



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108481323 A

(43)申请公布日 2018.09.04

(21)申请号 201810209532.4

(22)申请日 2018.03.14

(71)申请人 清华大学天津高端装备研究院洛阳
先进制造产业研发基地

地址 471003 河南省洛阳市高新区延光路
18号

(72)发明人 邹怡蓉 刘佳君 吴哲明 马明星
李培旭

(74)专利代理机构 北京中原华和知识产权代理
有限责任公司 11019

代理人 寿宁 张华辉

(51)Int. Cl.

B25J 9/16(2006.01)

B23K 37/00(2006.01)

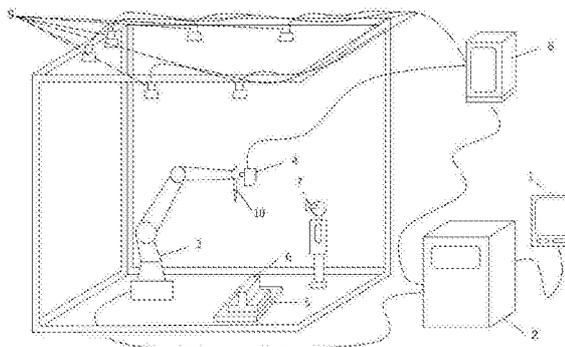
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

基于增强现实的机器人运动轨迹自动编程
系统及方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于增强现实的机器人运动轨迹自动编程系统及方法,可广泛应用于机器人自动化领域。本发明阐述了基于增强现实的机器人运动轨迹自动编程系统所包含的设备组成;基于以上设备首先在增强现实的辅助下完成待加工工件的粗定位;之后利用快速示教通过机器人末端执行器接触待加工工件采集一系列特征点,然后通过特征点与虚拟工件三维模型上对应棱边或面的匹配,得到工业机器人基坐标系与虚拟工件坐标系之间的转换矩阵,进而得到工业机器人运动轨迹。本发明能够实现快速示教下的自动编程,能适用于任意形状、位姿的待加工工件,较之现有的在线示教或离线编程方法有明显优势,在适应性和高效性方面达到柔性制造的要求。



1. 一种基于增强现实的机器人运动轨迹自动编程系统,其特征在于包括示教系统、机器人系统、数据处理系统(8)以及待加工工件,

示教系统包括头盔式增强现实显示装置(7)、摄像机系统(9),头盔式增强现实显示装置(7)模拟增强现实场景,叠加虚拟工件的三维模型;摄像机系统(9)布置在现实场景的上方;

机器人系统包括手持式机器人控制面板(1)、机器人控制器(2)、机器人本体(3)、跟踪传感器,机器人控制面板(1)输入信息至机器人控制器(2),机器人控制器(2)输出控制机器人本体(3)动作;机器人本体(3)上装设有末端执行器和跟踪传感器,末端传感器用于依次接触待加工工件上对应的特征对象,并采集一系列特征点;

跟踪传感器、摄像机系统(9)分别与数据处理系统(8)连接,数据处理系统(8)与机器人控制器(2)连接;

待加工工件放置在工作台基座(5)上。

2. 一种基于增强现实的机器人运动轨迹自动编程方法,其特征在于该方法利用权利要求1所述的机器人运动轨迹自动编程系统实现,包括如下步骤:

通过头盔式增强现实显示装置,在视野中叠加显示虚拟工件的三维模型,将待加工工件调整放置在与三维模型重合的位置;

在增强现实场景中,指定虚拟工件三维模型的一系列特征对象的组合用于模型匹配;

手动操作工业机器人使得末端执行器依次接触待加工工件上对应的特征对象,采集一系列特征点,并根据工业机器人各关节姿态计算出特征点在工业机器人基坐标系中的坐标;

将特征点在工业机器人基坐标系中的坐标与虚拟工件三维模型进行匹配,建立工业机器人基坐标系与虚拟工件坐标系之间的转换矩阵 $[R(\delta), T(\delta)]$,其中R是旋转矩阵,T是平移矩阵, δ 是机器人关节角向量;

