



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107582098 B

(45)授权公告日 2019.12.06

(21)申请号 201710669887.7

审查员 李易陆

(22)申请日 2017.08.08

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107582098 A

(43)申请公布日 2018.01.16

(73)专利权人 南京大学

地址 210023 江苏省南京市栖霞区仙林大道163号南京大学

专利权人 同济大学

(72)发明人 袁杰 尤琦 程茜 王学鼎

(74)专利代理机构 江苏圣典律师事务所 32237

代理人 胡建华 于瀚文

(51)Int.Cl.

A61B 8/00(2006.01)

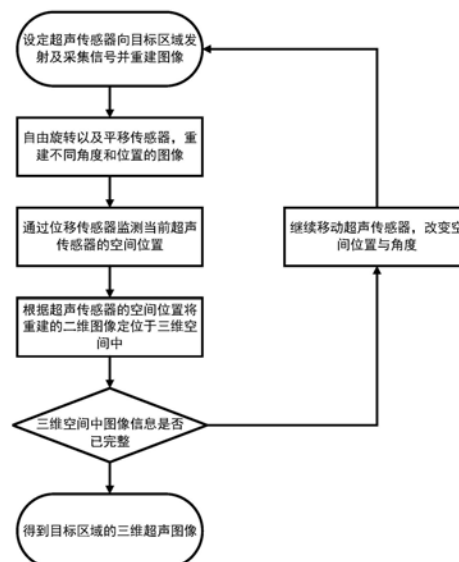
权利要求书3页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

一种二维超声图像集合重构的三维超声成像方法

(57)摘要

本发明公开了一种二维超声图像集合重构的三维超声成像方法,包括以下步骤:利用线阵超声传感器,对目标三维空间发射并采集超声信号,重建目标三维空间的二维超声图像;通过自由旋转以及平移超声传感器,重建不同角度和不同位置下的目标三维空间二维超声图像;利用位移传感器和角度传感器检测出超声传感器在移动和旋转过程中的位置和角度信息;结合超声传感器的位置和角度信息,将对应的二维超声图像定位到三维空间中,通过上述二维超声图像集合重构出三维超声图像。



1. 一种二维超声图像集合重构的三维超声成像方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤1,利用线阵超声传感器,对目标三维空间中任一截面发射并采集超声信号,通过自由旋转以及平移超声传感器,在目标三维空间中重新选定截面,并重复发射并采集超声信号,重建所有截面内的二维超声图像;

步骤2,在超声传感器外部设置位移传感器和角度传感器,利用这些传感器检测出超声传感器在移动和旋转过程中的空间位置和角度信息;

步骤3,结合超声传感器的空间位置和角度信息,将对应截面内的二维超声图像定位到三维空间中,重构出三维超声图像;

步骤1中,所述线阵超声传感器包括一组以上的线性排列的传感器元组,线阵超声传感器通过手持方式自由控制;

步骤1中,在对目标三维空间发射并采集超声信号时,线阵超声传感器设定的工作模式是同一组传感器元发射并接收,发射超声信号时,超声传感器使用一组线阵传感器元协同工作,发射波束形成后的波阵列,或者让每一个传感器元单独工作,各自发射信号;

采集超声信号时,超声传感器采集的信号是目标三维空间内对超声波的反射信号,发射与采集的过程都由线阵超声传感器实时进行;

步骤1中,所述重建目标三维空间的二维超声图像,使用的重建信号是线阵超声传感器采集到的目标三维空间对超声波的反射信号,使用的重建方法是基于反射信号的波束形成以及延时叠加重建方法:

波束形成法,是利用线阵传感器发射不同时延的信号使信号能够聚焦在一个区域或者一个方向;

延迟叠加法,是对应波束形成法的一种图像重建方法,在接收信号延迟叠加时,延迟是对应波束形成时的发射信号延迟,通过延迟后的叠加能够重建出发射信号的聚焦成像区域,对于沿一个方向聚焦的波束形成,信号延迟的计算公式为:

$$d_n = \text{round} \left(\frac{i_n \times \text{pitch} \times \sin(\pi\theta/180)}{c_0 \times dt} \right),$$

其中 d_n 表示第 n 个传感器元发射信号的延迟,round代表四舍五入取整函数, i_n 代表第 n 个传感器元,pitch代表传感器元的长度, θ 代表发射波阵面聚焦的方向角, c_0 代表成像区域的背景声速值,dt代表抽样时间间隔,对于沿一个区域聚焦的波束形成,信号延迟的计算公式为:

$$d_n = \text{round} \left(\frac{F}{c_0 \times dt} \left(1 - \sqrt{1 + \left(\frac{i_n \times \text{pitch}}{F} \right)^2 - 2 \sin(\pi\theta / 180) \left(\frac{i_n \times \text{pitch}}{F} \right)} \right) \right),$$

其中 F 代表聚焦区域中心点与传感器阵列中心之间的距离;

已知每个传感器元发射信号延迟 d_n 后,根据传感器元接收的信号重建二维超声图像;

所述根据传感器元接收的信号重建二维超声图像包括如下步骤:

步骤1-1,将每个传感器元接收的信号根据该传感器元的发射信号延迟作时延处理;

步骤1-2,根据二维图像中每个像素点和传感器元之间的距离,将超声接收信号对应叠加到每一个像素点上,从而重建出二维超声图像,计算公式如下:

$$P_i = \sum_{n=1}^N S_n(t - d_n - \frac{2R_n}{c_0}),$$

P_i 代表一个截面内二维超声图像中第*i*个像素点的值, N 代表一个线阵超声传感器中传感器元的总数, S_n 代表第*n*个传感器元的接收信号, d_n 表示第*n*个传感器元发射信号的延迟, R_n 代表当前计算的像素点与第*n*个传感器元之间的距离, c_0 代表成像区域的背景声速值;

步骤1还包括:平移超声传感器,探测目标三维空间中不同位置的纵向截面,当纵向截面上存在两个以上物体相互遮挡的情况时,旋转超声传感器,从不同的角度去探测目标三维空间,将平移和旋转两种移动方式结合起来,探测得到目标三维空间中不同层次的目标信息,从而重建所有截面内的二维超声图像;

步骤2中所述位移传感器和角度传感器,分别是能够实时监测超声传感器空间位置的传感器和能够实时监测超声传感器角度信息的传感器,通过位移传感器和角度传感器,同步获取当前超声传感器的空间位置和角度信息;

