



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103399318 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 30

(21) 申请号 201310314920. 6

(22) 申请日 2013. 07. 25

(73) 专利权人 瑞声科技(南京)有限公司
地址 210093 江苏省南京市鼓楼区青岛路
32 号南京大学 - 鼓楼高校国家大学科
技园创业中心 401 号

(72) 发明人 唐琪 冯声振

(51) Int. Cl.
G01S 15/46(2006. 01)
G01S 15/06(2006. 01)
G01S 15/58(2006. 01)

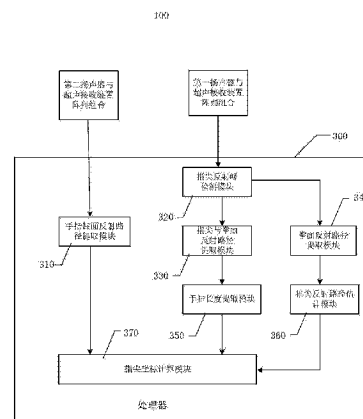
(56) 对比文件
CN 101952818 A, 2011. 01. 19, 全文。
US 2012/0001875 A1, 2012. 01. 05, 全文。
郭康德 等. 基于视觉技术的三维指尖跟踪
算法. 《计算机研究与发展》. 2010, 第 47 卷 (第
6 期), 第 1013-1019 页.

审查员 卜广东

权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称
指尖定位系统和方法

(57) 摘要
本发明提供一种指尖定位系统和方法, 所述指尖定位系统包括第一超声发射器件、第二超声发射器件、超声接收装置阵列、指尖反射峰检测模块、指尖与拳面反射路径提取模块、手指长度提取模块、拳面反射路径提取模块、指尖反射路径估计模块、手指柱面反射路径提取模块以及指尖坐标计算模块。本发明提供的指尖定位系统和方法可以实现非接触式操作的远距离手指指尖定位。



1. 一种指尖定位系统,其特征在于,包括第一超声发射器件、第二超声发射器件、超声接收装置阵列、指尖反射峰检测模块、指尖与拳面反射路径提取模块、手指长度提取模块、拳面反射路径提取模块、指尖反射路径估计模块、手指柱面反射路径提取模块以及指尖坐标计算模块,其中,

所述第一超声发射器件,用于发射第一超声信号;

所述第二超声发射器件,用于发射第二超声信号;

所述超声接收装置阵列,包括所述第一超声接收器件和第二超声接收器件,用于接收所述第一超声信号和第二超声信号在人手发生反射而形成的超声反射信号;

所述指尖反射峰检测模块,用于判断是否接收到第一超声信号在手指指尖发生反射而形成的指尖反射信号;

所述指尖与拳面反射路径提取模块,用于在检测到所述指尖反射信号时,提取所述第一超声信号在指尖和拳面发生分别反射而形成的指尖反射信号的反射路径时延和拳面反射信号的反射路径时延,并计算所述指尖反射信号的反射路径长度;

所述手指长度提取模块,用于根据所述指尖与拳面反射路径提取模块得出的指尖反射信号的反射路径长度和拳面反射信号的反射路径长度估算出手指的长度;

所述拳面反射路径提取模块,用于在未检测到所述指尖反射信号时,提取所述第一超声信号在拳面发生反射而形成的拳面反射信号的反射路径时延,并计算所述拳面反射信号的反射路径长度;

所述指尖反射路径估计模块,用于利用手指长度补偿所述拳面反射信号的反射路径长度,估算出所述指尖反射信号的反射路径长度;

所述手指柱面反射路径提取模块,用于提取第二超声信号在手指柱面发生反射而形成的手指柱面反射信号的反射路径时延,并计算出所述手指柱面反射信号的反射路径长度;

所述指尖坐标计算模块,用于根据所述指尖反射信号的反射路径长度以及所述手指柱面反射信号的反射路径长度,计算出手指指尖的坐标。

2. 如权利要求 1 所述的指尖定位系统,其特征在于,所述第一超声信号和所述第二超声信号由分别设置在参考三维坐标系两个相互正交的轴线的所述第一超声发射器件和第二超声发射器件发射,且所述参考三维坐标系还设置有用来接收所述第一超声信号和所述第二超声信号在人手发生反射而形成的超声反射信号超声接收装置阵列。

3. 如权利要求 2 所述的指尖定位系统,其特征在于,所述第一超声发射器件设置在参考三维坐标系的 Z 轴正向,且其超声信号发射方向为 X 轴正向;所述第二超声发射器件设置在所述参考三维坐标系的 X 轴正向,且其超声信号发射方向为 Z 轴正向;所述第一超声接收器件和所述第二超声接收器件设置在所述参考三维坐标系的 Y 轴。

4. 如权利要求 3 所述的指尖定位系统,其特征在于,所述第一超声发射器件与第二超声发射器件分别为第一扬声器与第二扬声器,所述第一超声接收器件与第二超声接收器件分别为第一麦克风与第二麦克风。

5. 一种指尖定位方法,其特征在于,包括:

发出第一超声信号和第二超声信号;

判断是否检测到第一超声信号在手指指尖发生反射而形成的指尖反射信号;

如检测到所述指尖反射信号,则提取所述第一超声信号在指尖和拳面发生分别反射而

形成的指尖反射信号的反射路径时延和拳面反射信号的反射路径时延,计算所述指尖反射信号的反射路径长度,并由此估算出手指的长度;

如未检测到所述指尖反射信号,则提取所述第一超声信号在拳面发生反射而形成的拳面反射信号的反射路径时延,计算所述拳面反射信号的反射路径长度,并利用手指补偿估算出所述指尖反射信号的反射路径长度;

提取第二超声信号在手指柱面发生反射而形成的手指柱面反射信号的反射路径时延,并计算出所述手指柱面反射信号的反射路径长度;