通过转换矩阵 $[R(\delta), T(\delta)]$ 将根据虚拟工件三维模型生成的运动轨迹变换到工业机器人基坐标系中,生成工业机器人运动轨迹。

3. 根据权利要求2所述的基于增强现实的机器人运动轨迹自动编程方法,其特征在于用于模型匹配的特征对象,能够唯一确定虚拟工件三维模型的位置与姿态,包括但不限于如下组合:两条不共面的棱边、一条棱边和一个与之不平行且不正交的面、两个不平行的平面和一条与两者交线不共面的棱边。

4. 根据权利要求3所述的基于增强现实的机器人运动轨迹自动编程方法,其特征在于用于模型匹配的特征对象中所述棱边包括直线、圆弧。

5. 根据权利要求4所述的基于增强现实的机器人运动轨迹自动编程方法,其特征在于对于直线特征,采集的特征点不少于两个;对于圆弧特征,采集的特征点不少于三个。

6. 根据权利要求3所述的基于增强现实的机器人运动轨迹自动编程方法,其特征在于用于模型匹配的特征对象中所述面包括平面、柱面、锥面。

7. 根据权利要求6所述的基于增强现实的机器人运动轨迹自动编程方法,其特征在于对于平面、柱面、锥面特征,采集的特征点包括不少于三个不共线的点。

基于增强现实的机器人运动轨迹自动编程系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于增强现实的机器人运动轨迹自动编程系统及方法,可广泛应用于机器人自动化生产领域。

背景技术

[0002] 机器人焊接在制造业升级改造过程中得到了越来越广泛的应用,通常通过离线编程或在线示教的方法在焊前对焊接机器人末端夹持的焊枪位置、姿态、移动速度、运动轨迹等进行规划,保证焊接质量。

[0003] 离线编程是基于精确的机器人模型、工具坐标系和工件坐标系模型,实现实际加工路径的规划,在实际生产中因机器人模型、结构化加工环境等的精度达不到要求而面临困难;在线示教是由工人手动操作机器人逐点记录轨迹,并在正式作业时重复所记录的轨迹,因耗时长、技术门槛高、效率低等问题使得在生产实际中无法满足压缩时间成本和人力成本的要求。机器人焊接自动化急需发展一种生成轨迹精度高、直观性强、易操作的自动编程方法。

[0004] 现有技术文献

[0005] 公告号为CN104057453B的专利提出了一种利用增强现实手动进行轨迹修正的方法,通过增强现实的交互操作,在虚拟空间内根据避障、路径精度等要求对轨迹进行手动修正;

[0006] 公开号为CN107309882A的专利提出了一种利用增强现实技术让工人手持示教工具在工件上实施轨迹及姿态示教的方法,在增强现实中生成虚实融合的工作场景,以便进行轨迹调校。

发明内容

[0007] 针对上述问题,本发明的目的在于提供一种基于增强现实(AR)的机器人运动轨迹自动编程系统及方法,借助增强现实技术实现复杂空间焊缝的焊接轨迹自主生成。

[0008] 为实现上述目的,本发明提出一种基于增强现实的机器人运动轨迹自动编程系统,包括示教系统、机器人系统、数据处理系统8以及待加工工件,

[0009] 示教系统包括头盔式增强现实显示装置7、摄像机系统9,头盔式增强现实显示装置7模拟增强现实场景,叠加虚拟工件的三维模型;摄像机系统9布置在现实场景的上方;

[0010] 机器人系统包括手持式机器人控制面板1、机器人控制器2、机器人本体3、跟踪传感器,机器人控制面板1输入信息至机器人控制器2,机器人控制器2输出控制机器人本体3动作;机器人本体3上装设有末端执行器和跟踪传感器,末端执行器用于接触待加工工件上对应的特征对象,并采集一系列特征点;

