



(21) 申请号 202210789221.6

G01S 17/06 (2006.01)

(22) 申请日 2022.07.06

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 114152218 A, 2022.03.08

申请公布号 CN 115308763 A

CN 109959352 A, 2019.07.02

(43) 申请公布日 2022.11.08

WO 2021184757 A1, 2021.09.23

(73) 专利权人 北京科技大学

CN 110948492 A, 2020.04.03

地址 100083 北京市海淀区学院路30号

JP 2001105357 A, 2001.04.17

专利权人 北京科技大学顺德研究生院

WO 2021253429 A1, 2021.12.23

(72) 发明人 王丽君 邓家乐 陈先中 毛吉炀
陈沫扬

US 2021291902 A1, 2021.09.23

审查员 陈溥

(74) 专利代理机构 北京市广友专利事务有限
责任公司 11237

专利代理师 张仲波 付忠林

(51) Int. Cl.

G01S 17/88 (2006.01)

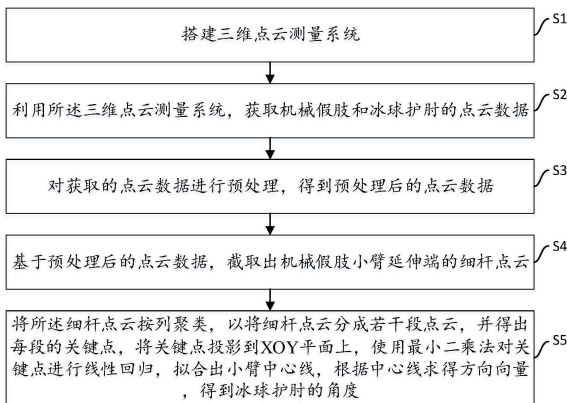
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于激光雷达三维点云的冰球护肘角度测量方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于激光雷达三维点云的冰球护肘角度测量方法,包括:搭建三维点云测量系统;获取机械假肢和冰球护肘的点云数据;对获取的点云数据进行预处理,得到预处理后的点云数据;基于预处理后的点云数据,利用半圆环条件滤波算法截取出机械假肢小臂延伸端的细杆点云;将细杆点云按列聚类,分成若干段点云,并得出每段的关键点,将关键点投影到XOY平面上,使用最小二乘法对关键点进行线性回归,拟合出小臂中心线,根据中心线求得方向向量,得到冰球护肘的角度。本发明的冰球护肘角度测量方法可代替人工测量,非接触式地测量出冰球护肘活动角度,为护肘的灵巧性能提供数据支撑。



1. 一种基于激光雷达三维点云的冰球护肘角度测量方法,其特征在于,包括:

搭建三维点云测量系统;其中,所述测量系统包括机械假肢、激光雷达摄像头、伺服电机和支架;所述机械假肢、激光雷达摄像头和伺服电机均安装在所述支架上,所述机械假肢用于穿戴待测量角度的冰球护肘,所述伺服电机用于调节机械假肢的小臂的角度,所述机械假肢位于激光雷达摄像头的扫描区域内;

利用所述三维点云测量系统,获取机械假肢和冰球护肘的点云数据;其中,在使用所述三维点云测量系统中的激光雷达测量机械假肢和冰球护肘的点云数据时,所述机械假肢的大臂是固定的,并通过所述激光雷达校准为Y轴方向;

对获取的点云数据进行预处理,得到预处理后的点云数据;

基于预处理后的点云数据,截取出机械假肢小臂延伸端的细杆点云;

将所述细杆点云按列聚类,以将所述细杆点云分成若干段点云,并得出每段的关键点,将关键点投影到XOY平面上,使用最小二乘法对关键点进行线性回归,拟合出小臂中心线,根据中心线求得方向向量,得到冰球护肘的角度;

所述截取出机械假肢小臂延伸端的细杆点云,包括:

步骤1,在XOY平面,设定小臂旋转的圆心O、最小半径r和最大半径R,并设定一条过圆心O且斜率为K的直线;

步骤2,计算预处理后的点云数据中每个点A到圆心O的距离H;

步骤3,若 $r < H < R$,且点A在所述直线的上方,则保存筛选出的点A;

步骤4,重复执行步骤2至步骤3,直至筛选完预处理后的点云数据中的所有点,以在最小半径r和最大半径R之间截取小臂延伸端的细杆点云。

2. 如权利要求1所述的基于激光雷达三维点云的冰球护肘角度测量方法,其特征在于,所述对获取的点云数据进行预处理,包括:

采用PCL库中的条件滤波算法过滤掉点云数据中的场景点云和冗余点云;

采用PCL库中的统计滤波算法剔除点云数据中的稀疏的离群点。

3. 如权利要求2所述的基于激光雷达三维点云的冰球护肘角度测量方法,其特征在于,在采用PCL库中的条件滤波算法过滤掉点云数据中的场景点云和冗余点云时,坐标系X轴、Y轴和Z轴对应的阈值参数x、y、z的范围分别为: $-0.073 < x < 0.426$, $-0.166 < y < 0.389$, $-0.8 < z < -0.7$ 。