根据所述指尖反射信号的反射路径长度以及所述手指柱面反射信号的反射路径长度,计算出手指指尖的坐标。

6. 如权利要求 5 所述的指尖定位方法,其特征在于,所述第一超声信号和所述第二超声信号由分别设置在参考三维坐标系两个相互正交的轴线的超声发射器件和接收器件发射,且所述参考三维坐标系还设置有用来接收所述第一超声信号和所述第二超声信号在人手发生反射而形成的超声反射信号接收装置阵列。

7. 如权利要求 6 所述的指尖定位方法,其特征在于,所述超声接收装置阵列包括第一超声发射器件和第二超声发射器件,所述第一超声发射器件设置在参考三维坐标系的 Z 轴正向,且其超声信号发射方向为 X 轴正向;所述第二超声发射器件设置在所述参考三维坐标系的 X 轴正向,且其超声信号发射方向为 Z 轴正向;所述第一超声接收器件和所述第二超声接收器件设置在所述参考三维坐标系的 Y 轴。

8. 如权利要求 5 所述的指尖定位方法,其特征在于,所述判断是否检测到所述第一超声信号在手指指尖发生反射而形成的指尖反射信号的方法是:

根据所述第一超声接收器件和第二超声接收器件接收到超声反射信号,结合所述第一超声发射器件发射的第一超声信号,运算得到所述第一超声接收器件和所述第二超声接收器件的反射曲线;

检测所述第一超声接收器件和所述第二超声接收器件的反射曲线是否包括两个反射峰,如果是,判断出所述指尖反射信号和所述拳面反射信号同时被检测到,否则,判断出只检测到所述拳面反射信号。

指尖定位系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及超声手势识别技术,特别地,涉及一种指尖定位系统和方法。

背景技术

[0002] 超声手势识别技术是一种利用超声信号来对人手的运动状态(如位置、速度、轨迹)进行识别的方案,主要应用在智能设备来实现非接触式人机交互。用户操作通常以用户的手指指尖作为参照点,因此指尖的精确定位对于一个非接触式操作方案来说非常重要。在一种与本发明相关的超声手势识别方案中,用来发射超声信号的超声发射器阵列全部朝向同一个维度,超声接收器接收所述超声发射器发射的超声信号在手指指尖反射而形成的反射信号,所述反射信号便可以用来对所述手指指尖进行定位。不过,由于手指指尖的反射面相对较小,在手指距离较远的时候反射信号可能会太弱而无法用来进行指尖定位,因此上述超声手势识别方案难以实现远距离手指指尖定位,其应用范围受到较大的限制。

发明内容

[0003] 为解决上述技术问题,本发明提供一种可实现远距离定位的指尖定位方法和系统。

[0004] 一种指尖定位系统,包括第一超声发射器件、第二超声发射器件、超声接收装置阵列、指尖反射峰检测模块、指尖与拳面反射路径提取模块、手指长度提取模块、拳面反射路径提取模块、指尖反射路径估计模块、手指柱面反射路径提取模块以及指尖坐标计算模块,其中,

[0005] 所述第一超声发射器件,用于发射第一超声信号;

[0006] 所述第二超声发射器件,用于发射第二超声信号;

[0007] 所述超声接收装置阵列,包括所述第一超声接收器件和第二超声接收器件,用于接收所述第一超声信号和第二超声信号在人手发生反射而形成的超声反射信号;

[0008] 所述指尖反射峰检测模块,用于判断是否接收到第一超声信号在手指指尖发生反射而形成的指尖反射信号;

[0009] 所述指尖与拳面反射路径提取模块,用于在检测到所述指尖反射信号时,提取所述第一超声信号在指尖和拳面发生分别反射而形成的指尖反射信号的反射路径时延和拳面反射信号的反射路径时延,并计算所述指尖反射信号的反射路径长度;

[0010] 所述手指长度提取模块,用于根据所述指尖与拳面反射路径提取模块得出的指尖反射信号的反射路径长度和拳面反射信号的反射路径长度估算出手指的长度;

[0011] 所述拳面反射路径提取模块,用于在未检测到所述指尖反射信号时,提取所述第一超声信号在拳面发生反射而形成的拳面反射信号的反射路径时延,并计算所述拳面反射信号的反射路径长度;

[0012] 所述指尖反射路径估计模块,用于利用手指长度补偿所述拳面反射信号的反射路径长度,估算出所述指尖反射信号的反射路径长度;

[0013] 所述手指柱面反射路径提取模块,用于提取第二超声信号在手指柱面发生反射而形成的手指柱面反射信号的反射路径时延,并计算出所述手指柱面反射信号的反射路径长度;

[0014] 所述指尖坐标计算模块,用于根据所述指尖反射信号的反射路径长度、拳面反射信号的反射路径长度以及所述手指柱面反射信号的反射路径长度,计算出手指指尖的坐标。

[0015] 优选的,所述第一超声信号和所述第二超声信号由分别设置在参考三维坐标系两个相互正交的轴线的所述第一超声发射器件和所述第二超声发射器件发射,且所述参考三维坐标系还设置有用来接收所述第一超声信号和所述第二超声信号在人手发生反射而形成的超声反射信号超声接收装置阵列。

[0016] 优选的,所述第一超声发射器件设置在参考三维坐标系的 Z 轴正向,且其超声信号发射方向为 X 轴正向;所述第二超声发射器件设置在所述参考三维坐标系的 X 轴正向,且其超声信号发射方向为 Z 轴正向;所述第一超声接收器件和所述第二超声接收器件设置在所述参考三维坐标系的 Y 轴。

