



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104095653 B

(45) 授权公告日 2016. 07. 06

(21) 申请号 201410358227. 3

CN 103654856 A, 2014. 03. 26, 全文.

(22) 申请日 2014. 07. 25

US 2010298704 A1, 2010. 11. 25, 全文.

(73) 专利权人 上海理工大学
地址 200093 上海市杨浦区军工路 516 号

王庆浩. 自由臂三维超声导航系统关键技术研究. 《山东大学硕士学位论文》. 2010, 第 8、12-14、19 页, 图 1-1.

(72) 发明人 姜旭恒 胡胜男 郑政

审查员 王传利

(74) 专利代理机构 上海申汇专利代理有限公司
31001

代理人 吴宝根

(51) Int. Cl.

A61B 8/00(2006. 01)

(56) 对比文件

- CN 100998511 A, 2007. 07. 18, 全文.
- WO 2014113530 A1, 2014. 07. 24, 全文.
- WO 2006127142 A2, 2006. 11. 30, 全文.
- US 2014194742 A1, 2014. 07. 10, 全文.
- CN 103006263 A, 2013. 04. 03, 全文.

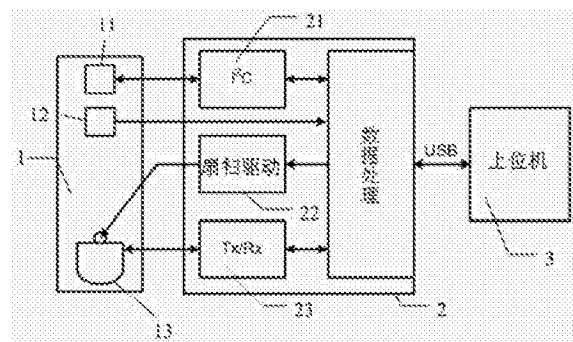
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种自由臂三维超声成像系统及成像方法

(57) 摘要

本发明涉及一种自由臂三维超声成像系统及成像方法, 6 轴惯性传感器中心平面与探头前端 B 超扇扫机构的 B 超成像点处于同一平面中, 并且 6 轴惯性传感器中心与 B 超扇扫机构 B 超成像点都在 B 超探头中心轴线上, 相互距离恒定; 在与 6 轴惯性传感器中心平面上方, B 超探头外部位设有凹槽; 凹槽处设有触发按键; 6 轴惯性传感器、B 超扇扫机构和触发按键通过长电缆与微处理器连接, 微处理器通过 USB 接口接上位机, 建立合理的扫描模型及采集系统, 即可检测探头运动信息。所有器件全部置于 2D 超声探头内, 与外界无接触, 减少了环境对操作带来的干扰, 提高精度和稳定性; 采用多线程并行操作, 加快了运算速度, 并在获取每幅新的 B 提供实时更新的三维重建效果。



1.一种自由臂三维超声成像系统的成像方法,自由臂三维超声成像系统包括B超探头、微处理器和上位机,B超探头包括外部的触发按键、外部的凹槽、尾部的长电缆、内部的6轴惯性传感器、内部传统的B超扇扫机构和内部支架;6轴惯性传感器固定在B超探头内部的支架上,6轴惯性传感器中心平面与探头前端B超扇扫机构的B超成像点处于同一平面中,并且6轴惯性传感器中心与B超扇扫机构B超成像点都在B超探头中心轴线上;在与6轴惯性传感器中心平面上方,B超探头外部位设有凹槽,凹槽与6轴转型传感器平行;凹槽处设有触发按键;6轴惯性传感器、B超扇扫机构和触发按键通过长电缆与微处理器连接,微处理器通过USB接口接上位机,所述微处理器中的I²C模块与6轴惯性传感器互相通信,对传感器进行配置和数据的读取;微处理器的扇扫驱动模块和超声信号收发Tx/Rx模块分别输出驱动信号到B超扇扫机构中步进电机和激励超声换能器;触发按键触发信号输入微处理器,其特征在于,成像方法具体包括如下步骤:

