivendicazione 14, in cui il riconoscimento di queste strutture, ovvero dei marker caratteristici viene eseguito sulla base di una elaborazione dei dati immagine in una qualsiasi delle forme più sopra definite, eventualmente modificati o compressi ad una risoluzione minore di quella di acquisizione.

16. Metodo secondo la rivendicazione 14 o 15, in cui vengono utilizzati algoritmi di elaborazione di immagini come algoritmi di autocorrelazione, algoritmi di classificazione sia di tipo statistico che deterministico ed anche algoritmi di machine learning.

17. Metodo secondo le rivendicazioni 13 a 16, in cui è prevista una acquisizione veloce a bassa risoluzione che viene sottoposta ad una elaborazione per la determinazione della dimensione, della posizione e dell'orientamento di una ROI sotto forma di bounding box, una successiva acquisizione con risoluzione maggiore dell'immagine della regione compresa all'interno della bounding box.

18. Metodo secondo una o più delle precedenti rivendicazioni in cui detto metodo è applicato al campo ostetrico ed in particolare all'acquisizione di immagini ecografiche per l'esecuzione di misurazioni di grandezze caratteristiche di organi del feto e da qui per la stima del peso fetale o di altre caratteristiche dello stesso.

19. Sistema ecografico per l'attuazione del metodo di determinazione di piani di scansione nell'acquisizione di immagini ecografiche ed in particolare per la determinazione di misure dimensionali degli oggetti rappresentati nelle

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

immagini secondo una o più delle precedenti rivendicazioni, il quale sistema comprende:

Una sonda ecografica per la trasmissione di fasci di impulsi ultrasonici in un corpo in esame e per la ricezione degli impulsi ultrasonici riflessi dal detto corpo in esame, la detta sonda essendo composta da un insieme di trasduttori elettroacustici disposti secondo un prestabilito disegno;

una unità di generazione di segnali di eccitazione dei trasduttori elettroacustici della detta sonda per causare l'emissione dei fasci di impulsi ultrasonici di trasmissione;

una unità di ricezione dei segnali di ricezione prodotti dai trasduttori elettroacustici a seguito dell'incidenza sugli stessi dei segnali ultrasonici di riflessione;

una unità di formatura dei fasci di trasmissione che sincronizzano fra loro i segnali di eccitazione forniti ai singoli traduttori per focalizzare il fascio generato dall'insieme di trasduttori elettroacustici su singoli punti e/o linee e/o aree del corpo in esame;

una unità di formatura dei fasci di ricezione che sincronizzano fra loro i segnali di ricezione dei singoli trasduttori per combinare i contributi di segnale dei singoli trasduttori generati da segnali di riflessione derivanti da identici punti e/o zone di riflessione del corpo in esame;

una unità di estrazione dai segnali di ricezione di dati immagine sotto forma di segnali a radiofrequenza;

una unità di generazione di una immagine digitale dai detti dati immagine sotto forma di segnali a radiofrequenza;

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

una unità di visualizzazione della detta immagine digitale;

una interfaccia utente che consente l'immissione di comandi e/o dati da parte dell'utente e la visualizzazione di dati informativi per l'utente da parte del sistema;

una unità di misurazione di grandezze dimensionali di strutture presenti in una immagine, la quale unità di misurazione comprende:

organi di definizione di punti e/o linee e/o superfici di riferimento per l'esecuzione di una o più diverse misure dimensionali relativi ai detti punti alle dette linee e/o alle dette superfici di riferimento;

un algoritmo di determinazione delle grandezze e/o delle posizioni dei detti punti, delle dette line e/o delle dette superfici di riferimento.

20. Sistema secondo la rivendicazione 19, caratterizzato dal fatto che comprende ulteriormente

una unità di elaborazione, di verifica della posizione e/o dell'orientamento del piano di scansione di una o più immagini acquisite, la quale unità è configurata per eseguire una verifica di corrispondenza della posizione e/o dell'orientamento del piano di scansione delle dette immagini acquisite con la posizione e/o con l'orientamento di un piano di scansione predefinito,

detta verifica essendo eseguita mediante un algoritmo di analisi dei dati immagine dell'immagine acquisita con dati immagine di un database di dati immagine relativi ad una pluralità di separate acquisizioni per le quali è nota la corrispondenza

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

della posizione e/o dell'orientamento del piano di scansione con quello desiderato,

il detto algoritmo di analisi essendo codificato sotto forma di istruzioni in un programma che è eseguito da un processore della detta unità di elaborazione.

21. Sistema secondo le rivendicazioni 19 o 20, in cui la detta unità di elaborazione di verifica della posizione e/o dell'orientamento del piano di scansione, comprende una unità di generazione di dati di informazione sull'esito della verifica, la quale unità è in comunicazione con l'interfaccia utente e/o con la detta unità di visualizzazione e visualizza tali dati di informazione in formato intellegibile dall'utente;

essendo la detta unità di elaborazione provvista di una interfaccia di input per una conferma di accettazione e/o per un comando di ripetizione e/o di interruzione della detta attività di verifica.

22. Sistema secondo una o più delle precedenti rivendicazioni, in cui la detta unità di elaborazione è provvista di una interfaccia di input per una conferma di accettazione e per un comando manuale di attivazione di un processo di estrazione di informazioni e/o caratteristiche dai dati immagine delle immagini per le quali è stata inviata la conferma all'unità di elaborazione.

23. Sistema secondo una o più delle precedenti rivendicazioni, in cui nella detta unità di elaborazione è caricato un programma per l'esecuzione del processo di estrazione di informazione e/o di caratteristiche dai dati immagine, il quale programma contiene le istruzioni per la detta unità di elaborazione per l'esecuzione dei passi del detto

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

processo di estrazione di informazioni e/o di caratteristiche ed il quale programma viene caricato e lanciato per l'esecuzione in modo automatico dalla stessa unità di elaborazione a seguito dell'esito positivo della verifica della posizione e/o dell'orientamento del piano di scansione oppure a seguito della conferma manuale dell'utente relativamente all'esito della suddetta verifica.

24. Sistema secondo una o più delle precedenti rivendicazioni, in cui è prevista una sonda od un gruppo sonda/tracciatore per l'acquisizione di una immagine volumetrica, ovvero tridimensionale del corpo in esame,

ed in combinazione con detta sonda una unità di elaborazione in cui è caricato e che esegue un programma nel quale sono codificate le istruzioni che rendono il detto elaboratore adatto a determinare e selezionare i contributi ai dati immagine dell'immagine volumetrica che sono derivanti da un prestabilito piano di scansione avente una posizione e/o un orientamento desiderati rispetto alla detta immagine volumetrica e generare una immagine relativa al detto piano di scansione prestabilito.

25. Sistema secondo una o più delle precedenti rivendicazioni, in cui nella detta unità di elaborazione è caricato un programma per l'esecuzione del processo di estrazione di informazione e/o di caratteristiche dai dati immagine, il quale programma contiene le istruzioni per la detta unità di elaborazione per l'esecuzione dei passi del detto processo di estrazione di informazioni e/o di caratteristiche ed il quale programma viene caricato e lanciato per l'esecuzione in modo automatico dalla

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 551 BM

stessa unità di elaborazione a seguito dell'esito positivo della verifica della posizione e/o dell'orientamento del piano di scansione oppure a seguito della conferma manuale dell'utente relativamente all'esito della suddetta verifica.

26 Sistema secondo una o più delle precedenti rivendicazioni caratterizzato dal fatto che prevede una unità di elaborazione per la definizione di una o più ROI nelle quali ricadono una o più delle regioni e/o delle strutture rappresentate nelle immagini acquisite e che sono comuni alla regione e/o alle strutture che identificano un prestabilito piano di scansione avente una desiderata posizione e/o un desiderato orientamento rispetto al corpo in esame.