[0017] 优选的,所述第一超声发射器件与第二超声发射器件分别为第一扬声器与第二扬声器,所述第一超声接收器件与第二超声接收器件分别为第一麦克风与第二麦克风。

[0018] 一种指尖定位方法,包括:发出第一超声信号和第二超声信号;判断是否检测到第一超声信号在手指指尖发生反射而形成的指尖反射信号;如检测到所述指尖反射信号,则提取所述第一超声信号在指尖和拳面发生分别反射而形成的指尖反射信号的反射路径时延和拳面反射信号的反射路径时延,计算所述指尖反射信号的反射路径长度,并由此估算出手指的长度;如未检测到所述指尖反射信号,则提取所述第一超声信号在拳面发生反射而形成的拳面反射信号的反射路径时延,计算所述拳面反射信号的反射路径长度,并利用手指补偿估算出所述指尖反射信号的反射路径长度;提取第二超声信号在手指柱面发生反射而形成的手指柱面反射信号的反射路径时延,并计算出所述手指柱面反射信号的反射路径长度;根据所述指尖反射信号的反射路径长度、拳面反射路径长度以及所述手指柱面反射信号的反射路径长度,计算出手指指尖的坐标。

[0019] 优选的,所述第一超声信号和所述第二超声信号由分别设置在参考三维坐标系两个相互正交的轴线的所述第一超声发射器件和所述第二超声发射器件发射,且所述参考三维坐标系还设置有用来接收所述第一超声信号和所述第二超声信号在人手发生反射而形成的超声反射信号超声接收装置阵列。

[0020] 优选的,所述超声接收装置阵列包括第一超声发射器件和第二超声发射器件,所述第一超声发射器件设置在参考三维坐标系的 Z 轴正向,且其超声信号发射方向为 X 轴正向;所述第二超声发射器件设置在所述参考三维坐标系的 X 轴正向,且其超声信号发射方向为 Z 轴正向;所述第一超声接收器件和所述第二超声接收器件设置在所述参考三维坐标系的 Y 轴。

[0021] 优选的,所述判断是否检测到所述第一超声信号在手指指尖发生反射而形成的指尖反射信号的方法是:根据所述第一超声接收器件和第二超声接收器件接收到超声反射信号,结合所述第一超声发射器件发射的第一超声信号,运算得到所述第一超声接收器件和所述第二超声接收器件的反射曲线;检测所述第一超声接收器件和所述第二超声接收器件

的反射曲线是否包括两个反射峰,如果是,判断出所述指尖反射信号和所述拳面反射信号同时被检测到,否则,判断出只检测到所述拳面反射信号。

[0022] 本发明提供的指尖定位系统和方法,在人手距离较远而无法检测到指尖反射信号时利用手指长度来补偿拳面反射信号的反射路径信息,从而估算出指尖反射信号的反射路径信息,并结合手指柱面反射信号的反射路径信息来计算得到手指指尖的位置坐标。因此,采用本发明提供的指尖定位方法和系统可以实现远距离的手指指尖定位,可以有效扩展超声手势识别方案的应用范围。

附图说明

[0023] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其它的附图,其中:

[0024] 图 1 是一般用户通过人手来执行非接触式操作时的手势形状示意图。

[0025] 图 2 是本发明提供的超声手指指尖定位方案的原理示意图。

[0026] 图 3 是本发明提供的指尖定位系统一种实施例的方框示意图。

[0027] 图 4 是为本发明提供的指尖定位方法的一种实施例的流程图。

具体实施方式

[0028] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例,都属于本发明保护的范围。

[0029] 为解决目前超声手势识别方案无法进行远距离指尖定位的问题,本发明提供一种可实现远距离定位的指尖定位方法和系统。为便于理解,以下首先简单介绍本发明提供的方案的技术原理。

[0030] 请参阅图 1,其为一般用户通过人手来执行非接触式操作时的手势形状示意图。通常用户在执行非接触式操作时会将其中一个手指(图 1 以食指为例)伸直而其他手指蜷缩,并且所述伸直的手指的指尖作为定位点来对准目标操作区域。在本发明提供的超声手指指尖定位方案在上述人手状态上定义了三个反射区域,即指尖反射区 10、手指柱面反射区 20 和拳面反射区 30。指尖通常作为默认位置参考点,因此所述指尖反射区 10 是最重要的反射区;手指柱面沿指尖垂直延伸,因此所述柱面反射区 20 也可以部分反映所述指尖的位置信息;而拳面与指尖之间的距离相对固定(基本相当于手指长度),因此所述拳面反射区 30 也可以部分反映所述指尖的位置信息。本发明提供的超声手指指尖定位方案可通过提取上述指尖反射区 10、手指柱面反射区 20 和拳面反射区 30 的超声反射信息,对手指指尖进行精确定位。

[0031] 请参阅图 2,为本发明提供的超声手指指尖定位方案的原理示意图。从原理上讲,用户在执行非接触式操作时其手指指尖可以相当于在图 2 所示的参考三维坐标系进行移动,而手指指尖的具体位置可以通过其在所述三维坐标系的三维坐标(x, y, z)进行确定。

[0032] 本发明提供的方案需要在非接触式智能电子装置定义所述参考三维坐标系,并在所述参考三维坐标系配备至少两个超声发射器件 101、102 和由至少两个超声接收器件 201、202 构成的超声接收装置阵列。其中,所述超声发射器件和所述超声接收装置阵列可以分别为扬声器 (Speaker) 和麦克风 (Microphone)。为便于描述,以下分别将所述两个超声发射器件 101、102 分别命名为第一扬声器 101 和第二扬声器 102,并将所述两个超声接收器件 201、202 分别命名为第一麦克风 201 和第二麦克风 202。

[0033] 所述第一扬声器 101 可以设置在垂直于所述 XY 平面的 Z 轴正向,且其超声信号发射方向为 X 轴正向;所述第二扬声器 102 可以设置在 X 轴正向,且其超声信号发射方向为 Z 轴正向。所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 可以设置在 Y 轴,其可接受所有方向的超声信号,具体位置不限,在本实施例中,所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 分别设置在 Y 轴负向和 Y 轴正向。并且,在图 2 所示的参考三维坐标系中,人手活动区域可以定义在 x 坐标和 z 坐标均大于 0 的区域(即手指指尖的三维坐标满足 $x>0, z>0$),从而保证所述第一扬声器 101 和第二扬声器 102 发射的超声信号可以到达人手。