1)以6轴惯性传感器中心为原点在中心平面建立惯性传感器坐标系S;以B超成像点为原点,在6轴惯性传感器中心平面建立B超成像坐标系I;惯性传感器坐标系S中心与B超成像坐标系I中心相距距离L;

2)当使用者按下凹槽处的触发按键时,微处理器接收6轴惯性传感器和B超扇扫机构位置和成像信息,微处理器匹配B超二维成像和其位置信息,并通过USB口传输到上位机中;

3)初始化:接收到所述触发按键发出的3D扫描触发信号后,以第一幅接收到的B超二维图像为基准建立世界坐标系R,开辟存储空间;

4)获取后续的B超二维图像与第一幅B超图像的相对位置关系,为后续的B超二维图像中的每个像素点分配一个线程,并进行像素点的坐标系转换,线程中包含的坐标系转换公式如下:

$$p^R = p^I T_{S-I} T_{R-S}$$

其中 $p^I = (x', y', 0, 1)$ 表示任一2D成像平面中某一像素点 (x', y') 的坐标, $p^R = (x, y, z, 1)$ 表示该像素点在所述世界坐标系R中的对应坐标;

T_{S-I} 表示所述B超成像坐标系I到6轴惯性传感器坐标系S的转换表达式,其具体表达形式为:

$$T_{S-I} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & L & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

T_{R-S} 表示6轴惯性传感器坐标系S到所述世界坐标系R的转换表达式,其具体表达形式为:

$$T_{R-S} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ \Delta x & \Delta y-L & \Delta z & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ 0 & -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\beta & 0 & -\sin\beta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin\beta & 0 & \cos\beta & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\gamma & \sin\gamma & 0 & 0 \\ -\sin\gamma & \cos\gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

式中, $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ 为探头沿世界坐标系R中的x,y,z轴平移的位移量, α, β, γ 分别为坐标系绕世界坐标系R中的x,y,z三轴逆时针转过的角位移;

5)将坐标系转换后的像素点存储入步骤3)中开辟好的世界坐标系R的存储空间,并进

行像素点插补;对存储空间中的像素点进行三维表面重建,并进行光线投射处理;
6)实时采集后续图像,重复步骤3)到步骤5),实现实时3D成像。

一种自由臂三维超声成像系统及成像方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种三维成像系统,特别涉及一种基于惯性传感器的自由臂三维超声成像系统及成像方法。

背景技术

[0002] 医学超声诊断是现代影像医学的重要组成部分之一,在很多人体组织的诊断中都有着重大的贡献。传统2D超声所显示的是从探头扫描平面所获取的信息,检查者需要根据一系列2D图像在脑中重建组织的三维结构。这是一个费时和困难的过程,而且容易发生错误。正因为如此,临床对3D超声的需求正在快速增加。常见的3D超声扫描方法有下面几种:机械机构控制2D超声探头,内置控制机构的3D超声探头和自由臂3D扫描探头。在上述3D扫描方式中,自由臂扫描方式可以使用现成的2D探头,扫描范围大,在成本和使用方便性上有较高的性价比,所以获得广泛欢迎。但是自由臂扫描的成本还有望进一步降低,使用方式进一步简便。

[0003] 惯性传感器利用惯性作用获取物体的运动信息,将惯性传感器和探头固定在一起,并建立合理的扫描模型及采集系统,即可检测探头运动信息而不需要复杂的跟踪设备。为进一步提高自由臂扫描方式的性价比提供了可能。

