

## 基于 LabVIEW 的焊缝起始点视觉识别

### A LabVIEW-based weld beam visual recognition

作者：朱振友，林涛，陈善本

单位：上海交通大学 材料科学与工程学院

#### 应用领域：研究和开发

**挑战：**采用视觉传感技术，研究在局部环境中对焊缝起始位置的识别方法，为进一步实现对焊接机器人的自动导引提供支持。

**应用方案：**使用 National Instruments 公司的 IMAQ Vision Builder、LabVIEW 图片控制工具包、执行程序生成器和 LabVIEW 来开发一个经济、灵活的基于 PC 的立体视觉导引系统。

**使用的产品：**LabVIEW；IMAQ Vision Builder；PCI-1409 图像采集卡

#### 介绍

将 NI 公司的 IMAQ Vision Builder 与 LabVIEW 软件用于对焊接机器人的导引过程控制中，通过采用 LabVIEW 提供的子 VI 功能及图像处理软件包实现了对图像尺度及旋转角度变化的焊缝图像匹配识别。该方法通过将传统的模板匹配与模式识别技术与焊缝图像的边缘信息相结合，识别的准确性及精度较高，并且系统的调试及维护简便、方便，而且运算速度较快。

#### 0 序言

焊接是制造加工业中的重要工艺技术之一，是一个集热、电、力、光等综合作用的复杂过程。将机器人应用于焊接领域是焊接自动化的革命性进步，它彻底改变了以往焊接过程刚性自动化的传统方式，开创了一种柔性的自动化生产方式。

目前，在生产中的应用较多的焊接机器人大多是示教再现型机器人，它对于不同的焊接工作要求必须进行重新示教编程，而且对于焊接工件的工装卡具以及对焊缝的定位精度较高，对于在焊接过程中产生的工件热变形不具有自动调节的能力。所以，希望焊接机器人能够根据一定的传感信息而具有自动调节、自主规划的功能，从而能够实现焊接机器人的完全自主焊接，这对于完成那些不适合人参与的焊接工作（核环境、太空等）具有重要的意义。

焊缝的准确识别以及对焊接机器人的初始焊接位置导引对于自主焊接是一个不可或缺的过程。因此，有许多专家学者在进行这方面的研究，视觉传感方式由于其有丰富的信息而受到人们的青睐，本文主要论述在没有外加辅助光源的条件下，利用自然光作为光源的被动视觉

传感方式采集焊接场景图像，并采用图形化编程工具 LabVIEW 对焊缝进行识别的原理及过程。

#### 系统简介

本系统主要由硬件部分和软件部分组成。其中硬件主要包括焊接机器人、微型 CCD 视觉传感器、PCI-1409 图像采集卡、局域网通讯设施及主控计算机等组成。软件部分主要包括两部分，其一是采用 NI 公司的 IMAQ VISION BUILDER 和 LABVIEW 图形化编程软件编制的图像采集及分析处理部分，另一部分是机器人的姿态读取及控制部分。整个程序的主框架采用 LABVIEW 编制，其中对机器人的通讯控制部分采用 VC++ 的动态链接库方式实现，可以很方便的在 LABVIEW 状态下调用。

系统的原理框图如图 1 所示。通过装夹在机器人手臂末端的 CCD 摄像机获取工作场景的图像信息，所采集的图像通过

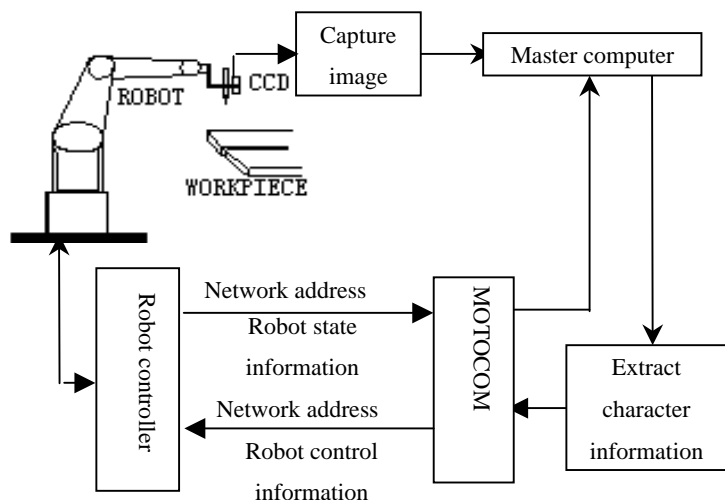


图1 系统原理框图

PCI-1409 图像采集卡由主控计算机读取,系统软件对所采集的图像进行滤波、腐蚀、模板匹配等处理后,可获取在场景中的焊缝大致位置及走向。然后采用动态开小窗技术对小窗图像进行滤波、边缘提取、动态阈值以及直线拟合等处理后,可实现对焊缝其实位置的识别。

