

机器人装配视觉定位应用研究*

张建中^{1,2}, 何永义^{1*}, 李 军¹

(1. 上海大学 机电工程与自动化学院, 上海机器人技术与机械自动化重点实验室, 上海 200072;

2. 合肥学院 机械工程系, 安徽 合肥 230022)

摘要:为解决机器人装配的自动定位问题,将视觉定位技术应用到直角坐标型机器人设计成手机镜头(由 LENS、BARREL 部件构成)机器人装配设备中,开展了机器人装配设备视觉定位设计分析,以获取镜头 LENS、BARREL 部件在各个位置下的图像,通过模板匹配方法确定了 LENS、BARREL 部件中心的坐标值,建立了 LENS、BARREL 部件之间装配位置关系,提出了基于视觉定位的手机镜头机器人装配方法。在 LENS、BARREL 部件之间位置的一致性上对视觉定位技术进行了评价,并进行了手机镜头同一对位置下的镜头装配试验。研究结果表明,视觉定位实验为进一步研制手机镜头机器人装配设备奠定了重要基础。

关键词:机器人;亚像素;装配;视觉定位

中图分类号:TP391;TH39

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2011)08-0934-04

Application research of vision-location in robotic assembly equipment

ZHANG Jian-zhong^{1,2}, HE Yong-yi¹, LI Jun¹

(1. Shanghai Key Laboratory of Mechanical Automation and Robotics, School of Mechatronics

Engineering and Automation, Shanghai University, Shanghai 200072, China;

2. Department of Mechanical Engineering, Hefei University, Hefei 230022, China)

Abstract: Aiming at the lack of auto-calculation of workpiece's positions in robotic assembling process, the mobile-phone lens (including LENS section and BARREL section) cartesian coordinates robotic assembly equipment based on vision-location was investigated. After the analysis of the workpiece's center coordinates with template matching, the assembly relationship between LENS and BARREL was established. A method was presented to acquire the image at every position, and the center coordinates of LENS and BARREL were calculated, the robot was driven to move to the right place with vision-location. The position and orientation continuity for robotic assembling were evaluated on the process of guiding robotic assembling, the assembling equipment's working at the same couple workpiece's positions were tested. The experimental results show that the analysis lays an important foundation for the further developing work of robotic assembly equipment.

Key words: robot; subpixel; assembling; vision-location

0 引 言

产品装配在制造业中占有重要地位,传统的机器人装配生产上,机器人的操作都是预先严格设计好的,只能做一些固定的动作,这些机器人利用各种传感器来进行控制,称为敏感控制机器人^[1-2]。由于所有的动作都要预先设定,要求装配件位置、被装配件的位置

与姿态严格准确地放置,同时要求精心设计夹具及特殊辅助机构,然而在实际加工中,由于种种原因,装配件的位置往往不能严格确定,这种机器人装配的灵活性不够,调试、调节麻烦,适应性较差。

智能化、数字化是先进制造技术和机电设备的发展方向^[3-4]。在国外,在图像处理技术领域中存在长期竞争优势,但具有视觉定位的工业机器人公司也不

收稿日期:2011-03-17

基金项目:安徽省高校省级自然科学基金资助项目(KJ2010B180)

作者简介:张建中(1970-),男,安徽巢湖人,博士研究生,主要从事机电控制、图像处理与检测方面的研究。E-mail: zjzfirst@yahoo.com.cn

通信联系人:何永义,男,教授,博士生导师。E-mail: heyongyi@mail.shu.edu.cn

多,主要有瑞典 ABB Robotics 的 TrueView 系统,日本 FANUC 的 R-2000iA 等。在国内,自上世纪 80 年代就开始在高校和科研单位全面开展工业机器人的研究,取得不少的科研成果;但由于没有和企业有机地进行联合,至今仍未形成具有影响力的产品和有规模的产业,工业机器人产业刚刚起步,视觉引导装配机器人研究应用成果很少^[6-9]。

本研究基于视觉定位开发了手机镜头(由 LENS 部件和 BARREL 部件构成)直角坐标型机器人装配设备,通过构建实验设备验证了视觉定位的精度与稳定性的规律,且无需使用高精度的料盘和夹具。

1 手机镜头机器人装配系统

目前,手机在生产过程中大多数部件的装配都是手工来实现,效率低、劳动强度大,而且装配质量难以保证。本研究使用视觉定位技术进行镜头零件的定位,通过分析图像获得所需信息来控制直角坐标式三轴机械手进行手机镜头部件的移位、装配。

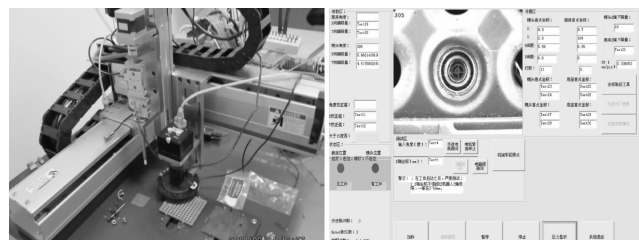
1.1 手机镜头机器人装配实验装置

机器人手机镜头装配实验设备如图 1 所示,由 ROBOT、步进电机、视觉光源、镜头、工业相机、图像信号采集单元、监视器、通讯单元等部分构成。

手机镜头机器人装配工作原理:采用工业相机将构成镜头的 LENS 部件、BARREL 部件转换成图像信号,根据像素分布和亮度、颜色等信息,转变成数字化信号,并传送给计算机或控制器;利用软件进行图像去噪、图像增强、目标匹配及寻找目标,拟合计算目标物体位置坐标,PC 机向 ROBOT 发位移命令,实现 X-Y-Z-R 运动,进行运动-位置控制。