[0034] 由于所述人手的手指柱面反射区 20 对于所述第二扬声器 102 发射的超声信号的反射非常强烈,因此,通过所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 可以分别检测出所述第二扬声器 102 发射的超声信号在所述柱面反射区 20 的反射路径信息。在手指指尖距离所述第一扬声器 101 较远时,由于所述指尖反射区 10 的反射面较小可能难以检测出所述手指指尖在 X 轴的坐标,因此可以通过所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 分别检测出所述第一扬声器 101 发射的超声信号在所述拳面反射区 30 的反射路径信息,再以手指长度作为补偿便可以计算出所述第一扬声器 101 发射的超声波在所述指尖反射区 10 的反射路径信息。最后,基于所述反射路径信息,通过多椭圆相交定位算法便可以计算出所述手指指尖的三维坐标。

[0035] 基于上述原理,本发明提供了一种指尖定位系统,请参阅图 3,其为本发明提供的指尖定位系统一种实施例的方框示意图。所述指尖定位系统 100 可以应用在非接触式智能电子装置,所述非接触式智能电子装置可以定义有如图 2 所示的参考三维坐标系。所述指尖定位系统 100 可以包括如上所述的第一扬声器 101、第二扬声器 102、超声接收装置阵列以及执行信息分析计算的处理器 300,超声接收装置包括第一麦克风 201 和第二麦克风 202。其中,所述第一扬声器 101、所述第二扬声器 102、所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 的具体位置可参照图 2 所示。所述第一扬声器 101 和所述第二扬声器 102 发出的超声信号在人手不同反射区发生反射而形成的超声反射信号可以被所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 接收;并且,所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 连接到所述处理器 300。

[0036] 所述处理器 300 可以所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 接收到的超声反射信号进行信息提取及分析以计算出所述手指指尖的三维坐标。具体地,所述处理器 300 可以包括手指柱面反射路径提取模块 310、指尖反射峰检测模块 320、指尖反射路径提取模块 330、拳面反射路径提取模块 340、手指长度提取模块 350、指尖反射路径估计模块 360 和指尖坐标计算模块 370 等软件模块。

[0037] 请参照图 4,其为本发明提供的指尖定位方法的一种实施例的流程图。所述指尖定位方法可以包括:

[0038] 步骤 S1、所述第一扬声器 101 发射第一超声信号,所述第一超声信号在指尖反射区 10 和拳面反射区 30 反射之后形成指尖反射信号和拳面反射信号。

[0039] 具体地,在所述参考三维坐标系中,位于 YZ 平面的第一扬声器 101 可以在所述处理器 300 的控制下沿 X 轴正向发射第一超声信号,所述第一超声信号传播到人手的指尖反射区 10 和拳面反射区 30 分别发生反射并形成超声反射信号,以下分别将所述反射信号称为指尖反射信号和拳面反射信号。

[0040] 步骤 S2、所述指尖反射峰检测模块 320 判断所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 是否可以检测到指尖反射信号,如果可以,执行步骤 S3;否则,执行步骤 S5。

[0041] 所述指尖反射峰检测模块 320 可以根据所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 接收到的超声反射信号,结合所述第一扬声器 101 发出的第一超声信号并通过互相关运算,得到所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 接收到的反射信号的反射曲线,其中所述反射曲线可以具体为超声反射路径强度曲线,其反射强度随时间变化而变化。

[0042] 具体而言,在人手与所述第一扬声器 101 距离较近时,由于所述指尖反射面 10 和所述拳面反射面 30 均为强烈的近场反射,因此所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 均将同时检测到所述指尖反射信号和所述拳面反射信号。因此,所述指尖反射峰检测模块 320 可以在所述第一麦克风 201 的反射曲线和所述第二麦克风 202 的反射曲线均提取到两个反射峰,即指尖反射峰 PA 和拳面反射峰 PB。

[0043] 随着人手与所述第一扬声器 101 之间的距离增大,由于所述指尖反射区 10 的反射面较小,因此指尖反射逐渐减弱,此将导致所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 接收到的指尖反射信号相应减弱;当距离增大到一定程度时,所述指尖反射信号可能太弱而无法被检测出来;而由于所述拳面反射区 30 的反射面较大,因此所述拳面反射信号的反射强度足够可以被检测出来。在这种情况下,所述指尖反射峰检测模块 320 在所述第一麦克风 201 的反射曲线和所述第二麦克风 202 的反射曲线均只能提取到单一的反射峰,即所述拳面反射峰 PB。

[0044] 由此可见,所述指尖反射峰检测模块 320 可以根据是否可以从第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 的反射曲线中提取到所述指尖反射峰 PA,来判断所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 是否可以接收到所述指尖反射信号。

[0045] 另外,用户执行非接触式操作时,其人手有可能是连续运动的,此时所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 的反射曲线的峰值变化也是连续的,因此所述指尖反射峰检测模块 320 同样可以根据指尖反射峰 PA 的变化曲线的连续程度,判断是否可以检测到所述指尖反射信号。

[0046] 步骤 S3,所述指尖与拳面反射路径提取模块 330 提取指尖反射路径时延 DA_{11} 和 DA_{12} 并计算出指尖反射路径长度 S_{11} 和 S_{12} ,以及提取拳面反射路径时延 DB_{11} 和 DB_{12} 。

[0047] 具体地,如果在步骤 S2 中所述指尖反射峰检测模块 320 可以在所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 的反射曲线同时提取到所述指尖反射峰 PA 和所述拳面反射峰 PB,则所述指尖与拳面反射路径提取模块 330 可以根据所述第一扬声器 101 发出的第一超声信号以及所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 接收到的指尖反射信号,通过时延估计算法,提取到所述指尖反射信号在所述第一麦克风 201 的反射路径时延 DA_{11} 和其在所述第二麦克风 202 的反射路径时延 DA_{12} 。

