本发明公开了一种结合深度霍夫投票和点云网络的反光工件6DoF位姿估计方法，主要针对工业机器人对金属等零件的抓取任务中，由于工件表面的反光或者由于随意摆放时相互遮挡等非结构化因素导致位姿估计效果较差。

本发明提出一种新的数据驱动方法，解决工件反光情况下无法准确进行位姿估计的问题。利用点云网络逐点提取特征的同时，利用深度霍夫投票网络来检测目标信息损失严重下的3D关键点，利用RANSAC投票方法对预测关键点进行6DoF位姿参数估计，来实现对反光或者遮挡导致的金属工件的位姿估计。

一般基于回归或基于模板的方法对反光导致的强纹理位姿识别效果不佳。

本发明提出的结合深度霍夫投票和点云网络的反光工件6DoF位姿估计方法，首先利用卷积网络提取表面信息并预测3D物体坐标，同时使用点云网络提取出点云及其法线映射中的几何信息，利用深度霍夫投票网络来检测目标的3D关键点，这种密集的2D-3D对应关系对反光等造成工件信息缺损严重的场景具有鲁棒性，最后通过RANSAC这种无参数拟合限制的投票方法对预测关键点进行6DoF位姿参数估计，对于光照导致的噪声问题具有更高的容忍度，使得反光严重的情况下准确率更高。

申请人：广东工业大学

发明人：王涛 杨纯 陈权



1. 一种结合深度霍夫投票与点云网络的反光工件6DoF位姿估计方法，其特征在于所述方法包含以下处理步骤：

① 将反光工件的点云数据输入特征提取模块，点云数据不局限于扫描获得或者由RGB-D图像的深度信息转换得到，特征提取模块包含具有跳跃连接的子抽样层和上采样层等，融合工件的表面特征和几何信息。

② 根据CNN提取出RGB图像的表面信息，充分利用了RGB彩色信息；

③ 根据点云网络提取出点云及其法线映射中的几何信息；

④ 将②和③中提取到的特征进行融合送入深度霍夫投票网络；

⑤ 将④中特征点根据聚类算法区分为具有相同语义标签的不同子集，各个子集投票选出3D关键点；

⑥ 使用RANSAC拟合算法对预测的关键点输出最终6DoF位姿估计结果。

2. 根据权利要求1中①所述的结合深度霍夫投票与点云网络的反光工件6DoF位姿估计方法，其特征在于，采用了分治特征提取方式，将CNN和PointNet＋＋提取到的特征均分为多个部分进行下一步的关键点检测。

3. 根据权利要求1中③所述的结合深度霍夫投票与点云网络的反光工件6DoF位姿估计方法，其特征在于，充分利用VoteNet等工具将工件点云信息投入到PointNet++以提取刚体的几何信息。

4. 根据权利要求1中④所述的结合深度霍夫投票与点云网络的反光工件6DoF位姿估计方法，其特征在于，霍夫投票网络是由多个共享感知机组成的关键点检测模块和语义分割模块。其中语义分割模块强制模型提取实例上的全局和局部特征来区分不同的对象，有助于在对象上定位一个点，有利于关键点推理过程。

5. 根据权利要求1中⑤所述的结合深度霍夫投票与点云网络的反光工件6DoF位姿估计方法，其特征在于，这些子集是经过特征提取层根据相同的语义标签进行分类，每个子集中的点都进行投票，然后根据聚类算法投选出关键点。每个子集中的投票是由共享感知机独立处理，然后传递给投票聚类模块。

6. 根据权利要求1中⑥所述的结合深度霍夫投票与点云网络的反光工件6DoF位姿估计方法，其特征在于，反光等因素造成的点云数据离散性很大，存在就唔多噪声，而RANSAC算法更适用于这种由于光照强度等不确定性因素导致的无参数拟合限制的场景，有利于实现最后的拟合。