发明内容

[0004] 本发明是针对现自由臂扫描应用广泛,性价比需进一步提升的问题,提出了一种自由臂三维超声成像系统及成像方法,可进一步降低成本、操作更加简便。

[0005] 本发明的技术方案为:一种自由臂三维超声成像系统,系统包括B超探头、微处理器和上位机,B超探头包括外部的触发按键、外部的凹槽、尾部的长电缆、内部的6轴惯性传感器、内部传统的B超扇扫机构和内部支架;6轴惯性传感器固定在B超探头内部的支架上,6轴惯性传感器中心平面与探头前端B超扇扫机构的B超成像点处于同一平面中,并且6轴惯性传感器中心与B超扇扫机构B超成像点都在B超探头中心轴线上;在与6轴惯性传感器中心平面上方,B超探头外部位设有凹槽,凹槽与6轴转型传感器平行;凹槽处设有触发按键;6轴惯性传感器、B超扇扫机构和触发按键通过长电缆与微处理器连接,微处理器通过USB接口接上位机。

[0006] 所述微处理器中的I²C模块与6轴惯性传感器互相通信,对传感器进行配置和数据的读取;微处理器的扇扫驱动模块和超声信号收发Tx/Rx模块分别输出驱动信号到B超扇扫机构中步进电机和激励超声换能器;触发按键触发信号输入微处理器。

[0007] 一种自由臂三维超声成像系统的成像方法,具体包括如下步骤:

[0008] 1)以6轴惯性传感器中心为原点在中心平面建立惯性传感器坐标系S;以B超成像点为原点,在6轴惯性传感器中心平面建立B超成像坐标系I;惯性传感器坐标系S中心与B超成像坐标系I中心相距距离L;

[0009] 2)当使用者按下凹槽处的触发按键时,微处理器接收6轴惯性传感器和B超扇扫机

构位置和成像信息,微处理器匹配B超二维成像和其位置信息,并通过USB口传输到上位机中;

[0010] 3)初始化:接收到所述3D扫描触发按键的触发信号后,以第一幅接收到的B超二维图像为基准建立世界坐标系R,开辟存储空间;

[0011] 4)获取后续的B超二维图像与第一幅B超图像的相对位置关系,为所述B超二维图像中的每个像素点分配一个线程,并进行像素点的坐标系转换,线程中包含的坐标系转换公式如下:

$$[0012] \quad p^R = p^I T_{S-I} T_{R-S}$$

[0013] 其中 $p^I = (x', y', 0, 1)$ 表示任一2D成像平面中某一像素点 (x', y') 的坐标, $p^R = (x, y, z, 1)$ 表示该像素点在所述世界坐标系R中的对应坐标;

[0014] T_{S-I} 表示所述2D成像坐标系I到6轴惯性传感器坐标系S的转换表达式,其具体表达形式为:

$$[0015] \quad T_{S-I} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & L & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0016] T_{R-S} 表示6轴惯性传感器坐标系S到所述世界坐标系R的转换表达式,其具体表达形式为:

[0017]

$$T_{R-S} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ \Delta x & \Delta y-L & \Delta z & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ 0 & -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\beta & 0 & -\sin\beta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin\beta & 0 & \cos\beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\gamma & \sin\gamma & 0 & 0 \\ -\sin\gamma & \cos\gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0018] 式中, $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ 为探头沿世界坐标系R中的 x, y, z 轴平移的位移量, α, β, γ 分别为坐标系绕世界坐标系R中的 x, y, z 三轴逆时针转过的角位移;

[0019] 5)将坐标系转换后的像素点存储入步骤3)中开辟好的世界坐标系R的存储空间,并进行像素点插补;对存储空间中的像素点进行三维表面重建,并进行光线投射处理;

[0020] 6)时时采集后续图像,重复步骤3)到步骤5),实现时时3D成像。

[0021] 本发明的有益效果在于:本发明一种自由臂三维超声成像系统及成像方法,提供了一个惯性传感器追踪式的自由臂3D超声扫描探头,比起现有的光学原理和电磁学原理的轨迹传感器有价格的优势;本发明提供了一个传感器内置式的自由臂3D超声扫描探头,所有传感器和成像设备全部置于2D超声探头内,通过电缆与微处理器相连。由于没有大型的轨迹传感器工作站,大大降低了成像系统的体积和价格,并提高了使用者操作时的灵活性和方便性;本发明提供的惯性传感器内置式的自由臂3D超声扫描探头,所有器件全部置于2D超声探头内,与外界无接触,减少了环境对操作带来的干扰,提高了精度和稳定性;本发明提供的触发按键,允许操作者灵活的切换2D超声和3D超声模式,更符合实际运用需求;本发明提供的三维重建算法单元,采用多线程并行操作,大大加快了运算速度,并在获取每幅新的B超图像后更新体素信息,提供实时更新的三维重建效果。