4. 如权利要求2所述的基于激光雷达三维点云的冰球护肘角度测量方法,其特征在于,在采用PCL库中的统计滤波算法剔除点云数据中的稀疏的离群点时,搜索每个点的邻居点数K取50,比例系数 α 取1.0。

5. 如权利要求1所述的基于激光雷达三维点云的冰球护肘角度测量方法,其特征在于,小臂旋转的圆心O的坐标取(0.028,0.024),最小半径r取为0.2m,最大半径R取为0.3m,穿过圆心的直线的斜率K取 $\tan 120^\circ$ 。

6. 如权利要求1所述的基于激光雷达三维点云的冰球护肘角度测量方法,其特征在于,将所述细杆点云按列聚类,以将所述细杆点云分成若干段点云,并得出每段的关键点,包括:

将所述细杆点云中的点进行排序;其中,当冰球护肘的角度不大于预设角度时,将所述细杆点云中的点按照X轴坐标的大小进行排序;当冰球护肘的角度大于预设角度时,将所述

细杆点云中的点按照Y轴坐标的大小进行排序；

计算所述细杆点云中相邻两个点的坐标差值；其中，当冰球护肘的角度不大于预设角度时，计算相邻两个点的X轴坐标差值；当冰球护肘的角度大于预设角度时，计算相邻两个点的Y轴坐标差值；

当计算出的相邻两个点的坐标差值小于设定参数D时，将两个点放入同一集合，否则，将两个点放入不同的集合；以将所述细杆点云分成若干段点云；

按划分出的点云数据的空间坐标值计算均值，得出每段的关键点。

7.如权利要求6所述的基于激光雷达三维点云的冰球护肘角度测量方法，其特征在于，设定参数D为0.001，所述预设角度的取值为 135° 。

一种基于激光雷达三维点云的冰球护肘角度测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及工程测量技术领域,特别涉及一种基于激光雷达三维点云的冰球护肘角度测量方法。

背景技术

[0002] 为了检测冰球护具是否符合人体工学以及质量是否合格,需要先进的测试方法。其中,为了检验冰球护肘的灵巧性能,需要对其角度进行测量。在传统的工程测量上,角度测量常采用带有刻度盘的尺规测量。近些年随着技术的发展,角度测量的方法也有了很大的突破。三维激光扫描技术作为获取高精度空间信息的手段,已得到行业的认可。从首次将该技术引入到工业生产领域起,三维激光扫描技术便得到广泛地研究和应用(El-Hakim Sabry F,Brenner Claus,Roth Gerhard.A multi-sensor approach to creating accurate virtual environments[J].ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,1998,53(6):379-391.)。激光雷达(Light Detection And Ranging,LiDAR)是一种非接触主动式探测设备(刘斌,张军,鲁敏,等.激光雷达应用技术研究进展[J].激光与红外,2015(02):117-122.),可以对物体外部表面以及空间场景内的三维信息进行采集。激光雷达可以提供精确的三维信息,且其采集数据的过程中受光照、云雾等自然环境影响较小(刘博,于洋,姜朔.激光雷达探测及三维成像研究进展[J].光电工程,2019,46(07):21-33.)。随着计算机视觉的发展,三维点云逐渐被应用到各种工程测绘和目标检测中去。

[0003] 要把冰球护肘戴在机械假肢上进行实验。针对机械臂关节角度的测量问题,有些研究者采用旋转编码器进行测量,如文(Oguntosin Victoria,Akindede Ayoola.Design of a joint angle measurement system for the rotary joint of a robotic arm using an Incremental Rotary Encoder[C].Journal of Physics:Conference Series,2019,1299(1):012108.)设计了基于增量旋转编码器的机器人外骨骼旋转关节角度测量系统,使用3D打印和ABS塑料制造具有 270° 运动范围的原型旋转接头,然后连接到增量旋转编码器以测量其速度和运动角度;该测量装置成本低、精度高,但是带旋转编码器的机械臂不易模仿手臂穿戴冰球护肘。也有采用可穿戴式设备进行肘关节角度测量,文(Botero Valencia J S,Restrepo Zapata J P,De Ossa Jimenez M T.Design and implementation of a high-resolution angle measurement system for the upper limbs using a low-cost servomotor[J].International Journal on Interactive Design and Manufacturing(IJIDeM),2018,12(1):173-177.)中提出了一个高分辨率和低成本的机电角测量系统,用于基于嵌入式伺服电机的肘部生物力学分析,该伺服电机不是用作执行器,而是用作角定位传感器;该测量方法就是将测量装置固定在需要测量角度的两端进行测量,但是装置需要与假肢接触绑定,可能会对假肢运动产生一定限制,也不方便穿戴护肘进行测量。此外,文(Du Xiaoguo,Chen Qijun.Dual-Laser Goniometer:A Flexible Optical Angular Sensor for Joint Angle Measurement[J].IEEE Transactions on Industrial Electronics,2021,68(7):6328-6338.)采用非接触式设备