[0048] 并且,根据所述指尖反射信号的反射路径时延 DA_{11} 和 DA_{12} ,所述指尖反射路径提取模块 330 可以进一步通过以下公式 (1) 和 (2) 计算出所述指尖反射信号的在所述第一麦克风 201 的反射路径长度 S_{11} 和其在所述第二麦克风 202 的反射路径长度 S_{12} :

$$[0049] \quad S_{11} = DA_{11} * c \quad (1)$$

$$[0050] \quad S_{12} = DA_{12} * c \quad (2)$$

[0051] 其中, c 代表当前环境的声速。所述指尖反射路径时延 DA_{11} 和 DA_{12} 分别是指从所述第一扬声器 101 发出所述第一超声信号至所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 接收到所述指尖反射信号的时延;所述指尖反射路径长度 S_{11} 是手指指尖与所述第一扬声器 101 和所述第一麦克风 201 的距离之和,所述反射路径长度 S_{12} 是手指指尖与所述第一扬声器 101 和所述第二麦克风 202 的距离之和。

[0052] 与此同时,所述指尖与拳面反射路径提取模块 330 可以根据所述第一扬声器 101 发出的第一超声信号以及所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 接收到的拳面反射信号,通过时延估计算法,提取到当前所述拳面反射信号在所述第一麦克风 201 的反射路径时延 DB_{11} 和其在所述第二麦克风 202 的反射路径时延 DB_{12} 。所述拳面反射路径时延 DB_{11} 和 DB_{12} 分别是指从所述第一扬声器 101 发出所述第一超声信号至所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 接收到所述拳面反射信号的时延。

[0053] 步骤 S4,所述手指长度提取模块 350 估算出手指长度 F_{11} 和 F_{12} 。

[0054] 由于人手指尖与拳面的位置关系相对固定且紧凑,二者之间的距离即可以相当于手指长度,因此,所述手指长度提取模块 350 可以将所述指尖反射信号的反射路径长度与所述拳面反射信号的反射路径长度的差值的一半估算为所述手指长度。由于所述反射路径长度可以通过反射路径时延计算得到,因此在具体实施例中,所述手指长度提取模块 350 也可以直接由所述指尖反射信号和拳面反射信号的反射路径时延 DA_{11} 、 DB_{11} 、 DA_{12} 和 DB_{12} 计算出所述手指长度。

[0055] 由于所述指尖定位系统 100 同时配置了所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202,因此,根据所述指尖反射信号和所述拳面反射信号在所述第一麦克风 201 的反射路径时延 DA_{11} 和 DB_{11} ,以及二者在所述第二麦克风的反射路径时延 DA_{12} 和 DB_{12} ,可以分别估算出得到两个手指长度值 F_{11} 和 F_{12} ,具体如以下公式 (5) 和 (6) 所示:

$$[0056] \quad F_{11} = (DB_{11} - DA_{11}) * c / 2 \quad (5)$$

$$[0057] \quad F_{12} = (DB_{12} - DA_{12}) * c / 2 \quad (6)$$

[0058] 在步骤 S4 中,所述手指长度 F_{11} 和 F_{12} 估算得到之后,可以先进行保存,在后续无法检测到所述指尖反射信号时,所述手指长度 F_{11} 和 F_{12} 可以用来对拳面反射信号的反射路径长度进行补偿以估算出所述指尖反射路径长度 S_{11} 和 S_{12} 。

[0059] 步骤 S5,所述拳面反射路径提取模块 340 提取拳面反射路径时延 DB_{11} 和 DB_{12} 并计算出拳面反射路径长度 SB_{11} 和 SB_{12} 。

[0060] 具体地,如果在步骤 S2 中所述指尖反射峰检测模块 320 可以在所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 的反射曲线仅可以提取到所述拳面反射峰 PB,所述拳面反射路径提取模块 340 可以根据所述第一扬声器 101 发出的第一超声信号以及所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 接收到的拳面反射信号,通过时延估计算法,提取到所述拳面反射信号在所述第一麦克风 201 的反射路径时延 DB_{11} 和其在所述第二麦克风 202 的反射路径

时延 DB_{12} 。

[0061] 并且,根据所述拳面反射信号的反射路径时延 DB_{11} 和 DB_{12} ,所述拳面反射路径提取模块 340 可以进一步通过以下公式 (3) 和 (4) 计算出所述拳面反射信号在所述第一麦克风 201 的反射路径长度 SB_{11} 和其在所述第二麦克风 202 的反射路径长度 SB_{12} :

$$[0062] \quad SB_{11}=DB_{11}*c \quad (3)$$

$$[0063] \quad SB_{12}=DB_{12}*c \quad (4)$$

[0064] 其中,所述反射路径长度 SB_{11} 是拳面与所述第一扬声器 101 和所述第一麦克风 201 的距离之和,所述反射路径长度 SB_{12} 是拳面与所述第一扬声器 101 和所述第二麦克风 202 的距离之和。

[0065] 步骤 S6,所述指尖反射路径估计模块 360 利用所述手指长度 F_{11} 和 F_{12} 来对所述拳面反射路径长度 SB_{11} 和 SB_{12} 进行补偿,并估算出所述指尖反射路径长度 S_{11} 和 S_{12} 。

