



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110974304 A

(43)申请公布日 2020.04.10

(21)申请号 201911282999.2

(22)申请日 2019.12.13

(71)申请人 山东大学齐鲁医院

地址 250012 山东省济南市历下区文化西路107号

(72)发明人 张鹏飞 苏敏 李飞

(74)专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221

代理人 黄海丽

(51)Int.Cl.

A61B 8/08(2006.01)

A61B 8/00(2006.01)

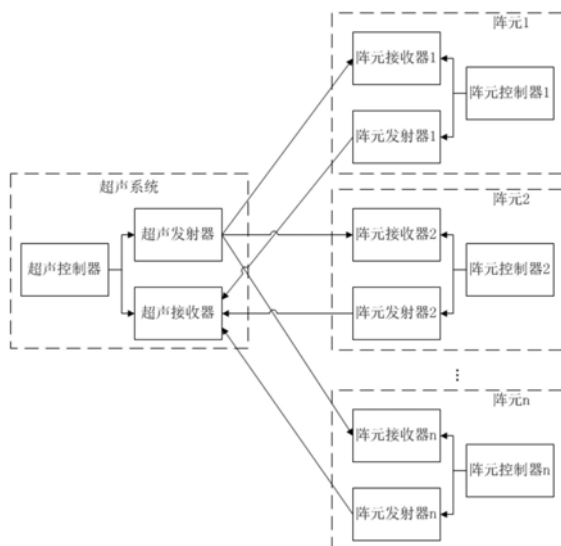
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

## (54)发明名称

基于穿戴式柔性超声换能器的超声波束合成系统及方法

## (57)摘要

本公开公开了基于穿戴式柔性超声换能器的超声波束合成系统及方法,包括:柔性穿戴式多阵元成像换能器,所述柔性穿戴式多阵元成像换能器在使用时,设置在患者心脏对应的体表胸壁位置;柔性穿戴式多阵元成像换能器接收超声系统的超声发射器发出的信号,柔性穿戴式多阵元成像换能器的每个阵元均将接收到的信号进行时间延迟补偿补偿后发射到患者心脏位置;柔性穿戴式多阵元成像换能器的每个阵元均接收反馈信号,每个阵元均将反馈信号进行时间延迟换算后发送给超声系统的超声接收器,超声系统对每个阵元的信号进行波束合成,得到患者心脏的三维超声图像。



1. 基于穿戴式柔性超声换能器的超声波束合成系统,其特征是,包括:

柔性穿戴式多阵元成像换能器,所述柔性穿戴式多阵元成像换能器在使用时,设置在患者心脏对应的体表胸壁位置;

柔性穿戴式多阵元成像换能器接收超声系统的超声发射器发出的信号,柔性穿戴式多阵元成像换能器的每个阵元均将接收到的信号进行时间延迟补偿后发射到患者心脏位置;

柔性穿戴式多阵元成像换能器的每个阵元均接收反馈信号,每个阵元均将反馈信号进行时间延迟换算后发送给超声系统的超声接收器,超声系统对每个阵元的信号进行波束合成,得到患者心脏的三维超声图像。

2. 如权利要求1所述的系统,其特征是,所述柔性穿戴式多阵元成像换能器的每个阵元均将接收到的信号进行时间延迟补偿后发射到患者心脏位置;具体步骤包括:

S101:超声发射器同时向所有的阵元发射超声信号,每个阵元接收器均对超声信号进行接收,通过任意相邻两个阵元接收到超声信号的时间差,以其中一个阵元为参考阵元,计算出另外一个阵元与参考阵元的相对位置;

S102:用另外一个阵元与参考阵元的相对位置,计算出所述相邻两个阵元向心脏位置发射超声波的时间延迟;将时间延迟补偿到所述相邻两个阵元中偏离自身初始位置较大的阵元上;得到时间延迟补偿后的阵元,在设定发射时间的基础上增加时间延迟后再向心脏发射超声波;

S103:通过对每个阵元设定时间延迟,控制阵元产生聚焦声束。

3. 如权利要求2所述的系统,其特征是,所述相邻两个阵元的相对位移,是指两个投影点之间的距离差,所述两个投影点是相邻两个阵元分别向垂直于换能器外切面的直线上投影得到的。

4. 如权利要求2所述的系统,其特征是,

所述S101允许被替换为:在每个阵元上安装位置传感器,通过位置传感器实时反馈阵元的位置;获取任意相邻两个阵元的相对位移;

或者,

所述S101还允许被替换为:使用三维超声实时成像扫描监测阵元的实时位置;获取任意相邻两个阵元的相对位移。

5. 如权利要求2所述的系统,其特征是,

所述S101还允许被替换为:使用三维CT实时成像扫描监测阵元的实时位置;获取任意相邻两个阵元的相对位移;

或者,所述S101还允许被替换为:

使用高清摄像机实时拍摄换能器在人体活动过程中的位置变换情况,实时记录换能器的相对位置;获取任意相邻两个阵元的相对位移。

6. 如权利要求1所述的系统,其特征是,所述柔性穿戴式多阵元成像换能器,包括:

柔性基底,所述柔性基底上均匀分布若干个阵元,每个阵元内部均设有对应的阵元发射器和阵元接收器;

所述阵元接收器,用于将接收到的超声发射器发射的电信号,将电信号转换为超声信号,并对超声信号进行时间延迟补偿后发射到患者心脏位置;