进行关节角度测量,介绍了一种用于测量单轴关节角位移的柔性光学测角仪,该装置背后的设计理念在于通过几何转换将代理的角位移转换为激光的距离测量;与常用的旋转编码器相比,该传感器显示出其易于安装和灵活部署的优势,但是该原型传感器是测量 $[-30^{\circ}, 30^{\circ}]$ 范围内的关节角度,角度测量范围有限。

[0004] 目前,三维点云已经成为摄影测量和遥感、计算机视觉、机器学习等多个领域常见数据源之一,且其类型多样(张继贤,林祥国,梁欣廉.点云信息提取研究进展和展望[J].测绘学报,2017,46(10):1460-1469.)。测量物体的三维尺寸数据,对三维物体进行定量的描述变得越来越重要,而传统的尺寸测量方法测量速度慢、精度低、自动化程度不高,很难满足对同一类物体批量快速测量的要求,利用三维点云数据对物体进行测量可以较好地解决传统测量方法的不足(田庆国,葛宝臻,杜朴,等.基于激光三维扫描的人体特征尺寸测量[J].光学精密工程,2007,15(01):84-88.)。例如,文(Yan Wu,Xu Chen,Wu Hongmin,et al.Real Time Volume Measurement of Logistics Cartons Through 3D Point Cloud Segmentation[C].Lecture Notes in Computer Science(including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics),2021,13015(2021):324-335.)通过3D点云分割实时测量物流纸箱的体积,实现了一种基于物流包裹点云几何特性的非接触式体积测量系统,该系统可识别和测量各种场景下不同类型的物体甚至变形纸箱;该文测量了具有相当于立方体形状的物体体积,但是,在聚类场景中,以及其他变形部件中预测大小信息的质量仍有改进的空间。目前,多数利用激光雷达三维点云技术进行测量的是体积尺寸等,对关节角度进行测量的研究工作较少。

发明内容

[0005] 本发明提供了一种基于激光雷达三维点云的冰球护肘角度测量方法,以解决传统的角度测量方法测量速度慢、自动化程度不高、不能非接触式测量;利用旋转编码器测量角度的机械臂不易模仿手臂穿戴护肘;可穿戴式设备和护肘都要穿戴,不易测量的技术问题。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明提供了如下技术方案:

[0007] 一方面,本发明提供了一种基于激光雷达三维点云的冰球护肘角度测量方法,所述基于激光雷达三维点云的冰球护肘角度测量方法包括:

[0008] 搭建三维点云测量系统;其中,所述测量系统包括机械假肢、激光雷达摄像头、伺服电机和支架;所述机械假肢、激光雷达摄像头和伺服电机均安装在所述支架上,所述机械假肢用于穿戴待测量角度的冰球护肘,所述伺服电机用于调节机械假肢的小臂的角度,所述机械假肢位于激光雷达摄像头的扫描区域内;

[0009] 利用所述三维点云测量系统,获取机械假肢和冰球护肘的点云数据;其中,在使用所述三维点云测量系统中的激光雷达测量机械假肢和冰球护肘的点云数据时,所述机械假肢的大臂是固定的,并通过所述激光雷达校准为Y轴方向;

[0010] 对获取的点云数据进行预处理,得到预处理后的点云数据;

[0011] 基于预处理后的点云数据,截取出机械假肢小臂延伸端的细杆点云;

[0012] 将所述细杆点云按列聚类,以将所述细杆点云分成若干段点云,并得出每段的关键点,将关键点投影到XOY平面上,使用最小二乘法对关键点进行线性回归,拟合出小臂中心线,根据中心线求得方向向量,得到冰球护肘的角度。