步骤2中所述角度传感器为三轴加速度传感器,其检测角度信息的过程如下:

步骤2-1,以角度传感器芯片所在处为原点,根据右手定则建立三维直角坐标系,即右手背对角度传感器芯片放置,伸出拇指即指向X轴的正方向,伸出食指即指向Y轴的正方向,伸出中指即指向Z轴的正方向,当芯片倾斜时,重力加速度大小为*g*,所在方向为*g*轴,X轴方向的加速度大小为 A_x ,其与水平线夹角为 α_1 ,与重力加速度夹角为 α ,Y轴方向的加速度大小为 A_y ,其与水平线夹角为 β_1 ,与重力加速度夹角为 β ,Z轴方向的加速度大小为 A_z ,其与水平线夹角为 γ_1 ,与重力加速度夹角为 γ ,其中 $\alpha = 90^\circ - \alpha_1$, $\beta = 90^\circ - \beta_1$, $\gamma = 90^\circ - \gamma_1$, $A_x = g \cos \alpha$, $A_y = g \cos \beta$, $A_z = g \cos \gamma$;

步骤2-2,根据*g*轴和X、Y、Z轴间的几何关系得到:

$$g^2 = A_x^2 + A_y^2 + A_z^2,$$

步骤2-3,计算出角度和加速度之间的关系:

$$\tan \alpha_1 = \frac{A_x}{\sqrt{A_y^2 + A_z^2}}, \quad \tan \beta_1 = \frac{A_y}{\sqrt{A_x^2 + A_z^2}}, \quad \tan \gamma_1 = \frac{A_z}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2}},$$

根据这组公式实时得到超声传感器的角度信息;

步骤2中,所述位移传感器为Kinect体感检测装置,Kinect体感检测装置使用两个景深摄像头和一个彩色摄像头进行图像采集,当应用于超声传感器的空间位置检测时,Kinect体感检测装置设定一片固定的三维空间区域作为检测区域,以两个景深摄像头之间基线的中点作为原点,根据右手定则建立三维直角坐标系,右手背对景深摄像头放置,拇指方向即摄像头间基线的方向为X轴,食指方向即为Y轴,中指方向即景深摄像头的拍摄方向即为Z轴,通过动态捕捉技术实时捕捉检测区域内设定好的超声传感器,在确定超声传感器三维空间坐标的过程中,通过物体跟踪识别,Kinect体感检测装置在二维平面上定位物体的坐标(*x*,*y*),对于Z轴方向上深度的定位,Kinect体感检测装置根据如下公式计算出被检测物体的深度,即Z轴坐标:

$$z = \frac{b * f}{d},$$

其中,*z*是深度,即Z轴坐标,*b*是Kinect体感检测装置两个景深摄像头之间的基线长度,*f*是摄像头的焦距,*d*是视差距离,根据该计算公式,Kinect体感检测装置的空间定位功能能

够实时监测超声传感器的移动,从而判断出传感器的实时三维空间坐标,即空间位置信息;
步骤3包括:

步骤3-1,将目标三维空间模拟为长方体,其任意一顶点所在处为原点,建立三维直角坐标系,每一次进行探测时,位移传感器会检测到超声传感器的空间坐标 (x, y, z) ,角度传感器能检测出超声传感器的空间角度 $(\alpha_1, \beta_1, \gamma_1)$,设超声传感器阵列由 $N1$ 个传感器组成,总长度为 L ,每个传感器元的长度为 $W = \frac{L}{N1}$,探测深度为 D ,以超声传感器阵列的中间点为探测点,则超声传感器阵列的两个顶点坐标 x_1 和 x_2 分别为:

$$x_1 = x + \frac{L}{2} \cos \alpha_1 \cos \beta_1, y_1 = y + \frac{L}{2} \sin \alpha_1 \sin \beta_1,$$

$$x_2 = x - \frac{L}{2} \cos \alpha_1 \cos \beta_1, y_2 = y - \frac{L}{2} \sin \alpha_1 \sin \beta_1,$$

根据超声传感器顶点的坐标以及超声传感器的探测深度计算出探测到的二维图像的另外两个顶点 x_3 和 x_4 ,其坐标分别为:

$$x_3 = x_1 + D \cos \gamma_1, y_3 = y_1 + D \sin \gamma_1,$$

$$x_4 = x_2 + D \cos \gamma_1, y_4 = y_2 + D \sin \gamma_1,$$

根据这四个顶点坐标,确定当前超声传感器探测平面内所有像素的坐标;

步骤3-2,以超声传感器阵列中的传感器元的长度 W 作为空间采样间隔,将当前超声传感器探测平面内所有像素的连续坐标值离散化,非整数坐标值按四舍五入法进行整数化,当二维探测平面内所有的像素坐标都确定后,根据这些坐标以及重建的二维超声图像中每个像素点的值对三维空间中的像素点进行赋值,在这个过程中,若该坐标是第一次出现,则将探测到的像素点视为首次探测,被首次探测到的像素点将被重构入三维图像中,若该坐标重复出现,则将探测到的像素点视为重复探测,重复探测到的像素点将不被计算入三维图像的重建中,当目标三维空间中每一个像素点都在超声传感器移动的过程中被覆盖到时,即得到重建的完整的三维超声图像。

一种二维超声图像集合重构的三维超声成像方法

技术领域

[0001] 本发明属于超声成像及处理领域,尤其涉及一种二维超声图像集合重构的三维超声成像方法。

背景技术

[0002] 经过几十年的研究,超声成像在各领域的应用也日趋深入。手持超声传感器的探测方式由于其操作性好,自由度高的优点,已受到广泛的应用,然而在三维超声成像领域,由于三维图像的重建需要精确的空间位置信息,在实际应用中往往会使用固定位置的超声传感器按照固定的路径移动,以此来采集信号重建三维超声图像,这样的探测方式相比较于手持超声传感器的探测方式缺少了灵活性与自由度,因此,需要一种新的方法能通过手持超声传感器的探测方式进行三维超声成像。

发明内容

[0003] 发明目的:本发明所要解决的技术问题是针对现有的三维超声成像方式,提供了一种二维超声图像集合重构的三维超声成像方法,改进了三维超声成像过程的灵活性并提高了自由度。

[0004] 为了解决上述技术问题,本发明公开了一种二维超声图像集合重构的三维超声成像方法,包括如下步骤:

[0005] 步骤1,利用线阵超声传感器,对目标三维空间中任一截面发射并采集超声信号,通过自由旋转以及平移超声传感器,在目标三维空间中重新选定截面,并重复发射并采集超声信号,重建所有截面内的二维超声图像;