所述阵元发射器,用于将反馈的超声信号,进行时间延迟后,转换为电信号,并将电信号传输给超声接收器。

7.如权利要求1所述的系统,其特征是,所述柔性穿戴式多阵元成像换能器,还包括:散热部件,所述散热部件设置在阵元间隙中,或者设置在阵元的远离人体的一侧。

8.如权利要求1所述的系统,其特征是,所述超声系统,包括:超声控制器、超声发射器和超声接收器;

所述超声发射器,用于向柔性穿戴式多阵元成像换能器的每个阵元发射超声信号;

所述超声接收器,用于接收柔性穿戴式多阵元成像换能器的每个阵元反馈回来的电信号;

所述超声控制器,用于控制超声发射器和超声接收器的工作;还用于对接收的反馈电信号进行波束合成,得到心脏的三维超声图像。

9.基于穿戴式柔性超声换能器的超声波束合成方法,其特征是,包括:

使用时,佩戴在患者心脏对应的体表胸壁位置的柔性穿戴式多阵元成像换能器,接收超声系统的超声发射器发出的信号,柔性穿戴式多阵元成像换能器的每个阵元均将接收到的信号进行时间延迟补偿后发射到患者心脏位置;

柔性穿戴式多阵元成像换能器的每个阵元均接收反馈信号,每个阵元均将反馈信号进行时间延迟换算后发送给超声系统的超声接收器,超声系统对每个阵元的信号进行波束合成,得到患者心脏的三维超声图像。

10.如权利要求9所述的方法,其特征是,所述柔性穿戴式多阵元成像换能器的每个阵元均将接收到的信号进行时间延迟补偿后发射到患者心脏位置;具体步骤包括:

S101:超声发射器同时向所有的阵元发射超声信号,每个阵元接收器均对超声信号进行接收,通过任意相邻两个阵元接收到超声信号的时间差,以其中一个阵元为参考阵元,计算出另外一个阵元与参考阵元的相对位置;

S102:用另外一个阵元与参考阵元的相对位置,计算出所述相邻两个阵元向心脏位置发射超声波的时间延迟;将时间延迟补偿到所述相邻两个阵元中偏离自身初始位置较大的阵元上;得到时间延迟补偿后的阵元,在设定发射时间的基础上增加时间延迟后再向心脏发射超声波;

S103:通过对每个阵元设定时间延迟,控制阵元产生聚焦声束。

## 基于穿戴式柔性超声换能器的超声波束合成系统及方法

### 技术领域

[0001] 本公开涉及超声波束合成技术领域,特别是涉及基于穿戴式柔性超声换能器的超声波束合成系统及方法。

### 背景技术

[0002] 本部分的陈述仅仅是提到了与本公开相关的背景技术,并不必然构成现有技术。

[0003] 现今用于心脏超声成像的方法,主要是使用一个1维相控阵超声换能器,辅以阵列超声成像系统。这种方法只能获得一些二维的超声图像,不能获得心脏的三维形貌,也不能实时监测心脏的运动状态。本发明专利主要提出一种心脏超声三维成像方法、系统、设备和介质。主要包含有具有弯曲,拉伸等功能的柔性便携式超声换能器,能够对柔性换能器阵元进行位置补偿的波束合成方法,以及实时三维超声成像系统。

[0004] 在实现本公开的过程中,发明人发现现有技术中存在以下技术问题:

[0005] 在已授权专利“超声波束合成方法”(CN104739449B)中,公开了一种波束合成方法,但该专利是对阵元进行单独加权,也就是不同的阵元施加不同的激励,比如声束被骨骼遮挡的那部分阵元施加低电压或不施加电压,然后利用图像处理软件把采集到的信号处理,形成一幅图像,这样可以提高图像质量,尤其是对声束受到遮挡区域的图像质量。但是,该方法无法实现超声波束的三维成像,也无法解决换能器阵元的位置补偿。

[0006] 由于人体肋骨,肺,以及其他器官的遮挡,心脏超声成像一直是超声影像技术的难题。现有的1维相控阵超声成像技术需要医生具有高超的技术和丰富的经验,找寻合适的角度进行成像,并且需要将换能器对患者胸壁进行挤压也给患者带来很多痛苦,另外现有的成像方法只能在医院进行检查受限于场地,也不能检测患者不同运动状态下的心脏形貌。

### 发明内容

[0007] 为了解决现有技术的不足,本公开提供了基于穿戴式柔性超声换能器的超声波束合成系统及方法;

[0008] 第一方面,本公开提供了基于穿戴式柔性超声换能器的超声波束合成系统;

[0009] 基于穿戴式柔性超声换能器的超声波束合成系统,包括:

[0010] 柔性穿戴式多阵元成像换能器,所述柔性穿戴式多阵元成像换能器在使用时,设置在患者心脏对应的体表胸壁位置;

[0011] 柔性穿戴式多阵元成像换能器接收超声系统的超声发射器发出的信号,柔性穿戴式多阵元成像换能器的每个阵元均将接收到的信号进行位置补偿后发射到患者心脏位置;

[0012] 柔性穿戴式多阵元成像换能器的每个阵元均接收反馈信号,每个阵元均将反馈信号进行时间延迟换算后发送给超声系统的超声接收器,超声系统对每个阵元的信号进行波束合成,得到患者心脏的三维超声图像。

[0013] 第二方面,本公开还提供了基于穿戴式柔性超声换能器的超声波束合成方法;