- [0013] 进一步地,所述对获取的点云数据进行预处理,包括:
- [0014] 采用PCL库中的条件滤波算法过滤掉点云数据中的场景点云和冗余点云;
- [0015] 采用PCL库中的统计滤波算法剔除点云数据中的稀疏的离群点。
- [0016] 进一步地,在采用PCL库中的条件滤波算法过滤掉点云数据中的场景点云和冗余点云时,坐标系X轴、Y轴和Z轴对应的阈值参数 x 、 y 、 z 的范围分别为: $-0.073 < x < 0.426$, $-0.166 < y < 0.389$, $-0.8 < z < -0.7$ 。
- [0017] 进一步地,在采用PCL库中的统计滤波算法剔除点云数据中的稀疏的离群点时,搜索每个点的邻居点数 K 取50,比例系数 α 取1.0。
- [0018] 进一步地,所述截取出机械假肢小臂延伸端的细杆点云,包括:
- [0019] 步骤1,在XOY平面,设定小臂旋转的圆心 O 、最小半径 r 和最大半径 R ,并设定一条过圆心 O 且斜率为 K 的直线;
- [0020] 步骤2,计算预处理后的点云数据中每个点 A 到圆心 O 的距离 H ;
- [0021] 步骤3,若 $r < H < R$,且点 A 在所述直线的上方,则保存筛选出的点 A ;
- [0022] 步骤4,重复执行步骤2至步骤3,直至筛选完预处理后的点云数据中的所有点,以在最小半径 r 和最大半径 R 之间截取小臂延伸端的细杆点云。
- [0023] 进一步地,小臂旋转的圆心 O 的坐标取 $(0.028, 0.024)$,最小半径 r 取为 0.2m ,最大半径 R 取为 0.3m ,穿过圆心的直线的斜率 K 取 $\tan 120^\circ$ 。
- [0024] 进一步地,将所述细杆点云按列聚类,以将所述细杆点云分成若干段点云,并得出每段的关键点,包括:
- [0025] 将所述细杆点云中的点进行排序;其中,当冰球护肘的角度不大于预设角度时,将所述细杆点云中的点按照X轴坐标的大小进行排序;当冰球护肘的角度大于预设角度时,将所述细杆点云中的点按照Y轴坐标的大小进行排序;
- [0026] 计算所述细杆点云中相邻两个点的坐标差值;其中,当冰球护肘的角度不大于预设角度时,计算相邻两个点的X轴坐标差值;当冰球护肘的角度大于预设角度时,计算相邻两个点的Y轴坐标差值;
- [0027] 当计算出的相邻两个点的坐标差值小于设定参数 D 时,将两个点放入同一集合,否则,将两个点放入不同的集合;以将所述细杆点云分成若干段点云;
- [0028] 按划分出的点云数据的空间坐标值计算均值,得出每段的关键点。
- [0029] 进一步地,设定参数 D 为 0.001 ,所述预设角度的取值为 135° 。
- [0030] 再一方面,本发明还提供了一种电子设备,其包括处理器和存储器;其中,存储器中存储有至少一条指令,所述指令由处理器加载并执行以实现上述方法。
- [0031] 又一方面,本发明还提供了一种计算机可读存储介质,所述存储介质中存储有至少一条指令,所述指令由处理器加载并执行以实现上述方法。
- [0032] 本发明提供的技术方案带来的有益效果至少包括:
- [0033] 本发明提出的冰球护肘角度测量方法有望代替人工测量,快速地计算出冰球护肘的活动角度,为护肘的灵巧性能提供数据支撑,具有效率高、非接触等优点。实验结果表明了将激光雷达三维点云技术应用于角度测量问题的可行性。

附图说明

[0034] 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他的附图。

[0035] 图1是本发明实施例提供的基于激光雷达三维点云的冰球护肘角度测量方法的执行流程示意图;

[0036] 图2是本发明实施例提供的条件滤波后的点云数据示意图;

[0037] 图3是本发明实施例提供的统计滤波后的点云数据示意图;

[0038] 图4是本发明实施例提供的半圆环条件滤波算法的流程示意图;

[0039] 图5是本发明实施例提供的按列聚类算法的流程示意图;

[0040] 图6是本发明实施例提供的从假肢点云到中心线拟合的过程示意图。

具体实施方式

[0041] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地详细描述。

[0042] 第一实施例

[0043] 为了利用非接触式设备快速地测量冰球护肘的可活动角度,本实施例提供了一种基于激光雷达三维点云的冰球护肘角度测量方法,该方法基于激光雷达设计了三维点云测量系统,以获取穿戴冰球护肘的假肢点云,并综合运用多种点云处理技术实现对冰球护肘活动角度的测量。该方法可以由电子设备实现

[0044] 具体地,该方法的执行流程如图1所示,包括以下步骤:

[0045] S1,搭建三维点云测量系统;

[0046] 其中,本实施例搭建的三维点云测量系统主要由机械假肢、激光雷达摄像头L515、伺服电机和支架组成;其中,机械假肢、激光雷达摄像头和伺服电机均安装在支架上,机械假肢用于穿戴待测量角度的冰球护肘,伺服电机用于调节机械假肢中小臂的角度;激光雷达的深度分辨率高达 1024×768 ,帧率为30帧/秒,深度视场(FOV)为 $70^\circ \times 55^\circ (\pm 3^\circ)$,最小深度距离(Min-Z)为0.25m,激光扫描的最远距离为9m。在采集点云之前,对激光雷达进行调整,使其正对扫描区域。而穿戴冰球护肘后的机械假肢则位于激光雷达摄像头的扫描区域内。

[0047] S2,利用所述三维点云测量系统,获取机械假肢和冰球护肘的点云数据;

[0048] 其中,在使用三维点云测量系统中的激光雷达测量机械假肢和冰球护肘的点云数据时,机械假肢的大臂是固定的,并通过激光雷达校准为Y轴方向。

[0049] S3,对获取的点云数据进行预处理,得到预处理后的点云数据;