[0011] 跟踪传感器、摄像机系统分别与数据处理系统8连接,数据处理系统8与机器人控制器2连接;

[0012] 待加工工件放置在工作台基座5上。

[0013] 为实现上述目的,本发明提出一种基于增强现实的机器人运动轨迹自动编程方法,包括如下步骤:

[0014] 通过头盔式增强现实显示装置,在视野中叠加显示虚拟工件的三维模型,将待加工工件调整放置在与三维模型重合的位置。

[0015] 在增强现实场景中,指定虚拟工件三维模型的一系列特征对象的组合用于模型匹配,所选特征对象的组合能够唯一确定虚拟工件三维模型的位置与姿态,包括但不限于如下组合:两条不共面的棱边、一条棱边和一个与之不平行且不正交的面、两个不平行的平面和一条与两者交线不共面的棱边。所述棱边包括直线、圆弧;所述面包括平面、柱面、锥面。

[0016] 手动操作工业机器人使得末端执行器依次接触待加工工件上对应的特征对象,采集一系列特征点,并根据工业机器人各关节姿态计算出特征点在工业机器人基坐标系中的坐标。对于平面、柱面、锥面特征,采集的特征点包括不少于三个的不共线的点;对于直线特征,采集的特征点不少于两个;对于圆弧特征,采集的特征点不少于三个。

[0017] 将特征点在工业机器人基坐标系中的坐标与虚拟工件三维模型进行匹配,建立工业机器人基坐标系与虚拟工件坐标系之间的转换矩阵 $[R(\delta), T(\delta)]$,其中 R 是旋转矩阵, T 是平移矩阵, δ 是机器人关节角向量。

[0018] 通过转换矩阵 $[R(\delta), T(\delta)]$ 将根据虚拟工件三维模型生成的运动轨迹变换到工业机器人基坐标系中,生成工业机器人运动轨迹。

[0019] 借由上述技术方案,本发明能够实现快速示教下的自动编程,能适用于任意形状、位姿的待加工工件,较之现有的在线示教或离线编程方法有明显优势,在适应性和高效性方面达到柔性制造的要求,具有以下优点:

[0020] 1、利用增强现实的方法,通过少量点的定位,将工件特征点/面与三维模型的对应点/面进行快速匹配,能够迅速完成工件坐标系的准确标定,且具有较强的可操作性。

[0021] 2、通过计算特征平面或曲面的交线自动生成待焊路径,并通过机器人逆运动学得到机器人各关节运动轨迹,提高编程效率。

[0022] 上述说明仅是本发明技术方案的概述,为了能更清楚了解本发明的技术手段,而可依照说明书的内容予以实施,并且为了让本发明的上述和其他目的、特征和优点能够更明显易懂,以下特举较佳实施例,并配合附图,详细说明如下。

附图说明

[0023] 图1为基于增强现实的机器人焊接轨迹自动编程系统的示意图。

[0024] 图2为基于增强现实的机器人焊接轨迹自动编程方法的流程图。

[0025] 图3为实施例二对应的T型工件特征面及棱边示意。

[0026] **【主要元件符号说明】**

[0027] 1-手持式机器人控制面板,2-机器人控制器,3-机器人本体,

[0028] 4-局部焊缝跟踪传感器,5-工作台基座,6-T型工件,

[0029] 7-头盔式增强现实显示装置,8-数据处理系统,9-摄像机系统,

[0030] 10-焊枪

具体实施方式

[0031] 下面结合附图和实施例对本发明进行详细的描述。

[0032] 实施例一

[0033] 请参阅图1,本发明一种基于增强现实的机器人焊接轨迹自动编程系统,包括示教系统、机器人系统、数据处理系统8以及待焊的T型工件6,

[0034] 示教系统包括头盔式增强现实显示装置7、摄像机系统9,头盔式增强现实显示装置7模拟增强现实场景,叠加虚拟工件的三维模型;摄像机系统9布置在现实场景(即机器人本体3、T型工件6、头盔式增强现实显示装置7所在区域)的上方,并与数据处理系统8连接,数据处理系统8与机器人控制器2连接。在采集特征点的过程中,摄像机将实时拍摄到的图片上传至数据处理系统8,经数据处理系统8处理转换后上传至机器人控制器2,实现现实场景与虚拟场景的叠加;

