

基于机器视觉的六轴机器人在线涂胶技术研究

孙洒 丁江涛 叶增林 张丰丰

(马鞍山学院人工智能创新学院 安徽 马鞍山 243100)

摘要: 鞋底涂胶是制鞋生产工序的重要一环,传统涂胶方式存在获取数据信息不准确,拟合轨迹有误差等问题,造成鞋底涂胶质量的缺陷。针对边缘点拟合问题,本文采用改DeepLabv3+的高效语义分割模型,为了实现算法嵌入式平台的部署问题,将主干网络替换为MobileNetV2;利用RS232通信方式实现视觉系统与系统控制器之间的数据传输,系统控制器采用TMS320F2812作为核心控制芯片,涂胶方式采用压力式点胶技术,由示教盒完成工艺参数、运动轨迹等参数的设置。文章围绕系统硬件组成、视觉算法设计进行讨论。

关键词: 语义分割; 控制系统; 涂胶; 机器人

0 引言

现今,计算机技术开始朝智能化的方向推进,特别是在机器人的研究领域中,智能机器人将会在未来成为新科技主角,促进工业生产全面智能化。智能机器人涂胶是指利用机器人代替人工的方式控制胶枪在固定物体上进行涂胶。典型涂胶机器人系统主要包含:视觉定位系统、运动控制器、执行手臂,其中影响涂胶质量的因素主要包括机器手臂的抖动程度、边缘轮廓精确程度等。传统机器视觉常采用多目相机或线结构光的方式^[1]来获取图像边缘信息,然而其只能检测涂胶大致的位置,致使目标对象的边缘轮廓细节不够精细,造成边缘点对的误匹配问题。为了解决边缘轮廓细节缺失问题,本文采用基于深度学习的语义分割DeepLabV3+算法,该算法是在DeepLab系列算法上的优化,网络采用encoder-decoder结构,有效减少信息损失,从而更加细化边界分割的结果。视觉系统在获得鞋底的边缘轮廓之后,视觉系统通过RS232与控制器进行通信,实现信息数据的交互。运动控制系统对获取的数据进行信息处理和任务分配,同时向驱动器发送方向信号和信息脉冲,从而实现对机器臂的执行动作控制操作,实现预期的轨迹动作,涂胶管与机械臂相互结合,接受涂胶信号,共同完成边缘精准涂胶。

1 系统总体设计

如图1所示,机器人在

线涂胶系统^[2]分三个部分,分别为机器人运动控制模块、视觉定位模块和鞋底输送模块。

1.1 控制系统

1.1.1 涂胶机器人控制系统结构

控制器采用模块化程序设计思想,模块化设计提升模块可读性的同时,可以有效地提高模块的可移植性。如图2机器人控制系统图所示,系统主要包含四个模块:参数设置模块(示教盒)、驱动控制模块和电动机驱动模块。其中驱动控制模块是整个系统最为核心的部分。

示教盒为人机交互终端,主要作用有指令给定和信息显示,示教盒通过串口通信的方式将作业指令任务输入至运动控制器。运动控制器^[3]采用TMS320F2812芯片作为控制核心,运动控制器通过获取到的任务参数,通过脉冲信号向电动机驱动器发送执行指令和方向信号控制步进电动机运转,实现事先示教盒规划好的运动轨迹。