[0006] 步骤2,在超声传感器外部设置位移传感器和角度传感器,利用这些传感器检测出超声传感器在移动和旋转过程中的空间位置和角度信息;

[0007] 步骤3,结合超声传感器的空间位置和角度信息,将对应截面内的二维超声图像定位到三维空间中,重构出三维超声图像。

[0008] 所述线阵超声传感器包括一组以上的线性排列的传感器元组,线阵超声传感器通过手持方式自由控制。在对目标三维空间发射与采集超声信号过程中,可以对目标三维空间的任意位置进行探测。

[0009] 步骤1中,在对目标三维空间发射并采集超声信号时,线阵超声传感器设定的工作模式是同一组传感器元发射并接收,发射超声信号时,超声传感器使用一组线阵传感器元协同工作,发射波束形成后的波阵列,或者让每一个传感器元单独工作,各自发射信号,工作模式的选择取决于当前采用的超声图像重建方法;

[0010] 采集超声信号时,超声传感器采集的信号是目标三维空间内对超声波的反射信号,发射与采集的过程都是由线阵超声传感器实时进行的。采集信号的强弱取决于目标三维空间内的声阻抗差异。

[0011] 步骤1中,所述重建目标三维空间的二维超声图像,使用的重建信号是线阵超声传

传感器采集到的目标三维空间对超声波的反射信号,使用的重建方法是基于反射信号的波束形成以及延时叠加重建方法:

[0012] 波束形成法,是利用线阵传感器发射不同时延的信号使信号能够聚焦在一个区域或者一个方向;目的是为了使最终重建出的超声灰度图成像质量更高,在这个过程中,若使信号沿着一个方向聚焦,其目的是为了避免在其它方向上可能存在的遮挡物干扰超声信号传输的情况,若使信号在一个区域聚焦,其目的是为了更好地在成像结果中显示出该区域的信息,也可以两种聚焦方式结合使用,以此来反应出成像区域中不同层次的信息,

[0013] 延迟叠加法,是对应波束形成法的一种图像重建方法,在接收信号延迟叠加时,延迟是对应波束形成时的发射信号延迟,通过延迟后的叠加能够重建出发射信号的聚焦成像区域,对于沿某一方向聚焦的波束形成,信号延迟的计算公式为:

$$[0014] \quad d_n = \text{round} \left(\frac{i_n \times \text{pitch} \times \sin(\pi \theta / 180)}{c_0 \times dt} \right),$$

[0015] 其中 d_n 表示第 n 个传感器元发射信号的延迟,round代表四舍五入取整函数, i_n 代表第 n 个传感器元,比如对于第1个传感器元, $i_n=1$,对于第二个传感器元,则 $i_n=2$,以此类推,pitch代表传感器元的长度, θ 代表发射波阵面聚焦的方向角, c_0 代表成像区域的背景声速值,dt代表抽样时间间隔,对于沿某一区域聚焦的波束形成,信号延迟的计算公式为

$$[0016] \quad d_n = \text{round} \left(\frac{F}{c_0 \times dt} \left(1 - \sqrt{1 + \left(\frac{i_n \times \text{pitch}}{F} \right)^2} - 2 \sin(\pi \theta / 180) \left(\frac{i_n \times \text{pitch}}{F} \right) \right) \right),$$

[0017] 其中 F 代表聚焦区域中心点与传感器阵列中心之间的距离,其余参数的含义与沿某一方向聚焦的波束形成的信号延迟的计算公式中相同。

[0018] 引用文献为:Von Ramm O T,Smith S W.Beam steering with linear arrays [J].IEEE transactions on biomedical engineering,1983 (8):438-452.

[0019] 已知每个传感器元发射信号延迟 d_n 后,根据传感器元接收的信号重建二维超声图像。

[0020] 所述根据传感器元接收的信号重建二维超声图像包括如下步骤:

[0021] 步骤1-1,将每个传感器元接收的信号根据该传感器元的发射信号延迟作时延处理;

[0022] 步骤1-2,根据二维图像中每个像素点和传感器元之间的距离,将超声接收信号对应叠加到每一个像素点上,从而重建出二维超声图像,计算公式如下:

$$[0023] \quad P_i = \sum_{n=1}^N S_n(t - d_n - \frac{2R_n}{c_0}),$$

[0024] P_i 代表一个截面内二维超声图像中第 i 个像素点的值, N 代表一个线阵超声传感器中传感器元的总数, S_n 代表第 n 个传感器元的接收信号, d_n 表示第 n 个传感器元发射信号的延迟, R_n 代表当前计算的像素点与第 n 个传感器元之间的距离, c_0 代表成像区域的背景声速值。

[0025] 步骤1中的超声传感器的自由旋转和平移,目的是为了从不同的角度和位置探测目标三维空间,其移动方式不需要遵从某一固定的规律,操作人员可以按照实际检测中的需求,自由移动传感器探测目标三维空间。步骤二中的超声传感器的移动方式分为平移和旋转两种,平移超声传感器可以探测目标三维空间中不同位置的纵向截面,但当纵向截面上存在两个物体相互遮挡的情况时,只靠平移方式无法进一步增加探测到的信息,旋转超

声传感器可以从不同的角度去探测目标三维空间,将平移和旋转两种移动方式结合起来,可以探测到三维成像区域中不同层次的目标信息,从而重建所有截面内的二维超声图像。

[0026] 步骤2中所述位移传感器和角度传感器,分别是能够实时监测超声传感器空间位置的传感器和能够实时监测超声传感器角度信息的传感器,通过位移传感器和角度传感器,可以在系统控制端同步获取当前超声传感器的空间位置和角度信息。

[0027] 步骤2中得到的空间位置和角度信息,与超声传感器的移动和旋转过程是一一对应的,即超声传感器作出任何的移动和旋转动作,系统控制端都会通过位移传感器和角度传感器探测到位置坐标和角度信息的变化,并且根据当前超声传感器的位置坐标和角度信息,能够唯一确定超声传感器的移动和旋转过程。

[0028] 步骤2中所述角度传感器为三轴加速度传感器,其检测角度信息的过程如下:

[0029] 步骤2-1,以角度传感器芯片所在处为原点,根据右手定则建立三维直角坐标系,即右手背对角度传感器芯片放置,伸出拇指即指向X轴的正方向,伸出食指即指向Y轴的正方向,伸出中指即指向Z轴的正方向,当芯片倾斜时,重力加速度大小为 g ,所在方向为 g 轴,X轴方向的加速度大小为 A_x ,其与水平线夹角为 α_1 ,与重力加速度夹角为 α ,Y轴方向的加速度大小为 A_y ,其与水平线夹角为 β_1 ,与重力加速度夹角为 β ,Z轴方向的加速度大小为 A_z ,其与水平线夹角为 γ_1 ,与重力加速度夹角为 γ ,其中 $\alpha = 90^\circ - \alpha_1$, $\beta = 90^\circ - \beta_1$, $\gamma = 90^\circ - \gamma_1$, $A_x = g \cos \alpha$, $A_y = g \cos \beta$, $A_z = g \cos \gamma$;

[0030] 步骤2-2,根据 g 轴和X、Y、Z轴间的几何关系得到:

$$[0031] \quad g^2 = A_x^2 + A_y^2 + A_z^2,$$

[0032] 步骤2-3,计算出角度和加速度之间的关系:

$$[0033] \quad \tan \alpha_1 = \frac{A_x}{\sqrt{A_y^2 + A_z^2}}, \quad \tan \beta_1 = \frac{A_y}{\sqrt{A_x^2 + A_z^2}}, \quad \tan \gamma_1 = \frac{A_z}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2}},$$

[0034] 根据这组公式实时计算出超声传感器的角度信息。

[0035] 步骤2中,所述位移传感器为Kinect体感检测装置,Kinect体感检测装置是微软公司推出的一款三维体感摄影装置,它使用两个景深摄像头和一个彩色摄像头进行图像采集,通过后续对图像的处理分析可以实现即时动态捕捉、影像辨识以及物体的空间定位等功能,当应用于超声传感器的空间位置检测时,Kinect体感检测装置设定一片固定的三维空间区域作为检测区域,以两个景深摄像头之间基线的中点作为原点,根据右手定则建立三维直角坐标系,右手背对景深摄像头放置,拇指方向即摄像头间基线的方向为X轴,食指方向即为Y轴,中指方向即景深摄像头的拍摄方向即为Z轴,通过动态捕捉技术实时捕捉检测区域内设定好的超声传感器,在确定超声传感器三维空间坐标的过程中,通过物体跟踪识别,Kinect在二维平面上定位物体的坐标 (x, y) ,对于Z轴方向上深度的定位,Kinect使用光源点阵编码技术,通过投射点阵光源以及捕捉反射回来的点阵,Kinect计算出被检测物体的深度,即Z轴坐标,计算公式如下:

$$[0036] \quad z = \frac{b * f}{d},$$

[0037] 其中, z 是深度,即Z轴坐标, b 是Kinect体感检测装置两个景深摄像头之间的基线长度, f 是摄像头的焦距, d 是视差距离,当视差距离为零时,此时按照公式计算深度是无穷大,出现这种情况说明物体在距离摄像头很远的地方,对于超声传感器的检测,不会出现这

样的情况,根据该计算公式,Kinect体感检测装置的空间定位功能能够实时监测超声传感器的移动,从而判断出传感器的实时三维空间坐标,即空间位置信息。

[0038] 步骤3中对三维超声图像的重构,是随着超声传感器的移动逐步进行的,随着超声传感器不断移动,目标三维空间的信息将会逐渐被探测得更加完全,当目标三维空间中每一个像素点都在超声传感器移动的过程中被覆盖到时,即能够得到完整的三维超声图像。

[0039] 步骤3包括:

[0040] 步骤3-1,将目标三维空间探测空间模拟为长方体,其任意一顶点所在处为原点,建立三维直角坐标系,每一次进行探测时,位移传感器会检测到超声传感器的空间坐标 (x, y, z) ,角度传感器能检测出超声传感器的空间角度 $(\alpha_1, \beta_1, \gamma_1)$,设超声传感器阵列由 N_1 个传感器组成,总长度为 L ,每个传感器元的长度为 $W = \frac{L}{N_1}$,探测深度为 D ,以超声传感器阵列的中间点为探测点,则超声传感器阵列的两个顶点坐标 x_1 和 x_2 分别为:

$$[0041] \quad x_1 = x + \frac{L}{2} \cos \alpha_1 \cos \beta_1, y_1 = y + \frac{L}{2} \sin \alpha_1 \sin \beta_1,$$

$$[0042] \quad x_2 = x - \frac{L}{2} \cos \alpha_1 \cos \beta_1, y_2 = y - \frac{L}{2} \sin \alpha_1 \sin \beta_1,$$

[0043] 根据超声传感器顶点的坐标以及超声传感器的探测深度计算出探测到的二维图像的另外两个顶点 x_3 和 x_4 ,其坐标分别为:

$$[0044] \quad x_3 = x_1 + D \cos \gamma_1, y_3 = y_1 + D \sin \gamma_1,$$

$$[0045] \quad x_4 = x_2 + D \cos \gamma_1, y_4 = y_2 + D \sin \gamma_1,$$

[0046] 根据这四个顶点坐标,确定当前超声传感器探测平面内所有像素的坐标;为了便于后续计算,这里所有的坐标值都需要进行离散化处理;

[0047] 步骤3-2,以超声传感器阵列中的传感器元的长度 W 作为空间采样间隔,将当前超声传感器探测平面内所有像素的连续坐标值离散化,非整数坐标值按四舍五入法进行整数化,当二维探测平面内所有的像素坐标都确定后,根据这些坐标以及二维探测平面内超声重建图像中每个像素点的值对三维空间中的像素点进行赋值,在这个过程中,若该坐标是第一次出现,则将探测到的像素点视为首次探测,被首次探测到的像素点将被重构入三维图像中,若该坐标重复出现,则将探测到的像素点视为重复探测,重复探测到的像素点将不被计算入三维图像的重建中,当目标三维空间中每一个像素点都在超声传感器移动的过程中被覆盖到时,即得到重建的完整的三维超声图像。

[0048] 步骤3中的图像定位过程,是先通过超声传感器采集并重建当前空间位置和角度下的二维图像,再将二维图像放置于三维空间中对应位置的过程,该定位过程首先在系统控制端获取当前超声传感器的空间位置和角度,然后按照位置和角度信息将传感器采集信号重建出的二维图像放置于三维空间中。