[0014] 基于穿戴式柔性超声换能器的超声波束合成方法,包括:

[0015] 使用时,佩戴在患者心脏对应的体表胸壁位置的柔性穿戴式多阵元成像换能器,接收超声系统的超声发射器发出的信号,柔性穿戴式多阵元成像换能器的每个阵元均将接收到的信号进行位置补偿后发射到患者心脏位置;

[0016] 柔性穿戴式多阵元成像换能器的每个阵元均接收反馈信号,每个阵元均将反馈信号进行时间延迟换算后发送给超声系统的超声接收器,超声系统对每个阵元的信号进行波束合成,得到患者心脏的三维超声图像。

[0017] 与现有技术相比,本公开的有益效果是:

[0018] 因为人体在活动的过程中柔性穿戴式多阵元成像换能器的阵元之间的相对位置会实时变化,所以本公开创新性的提出了位置补偿的技术方案。

[0019] 本公开解决了即使柔性换能器阵元相对位置不固定、不确定,也可以通过成像过程中,补偿阵元位置变化,来获得准确的图像。比如,阵元初始位置在A点,但由于阵元的附着基础是柔性的,随着呼吸运动或肌肉运动造成的体表形态变化,阵元就会偏离A点,如果仍然按照阵元在A点进行波束合成,就会造成成像的错误,就必须根据阵元实际位置进行波束合成中的补偿问题。

## 附图说明

[0020] 构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本申请的进一步理解,本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请,并不构成对本申请的不当限定。

[0021] 图1为第一个实施例的方法流程图;

[0022] 图2为第一个实施例的超声系统结构图;

[0023] 图3为第一个实施例的柔性穿戴式多阵元成像换能器佩戴示意图;

[0024] 图4为第一个实施例的柔性穿戴式多阵元成像换能器细节放大图;

[0025] 图5(a)和图5(b)为第一个实施例的波束合成原理示意图;

[0026] 图6为第一个实施例的超声标定法示意图;

[0027] 图7为第一个实施例的固定反射板安装示意图。

## 具体实施方式

[0028] 应该指出,以下详细说明都是示例性的,旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常理解的相同含义。

[0029] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0030] 实施例一,本实施例提供了基于穿戴式柔性超声换能器的超声波束合成系统;

[0031] 如图1所示,基于穿戴式柔性超声换能器的超声波束合成系统,包括:

[0032] 柔性穿戴式多阵元成像换能器,所述柔性穿戴式多阵元成像换能器在使用时,设置在患者心脏对应的体表胸壁位置;如图3所示;

[0033] 柔性穿戴式多阵元成像换能器接收超声系统的超声发射器发出的信号,柔性穿戴

式多阵元成像换能器的每个阵元均将接收到的信号进行时间延迟补偿后发射到患者心脏位置；

[0034] 柔性穿戴式多阵元成像换能器的每个阵元均接收反馈信号，每个阵元均将反馈信号进行时间延迟换算后发送给超声系统的超声接收器，超声系统对每个阵元的信号进行波束合成，得到患者心脏的三维超声图像。

[0035] 上述技术方案的有益效果是：可以获得心脏三维超声图像，实时监测患者不同姿势和运动状态下心脏形貌，为医生的诊疗提供更丰富的数据。

[0036] 作为一个或多个实施例，所述柔性穿戴式多阵元成像换能器的每个阵元均将接收到的信号进行时间延迟补偿后发射到患者心脏位置；具体步骤包括：

[0037] S101：超声发射器同时向所有的阵元发射超声信号，每个阵元接收器均对超声信号进行接收，通过任意相邻两个阵元接收到超声信号的时间差，以其中一个阵元为参考阵元，计算出另外一个阵元与参考阵元的相对位置；

[0038] S102：用另外一个阵元与参考阵元的相对位置，计算出所述相邻两个阵元向心脏位置发射超声波的时间延迟；将时间延迟补偿到所述相邻两个阵元中偏离自身初始位置较大的阵元上；得到时间延迟补偿后的阵元，在设定发射时间的基础上增加时间延迟后再向心脏发射超声波；

[0039] S103：通过对每个阵元设定时间延迟，控制阵元产生聚焦声束。

[0040] 进一步地，所述S101允许被替换为：

[0041] 在每个阵元上安装位置传感器，通过位置传感器实时反馈阵元的位置；获取任意相邻两个阵元的相对位移。

[0042] 进一步地，所述S101还允许被替换为：

[0043] 使用三维超声实时成像扫描监测阵元的实时位置；获取任意相邻两个阵元的相对位移。

[0044] 进一步地，所述S101还允许被替换为：

[0045] 使用三维CT实时成像扫描监测阵元的实时位置；获取任意相邻两个阵元的相对位移。

[0046] 进一步地，所述S101还允许被替换为：

[0047] 使用高清摄像机实时拍摄换能器在人体活动过程中的位置变换情况，实时记录换能器的相对位置；获取任意相邻两个阵元的相对位移。

[0048] 进一步地，所述S101还允许被替换为：

[0049] 使用大数据分析方法，记录阵元在人体每一个动作时的相对位置，通过摄像观测人体的动作推算出阵元的相对位置，（只需要知道阵元之间的相对位置就可以计算出延迟时间，比如图5(a)和图5(b)，在某一时刻几个阵元排成一条直线，中间到焦点的距离短一点，延迟时间就长一些，边上阵元到焦点距离长一点，延迟时间就短一些，这样他们发射的超声波就能同时到达焦点）；获取任意相邻两个阵元的相对位移。