[0066] 比如,所述指尖反射路径估计模块 360 可以用所述拳面反射路径长度 SB_{11} 和 SB_{12} 减去所述手指长度 F_{11} 和 F_{12} 的两倍,来估算出所述指尖反射路径长度 S_{11} 和 S_{12} 。具体而言,一方面,所述指尖反射路径估计模块 360 可以根据所述拳面反射路径提取模块 340 计算出的所述拳面反射信号在所述第一麦克风 201 的反射路径长度 SB_{11} ,以及所述手指长度提取模块 350 从所述第一麦克风 201 的反射路径时延计算出的手指长度 F_{11} ,估算出所述指尖反射信号在所述第一麦克风 201 的反射路径长度 S_{11} ;另一方面,所述指尖反射路径估计模块 360 还可以根据所述拳面反射路径提取模块 340 计算出的所述拳面反射信号在所述第二麦克风 202 的反射路径长度 SB_{12} ,以及所述手指长度提取模块 350 从所述第二麦克风 202 的反射路径时延计算出的手指长度 F_{12} ,估算出所述指尖反射信号在所述第二麦克风 202 的反射路径长度 S_{12} ,具体如以下公式 (7) 和 (8) 所示:

$$[0067] \quad S_{11}=SB_{11} - F_{11}*2 \quad (7)$$

$$[0068] \quad S_{12}=SB_{12} - F_{12}*2 \quad (8)$$

[0069] 由此,在步骤 S1 ~ S6 中,不管是否由于人手距离太远而无法检测到所述指尖反射信号,采用上述方案都可以得到所述指尖反射路径长度 S_{11} 和 S_{12} 。

[0070] 步骤 S7,所述第二扬声器 102 发射第二超声信号,所述第二超声信号在手指柱面反射区 20 反射之后形成手指柱面反射信号。

[0071] 具体地,在所述参考三维坐标系中,位于 XY 平面的第二扬声器 102 可以向 Z 轴方向发射第二超声信号,所述第二超声信号传播到人手的手指柱面反射区 20 发生反射并形成超声反射信号,在此称为手指柱面反射信号。所述手指柱面反射信号可以被所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 接收。

[0072] 步骤 S8,所述手指柱面反射路径提取模块 310 提取手指柱面反射路径时延 D_{21} 和 D_{22} 并计算出手指柱面反射路径长度 S_{21} 和 S_{22} 。

[0073] 具体地,所述手指柱面反射路径提取模块 310 可以根据所述第二扬声器 102 发出的第二超声信号以及所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 接收到的手指柱面反射信号,通过时延估计算法,提取到所述手指柱面反射信号在所述第一麦克风 201 的反射路径时延 D_{21} 和其在所述第二麦克风 202 的反射路径时延 D_{22} 。

[0074] 并且,根据所述手指柱面反射信号的反射路径时延 D_{21} 和 DA_{22} ,所述手指柱面反射路径提取模块 310 可以进一步通过以下公式 (9) 和 (10) 计算出所述手指柱面反射信号的

在所述第一麦克风 201 的反射路径长度 S_{21} 和其在所述第二麦克风 202 的反射路径长度 S_{22} :

$$[0075] \quad S_{21} = D_{21} * c \quad (9)$$

$$[0076] \quad S_{22} = D_{22} * c \quad (10)$$

[0077] 其中,当人手在指定的区域内移动时,手指柱面反射以邻近指尖区域的部分为主。所述手指柱面反射路径时延 D_{21} 和 D_{22} 分别是指从所述第二扬声器 102 发出所述第二超声信号至所述第一麦克风 201 和所述第二麦克风 202 接收到所述手指柱面反射信号的时延;所述反射路径长度 S_{21} 是手指柱面与所述第二扬声器 102 和所述第一麦克风 201 的距离之和,所述反射路径长度 S_{22} 是手指柱面与所述第二扬声器 102 和所述第二麦克风 202 的距离之和。

[0078] 步骤 S9,所述指尖坐标计算模块 370 根据所述指尖反射路径长度 S_{11} 和 S_{12} 以及所述手指柱面反射路径长度 S_{21} 和 S_{22} ,计算出所述手指指尖的三维坐标 (x, y, z) 。

[0079] 其中,所述指尖反射信号的反射路径长度 S_{11} 和 S_{12} 可以从所述指尖反射路径提取模块 330 或所述指尖反射路径估计模块 360 得到。由于所述指尖反射信号的反射路径长度 S_{11} 为所述手指指尖与所述第一扬声器 101 和所述第一麦克风 201 的距离之和,所述指尖反射信号的反射路径长度 S_{12} 为所述手指指尖与所述第二扬声器 102 和所述第二麦克风 202 的距离之和,而所述手指柱面反射信号的反射路径长度 S_{21} 可以被视为所述手指指尖与所述第二扬声器 102 和所述第一麦克风 201 的距离之和,所述手指柱面反射信号的反射路径长度 S_{22} 可以被视为所述手指指尖与所述第二扬声器 102 和所述第二麦克风 202 的距离之和,因此,根据空间中三个椭圆相交于一点的几何原理,基于 S_{11} 、 S_{12} 、 S_{21} 和 S_{22} 便可以计算出所述手指指尖的三维坐标 (x, y, z) 。

[0080] 具体地,所述指尖坐标计算模块 370 可以首先从 S_{11} 、 S_{12} 、 S_{21} 和 S_{22} 中任取三个值分别作为 S_{ab} 、 S_{cd} 、 S_{ef} ,比如可以选取 $S_{ab} = S_{11}$, $S_{cd} = S_{12}$, $S_{ef} = S_{21}$,代入以下三维椭圆方程组,求解得到三个椭圆的相交点坐标 (x_1, y_1, z_1) :

$$[0081] \quad \sqrt{(x_1 - m_a)^2 + (y_1 - n_a)^2 + (z_1 - p_a)^2} + \sqrt{(x_1 - m_b)^2 + (y_1 - n_b)^2 + (z_1 - p_b)^2} = S_{ab}$$

$$[0082] \quad \sqrt{(x_1 - m_c)^2 + (y_1 - n_c)^2 + (z_1 - p_c)^2} + \sqrt{(x_1 - m_d)^2 + (y_1 - n_d)^2 + (z_1 - p_d)^2} = S_{cd}$$

$$[0083] \quad \sqrt{(x_1 - m_e)^2 + (y_1 - n_e)^2 + (z_1 - p_e)^2} + \sqrt{(x_1 - m_f)^2 + (y_1 - n_f)^2 + (z_1 - p_f)^2} = S_{ef}$$