[0035] 机器人系统包括手持式机器人控制面板1、机器人控制器2、机器人本体3、局部焊缝跟踪传感器4,机器人控制面板1将机器人本体3要实现的动作信息输入机器人控制器2,机器人控制器2输出控制机器人本体2实现相应的动作。机器人本体3上装设有焊枪10和局部焊缝跟踪传感器4,焊枪10用于依次接触待焊的T型工件6的垂直面和水平面,在两个平面上分别采集3个特征点,每个面上的3个特征点不共线;局部焊缝跟踪传感器4与数据处理系统8连接。焊接轨迹自动生成后,通过机器人控制面板1控制机器人本体3按照自动生成的焊接轨迹对T型工件6进行焊接,局部焊缝跟踪传感器4用于采集焊接产生的局部焊缝信息,根据局部焊缝信息对自动生成的机器人焊接轨迹进行微调;

[0036] 待焊的T型工件6放置在工作台基座5上。

[0037] 实施例二

[0038] 请参阅图2,在自动编程系统的基础上,本发明提出了一种基于增强现实的机器人焊接轨迹自动编程方法,包括以下步骤:

[0039] (1) 利用增强现实技术,通过头盔式增强现实显示装置7在视野中叠加显示虚拟T型工件的三维模型,将待焊的T型工件6调整放置在与三维模型大致重合的位置,完成T型工件的粗定位;

[0040] (2) 在增强现实场景中,指定虚拟T型工件三维模型的一系列特征对象的组合。请参阅图3,所选特征对象为T型工件的垂直面6-1、水平面6-2、棱边6-3,棱边6-3与垂直面6-1和水平面6-2的交线不共面;

[0041] (3) 手动操作工业机器人3使得焊枪10依次接触T型工件6的垂直面6-1、水平面6-1、棱边6-3,在垂直面、水平面上分别采集3个不共线的特征点,在棱边上采集2个特征点,并根据工业机器人3各关节姿态计算出8个特征点在工业机器人基坐标系中的坐标;

[0042] (4) 将前述特征点在工业机器人基坐标系中的坐标与虚拟T型工件三维模型进行匹配,建立工业机器人基坐标系与虚拟T型工件坐标系之间的转换矩阵 $[R(\delta), T(\delta)]$,其中R是旋转矩阵,T是平移矩阵, δ 是机器人关节角向量;

[0043] (5) 通过转换矩阵 $[R(\delta), T(\delta)]$,将根据虚拟T型工件三维模型生成的焊接路径变换到工业机器人基坐标系中,生成工业机器人焊接轨迹。

[0044] 在实施例一和实施例二中,生产作业为焊接作业,工件为待焊的T型工件,机器人末端执行器为焊枪,因而生成工业机器人的焊接轨迹。但本发明不限制生产作业、末端执行器和工件的类型,也可生成工业机器人的涂胶、喷漆、打磨、抛光、装配等运动轨迹。

[0045] 上述实施例仅用于说明本发明,其中特征对象组合选取、特征点选取、增强现实装置的形式等都是可以有所变化的,凡是在本发明技术方案的基础上进行的等同变换和改进,均不应排除在本发明的保护范围之外。