[0050] 进一步地，所述S101还允许被替换为：

[0051] 在柔性换能器的背面（远离人体一侧）安装一个固定反射板（如图7所示），在每个阵元的背面也安装一个超声换能器，通过计算超声换能器发射和接收到回波的时间间距来计算出阵元相对反射板的Z方向的距离，进而推算出阵元间Z方向的相对位置；获取任意相

邻两个阵元的相对位移。

[0052] 应理解的,超声成像是利用换能器的阵元发射超声波,然后接收回来的信号。接收到的信号经过滤波、放大等处理后,通过分析重组形成超声图像。为了使信号强度最大通常会让所有的阵元发射的超声波形成一个焦点,为了形成焦点,在激励换能器的时候会给不同的换能器阵元加不同的时间延迟,让换能器发射的超声波能同时到达焦点处。

[0053] 应理解的,所述时间延迟就是激励每个阵元的发射超声波的时间不一样,让所有阵元发射的超声波同时到达焦点处。

[0054] 如图6所示,超声标定法:换能器固定在人体胸壁时,在人体运动过程中它的形变少,只产生Z方向的变化L0,z方向指的是垂直于换能器表面的方向;

[0055]  $L1 = C_a \times T1$ ;

[0056]  $L2 = C_a \times T2$ ;

[0057]  $L0 = L1 - L2$ ;

[0058]  $\Delta t = \frac{L0}{C_a}$ ;

[0059] 其中, $C_a$ 为空气中声速,T1为阵元1接收到超声发射器发出的超声信号的时间,T2为阵元2接收到超声发射器发出的超声信号的时间; $L1$ 表示阵元1距离超声发射器的距离; $L2$ 表示阵元2距离超声发射器的距离; $L0$ 表示阵元1距离超声发射器的距离与阵元2距离超声发射器的距离的差值; $\Delta t$ 表示相邻两个阵元向心脏位置发射超声波的时间延迟。

[0060] 进一步地,所述S101还允许被替换为:

[0061] 采用激光标定法来获取任意相邻两个阵元的相对位移,所述激光标定法与超声标定法的原理相同,即将超声发射器更换为光源发射器。

[0062] 作为一个或多个实施例,所述柔性穿戴式多阵元成像换能器,包括:

[0063] 柔性基底,所述柔性基底上均匀分布若干个阵元,每个阵元内部均设有对应的阵元发射器和阵元接收器;

[0064] 所述阵元接收器,用于将接收到的超声发射器发射的电信号,将电信号转换为超声信号,并对超声信号进行时间延迟补偿后发射到患者心脏位置;

[0065] 所述阵元发射器,用于将反馈的超声信号,进行时间延迟后,转换为电信号,并将电信号发射给超声接收器。

[0066] 作为一个或多个实施例,所述柔性穿戴式多阵元成像换能器,还包括:散热部件,所述散热部件设置在阵元间隙中,或者设置在阵元的远离人体的一侧。

[0067] 作为一个或多个实施例,所述柔性穿戴式多阵元成像换能器在使用时,设置在患者心脏对应的体表胸壁位置;是指,柔性基底贴敷在体表胸壁位置,所述柔性基底与体表之间设有超声耦合介质。

[0068] 所述柔性基底的材质为生物相容性柔性材料,如PDMS(聚二甲基硅氧烷)、软硅胶等。

[0069] 作为一个或多个实施例,如图2所示,所述超声系统,包括:超声控制器、超声发射器和超声接收器;

[0070] 所述超声发射器,用于向柔性穿戴式多阵元成像换能器的每个阵元发射超声信号;

[0071] 所述超声接收器,用于接收柔性穿戴式多阵元成像换能器的每个阵元反馈回来的电信号;

[0072] 所述超声控制器,用于控制超声发射器和超声接收器的工作;还用于对接收的反馈电信号进行波束合成,得到心脏的三维超声图像。

[0073] 如图3所示,本发明包括有穿戴式柔性超声换能器,使用时将该换能器佩戴在人体心脏对应位置,与人体体表贴合,在人运动的时候能够随之产生形变,柔性穿戴式多阵元成像换能器包括有多个独立工作的阵元。

[0074] 波束合成包括多个发射器可以是一个或多个图中只有一个和位于换能器表面的多个阵元接收器(优选情况为每个阵元对应一个阵元接收器),超声发射器可以发射激光束或者超声,然后被阵元接收器接收,通过接收的时间间距可以计算出换能器阵元之间的相对位移,并用这些相对位移补偿换能器阵元的时间延迟。超声系统能够通过对每个阵元设定时间延迟控制阵元产生聚焦声束。

[0075] 如图4为柔性穿戴式多阵元成像换能器结构示意图,柔性穿戴式多阵元成像换能器的阵元可以是多种形式,比如线阵,面阵,环阵,排列;在阵元之间填充有柔性材料,可以使换能器实现弯曲,压缩和拉伸等变形功能。

[0076] 如图5(a)和图5(b)所示,通过前面方法获得换能器阵元的相对位置,可以计算出每个阵元到焦点的距离,距离差可以计算出时间的延迟。在给换能器的阵元施加脉冲信号的时候给每个阵元增加的一个数字延迟可以让换能器发射的声波在焦点处汇聚,同样的,在接收端增加一个延迟线可以将阵元接收到的回波信号同时回到信号处理单元。形成超声图像。