图1 机器人鞋底在线涂胶平台实物图

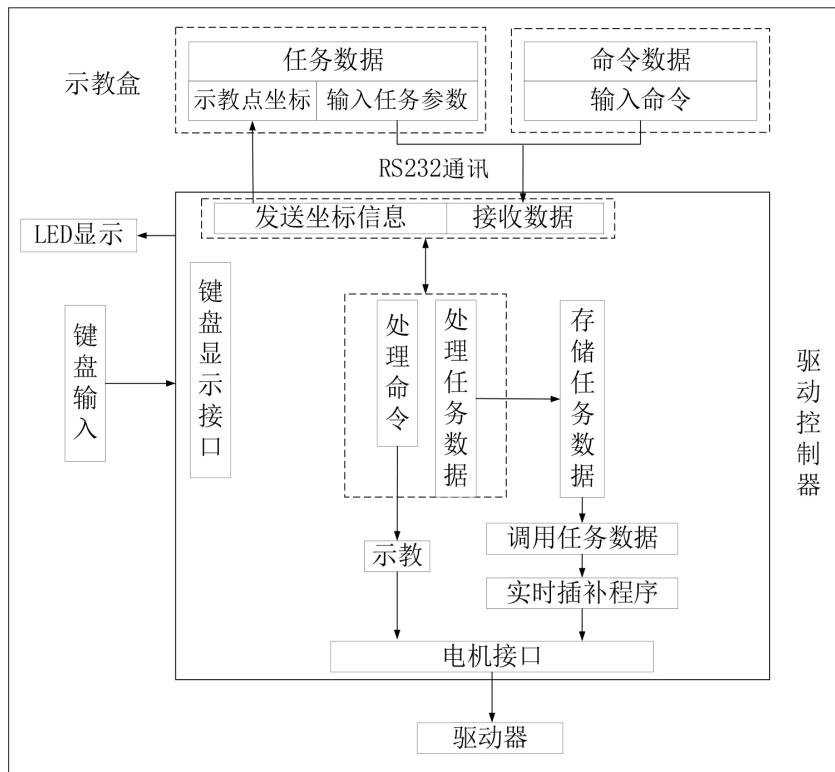


图2 涂胶机器人控制系统

1.1.2 运动控制器资源分配

运动控制器的核心芯片为TMS320F2812，是一款微控32位定点的DSP控制芯片，该芯片的最高主频可达150MHz，具有多种实时信号同步处理和多控制功能。采用分布式嵌入式子系统，适合当前工业生产的需求，满足本文涂胶机器人系统要求，现对其运动控制器主要资源分配如下。

1.1.2.1 DSP内部各模块功能分配

串行通信接口SCI：利用串行口将示教盒和运动控制器相连接，完成作业任务参数的下载和命令的接收。

事件管理器：涂胶机械臂采用四个步进电动机进行转速控制，因此需要四路PWM波进行控制。在TMS320F2812中拥有两个事件管理器，每个管理器分别设置两个独立定时器，即可满足控制信号的分配。

1.1.2.2 存储器分配

TMS320F2812片内资源为32K×16bit，对于工业机器人的任务需求，存储资源是不够的。为了增加系统程序存储空间，此时根据系统设计需要外扩FLASH电路和RAM电路。此时选用RAM为256K×16bit大小，用于数据的缓冲和变量的定义；FLASH为512K×16bit，用于烧写较大程序，分配程序主体和各种中断。

1.1.2.3 中断分配

系统包含三个中断信号，其中硬件中断一个，为外部键盘触发终端，其余为定时器中断和SCI串口通信中断。

JTAG接口^[4]：主要提供对DSP内部的在线程序调试和仿真。其自身只是硬件接口，不占用任何系统资源；其引脚定义遵从行业标准不可随意改动，通过配合DSP仿真器，配合计算机软件实现功能的切换。

CAN通信接口：备用串行通信总线，灵活性高，为后续设备升级提供接口。

1.2 视觉定位系统

视觉定位系统主要实现对目标对象外界轮廓的确定，传统图象可以利用图象分割算法，利用图象本身的颜色、纹理等进行区域分割，此过程复杂的同时分割精度不高。本文采用基于神经网络的语义分割DeepLabV3+算法对鞋底轮廓进行提取，可以有效地提高鞋底的轮廓信息的精细度，视觉定位系统如图3所示。

DeepLabV3+网络：DeepLabV3+网络^[5]在DeepLabV3模型基础之上进行改进并显著提升了性能。输入图象首先经过MobileNet主干特征提取网络，为了融入多尺度信息获取更加细化的边界信息，网络将空洞空间金字塔池化模块(ASPP)^[6]与编码部分-解码部分(encoder-decoder)架构^[8]进行融合，并且将网络中使用的普通卷积修改为空洞卷积和深度可分离卷积。其整体示意图如图4所示。