27. Sistema secondo una o più delle precedenti rivendicazioni in cui è prevista una unità di variazione nel senso di una riduzione od un ripristino della risoluzione e/o del numero di pixel o di voxel, la quale unità comunica con l'unità di elaborazione di verifica del piano di scansione e/o di determinazione e/o selezione dei contributi ai dati immagine che derivano da un certo piano di scansione e fornisce alla stessa per l'esecuzione delle attività di verifica e per le esecuzioni di attività di determinazione e selezione fornisce alla detta unità i pixel o voxel delle immagini aventi una risoluzione ridotta od il numero ridotto di pixel o voxel, mentre la detta unità comunica con l'unità di elaborazione per l'esecuzione del processo di estrazione di informazione e/o di caratteristiche dai dati immagine alla quale fornisce i dati immagine alla risoluzione originaria e/o i dati immagine in formato a radiofrequenza.

GIORGIO A. KARAGHIOSOFF
MANDATARIO ABILITATO 531 BM

P.I. ESAOTE S.p.A.

Giorgio A. Karaghiosoff

Mandatario Abilitato

Iscritto al N. 531 BM

5

P.I. ESAOTE SpA
Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato 531BM

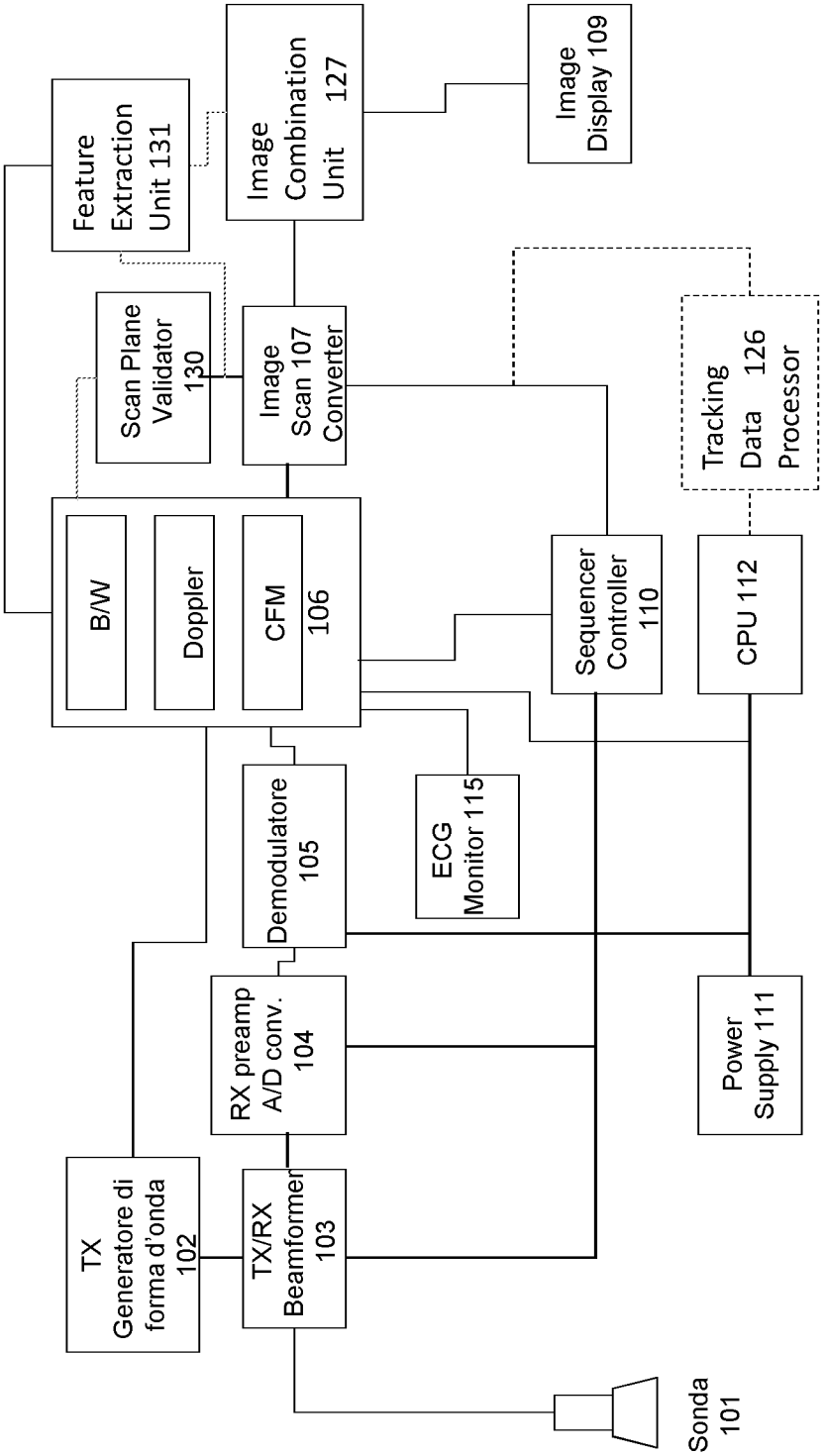


Fig. 1

P.I. ESAOTE SpA
Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato 531BM

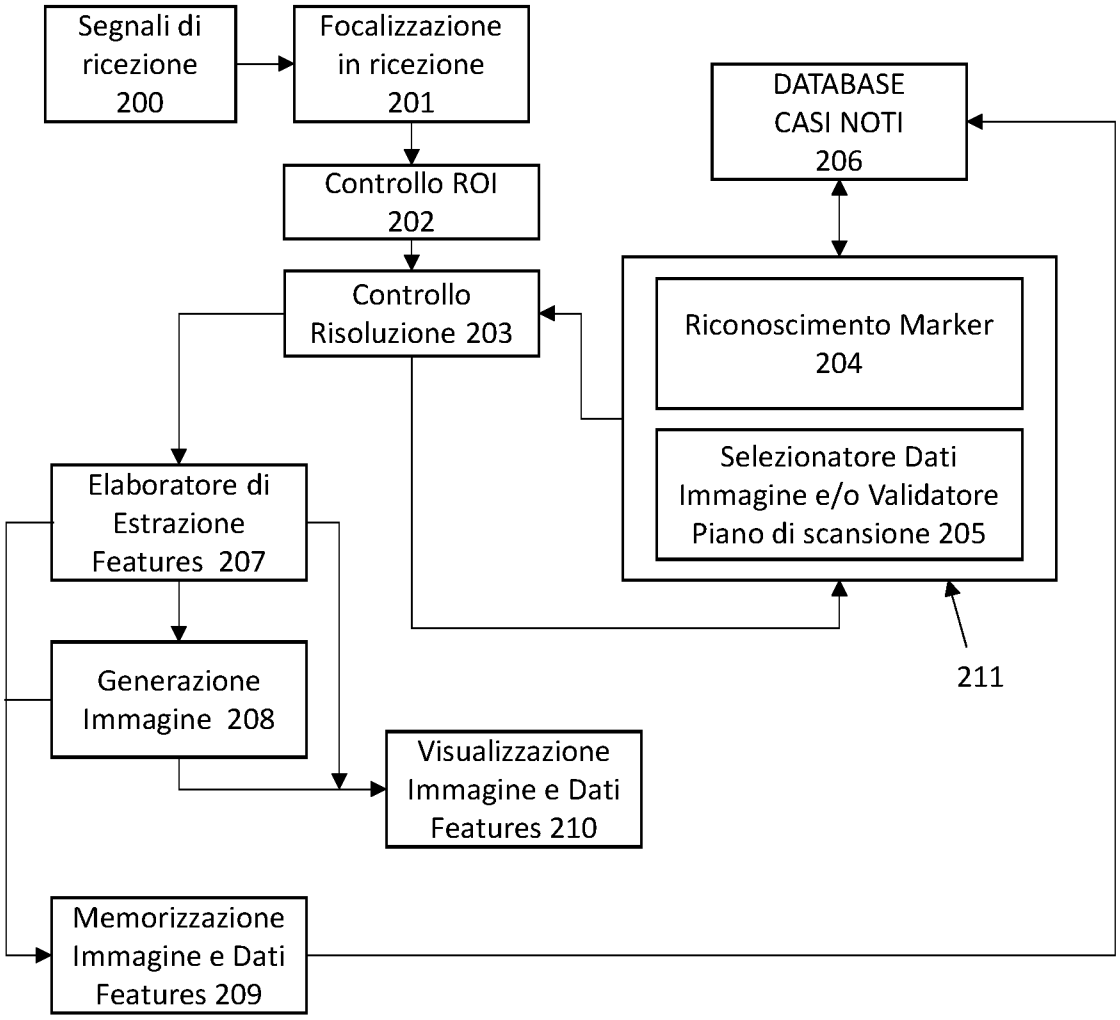


Fig. 2

P.I. ESAOTE SpA
Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato 531BM

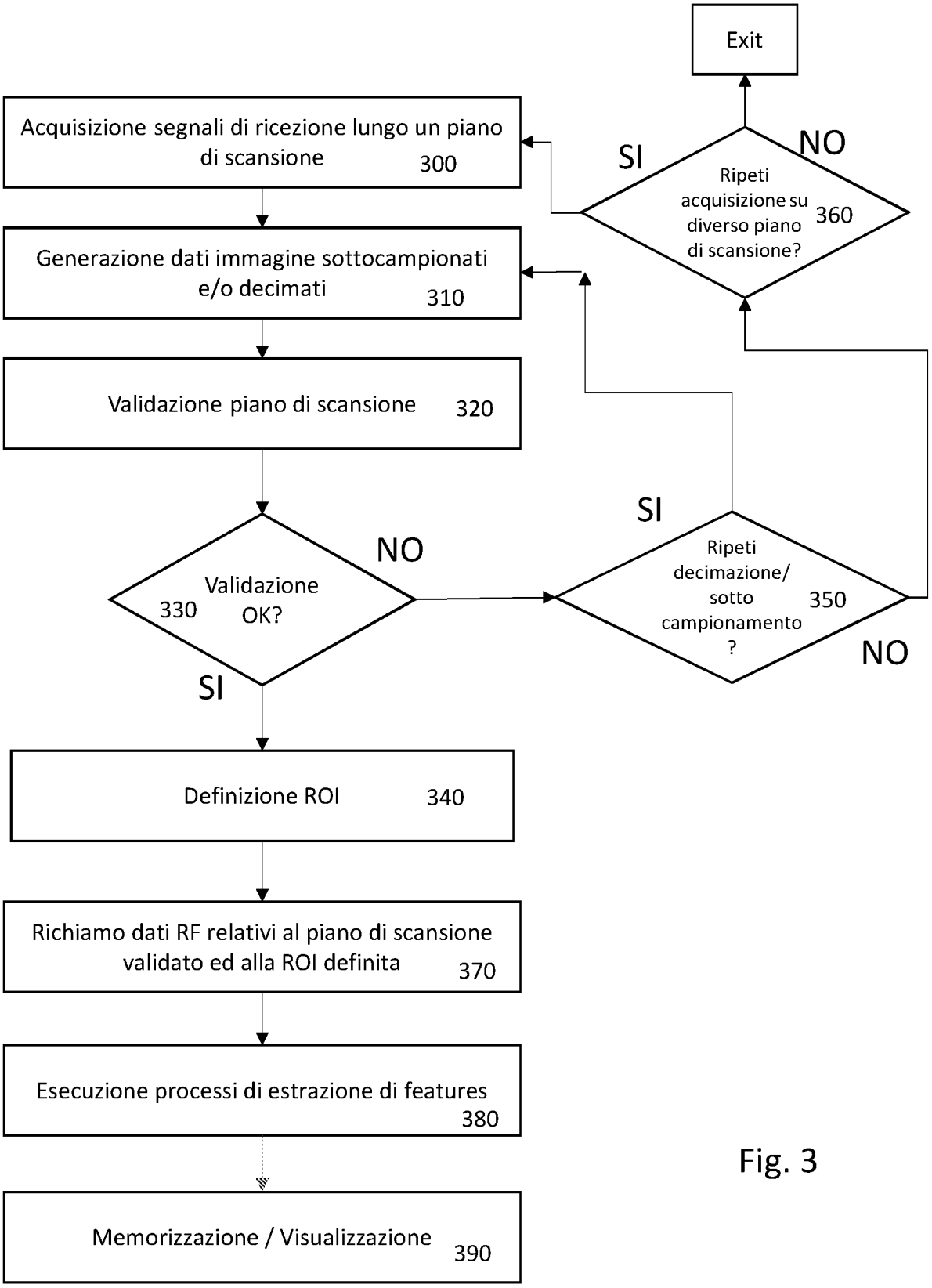


Fig. 3

P.I. ESAOTE SpA
Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato 531BM

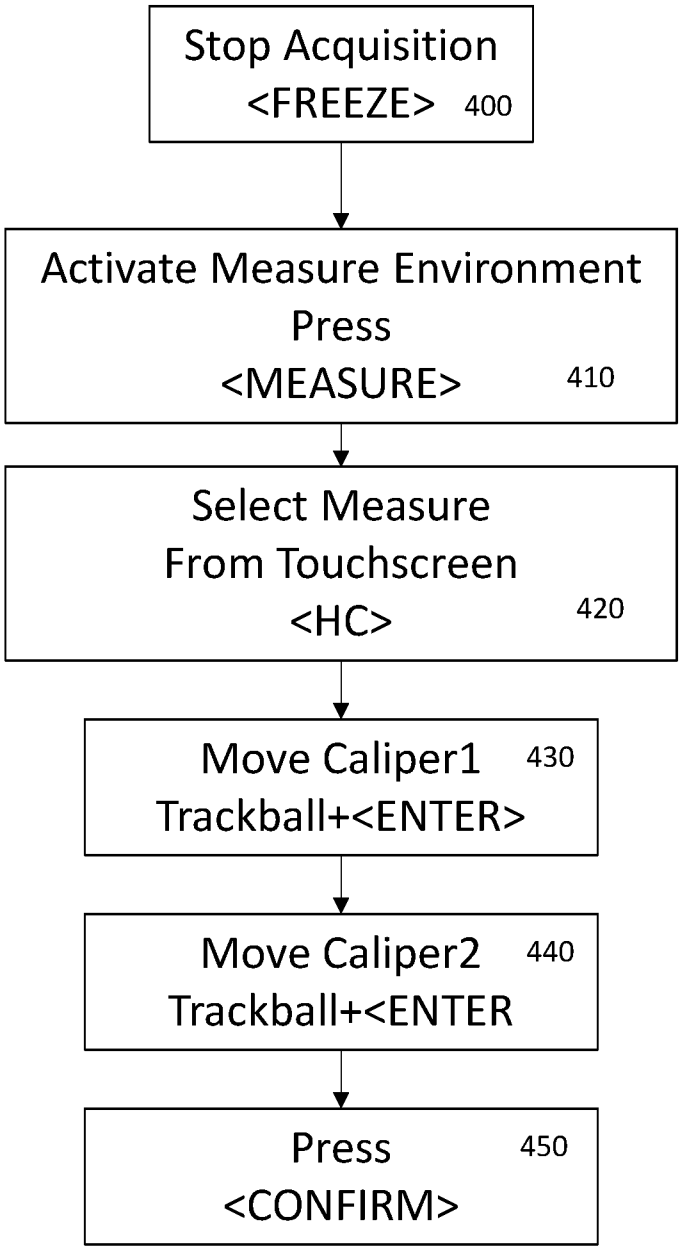
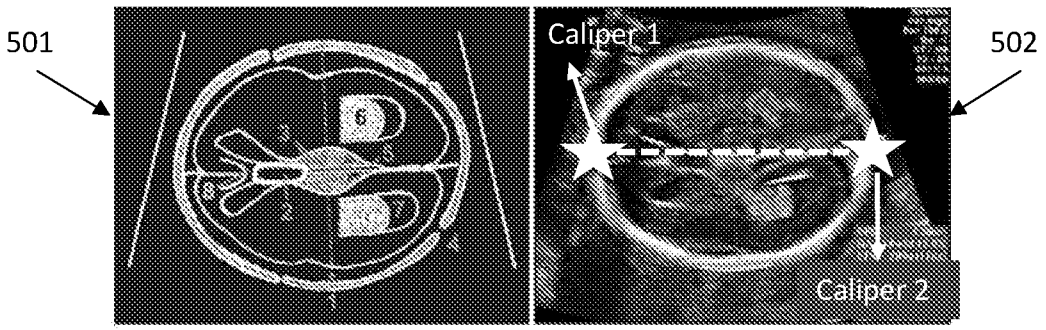


Fig. 4



Biparietal diameter plane.