[0077] 所述的柔性换能器,阵元是换能器的一部分,换能器还包括阵元之间的填充材料,电缆等,所述柔性换能器可以是压电陶瓷换能器,压电单晶换能器,也可以是cmut,pmut或其他类型换能器。

[0078] 实施例二,本实施例还提供了基于穿戴式柔性超声换能器的超声波束合成方法;

[0079] 基于穿戴式柔性超声换能器的超声波束合成方法,包括:

[0080] S1:使用时,佩戴在患者心脏对应的体表胸壁位置的柔性穿戴式多阵元成像换能器,接收超声系统的超声发射器发出的信号,柔性穿戴式多阵元成像换能器的每个阵元均将接收到的信号进行时间延迟补偿后发射到患者心脏位置;

[0081] S2:柔性穿戴式多阵元成像换能器的每个阵元均接收反馈信号,每个阵元均将反馈信号进行时间延迟后发送给超声系统的超声接收器,超声系统对每个阵元的信号进行波束合成,得到患者心脏的三维超声图像。

[0082] 作为一个或多个实施例,所述柔性穿戴式多阵元成像换能器的每个阵元均将接收到的信号进行时间延迟补偿后发射到患者心脏位置;具体步骤包括:

[0083] S101:超声发射器同时向所有的阵元发射超声信号,每个阵元接收器均对超声信号进行接收,通过任意相邻两个阵元接收到超声信号的时间差,以其中一个阵元为参考阵元,计算出另外一个阵元与参考阵元的相对位置;

[0084] S102:用另外一个阵元与参考阵元的相对位置,计算出所述相邻两个阵元向心脏位置发射超声波的时间延迟;将时间延迟补偿到所述相邻两个阵元中偏离自身初始位置较大的阵元上;得到时间延迟补偿后的阵元,在设定发射时间的基础上增加时间延迟后再向



心脏发射超声波；

[0085] S103:通过对每个阵元设定时间延迟,控制阵元产生聚焦声束。

[0086] 所述相邻两个阵元的相对位移,是指两个投影点之间的距离差,所述两个投影点是相邻两个阵元分别向垂直于换能器外切面的直线上投影得到的。

[0087] 以上所述仅为本申请的优选实施例而已,并不用于限制本申请,对于本领域的技术人员来说,本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本申请的保护范围之内。