[0050] 其中,需要说明的是,使用激光雷达获取的机械假肢和冰球护肘点云数据存在场景点云和冗余点云,为提高后续算法的效率和精度,本实施例采用PCL库中的条件滤波算法过滤掉场景点云和冗余点云。其中,Point Cloud Library (PCL) 是用于处理三维图像的点云数据的开源工具(郭浩.点云库PCL从入门到精通[M].北京:机械工业出版社,2019.)。使用CloudCompare软件查看点云坐标,设定坐标系X轴、Y轴和Z轴对应的阈值参数x、y、z的范

围分别为 $-0.073 < x < 0.426$, $-0.166 < y < 0.389$, $-0.8 < z < -0.7$ 。以冰球护肘为 90° 角的一次测量为例,原始点云数据有250375个点,过滤后有16228个点,结果如图2所示。

[0051] 此外,使用激光雷达测量机械假肢和冰球护肘的点云数据时,三维点云数据会出现稀疏的离群点,影响点云局部特征估计的数值,需去除。对此,本实施例采用PCL库中的统计滤波算法进行剔除。经多次实验后,搜索每个点的邻居点数K取50,比例系数 α 取1.0。经统计滤波算法去除离群点后的结果如图3。

[0052] S4,基于预处理后的点云数据,截取出机械假肢小臂延伸端的细杆点云;

[0053] 需要说明的是,假肢的大臂是固定的,通过激光雷达校准为Y轴方向;因此,只需测量小臂方向。冰球护肘的形状是不规则的,无法直接测量,截取小臂延伸端的细杆部分,得到小臂方向。小臂是转动的,假如使用传统条件滤波算法,每次测量不同角度时,都需要重新设置X、Y、Z轴的阈值。为了提高效率,本实施例提出了一种半圆环条件滤波算法,设定条件对点云数据的X、Y轴坐标进行约束。只需要设定一次初始参数,后续无需重新设置。该半圆环条件滤波算法的执行流程如图4所示,主要包括以下步骤:

[0054] 步骤1,在XOY平面,设定小臂旋转的圆心O、最小半径r和最大半径R,并设定一条过圆心O且斜率为K的直线;

[0055] 步骤2,计算预处理后的点云数据中每个点A到圆心O的距离H;

[0056] 步骤3,若 $r < H < R$,且点A在所述直线的上方,则保存筛选出的点A;

[0057] 步骤4,重复执行步骤2至步骤3,直至筛选完预处理后的点云数据中的所有点,以在最小半径r和最大半径R之间截取小臂延伸端的细杆点云。

[0058] 其中,在XOY平面,小臂旋转的圆心O的坐标取(0.028,0.024),最小半径r取为0.2m,最大半径R取为0.3m,穿过圆心的直线斜率K取 $\tan 120^\circ$ 。

[0059] 利用上述半圆环条件滤波算法,本实施例可以解决传统条件滤波每次测量不同角度时,都需要重新设定参数的问题,提高了点云处理的效率。

[0060] S5,将所述细杆点云按列聚类,以将细杆点云分成若干段点云,并得出每段的关键点,将关键点投影到XOY平面上,使用最小二乘法对关键点进行线性回归,拟合出小臂中心线,根据中心线求得方向向量,得到冰球护肘的角度。

[0061] 需要说明的是,本实施例为了简化点云数据的运算且提高线性回归的准确性,提出了一种按列聚类法对小臂延伸端的细杆点云进行关键点提取。该算法把细杆点云按列聚类,分成若干小段点云,然后按点云数据的空间坐标值计算均值,得出每小段的关键点,该算法流程如图5所示,主要包括以下步骤:

[0062] 步骤1,将所述细杆点云中的点按照X轴坐标的大小进行排序;

[0063] 步骤2,计算所述细杆点云中相邻两个点的X轴坐标差值;

[0064] 步骤3,当计算出的相邻两个点的坐标差值小于设定参数D时,将两个点放入同一集合,否则将两个点放入不同的集合;以将细杆点云分成若干段点云。

[0065] 其中,参数D为0.001,当冰球护肘的角度大于 135° 时,算法流程中的X轴坐标改为Y轴坐标。

[0066] 进一步地,经过前面激光雷达的校准,机械假肢与XOY平面平行,在得到关键点后,把关键点投影到XOY平面上,使用最小二乘法对其进行线性回归,拟合出的直线即为小臂中心线,从假肢点云到中心线拟合的过程如图6所示。最后,根据中心线求得方向向量,大臂和

小臂的方向向量夹角即为冰球护肘的角度,可由式(1)求得结果, c_1 和 c_2 都为0。

$$[0067] \quad \beta = \arccos \frac{a_1 a_2 + b_1 b_2 + c_1 c_2}{\sqrt{a_1^2 + b_1^2 + c_1^2} \cdot \sqrt{a_2^2 + b_2^2 + c_2^2}} \quad (1)$$

[0068] 式中, β 为冰球护肘的角度, (a_1, b_1, c_1) 和 (a_2, b_2, c_2) 分别为机械假肢的大臂和机械假肢的小臂的方向向量。