1 Biparietal diameter

2 Cavum Septum pellucidum

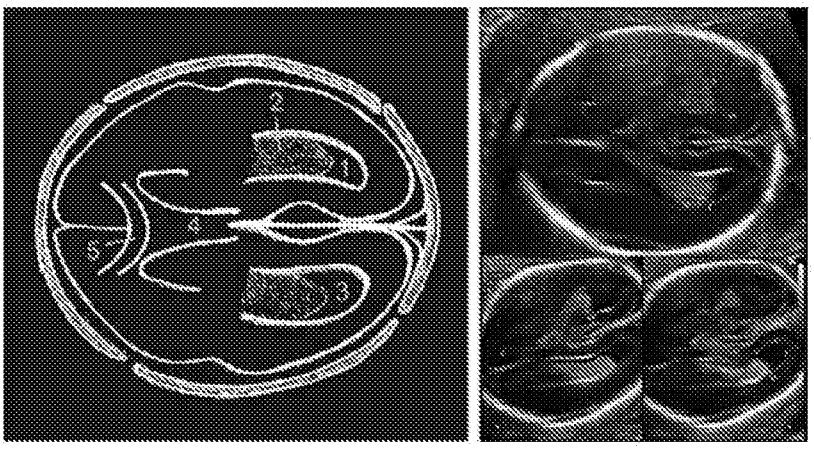
3 Thalami

4 Hypoechoic skull sutures

5 Third Ventricle

6 Choroid

Fig. 5



Transventricular plane.

The lower right images demonstrate that angling the fetal head can improve visualisation of the near field lateral ventricle.

1 Near field posterior horn of lateral ventricle

2 Choroid

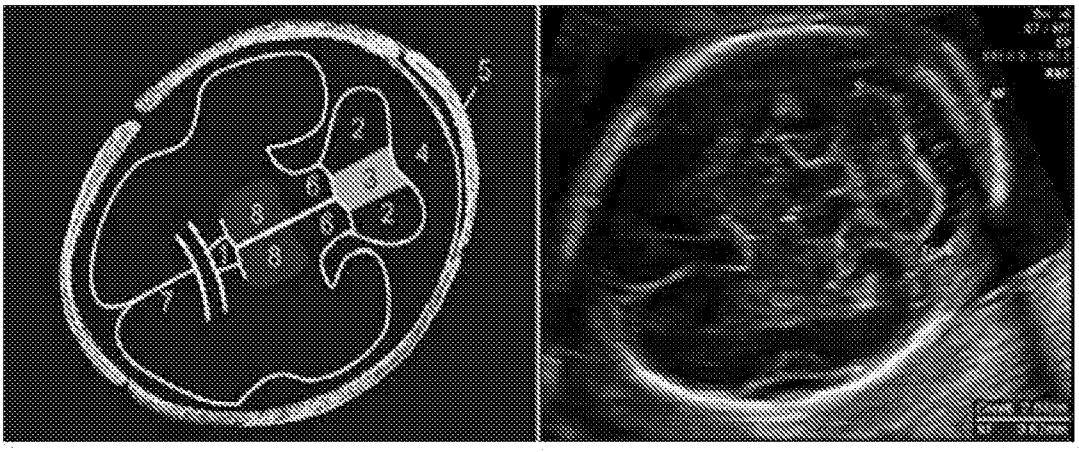
3 Far field posterior horn of lateral ventricle

4 Cavum Septum Pellucidum (CSP)

5 Corpus callosum (CC)

Fig. 6

P.I. ESAOTE SpA
Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato 531BM



Cerebellar plane.