[0049] 有益效果:本发明提供了一种二维超声图像集合重构的三维超声成像方法,通过使用手持超声传感器自由探测目标三维空间,重建三维超声图像,该方法将二维超声探测与三维超声重建结合起来,能够直接利用二维超声探测过程中的采集数据重建三维超声图,改变了传统三维超声成像方式缺少灵活性和额外耗费资源的缺点。

附图说明

[0050] 下面结合附图和具体实施方式对本发明做更进一步的具体说明,本发明的上述或其他方面的优点将会变得更加清楚。

[0051] 图1为本发明流程图。

[0052] 图2为本发明系统示意图。

[0053] 图3为三轴加速度传感器检测示意图。

[0054] 图4为目标三维区域示意图。

具体实施方式

[0055] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步说明。

[0056] 如图1所示,本发明公开了一种二维超声图像集合重构的三维超声成像方法,包括以下步骤:

[0057] 步骤1,利用线阵超声传感器,对目标三维空间中任一截面发射并采集超声信号,通过自由旋转以及平移超声传感器,在目标三维空间中重新选定截面,并重复发射并采集超声信号,重建所有截面内的二维超声图像;

[0058] 步骤2,在超声传感器外部设置位移传感器和角度传感器,利用这些传感器检测出超声传感器在移动和旋转过程中的空间位置和角度信息;

[0059] 步骤3,结合超声传感器的空间位置和角度信息,将对应截面内的二维超声图像定位到三维空间中,重构出三维超声图像。

[0060] 如图2所示,实验中使用一个线阵超声传感器,传感器放置在成像区域的外侧,线阵超声传感器可以进行自由平移旋转等操作。图2所示意的结构既是实验设备结构,也是重建过程中计算区域及其相关信息的示意图。

[0061] 本实例中,步骤1中的线阵超声传感器,使用的是一组线性排列的传感器元组成的超声传感器,在对目标三维空间发射并采集超声信号时,设定的工作模式是同一组传感器元发射并接收,发射超声信号时,超声传感器可以使用一组线阵传感器元协同工作,发射波束形成后的波阵列,也可以让每一个传感器元单独工作,各自发射信号,工作模式的选择取决于当前采用的超声图像重建方法,采集超声信号时,超声传感器采集的信号是目标三维空间内对超声波的反射信号,采集信号的强弱取决于目标三维空间内的声阻抗差异。

[0062] 本实例中,步骤1中的重建目标三维空间图像。使用的是基于反射信号的波束形成以及延时叠加重建方法,波束形成法利用的是线阵传感器发射不同时延的信号使信号能够聚焦在某一区域或者某一方向,目的是为了使最终重建出的超声灰度图成像质量更高,在这个过程中,若使信号沿着某一方向聚焦,其目的是为了避免在其它方向上可能存在的遮挡物干扰超声信号传输的情况,若使信号在某一区域聚焦,其目的是为了更好地在成像结果中显示出该区域的信息,也可以两种聚焦方式结合使用,以此来反应出成像区域中不同层次的信息,延迟叠加,是对应波束形成法的一种图像重建方法,其中,延迟是对应的波束形成时发射信号的延迟,通过对接收信号进行延迟叠加计算,能够重建出对应的发射信号的聚焦成像区域。

[0063] 本实例中,步骤1中的超声传感器的移动方式分为平移和旋转两种,平移超声传感器可以探测目标三维空间中不同位置的纵向截面,但当纵向截面上存在两个物体相互遮挡

的情况时,只靠平移方式无法进一步增加探测到的信息,旋转超声传感器可以从不同的角度去探测目标三维空间,将平移和旋转两种移动方式结合起来,可以探测到三维成像区域中不同层次的目标信息。

[0064] 本实例中,步骤2中的检测超声传感器的空间角度可以使用三轴加速度传感器,其检测方式如图3所示:以传感器芯片所在处为原点,建立三维直角坐标系,当芯片倾斜时,重力加速度大小为 g ,所在方向为 g 轴, X 轴方向的加速度大小为 A_x ,其与水平线夹角为 α_1 ,与重力加速度夹角为 α ,同理, Y 轴方向的加速度大小为 A_y ,其与水平线夹角为 β_1 ,与重力加速度夹角为 β , Z 轴方向的加速度大小为 A_z ,其与水平线夹角为 γ_1 ,与重力加速度夹角为 γ ,其中 $\alpha = 90^\circ - \alpha_1$, $\beta = 90^\circ - \beta_1$, $\gamma = 90^\circ - \gamma_1$, $A_x = g \cos \alpha$, $A_y = g \cos \beta$, $A_z = g \cos \gamma$,根据 g 轴和XYZ轴间的几何关系可以确定 $g^2 = A_x^2 + A_y^2 + A_z^2$,从而可以推算出角度和加速度之间的关系:

$$\tan \alpha_1 = \frac{A_x}{\sqrt{A_y^2 + A_z^2}}, \quad \tan \beta_1 = \frac{A_y}{\sqrt{A_x^2 + A_z^2}}, \quad \tan \gamma_1 = \frac{A_z}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2}},$$

根据这组公式可以使用三轴加速度传

感器探测到的数据,实时计算出超声传感器的空间角度。

[0065] 本实例中,步骤2中的检测超声传感器的空间位置使用Kinect体感检测装置,Kinect体感检测装置是微软公司推出的一款三维体感摄影装置,它包含了即时动态捕捉、影像辨识等功能,使用Kinect体感检测装置可以实现物体的空间定位,当应用于超声传感器的空间位置检测时,Kinect体感检测装置会设定一片固定的三维空间区域作为检测区域,通过动态捕捉技术实时捕捉检测区域内设定好的超声传感器,在确定超声传感器三维空间坐标的过程中,通过物体跟踪识别,Kinect可以在二维平面上定位物体的坐标 (x, y) ,对于 Z 轴方向上深度的定位,Kinect使用了光源点阵编码技术,通过投射点阵光源以及捕捉反射回来的点阵,Kinect可以计算出被检测物体的深度,即 Z 轴坐标,计算公式如下:

$$[0066] \quad z = \frac{b * f}{d}$$

[0067] 其中, z 是深度,即 Z 轴坐标, b 是摄像头之间的基线长度, f 是摄像头的焦距, d 是视差距离,当视差距离为零时,此时按照公式计算深度是无穷大,出现这种情况说明物体在距离摄像头很远的地方,对于超声传感器的检测,不会出现这样的情况,根据以上的过程,Kinect装置的空间定位功能能够实时监测超声传感器的移动,从而判断出传感器的实时三维空间坐标。