附图说明

[0022] 图1为本发明自由臂三维超声成像系统结构示意图；

[0023] 图2为本发明B超探头结构示意图；

[0024] 图3为本发明三维重建算法单元示意图。

具体实施方式

[0025] 如图1所示自由臂三维超声成像系统结构示意图，系统包括B超探头1、微处理器2和上位机3。

[0026] 如图2所示B超探头结构示意图，B超探头1，集成了内部的6轴惯性传感器11，外部的触发按键12，传统的B超扇扫机构13，内部的支架14，凹槽15，尾部的长电缆16。其中6轴惯性传感器11固定在B超探头内部的支架14上，6轴惯性传感器11中心平面与探头前端B超扇扫机构13所决定的B超成像点处于同一平面中，并且6轴惯性传感器11中心与B超扇扫机构13 B超成像点都在B超探头中心轴线上。以6轴惯性传感器11中心为原点在中心平面建立惯性传感器坐标系S；以B超成像点为原点，在6轴惯性传感器11中心平面建立B超成像坐标系I；惯性传感器坐标系S中心与B超成像坐标系I中心相距距离L。在与6轴惯性传感器11中心平面上方，B超探头1外部位设有凹槽15，供使用者把持探头，使用者可手持探头任意平移或旋转。凹槽15处设有触发3D扫描成像的触发按键12，供使用者将2D超声扫描模式切换到3D超声成像模式。所有导联通过长电缆16与微处理器2联通。凹槽15严格与6轴转型传感器11平行，使使用者手持探头的位置及6轴传感器11的6轴轴心位置，使用者在此位置平移或者旋转探头所造成的探头姿态的变化量，可直接从6轴传感器11中读取出来，从而减少了不必要的补偿过程。以此法操作，B超成像点转换到6轴传感器坐标系中的变换关系固定，为在Y轴方向加上成像坐标系I中心与6轴惯性传感器坐标系S中心之间的距离L。

[0027] 如图1和图2所示，微处理器2通过长电缆16与B超探头中的6轴惯性传感器11，触发按键12和B超扇扫机构13相连。微处理器2中的I²C模块21与6轴惯性传感器11建立通信，对传感器进行配置和数据的读取。微处理器2的扇扫驱动模块22和超声信号收发Tx/Rx模块23分别驱动B超扇扫机构13中步进电机和激励超声换能器。并通过二维图像处理单元获取B超二维成像。微处理器2接收触发按键12触发信号，触发按键12按下后触发3D超声扫描，即微处理器开始匹配B超二维图像和其位置信息，并将匹配了位置信息的B超二维图像通过USB接口传输到上位机3中。所述三维重建算法单元根据所述B超图像和所述位置信息实时重建和显示三维超声图像。

[0028] 如图3所示三维重建算法单元示意图，惯性传感器坐标系S与B超成像坐标系I处于同一平面中，惯性传感器坐标系S中心与B超成像坐标系I中心相距距离L。使用者手握与惯性传感器坐标系S中心水平位上方的凹槽15，可任意旋转或平移B超探头1。当使用者按下凹槽15处的触发按键12时，触发B超二维成像模式向3D超声成像模式转换。微处理器2匹配B超二维成像和其位置信息，并通过USB口传输到上位机3中。并进入三维重建算法单元，其步骤如下：