**一种****结合深度霍夫投票与点云网络的反光工件6DoF位姿估计方法**

**技术领域：**

本发明设计了有关识别反光工件的6DoF位姿估计的算法研究，更具体的是如何在金属工件的表面和深度信息缺失严重下进行关键点检测的研究。

**背景技术：**

由于光线变化、场景遮挡和对象截断，6DoF成为机器人抓取任务，增强现实等应用的重要组成部分，特别是金属零件，其表面的反光、随意摆放时相互遮挡等非结构化因素都给物体的位姿估计任务带来巨大的挑战。对于这些问题像诸如在提取SURF特征的基础上利用近似最近邻算法对零件进行识别等都只是针对外形规整且整齐摆放的零件，对于外形复杂且任意堆叠摆放的零件位姿估计缺乏深入的研究。而我们工件是镀锌材质，且表面不平整，导致反光严重，无论是进行多角度光线调整或者是喷涂适量的显像剂都无法通过realsense等工具对其进行完整的3D建模，而solidwork等建模软件虽然能达到一定的效果，但与工件真实状态有很大的差别。另一方面，目前基于关键点的方法大多是使用对象的3D包围框的8个顶点作为关键点，而相对于点云信息确实导致的工件外形上的不完整，导致的关键点不在工件内部则不能很好的处理关键点检测问题。

本算法提出的将深度霍夫投票与点云网络进行结合的反光工件位姿估计方法，在考虑到既然信息不完整，则把反光问题导致的信息缺失适当转换为遮挡问题，如何通过直接处理点云数据，利用深度霍夫投票网络能够根据看得见的部分，对信息明显的部分的点进行投票，即使信息不完整导致的判断关键点可能不在工件表面等情况推断出金属工件的关键点位置，是本项目需要解决的关键问题。

**发明内容：**

本发明是通过以下技术构造一种结合深度霍夫投票与点云网络的反光工件6DoF位姿估计方法：

1. 使用分治的特征提取技术

在光照或遮挡等条件下工件的信息缺失严重，点云获取不完整，各个局部特征由于不确定性因素导致联系减弱，由单个区域工件的真实点进行的投票所得关键点可能不在工件表面，所以在特征提取阶段就开始将工件的点云数据均匀分成P个子部分，经过语义分割后的2D特征点分类为各个子集投票后，再将他们的特征进行汇总分类，本发明提出的分段投票机制为工件不同部分的特征聚合提供了上下文联系，并在一定程度上提高了特征提取效率。

给定一组由可见部分组成的子集点和属于同一实例的一组已选择关键点

设为3D坐标，为提取出的特征，将表示为

提取到每个子集中点的特征后，计算出他们中第个点相对已选第个关键点的偏移

然后根据下述损失函数监督学习：

其中表示地面真值平移偏移量，M是所选目标关键点的总量，N是子集的总量

通过这样分组提取特征再汇总，通过并行的方式进一步改善了特征提取。

1. 基于VoteNet的投票聚类和分类技术

使用聚类算法来区分具有相同语义标签的不同实例和相同实例上的点对目标关键点投票，通过均匀抽样和根据空间一致性分组对投票进行聚类。从一组投票中，利用3D欧几里得空间中基于的最远点采样，对K个投票的子集进行采样，得到，然后通过找出每个的3D位置邻近投票来形成K个聚类：

其中(3+C)为语义分割模块后的特征子集数。

1. 基于PointNet的多层感知机聚合技术

给定一个投票群集，表示簇中心，作为投票区域，作为投票特征。为了使用局部投票的几何图形，我们通过将投票位置转换为局部归一化坐标系统。然后将集合输入通过类似PointNet的模块传递，生成集群：

每个子集中的投票由独立处理，然后最大汇聚到单个特征向量并传递给，来自不同投票的信息在中进一步合并。

**附图说明：**

图1霍夫投票网络和点云特征融合结构图

图2位姿估计流程图



图1霍夫投票网络和点云特征融合结构图



图2　位姿估计流程图