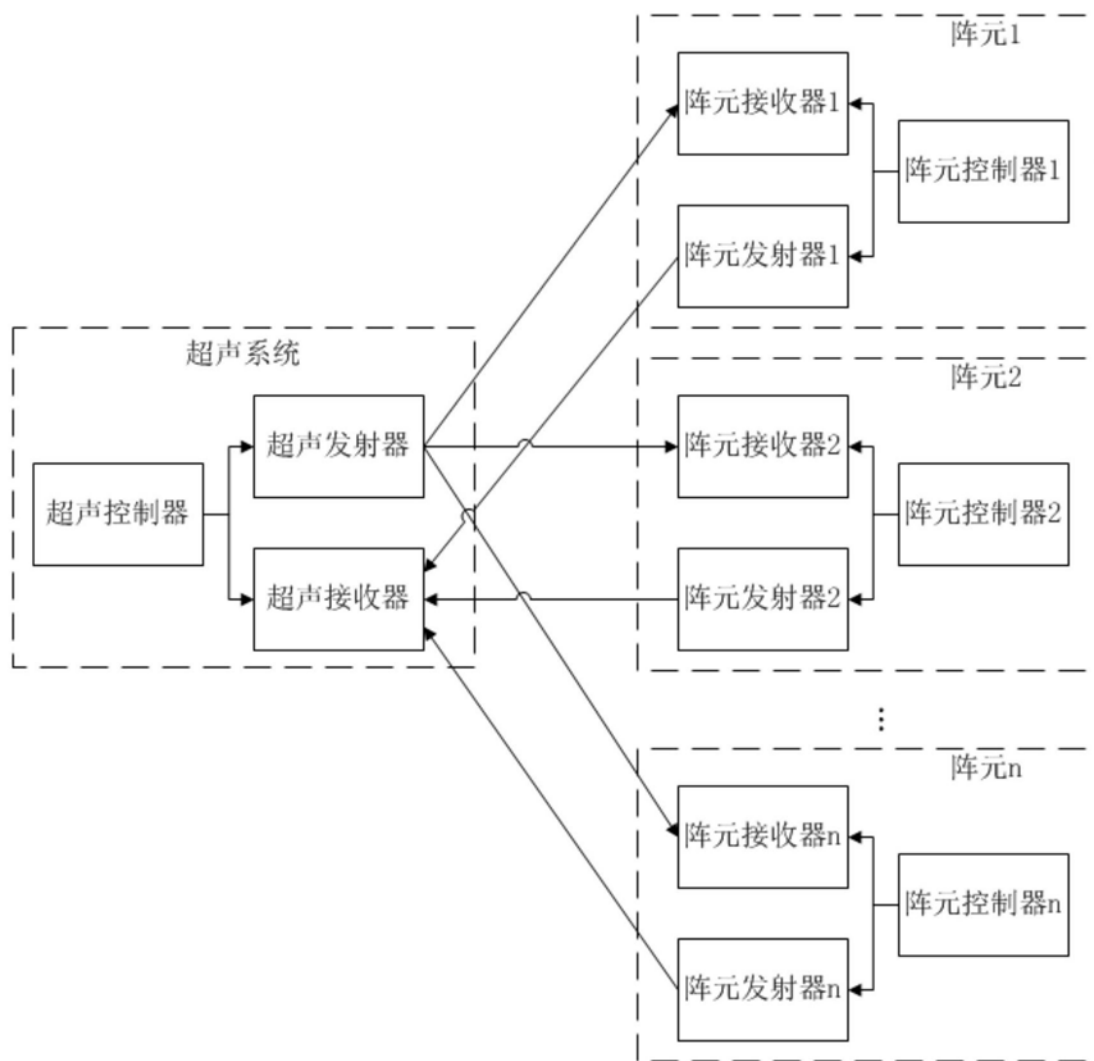


图1

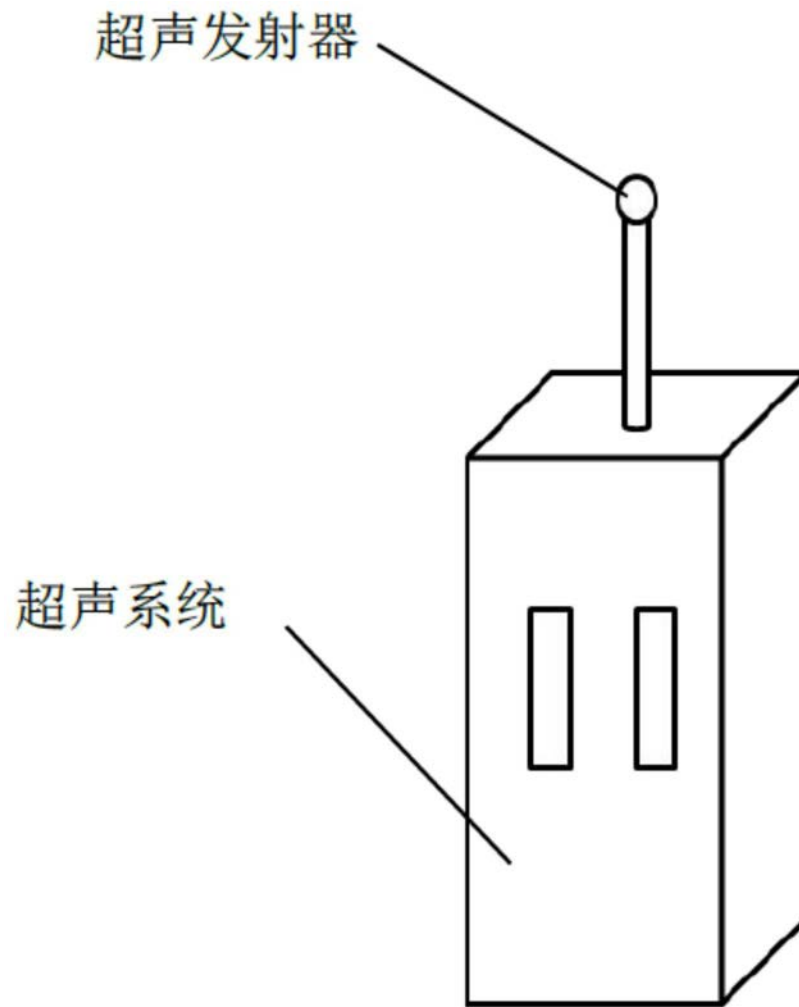


图2

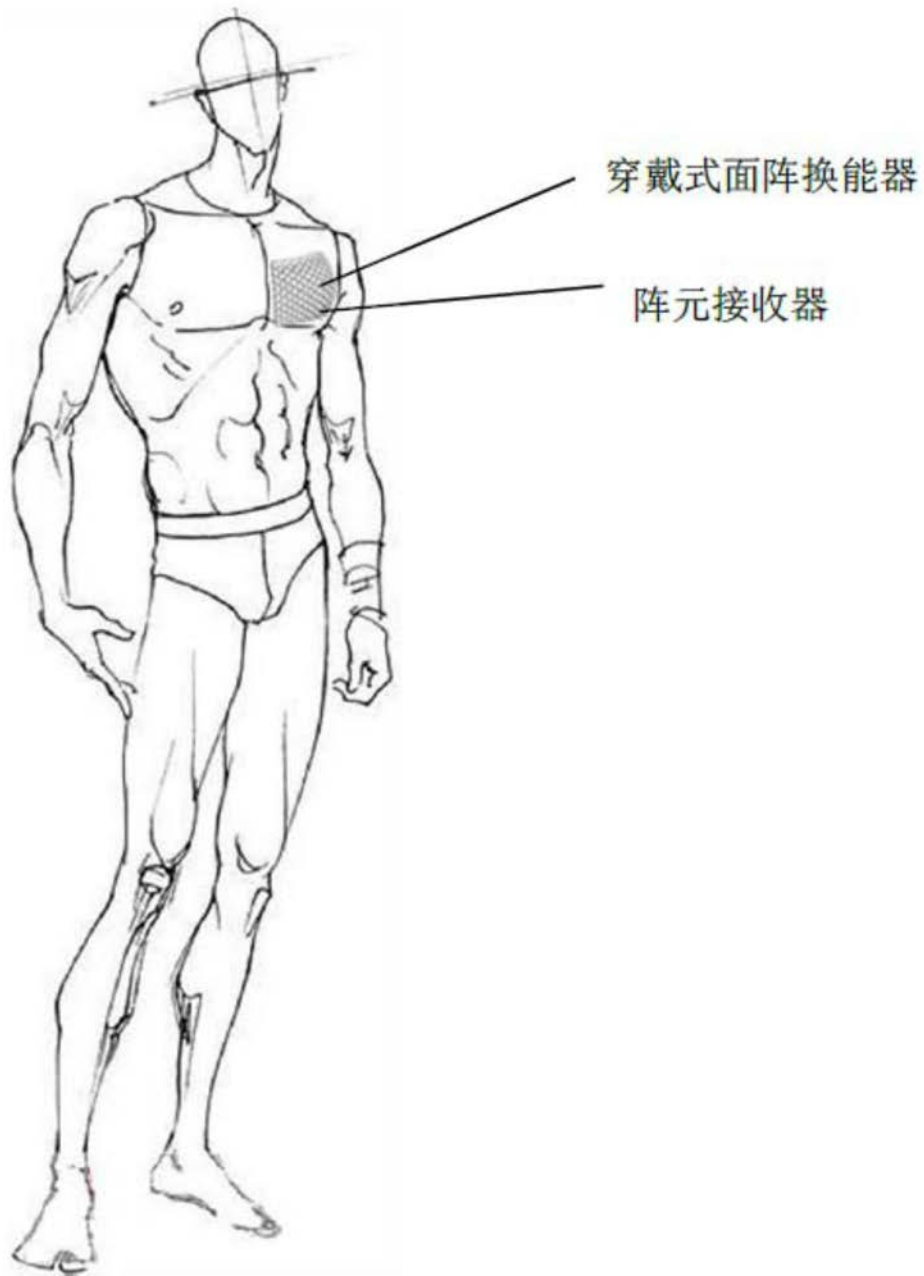