[0084] 其中, (m, n, p) 表示所述椭圆的焦点,也就是就是所述第一扬声器 101、第二扬声器 102、第一麦克风 201、第二麦克风 202 中某个单元的空间坐标。

[0085] 考虑到手指指尖是一个物体,而不是一个理想点,因此,为进一步提高手指指尖的坐标的精确性,所述指尖坐标计算模块 370 在计算得到所述坐标 (x_1, y_1, z_1) 之后,可以进一步选取 S_{11} 、 S_{12} 、 S_{21} 和 S_{22} 进行其他组合方式来作为 S_{ab} 、 S_{cd} 、 S_{ef} 并代入上述三维椭圆方程组,总共四种组合可以计算得到四个相交点坐标 (x_1, y_1, z_1) 、 (x_2, y_2, z_2) 、 (x_3, y_3, z_3) 、 (x_4, y_4, z_4) 。最后,对所述四个相交点坐标求算术平均值来作为所述手指指尖的三维坐标 (x, y, z) ,即

$$[0086] \quad x = (x_1 + x_2 + x_3 + x_4) / 4$$

$$[0087] \quad y = (y_1 + y_2 + y_3 + y_4) / 4$$

$$[0088] \quad z = (z_1 + z_2 + z_3 + z_4) / 4$$

[0089] 应当理解,在具体实施例,上述指尖定位方法的各个步骤并没有严格的顺序关系,比如,步骤 S7 和 S8 可以在步骤 S1 ~ S6 之前执行或者与步骤 S1 ~ S6 同步执行。另一方面,虽然在上述实施例中,所述手指柱面反射路径提取模块 310、指尖反射峰检测模块 320、指尖反射路径提取模块 330、拳面反射路径提取模块 340、手指长度提取模块 350、指尖反射路径估计模块 360 和指尖坐标计算模块 370 等是作为所述处理器 300 的软件模块,在其他替代实施例中,上述模块 310-370 的部分或全部也可以为硬件模块。

[0090] 本发明提供的指尖定位方法和系统,在人手距离较远而无法检测到指尖反射信号时可以利用手指长度来补偿拳面反射信号的反射路径信息,从而估算出指尖反射信号的反射路径信息,并结合手指柱面反射信号的反射路径信息来计算得到手指指尖的位置坐标。因此,采用本发明提供的指尖定位方法和系统可以实现远距离的手指指尖定位,可以有效扩展超声手势识别方案的应用范围。

[0091] 以上所述仅为本发明的实施例,并非因此限制本发明的专利范围,凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换,或直接或间接运用在其它相关的技术领域,均同理包括在本发明的专利保护范围内。