[0029] S1、初始化：接收到所述3D扫描触发按键12的触发信号后，以第一幅接收到的B超二维图像为基准建立世界坐标系R，开辟存储空间31。

[0030] S2、获取后续的B超二维图像与第一幅B超图像的相对位置关系,为所述B超二维图像中的每个像素点分配一个线程,并进行像素点的坐标系转换,线程中包含的坐标系转换公式如下:

$$[0031] \quad p^R = p^I T_{S-I} T_{R-S} \quad (1)$$

[0032] 其中 $p^I = (x', y', 0, 1)$,表示任一2D成像平面中某一像素点 (x', y') 的坐标, $p^R = (x, y, z, 1)$ 表示该像素点在所述世界坐标系R中的对应坐标。

[0033] T_{S-I} 表示所述2D成像坐标系I到6轴惯性传感器坐标系S的转换表达式,其表达2D成像平面I和所述6轴惯性传感器坐标系S的几何关系,此几何关系由机械结构设计确定,故 T_{S-I} 为常量,其具体表达形式为:

$$[0034] \quad T_{S-I} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & L & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

[0035] T_{R-S} 表示6轴惯性传感器坐标系S到所述世界坐标系R的转换表达式,其表达所述6轴惯性传感器11所探知的探头1在三维空间中的运动轨迹,其具体表达形式为:

[0036]

$$T_{R-S} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ \Delta x & \Delta y-L & \Delta z & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ 0 & -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\beta & 0 & -\sin\beta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin\beta & 0 & \cos\beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\gamma & \sin\gamma & 0 & 0 \\ -\sin\gamma & \cos\gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

[0037] 式中, $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ 为探头沿世界坐标系R中的 x, y, z 轴平移的位移量, α, β, γ 分别为坐标系绕世界坐标系R中的 x, y, z 轴逆时针转过的角位移。

[0038] S3、将坐标系转换后的像素点存储入所述S1中开辟好的世界坐标系R的存储空间31,并进行像素点插补。对存储空间31中的像素点进行三维表面重建,并进行光线投射处理。