图3

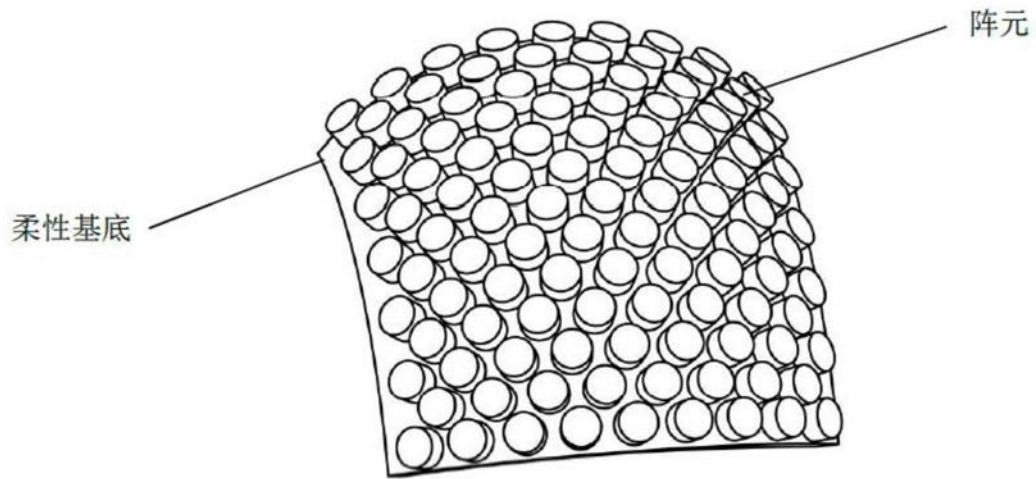


图4

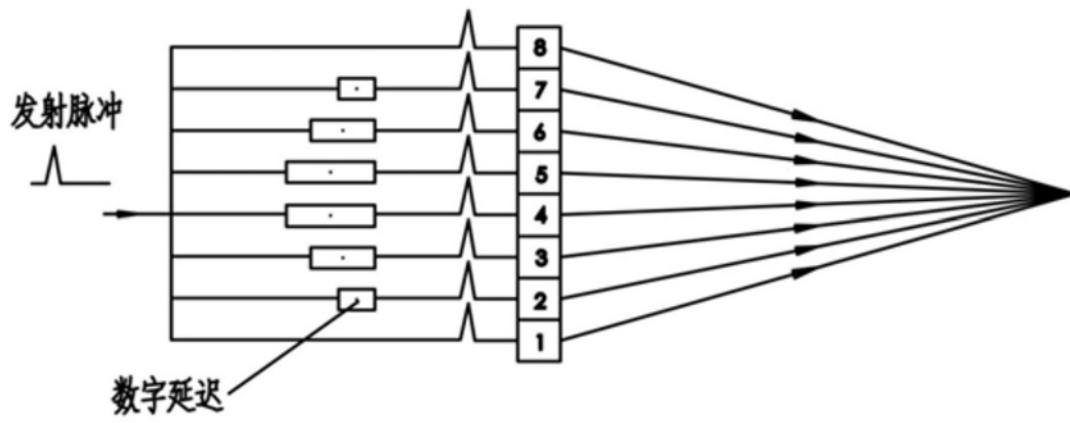


图5 (a)