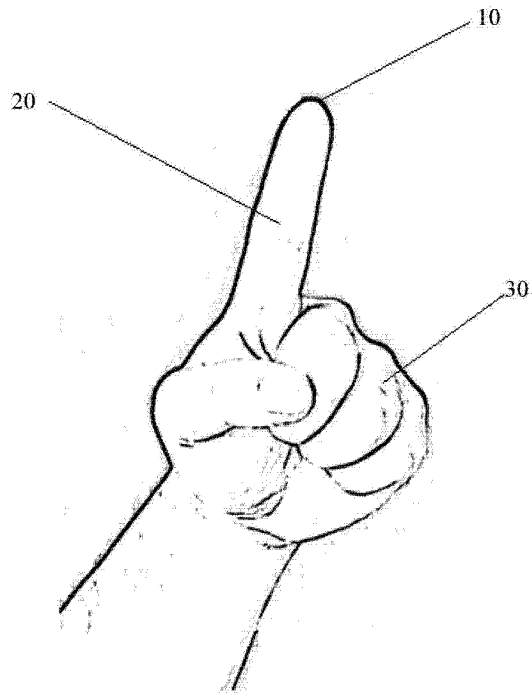


图 1

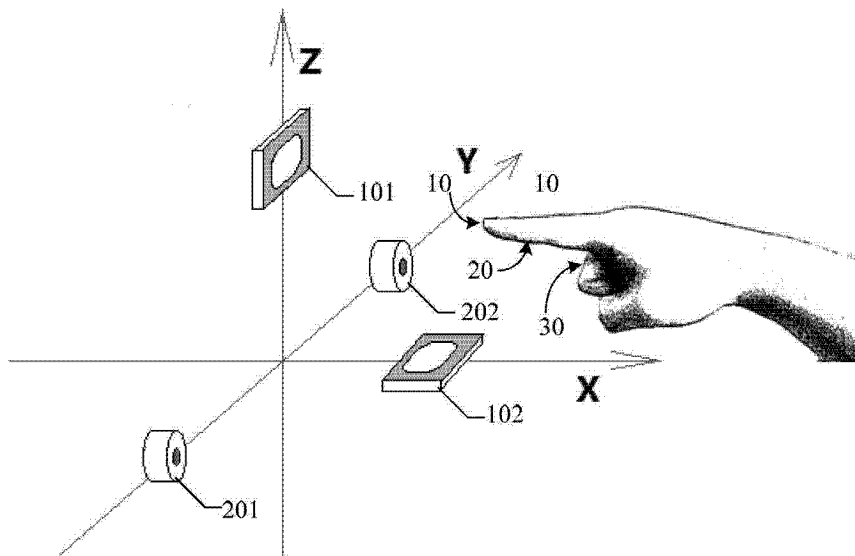


图 2

100

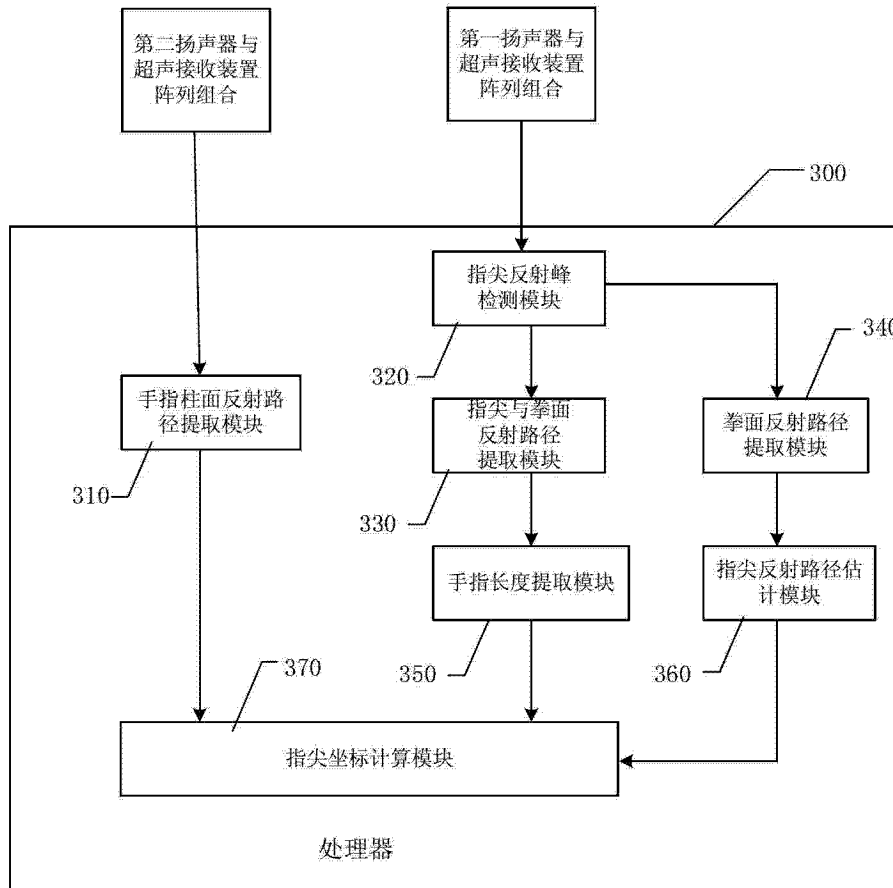


图 3

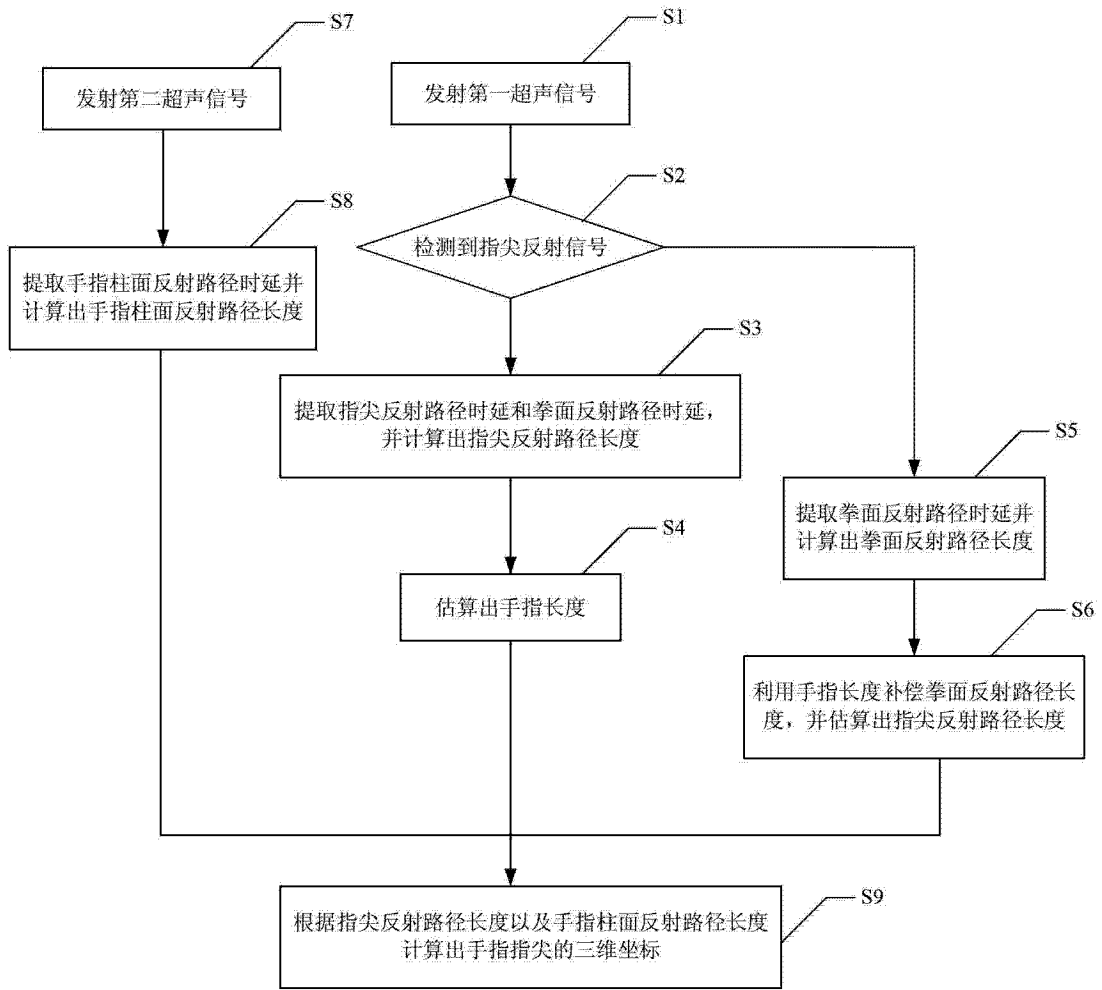


图 4