[0069] 利用上述按列聚类法,本实施例解决了直接使用最小二乘法进行线性回归的运算量大且误差幅度较大的问题。下面,为了验证本实施例所提方法的性能,将测角器测量的结果作为真实值 β_t ,使用两种测量方法进行比较:

[0070] 1) 将小臂细杆点云投影到XOY平面,对细杆点云数据直接使用最小二乘法进行线性回归,拟合出小臂中心线,求得角度记为 β_1 ,误差记为 θ_1 。

[0071] 2) 使用本发明提出的按列聚类法提取小臂细杆点云的关键点,再使用最小二乘法进行线性回归,求得角度记为 β_2 ,误差记为 θ_2 。

[0072] 测量结果如表1所示,可以发现:方法1)测量结果的误差幅度较大,且在临近 180° 时存在异常值。方法2)测量结果的误差幅度相对较小,测量误差的最大值为 -1.7742° ,且不存在异常值。

[0073] 表1测量结果

序 列	真实值 $\beta_i(^{\circ})$	直接拟合测量 值 $\beta_1(^{\circ})$	关键点拟合测量 值 $\beta_2(^{\circ})$	直接拟合误 差 $\theta_1(^{\circ})$	关键点拟合误 差 $\theta_2(^{\circ})$
1	64.17	63.0766	63.4569	-1.0934	-0.7131
2	73.45	73.1546	73.5688	-0.2954	0.1188
3	82.62	82.7997	82.9716	0.1797	0.3516
4	90.18	89.9278	89.9203	-0.2522	-0.2597
5	99.52	99.0768	99.1218	-0.4432	-0.3982
6	103.43	103.4428	103.3768	0.0128	-0.0532
7	107.99	107.931	107.6856	-0.059	-0.3044
8	111.47	110.8589	110.4143	-0.6111	-1.0557
[0074] 9	116.28	115.4936	114.828	-0.7864	-1.452
10	120.61	120.0618	119.3502	-0.5482	-1.2598
11	125.96	125.0074	124.4752	-0.9526	-1.4848
12	130.2	128.8286	128.4258	-1.3714	-1.7742
13	133.94	133.3206	132.5456	-0.6194	-1.3944
14	141.23	139.5938	141.9072	-1.6362	0.6772
15	146.81	144.9842	146.9351	-1.8258	0.1251
16	156.71	154.8831	156.286	-1.8269	-0.424
17	166.06	163.0554	166.5062	-3.0046	0.4462
18	172.96	167.4433	172.306	-5.5167	-0.654
19	180.11	106.1994	178.5273	-73.9106	-1.5827
[0075] 20	186.92	192.1653	187.0199	5.2453	0.0999

[0076] 综上,本实施例提供了一种基于激光雷达三维点云的冰球护肘角度测量方法。首先,当小臂转动时,针对传统条件滤波设定参数后只能提取固定角度的小臂细杆点云的问题,提出半圆环条件滤波算法截取不同角度的小臂细杆点云。其次,针对直接使用最小二乘法进行线性回归的运算量大且误差幅度较大问题,提出按列聚类法提取关键点,简化了点云数据的运算并提高了线性回归的准确性。最后,拟合出假肢中心线,计算求得护肘角度。具有效率高、非接触等优点。实验结果表明了将激光雷达三维点云技术应用于角度测量问题的可行性。

[0077] 第二实施例

[0078] 本实施例提供一种电子设备,其包括处理器和存储器;其中,存储器中存储有至少一条指令,所述指令由处理器加载并执行,以实现第一实施例的方法。

[0079] 该电子设备可因配置或性能不同而产生比较大的差异,可以包括一个或一个以上处理器(central processing units,CPU)和一个或一个以上的存储器,其中,存储器中存储有至少一条指令,所述指令由处理器加载并执行上述方法。

[0080] 第三实施例

[0081] 本实施例提供一种计算机可读存储介质,该存储介质中存储有至少一条指令,所述指令由处理器加载并执行,以实现上述第一实施例的方法。其中,该计算机可读存储介质可以是ROM、随机存取存储器、CD-ROM、磁带、软盘和光数据存储设备等。其内存储的指令可由终端中的处理器加载并执行上述方法。

[0082] 此外,需要说明的是,本发明可提供为方法、装置或计算机程序产品。因此,本发明实施例可采用完全硬件实施例、完全软件实施例或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本发明实施例可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质上实施的计算机程序产品的形式。

[0083] 本发明实施例是参照根据本发明实施例的方法、终端设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理终端设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理终端设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0084] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理终端设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理终端设备上,使得在计算机或其他可编程终端设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程终端设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0085] 还需要说明的是,在本文中,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者终端设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者终端设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者终端设备中还存在另外的相同要素。

[0086] 最后需要说明的是,以上所述是本发明优选实施方式,应当指出,尽管已描述了本发明优选实施例,但对于本技术领域的技术人员来说,一旦得知了本发明的基本创造性概念,在不脱离本发明所述原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。所以,所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本发明实施例范围的所有变更和修改。