[0068] 本实例中,步骤3中的图像定位过程,是先通过超声传感器采集并重建当前空间位置和角度下的二维图像,再将二维图像放置于三维空间中对应位置的过程,该定位过程首先在系统控制端获取当前超声传感器的空间位置和角度,然后按照位置和角度信息将传感器采集信号重建出的二维图像放置于三维空间中。

[0069] 本实例中,步骤3中的对三维图像的重构,是通过超声传感器探测到的二维超声图像的不断累加得到的,随着超声传感器不断移动,目标三维空间的信息将会逐渐被探测得更加完全,根据当前超声传感器的空间位置和角度,可以逐步将探测到的信息用来重建目标三维区域,如图4所示,将目标三维空间探测空间模拟为长方体,其任意一顶点所在处为原点,建立三维直角坐标系,每一次进行探测时,位移传感器会检测到超声传感器的空间坐标 (x, y, z) ,角度传感器能检测出超声传感器的空间角度 $(\alpha_1, \beta_1, \gamma_1)$,设超声传感器阵列由

N_1 个传感器组成,总长度为 L ,每个传感器元的长度为 $W = \frac{L}{N_1}$,探测深度为 D ,以超声传感器阵列的中间点为探测点,则超声传感器阵列的两个顶点坐标分别为:

$$[0070] \quad x_1 = x + \frac{L}{2} \cos \alpha_1 \cos \beta_1, y_1 = y + \frac{L}{2} \sin \alpha_1 \sin \beta_1$$

$$[0071] \quad x_2 = x - \frac{L}{2} \cos \alpha_1 \cos \beta_1, y_2 = y - \frac{L}{2} \sin \alpha_1 \sin \beta_1$$

[0072] 根据传感器顶点的坐标以及传感器的探测深度可以计算出探测到的二维图像的另外两个顶点,其坐标分别为:

$$[0073] \quad x_3 = x_1 + D \cos \gamma_1, y_3 = y_1 + D \sin \gamma_1$$

$$[0074] \quad x_4 = x_2 + D \cos \gamma_1, y_4 = y_2 + D \sin \gamma_1$$

[0075] 根据这四个顶点坐标,可以确定当前超声传感器探测平面内所有像素的坐标,为了便于后续计算,这里所有的坐标值都需要进行离散化处理,以超声传感器阵列中的传感器元的长度 W 作为空间采样间隔,将连续坐标值离散化,非整数坐标值按四舍五入法进行整数化,当二维探测平面内所有的像素坐标都确定下来后,即可根据这些坐标以及相应的探测值对三维空间中的像素点进行赋值,在这个过程中,若该坐标是第一次出现,则将探测到的像素点视为首次探测,被首次探测到的像素点将被重构入三维图像中,若该坐标重复出现,则将探测到的像素点视为重复探测,重复探测到的像素点将不被计算入三维图像的重建中,当目标三维空间中每一个像素点都在超声传感器移动的过程中被覆盖到时,完整的三维超声图像就能被重建出来。

[0076] 本实例流程图参照图1。

[0077] 本发明提出了一种基于多角度图像重构的三维超声成像方法,应当指出,步骤2中涉及的实验设备型号形式不对本发明构成限制;超声成像过程中的成像区域大小等非关键参数,不对本发明构成限制。应当指出,对于本技术领域的普通人员来说,在不脱离发明原理的前提下还可以做出若干改进和润饰,这些也应视为本发明的保护范围。另外,本实例中未明确的各组成部分均可用现有技术加以实现。