1.2.1 encoder部分

在原始DeeplabV3+网络中主干网络为Xception+，其模型计算复杂度高，占用内存大，难以部署在算力有

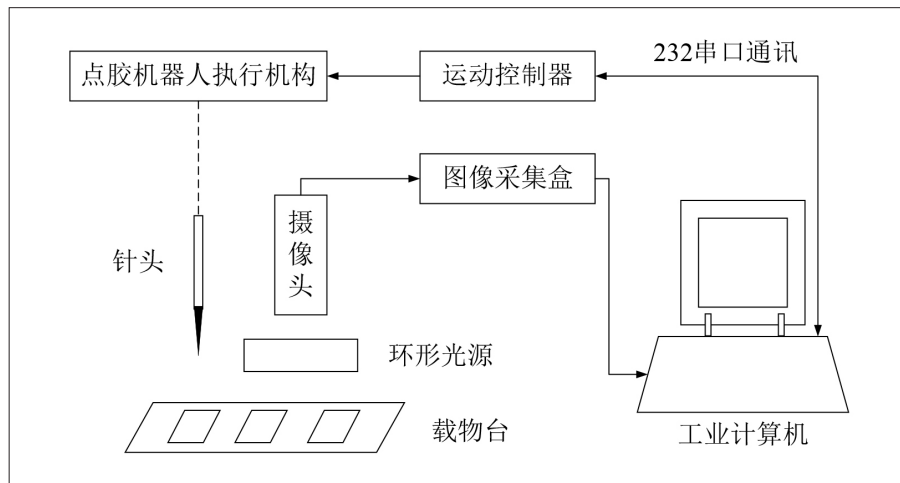


图3 视觉定位系统

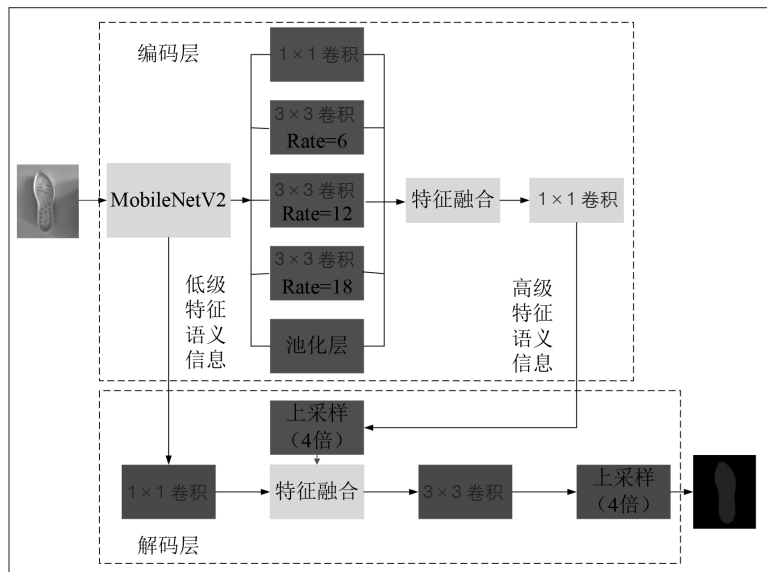


图4 算法原理图

限的嵌入式设备上。为了实现算法硬件设备上的部署,本文通过改进主干网络模型为 MobileNetV2 实现高效语义分割。MobileNetV2 网络是一种轻量级网络模型,其网络核心采用的是可分离卷积模块,在减少网络参数运算的同时提高检测精度。网络模型的权重文件的大小对于模型的预测速度和硬件资源占用都有很大影响,轻量级网络结构可以有效减少硬件资源利用,提高系统整体运行速度。

1.2.2 ASPP 模块

ASPP 模块主要是对骨干网的特征图进行多尺度语义信息提取,能够有效地保留图象边缘的细节特征。通过图 4 可以看出,DeepLabV3+ 特征提取网络中包含:一个 1×1 卷积层、3 种可分离卷积膨胀率分别为 {6, 12, 18}、一个图象级的全局平均池化 (Global Average Pooling) [7]。其中,卷积层负责局部特征提取,全局平均池化负责全局特征提取,从而得到多尺度的特征信息。

2 实验结果分析

为了评价改进后算法分割性能的优劣,在测试集上计算像素准确率 (PA) 与交并比 (IoU) 的平均值。如下表所示,经过对比不同主干网络可以看出,

表 不同特征提取网络性能对比

模型	PA	MIoU	模型大小 /MB	单张图象分割耗时 /ms
Resnet101	93.89%	93.08%	25.6	191.7
MobileNetV2	91.70%	86.51%	3.6	173.6

Resnet101 的 PA 和 MIoU 分别为 93.89% 和 93.08%, MobileNetV2 的 PA 和 MIoU 分别为 91.70% 和 86.51%。由于 MobileNetV2 是轻量级的网络,所以在检测精度上相对于 Resnet101 稍差一点。从训练得到的网络模型大小上可以看出 MobileNetV2 具有很大的优势。

3 结语

针对传统涂胶机器人边缘细节缺失的问题,本文采用改进 DeepLabV3+ 主干特征提取网络的方式,提高物体边缘细节信息的提取,并完成算法在嵌入式设备上的部署工作,解决了现有涂胶机器人物体边缘分割不佳的问题。

基金项目: 马鞍山学院 2020 年度科研基金:

基于线结构光视觉的六轴机器人在线涂胶系统研究 (Qs2020011)。

参考文献:

- [1] 孙博文,朱志明,郭吉昌,等.基于组合激光结构光的视觉传感器检测算法及图象处理流程优化[J].清华大学学报(自然科学版),2019,59(06):445-452.
- [2] 任玉峰,林巨广,王淑旺.挡风玻璃机器人涂胶系统智能化技术研究[J].机床与液压,2009,37(10):120-122.
- [3] 万文献.基于 TMS320F2812 的运动控制器的研究[D].天津:河北工业大学,2007.
- [4] 董大明,方勇华,熊伟.基于 DSP 系统的增强型 JTAG 接口[J].计算机工程,2010,36(8):242-244.
- [5] Heryadi Y, Soeparno H, Irwansyah E, et al. The Effect of Resnet Model as Feature Extractor Network to Performance of DeepLabV3 Model for Semantic Satellite Image Segmentation[Z]. 2021.
- [6] Chen L C, Zhu Y, Papandreou G, et al. Encoder-decoder with atrous separable convolution for semantic image segmentation[C] // Proc of European Conference on Computer Vision, 2018: 801-818.
- [7] Al-Sabaawi A, Ibrahim H M, Mohsin Z, et al. Amended Convolutional Neural Network with Global Average Pooling for Image Classification[C] // 20th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA), 2020.