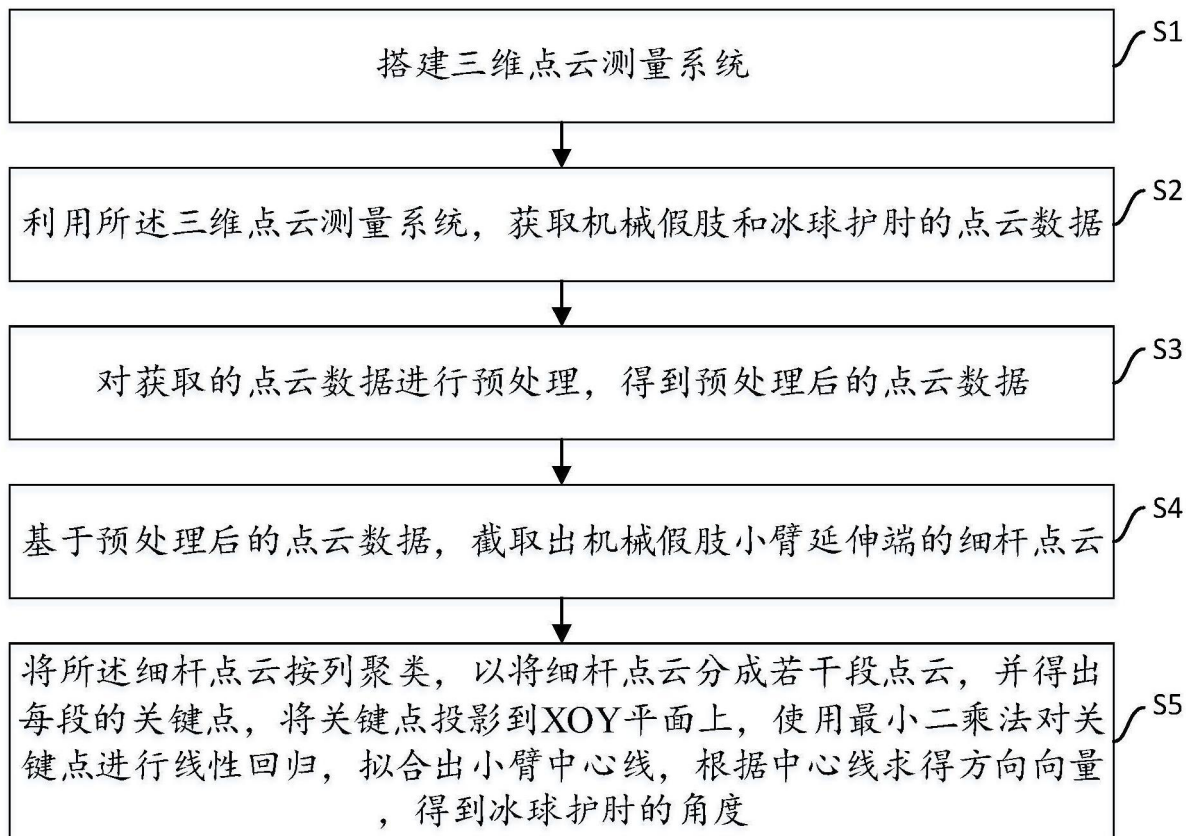


图1

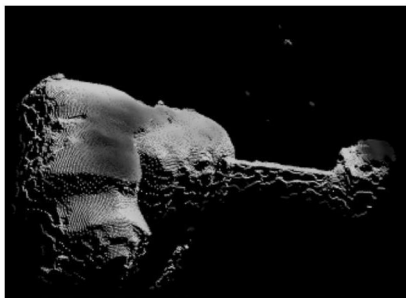


图2

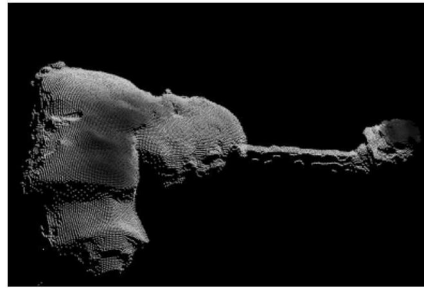


图3