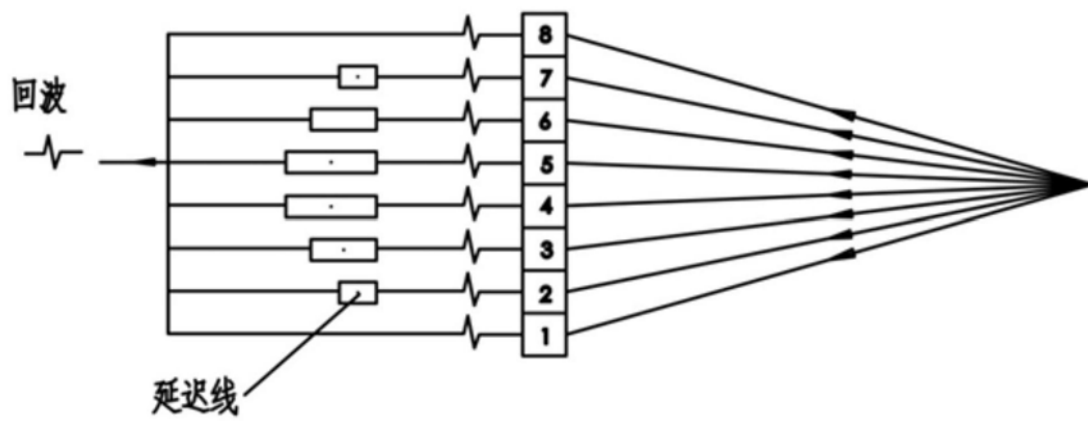


图5 (b)

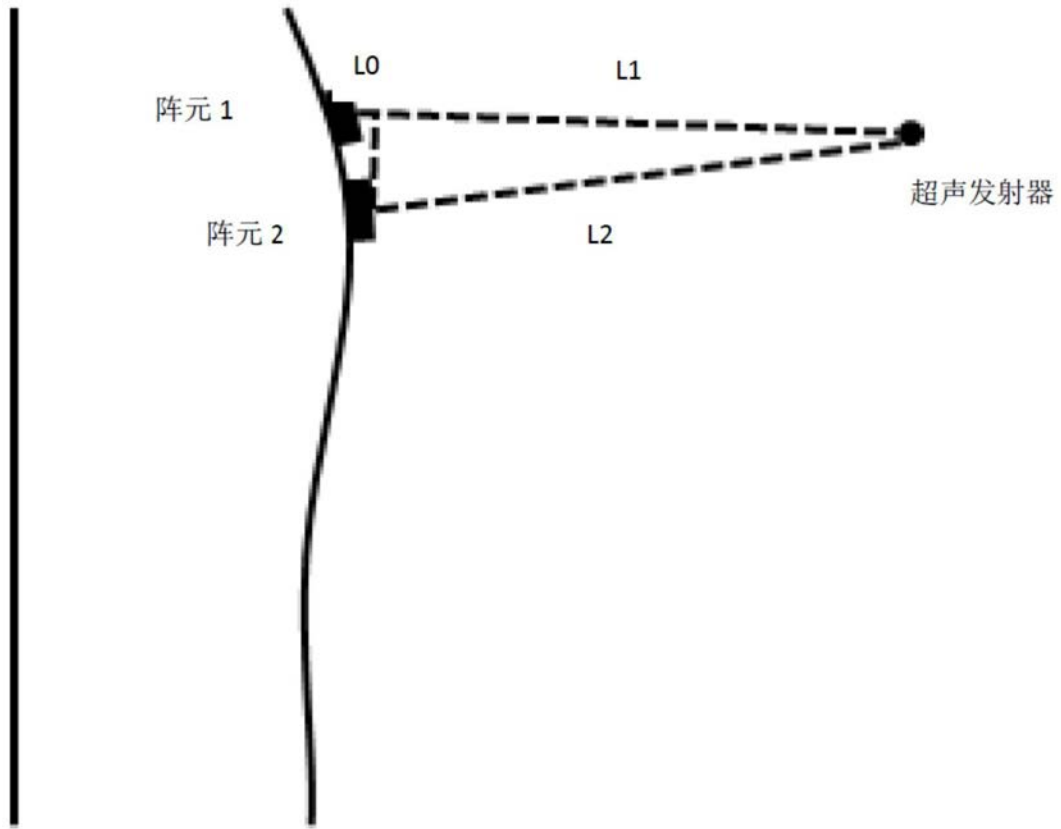


图6



图7

专利名称(译)	基于穿戴式柔性超声换能器的超声波束合成系统及方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN110974304A</a>	公开(公告)日	2020-04-10
申请号	CN201911282999.2	申请日	2019-12-13
[标]申请(专利权)人(译)	山东大学齐鲁医院		
申请(专利权)人(译)	山东大学齐鲁医院		
当前申请(专利权)人(译)	山东大学齐鲁医院		
[标]发明人	张鹏飞 苏敏 李飞		
发明人	张鹏飞 苏敏 李飞		
IPC分类号	A61B8/08 A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/0883 A61B8/4483		
代理人(译)	黄海丽		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

# 摘要(译)

本公开公开了基于穿戴式柔性超声换能器的超声波束合成系统及方法，包括：柔性穿戴式多阵元成像换能器，所述柔性穿戴式多阵元成像换能器在使用时，设置在患者心脏对应的体表胸壁位置；柔性穿戴式多阵元成像换能器接收超声系统的超声发射器发出的信号，柔性穿戴式多阵元成像换能器的每个阵元均将接收到的信号进行时间延迟补偿补偿后发射到患者心脏位置；柔性穿戴式多阵元成像换能器的每个阵元均接收反馈信号，每个阵元均将反馈信号进行时间延迟换算后发送给超声系统的超声接收器，超声系统对每个阵元的信号进行波束合成，得到患者心脏的三维超声图像。