[0039] S4、时时采集后续图像,重复S1到S3,实现时时3D成像。

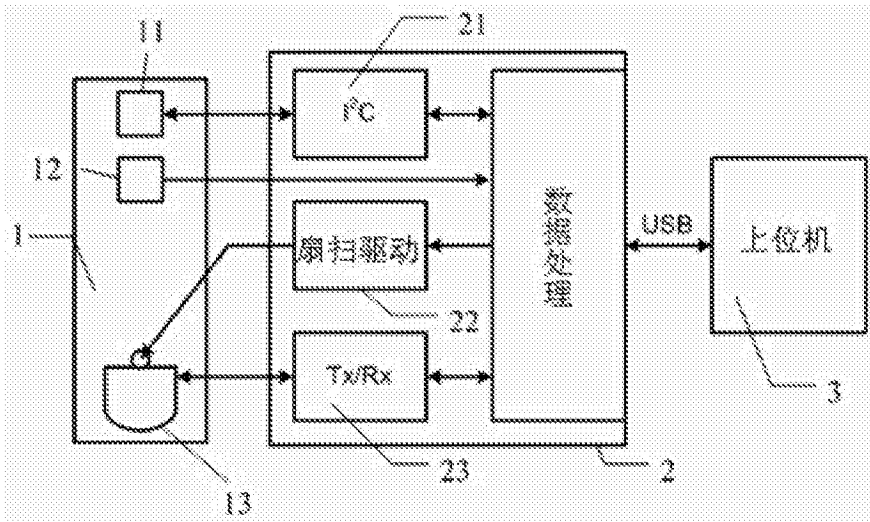


图1

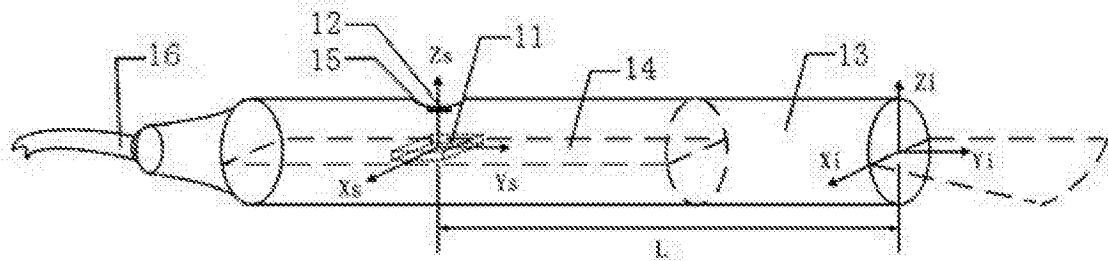


图2

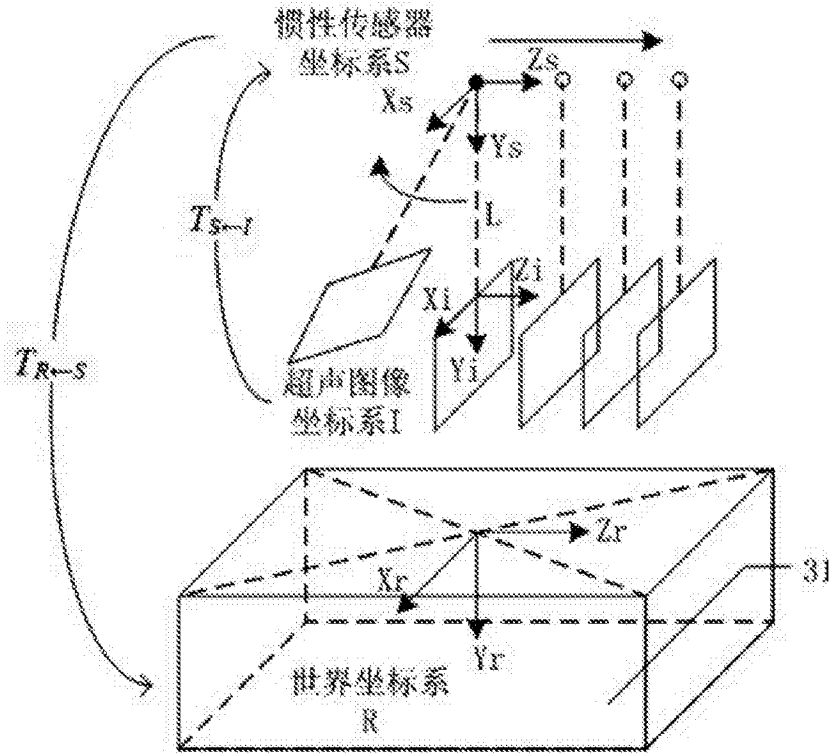


图3

专利名称(译)	一种自由臂三维超声成像系统及成像方法		
公开(公告)号	CN104095653B	公开(公告)日	2016-07-06
申请号	CN201410358227.3	申请日	2014-07-25
[标]申请(专利权)人(译)	上海理工大学		
申请(专利权)人(译)	上海理工大学		
当前申请(专利权)人(译)	上海理工大学		
[标]发明人	姜旭恒 胡胜男 郑政		
发明人	姜旭恒 胡胜男 郑政		
IPC分类号	A61B8/00		
代理人(译)	吴宝根		
审查员(译)	王传利		
其他公开文献	CN104095653A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及一种自由臂三维超声成像系统及成像方法，6轴惯性传感器中心平面与探头前端B超扇扫机构的B超成像点处于同一平面中，并且6轴惯性传感器中心与B超扇扫机构B超成像点都在B超探头中心轴线上，相互距离恒定；在与6轴惯性传感器中心平面上方，B超探头外部位设有凹槽；凹槽处设有触发按键；6轴惯性传感器、B超扇扫机构和触发按键通过长电缆与微处理器连接，微处理器通过USB接口接上位机，建立合理的扫描模型及采集系统，即可检测探头运动信息。所有器件全部置于2D超声探头内，与外界无接触，减少了环境对操作带来的干扰，提高精度和稳定性；采用多线程并行操作，加快了运算速度，并在获取每幅新的B提供实时更新的三维重建效果。