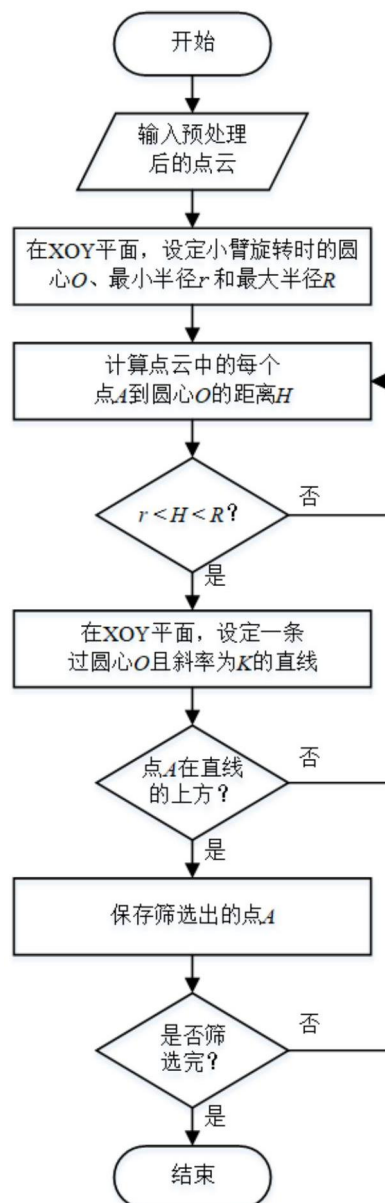


图4

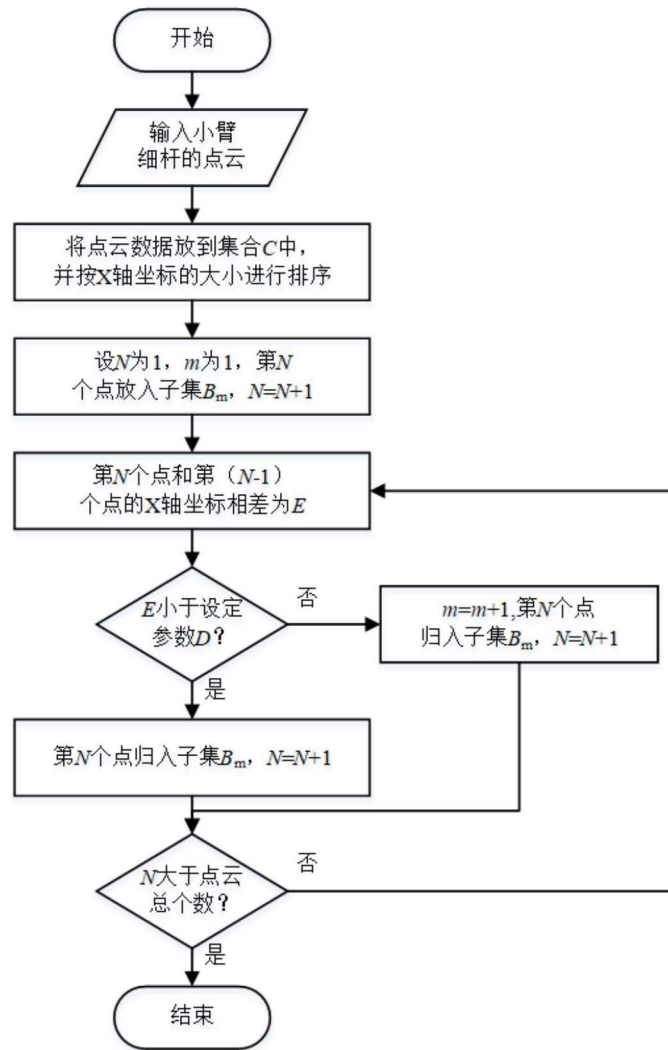


图5

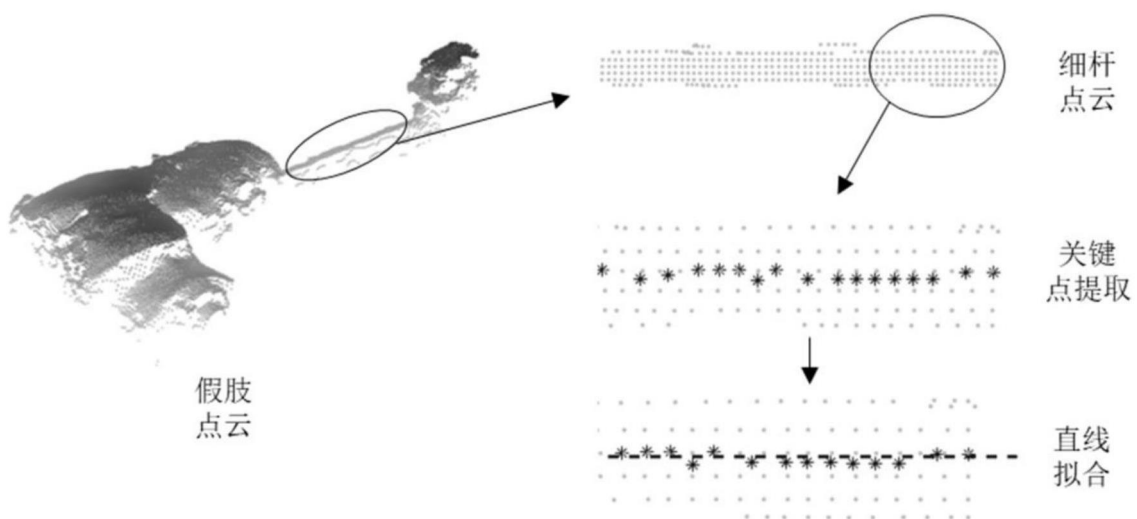


图6