1 Cavum Septum Pellucidum

2 Cerebellar lobes

3 Cerebellar vermis

4 Cisterna Magna

5 Nuchal Fold

6 Cerebral peduncles

7 Ealy

Fig. 7

P.I. ESAOTE SpA
Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato 531BM

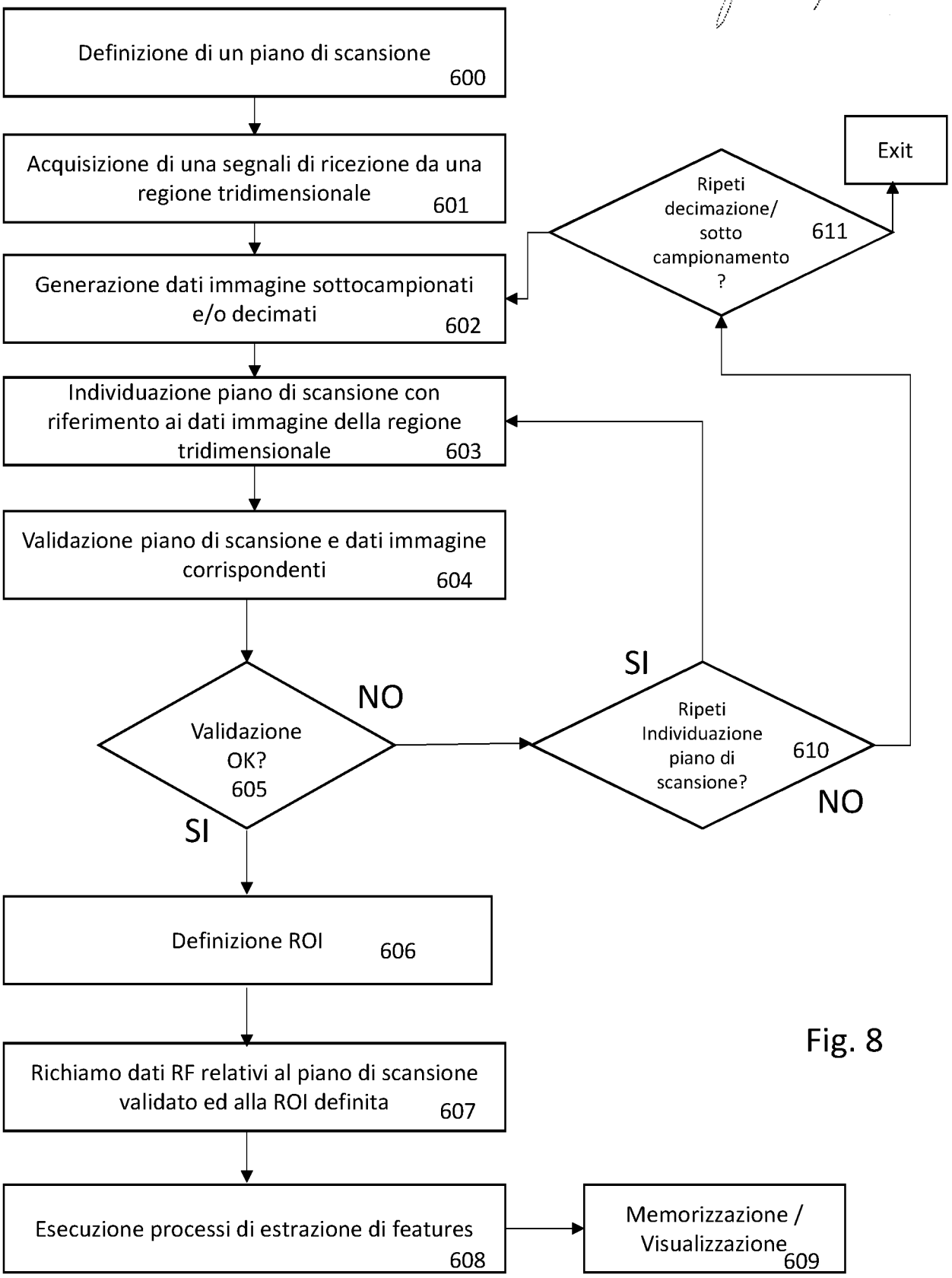


Fig. 8

P.I. ESAOTE SpA
Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato 531BM

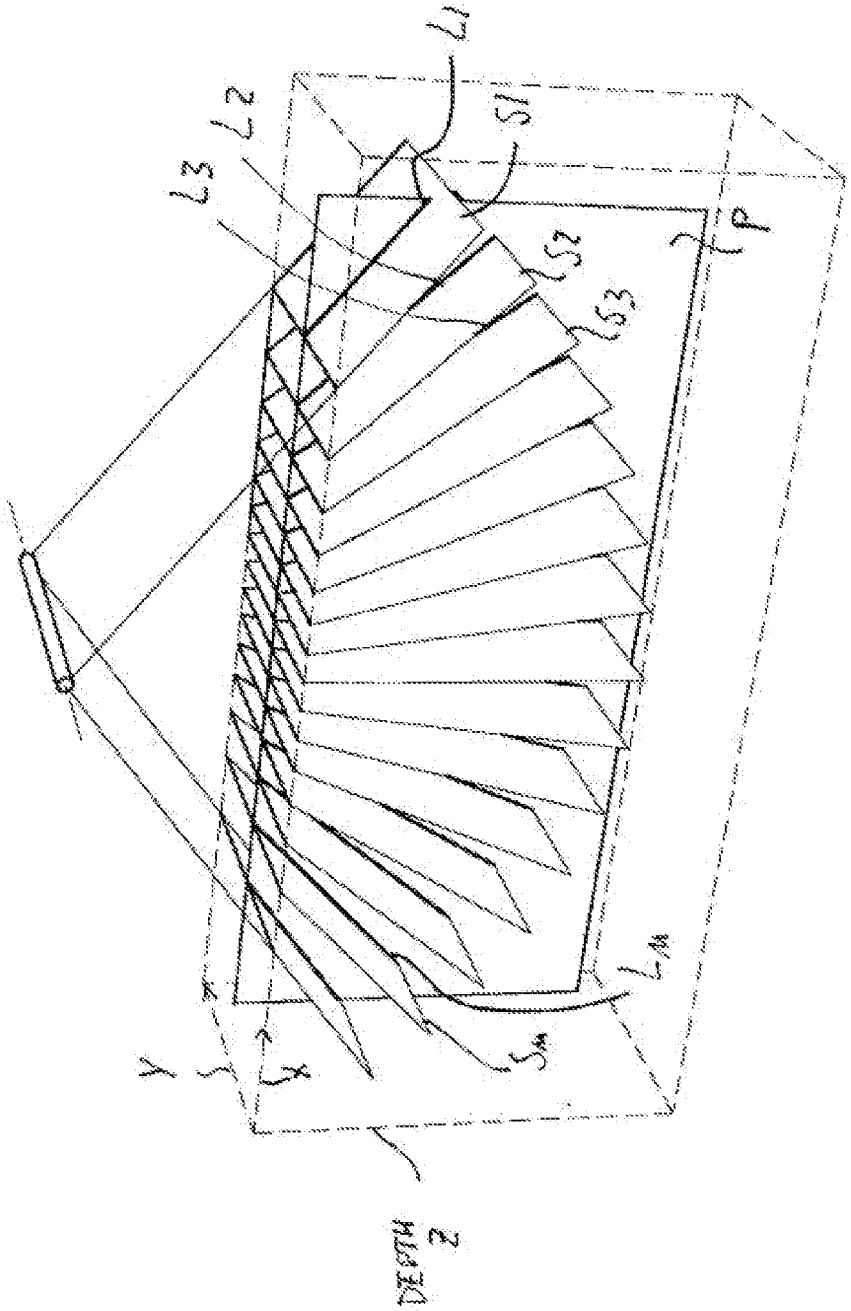