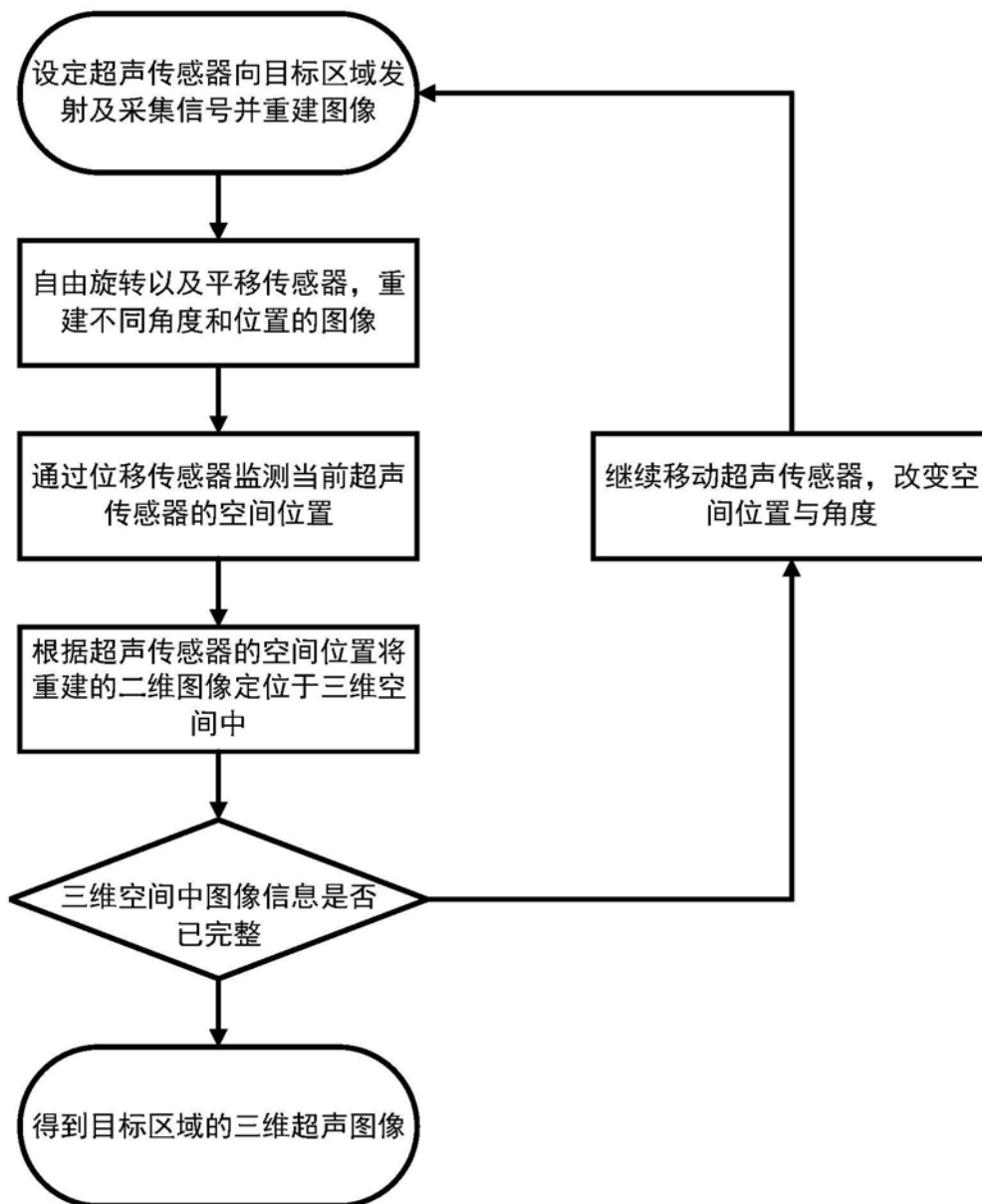


图1

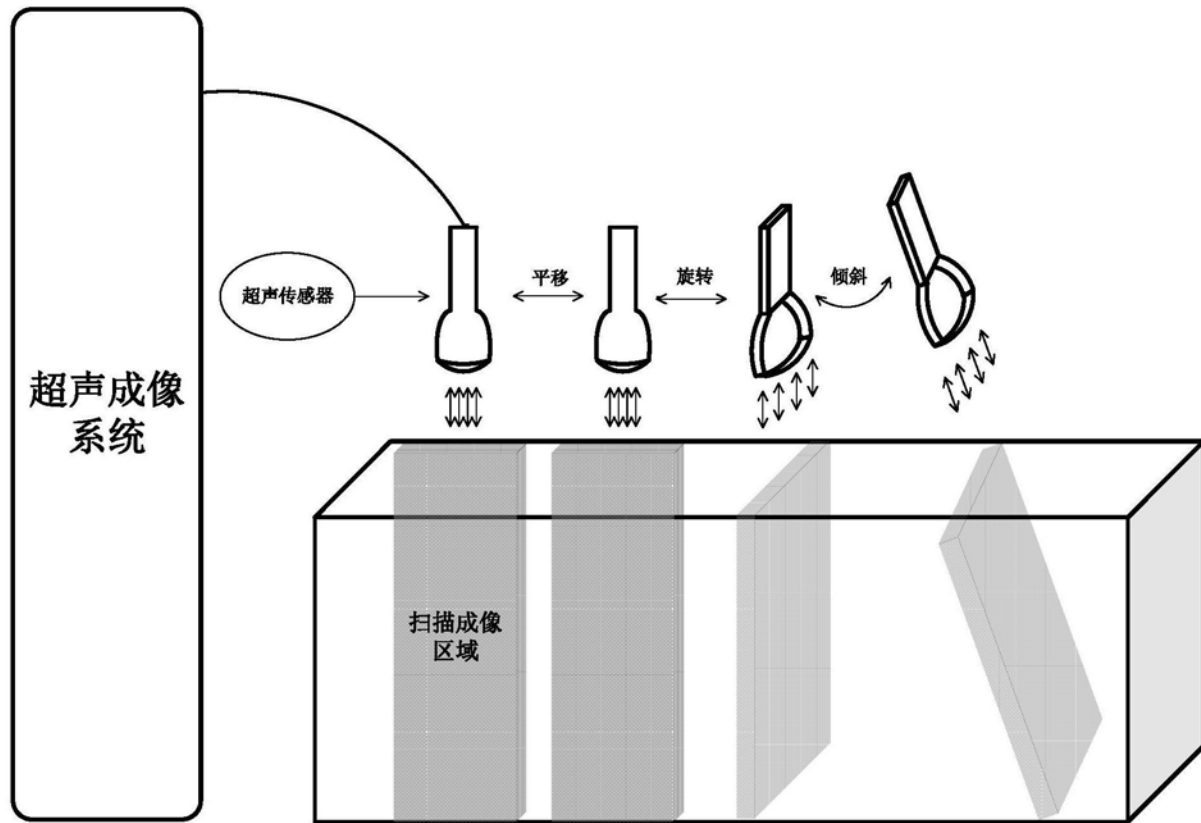


图2

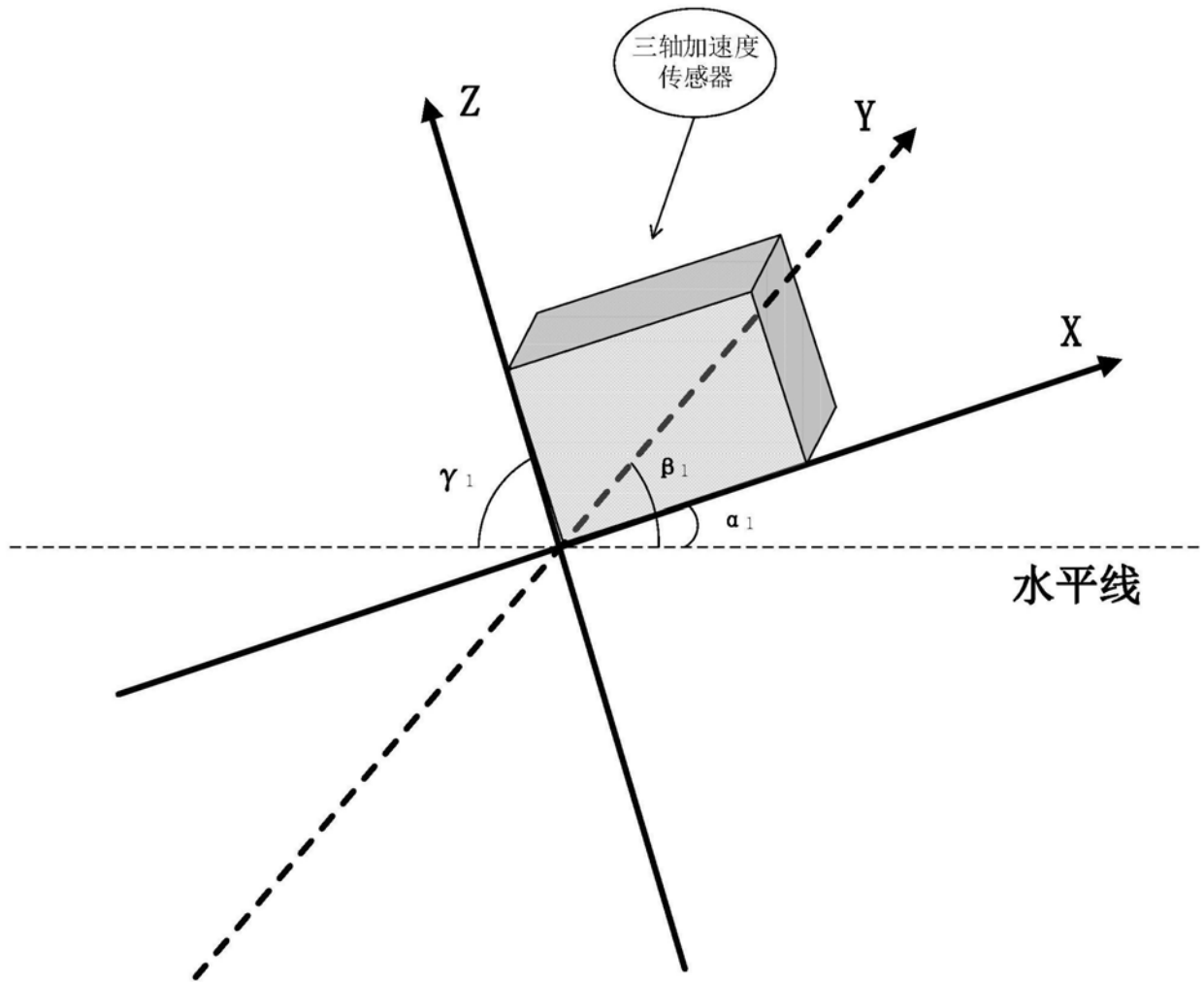


图3

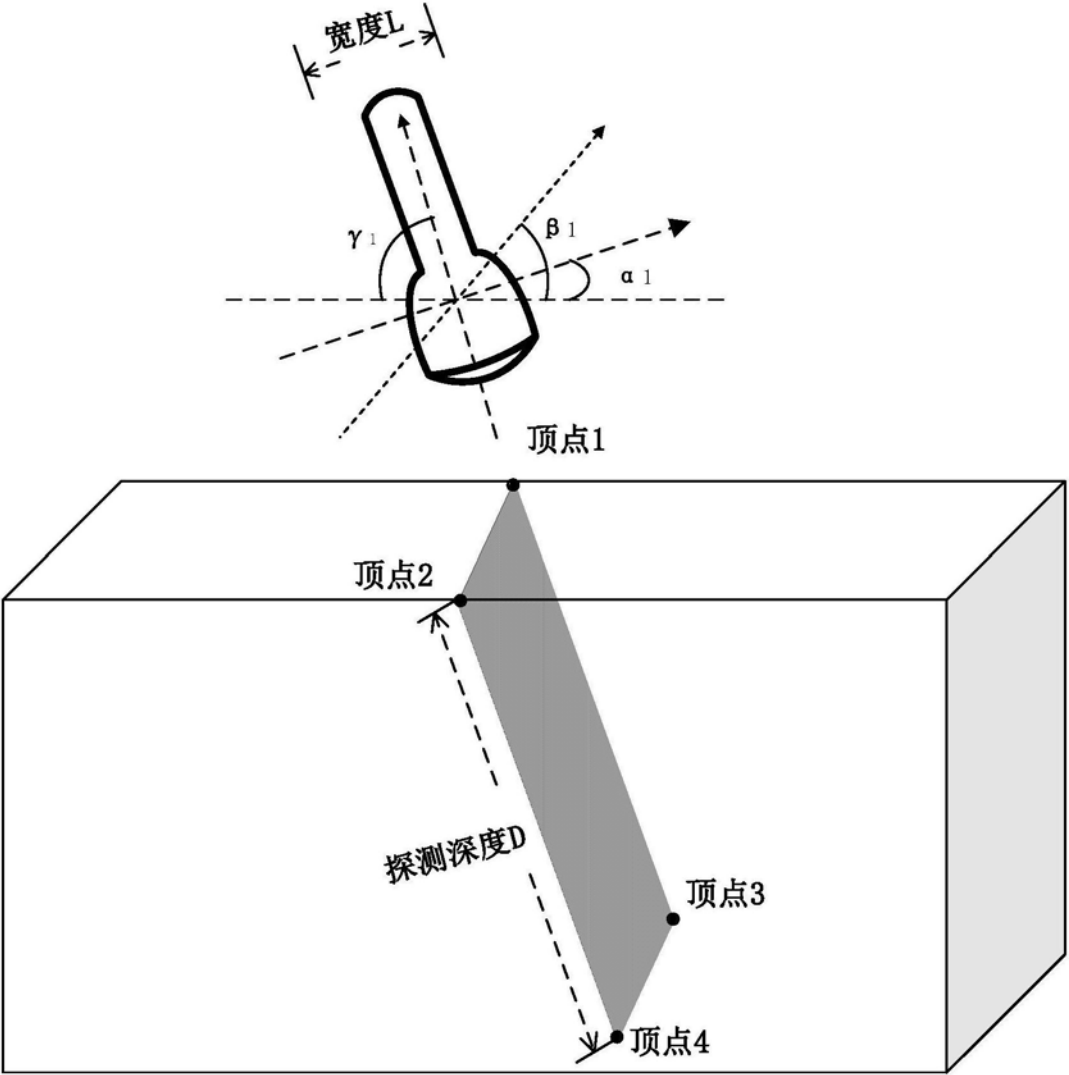


图4

专利名称(译)	一种二维超声图像集合重构的三维超声成像方法		
公开(公告)号	CN107582098B	公开(公告)日	2019-12-06
申请号	CN2017110669887.7	申请日	2017-08-08
[标]申请(专利权)人(译)	南京大学 同济大学		
申请(专利权)人(译)	南京大学 同济大学		
当前申请(专利权)人(译)	南京大学 同济大学		
[标]发明人	袁杰 尤琦 程茜 王学鼎		
发明人	袁杰 尤琦 程茜 王学鼎		
IPC分类号	A61B8/00		
代理人(译)	胡建华		
其他公开文献	CN107582098A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种二维超声图像集合重构的三维超声成像方法，包括以下步骤：利用线阵超声传感器，对目标三维空间发射并采集超声信号，重建目标三维空间的二维超声图像；通过自由旋转以及平移超声传感器，重建不同角度和不同位置下的目标三维空间二维超声图像；利用位移传感器和角度传感器检测出超声传感器在移动和旋转过程中的位置和角度信息；结合超声传感器的位置和角度信息，将对应的二维超声图像定位到三维空间中，通过上述二维超声图像集合重构出三维超声图像。