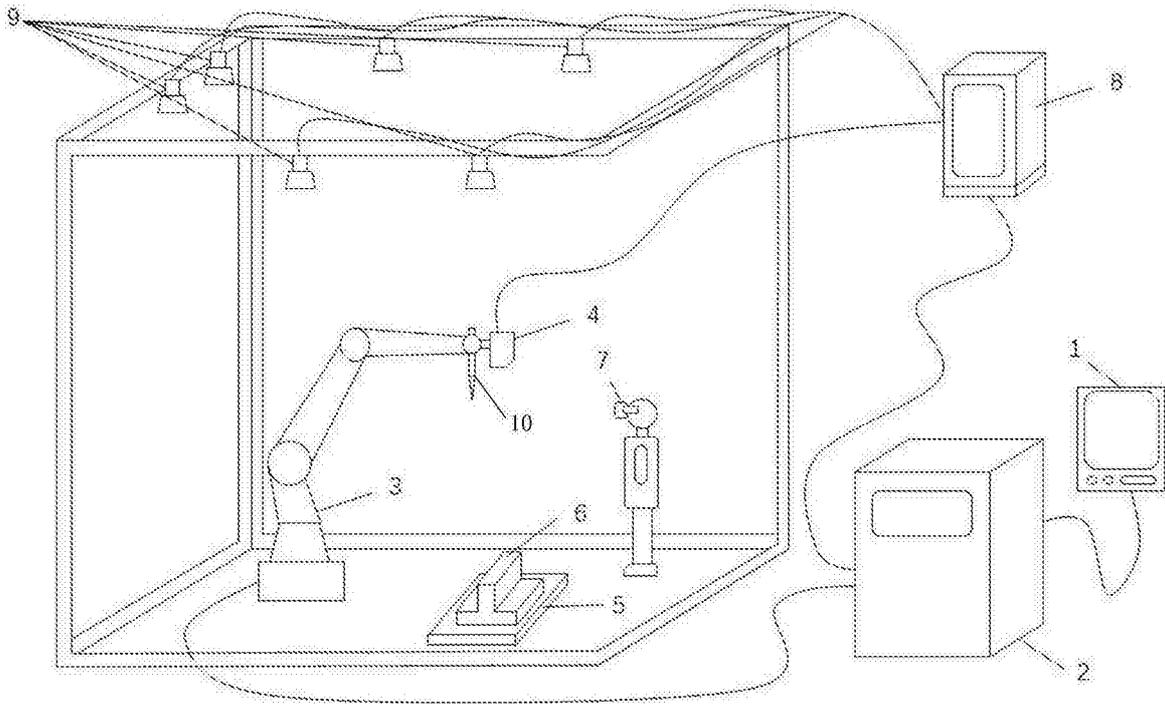


图1

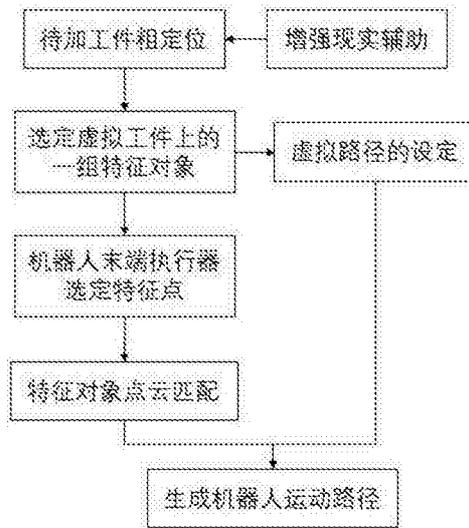


图2

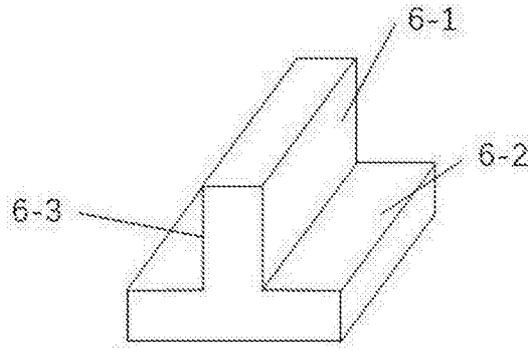


图3