Fig. 9

P.I. ESAOTE SpA
Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato 531BM

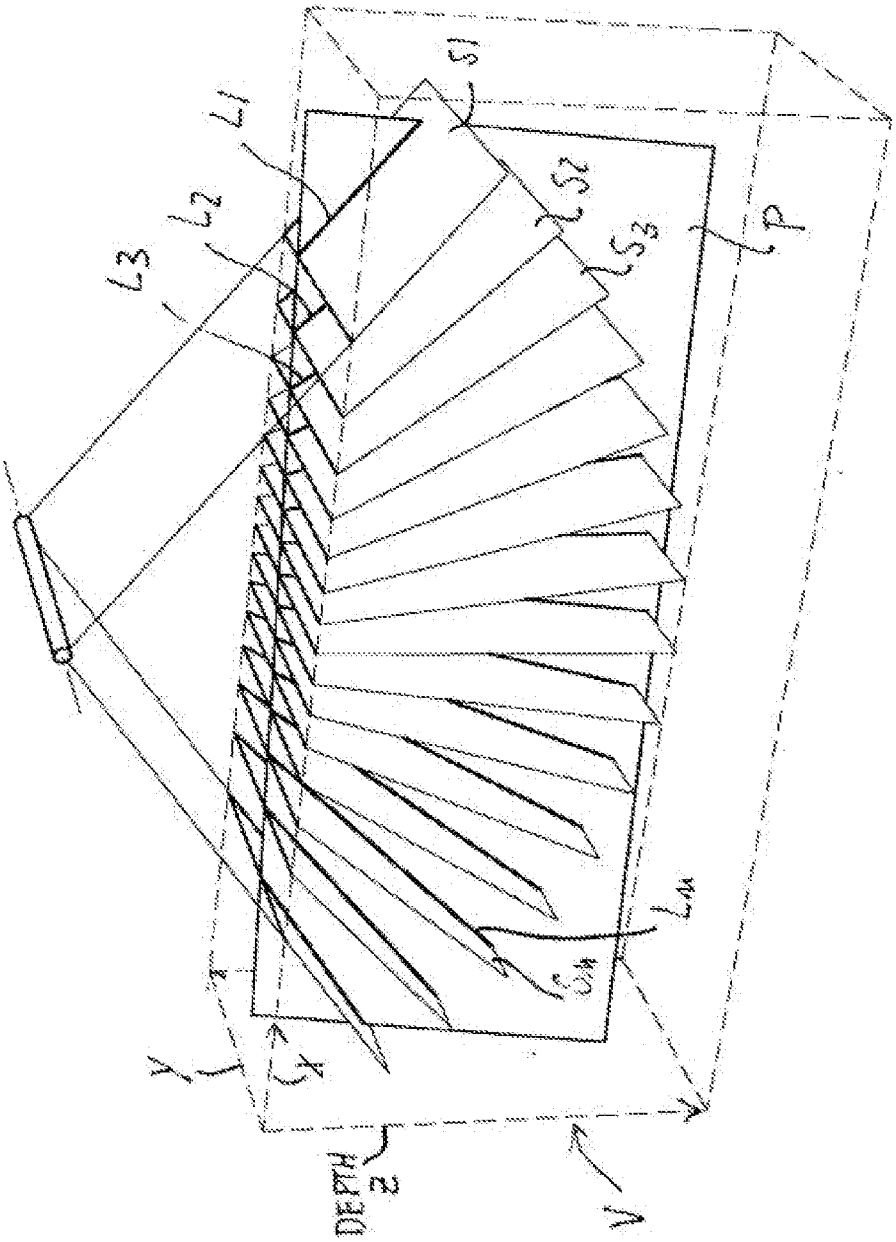


Fig. 10

P.I. ESAOTE SpA
Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato 531BM

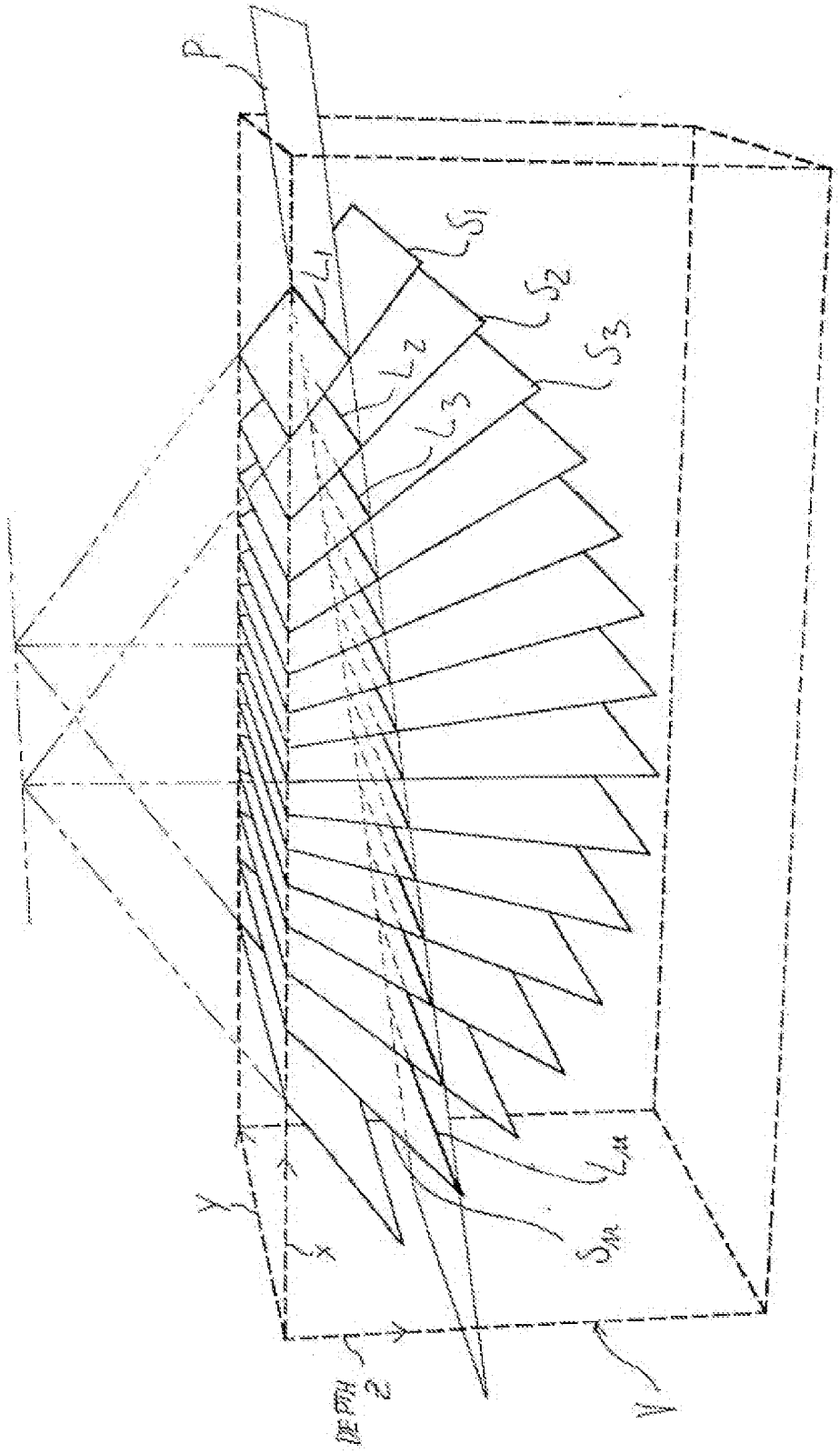


Fig. 11

P.I. ESAOTE SpA
Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato 531BM

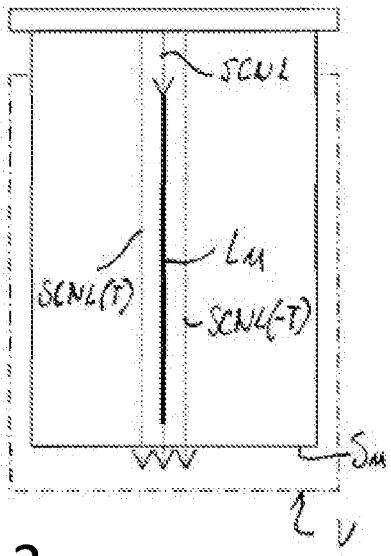