### 图像预处理及模板匹配

被焊工件及其所处的局部环境场景信息在本系统中是作为一帧图像提供给主控计算机的。在图像的采集和传输过程中,不可避免的会混入噪声,使图像的质量降低,需要对图像进行去噪处理。另外,为了给后续的模板匹配创造有利条件,需要预先增强图像中与模板相匹配的主要特征。采用 IMAQ Vision 和 LabVIEW 提供的图像处理子 VI 可以很容易的实现图像的滤波去噪及深度腐蚀功能。只需对所调用的子 VI 参数进行设置即可。其过程如图 2 所示,所有的处理过程可以在 IMAQ Vision Builder 的环境下进行,

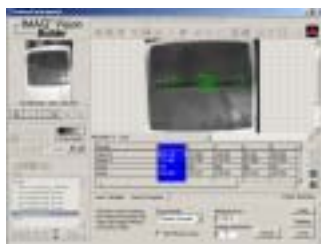


图2 图像预处理及匹配过程

通过采用对图像进行适当预处理的方法可以增强焊缝处的特征,在进行预处理前需要对原图像备份,因为腐蚀等处理会使图像中的一些细节信息丢失。但是对于焊缝的大致位置没有太大的影响,而对于提高匹配的成功率和准确性很有帮助。然后应用模板匹配子 VI 对采集的图像进行匹配,如图 3 所示是匹配

使用的焊缝模板,它可以通过使用 IMAQ Vision Builder 中的人机交互界面预先获取。



图3 匹配模板

应用 IMAQ Vision Builder 可以很容易将图像处理过程自动生成 LabVIEW 源程序,便于进行进一步的处理分析。图 4 为采用 LabVIEW 编制的程序界面,其主要功能是通过全局模板匹配的方法求得的焊缝位置信息。

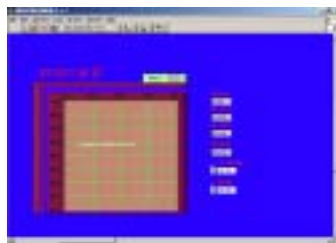


图4 模板匹配程序界面

### 小窗技术的应用

在图像处理过程中,为了提高图像处理的速度及减少场景信息对处理结果的干扰,经常通过对整幅图像裁减的方式来减少计算量,称之为开小窗技术。即在整幅图像中,只选择一定的感兴趣区域进行处理分析,而对于图像中的其他区域不与考虑。该功能可以通过采用 IMAQ Vision Builder 提供的工具包很方便的实现。只要对 ROI (Region of Interest) 类的子 VI 参数进行适当的设置,并且在 LabVIEW 的编程界面中对其输入和输出进行适当的连接即可。也可在 IMAQ Vision Builder 环境下通过人机交互的方式选取,其过程如图 5 所示。

在本系统中,对于小窗区域的选取通过动态过程实现。首先通过全局匹配确定焊缝在图像



图5 开小窗过程示意图

中的大致位置和走向,然后通过顺序搜索匹配点附近的区域进行局部匹配,当匹配点的数目为 0 的时候,认为搜索过程结束。以最后一个匹配点作为中心点设定小窗区域。

### 焊缝起始位置的识别

在焊缝起始位置附近的局部区域内进行焊缝端点的识别,通过对图像进行滤波、边缘提取及增强,可得到焊缝及被焊工件的边缘信息。如图 6 所示为经过拉普拉斯算子及高斯滤波处理后的边缘图像,其中拉普拉斯算



图6 边缘图像

子是二阶导数的二维等效式,函数  $f(x)$  的拉普拉斯算子公式为:

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (1)$$

可以通过模板计算来近似替代拉普拉斯算子,在这里采用的是  $5 \times 5$  的近似模板。

在对图像进行完边缘提取处理以后,可通过对图像设定动态阈值的方法来进行图像的二值化处理,可获的边缘的二值图像,然后对其进行适当的骨架提取细化处理,如图 7 所示。

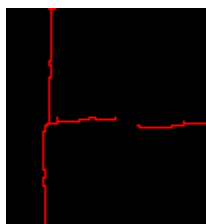


图 7 细化二值图像

至此,我们可以认为焊缝的起始位置就是图 7 中的直线交点处,我们可以通过使用 LabVIEW 中提供的直线拟合子 VI 来获得其交点的图像坐标。然后可以结合 CCD 摄像机的内外参数求取其在世界坐标系中的真实位置。

### 结论

(1) 通过采用 NI 公司的 IMAQ Vision Builder 及 LabVIEW 软件,可以实现对场景图像的采集、处理及分析。

(2) 使用软件提供的工具包和子 VI 功能,实现了对图像的预处理及开小窗功能,提高了算法的处理速度及准确性,具有较强的抗干扰能力。

(3) 采用图形化编程界面,是程序的编制、维护及后续开发更加简便、快捷。