Fig. 12

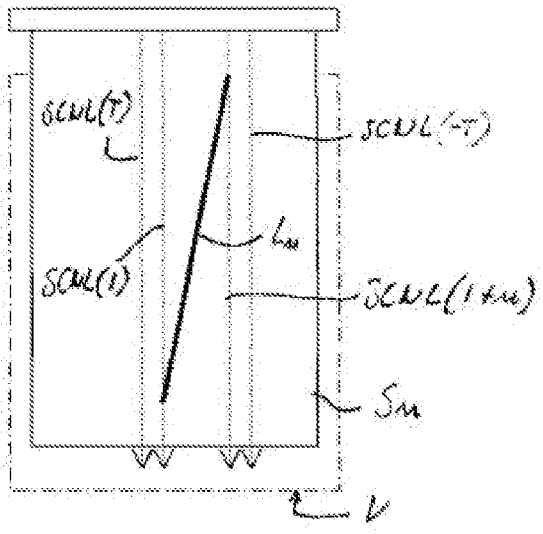


Fig. 13

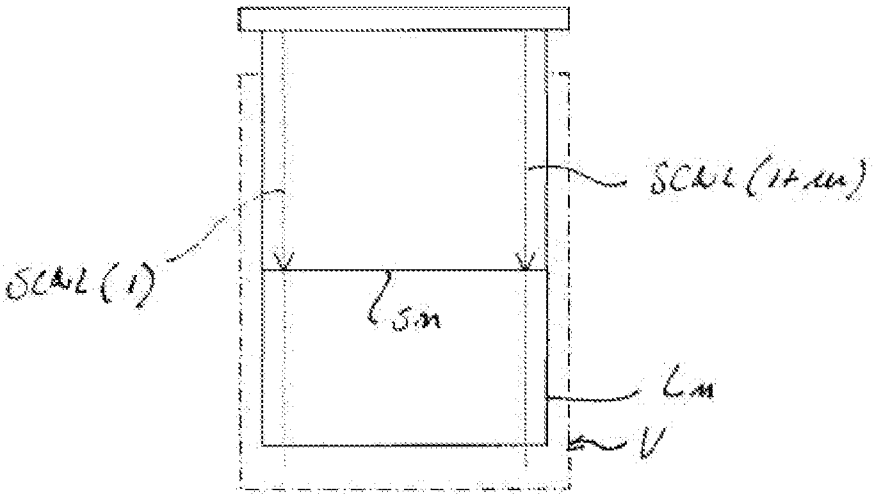


Fig. 14

P.I. ESAOTE SpA
Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato 531BM

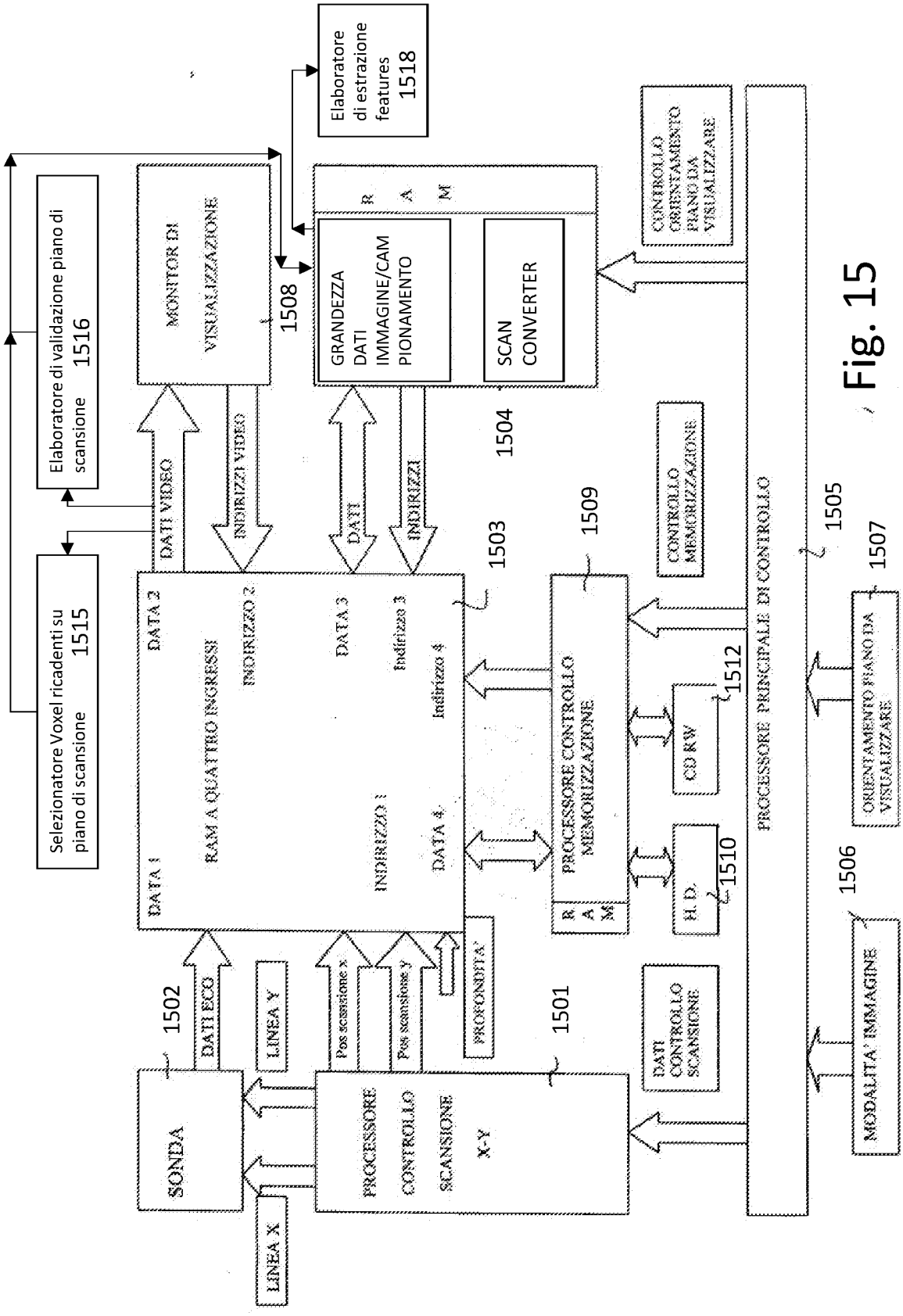


Fig. 15

P.I. ESAOTE SpA
Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato 531BM

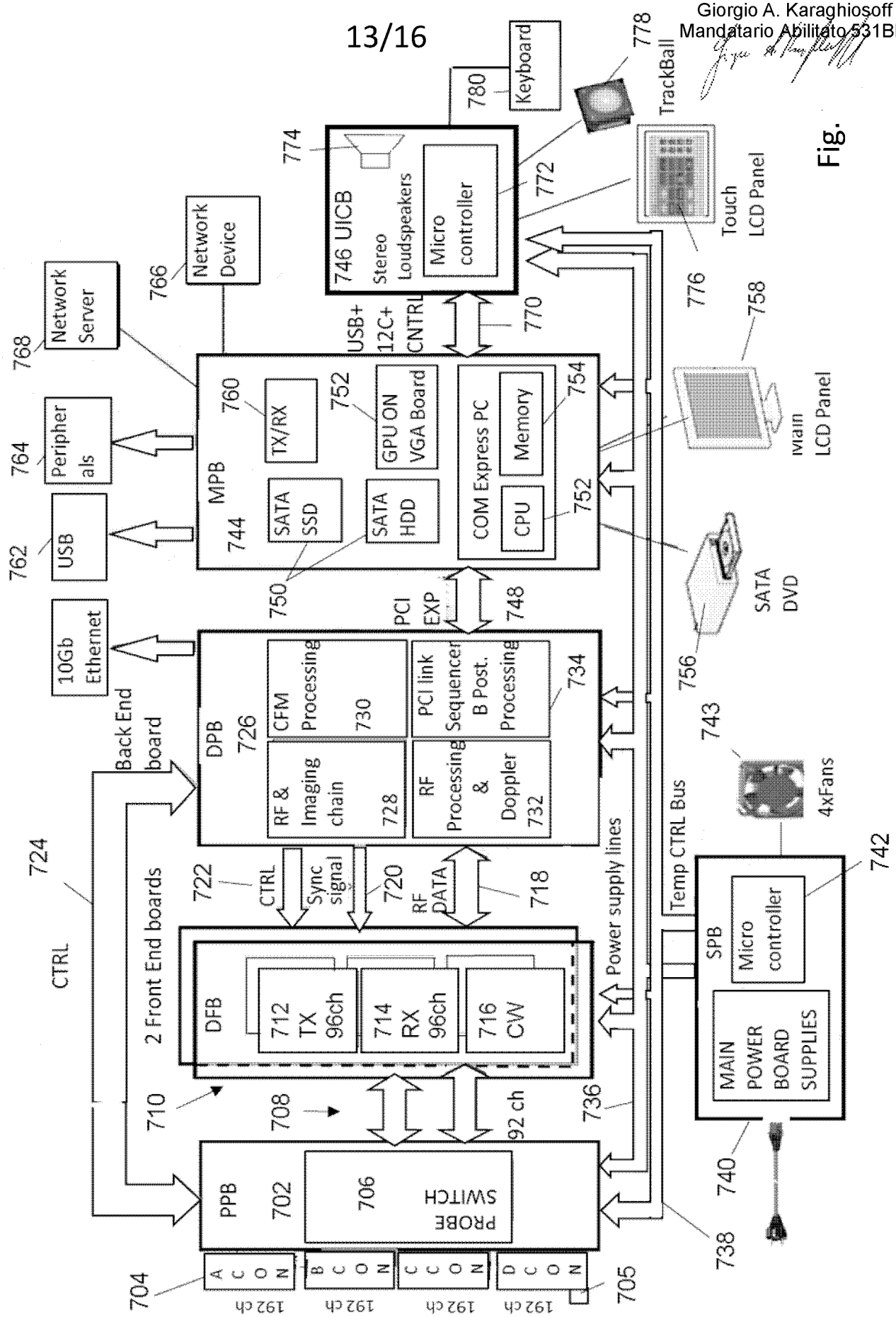


Fig.

P.I. ESAOTE SpA
Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato 531BM

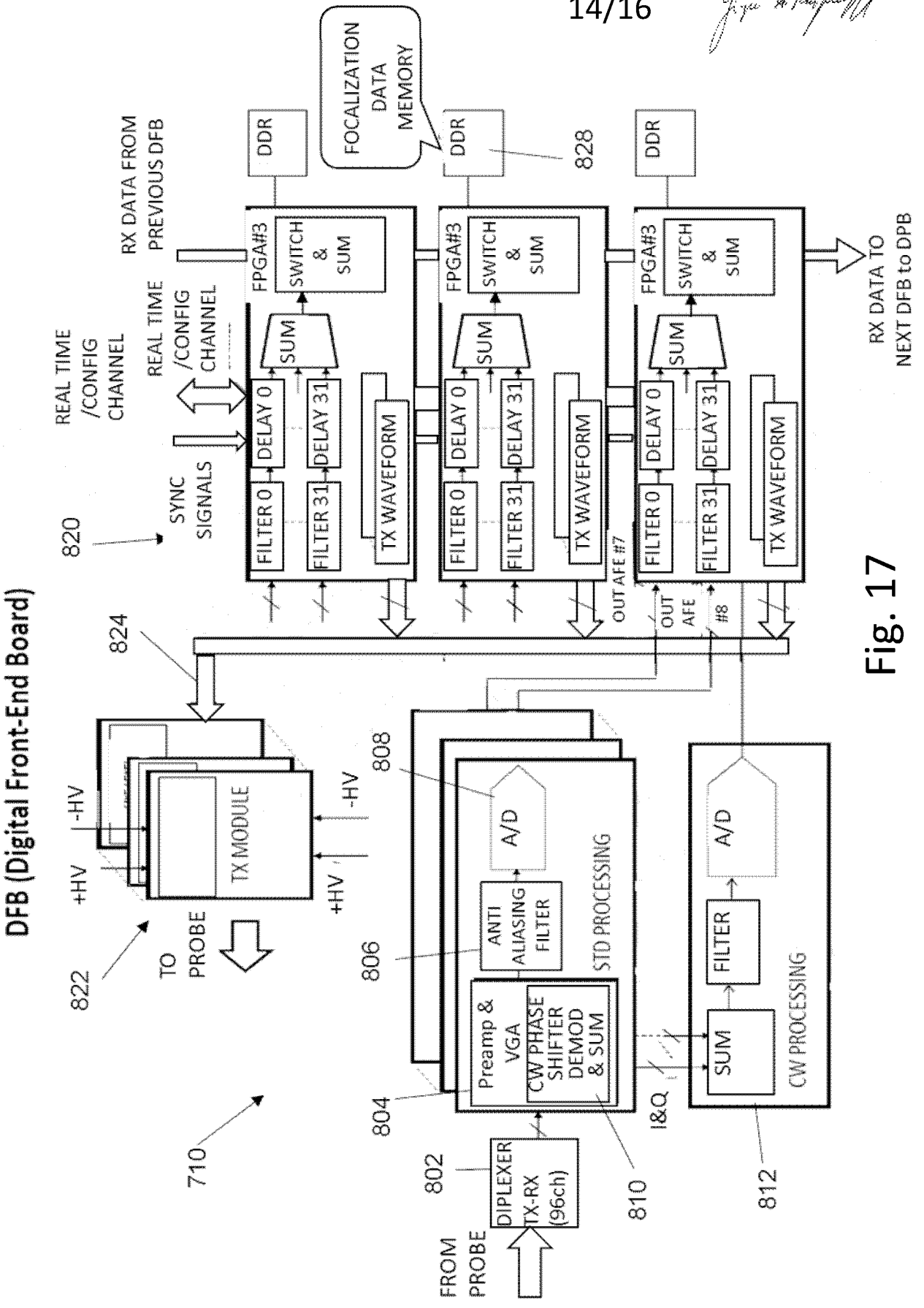


Fig. 17

P.I. ESAOTE SpA
Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato 531BM

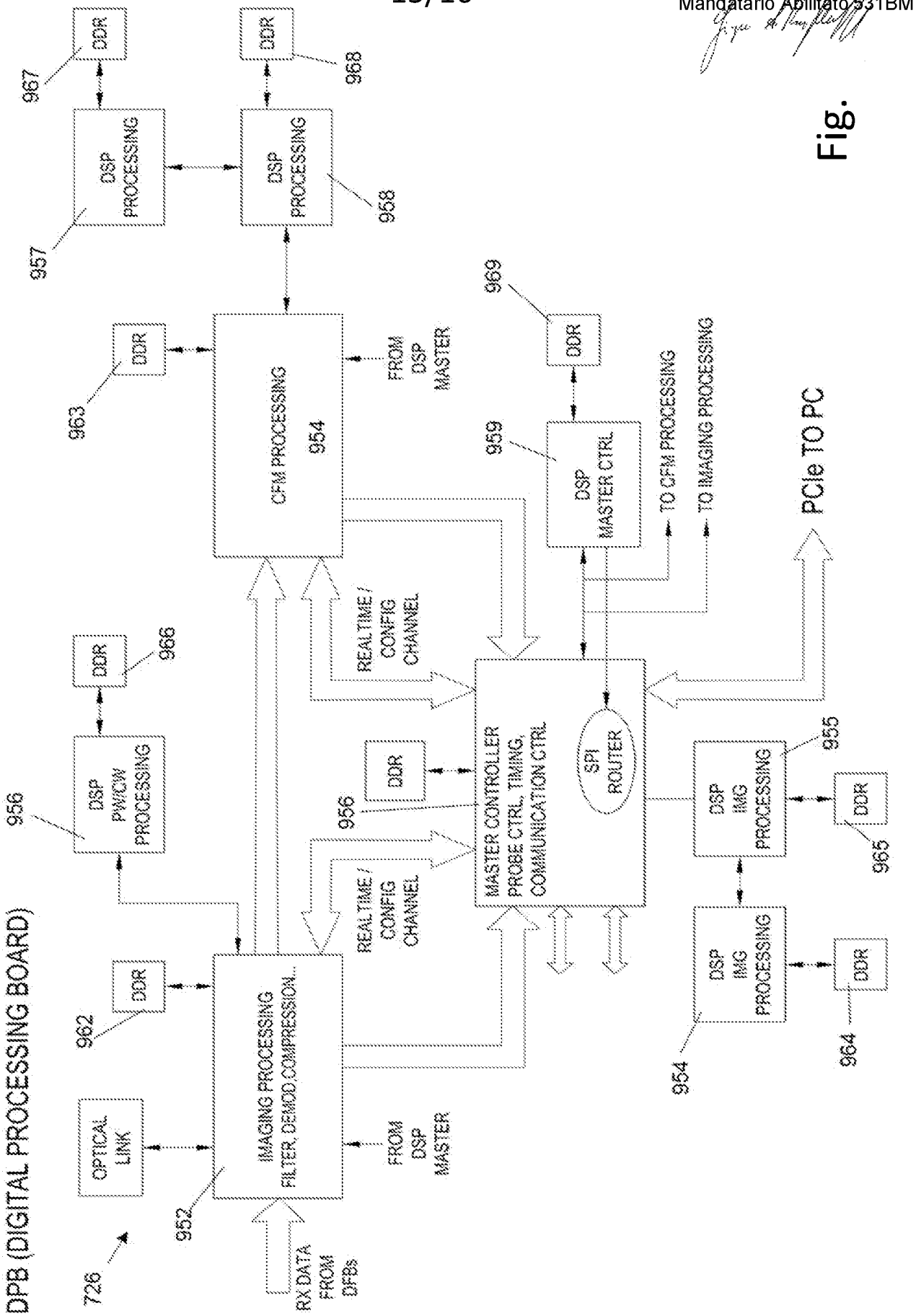


Fig.

P.I. ESAOTE SpA
Giorgio A. Karaghiosoff
Mandatario Abilitato 531BM

Tabella 1

Scan Plane Class

Fetal Head - TransThalmic (BPD, HC, OFD) - TransCerebellar (TCD, CM, CERV(ita) - TransVentricular (Ventr L)	**Fetal Head**
Fetal Body - 1° Trim Very Early (1cm..) - 1° Trim Crown Rump Lenght (CRL) - 1° Trim NT or nasal Bone (coud be CRL zoomed) Fetal Profile (2° Trim) (Manual label) - Corpos Callosum - Profile - > Good picture for the mum (good for starting 4D)	**Fetal Body**
Fetal Bones - Bones FL, UL, RL, TL	**Fetal Bones**
Fetal Abdomen - Abdomen AC - Kidney (if labelled)	**Fetal Abdomen**
Fetal Heart - 4CH - 3VV - ..	**Fetal Heart**
Fetal Spine (manual Label)	**Other**