1.2 手机镜头机器人装配软件算法

视觉定位是通过相机获取工件的二维图像,并通过软件进行分析和解释,进而转换为命令,让机器人能够辨识物体,并确定其位置。



(a)实验设备

(b)软件主界面

图1 手机镜头机器人组装实验装置

图像模板匹配目标分割算法公式^[10]为:

$$sad'(r, c) = sad_j'(r, c) +$$

$$\sum_{i=j+1}^n |t(u_i, v_i) - f(r + u_i, c + v_i)| \leq nt_s \quad (1)$$

式中: t_s 、 j —灰度阈值、实例数; $t(u_i, v_i)$ —模板各点的灰度值; $f(r + u_i, c + v_i)$ —图像各点的灰度值; $sad'(r, c)$ —灰度差值绝对值的相似度度量。

手机镜头机器人装配软件包括图像采集、图像处理、运动控制、I/O 口、角度校正、标定、位移调整、串口通信等。手机镜头组装实验程序流程如图 2 所示。 ΔX_1 、 ΔY_1 、 $\Delta \alpha_1$ 是装配目标物的横坐标、纵坐标、偏角, ΔX_2 、 ΔY_2 、 $\Delta \alpha_2$ 是被装配目标物的横坐标、纵坐标、偏角。

1.3 亚像素处理

像素细分成亚像素^[11-12]是一种提高检测精度的有效方法,可以将精度提高为 $1/30 \text{ pixel} \sim 1/50 \text{ pixel}$ 。通常采用插值方法获取图像的亚像素信息。为提高模板位姿计算的精确度,该实验中采用了亚像素技术:首先将离散的图像像素拟合成连续函数,目前的方法比较多:如线性插值、三次正交多项式插值(即多项式)、样条插值、双线性插值,由此内插的点即为亚像素点,以获取更多的细节;再利用最小二乘法进行模板与亚像素级图像的灰度值匹配。最小二乘法通过最小化误差的平方和来寻找数据的最佳匹配函数,既可用于曲线拟合,又可以利用最小二乘法简便地求得未知的点,并使得这些求得的点数据与实际数据之间误差的平方和为最小。

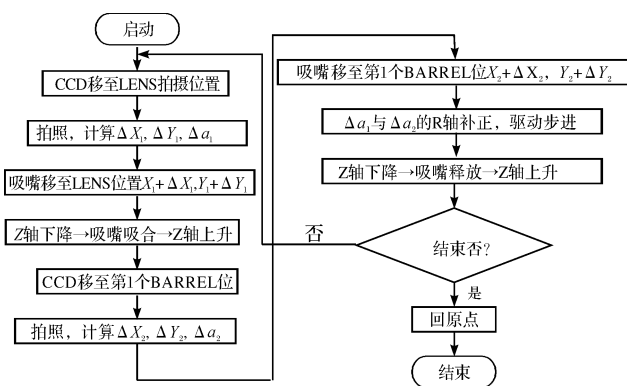


图2 组装程序设计

2 实验

为验证视觉定位在手机镜头机器人装配中的精度可靠性与稳定性,现采用 50 次同一对 LENS、BARREL 到位情况做实验,实验情景如图 3 所示,实测目标物体在图像中位置坐标数据,如表 1、表 2 所示。

表 1 LENS 坐标值实测数据(单位:pixel,1 pixel=0.008 5 mm)

No.	X	Y	Score	X _{error}	Y _{error}	No.	X	Y	Score	X _{error}	Y _{error}
1	636.656 7	503.480 7	74.345 319 97	0.229 423	-0.316 35	9	636.629 2	504.057 3	74.524 394 03	0.201 89	0.260 258
2	636.67 8	503.488	74.667 388 42	0.250 699	-0.309 01	10	636.836 9	504.039 6	75.410 290 9	0.409 643	0.242 591
3	636.700 7	503.465 6	74.726 292 26	0.273 427	-0.331 38	∴	∴	∴	∴	∴	∴
4	636.104 6	504.011 3	75.263 581 01	-0.322 74	0.214 337	∴	∴	∴	∴	∴	∴
5	636.148 4	503.987 6	75.103 855 56	-0.278 86	0.190 617	47	636.080 5	504.350 1	74.060 498 51	-0.346 76	0.553 136
6	636.166 7	503.978 4	74.842 334 33	-0.260 63	0.181 366	48	636.410 2	504.058 8	73.865 965 22	-0.017 14	0.261 83
7	636.183 5	503.968 9	74.648 346 65	-0.243 85	0.171 886	49	636.381 9	504.018 1	74.132 935 19	-0.045 37	0.221 066
8	636.616 2	504.072 9	74.430 522 24	0.188 877	0.275 858	50	636.431 5	503.996 5	73.803 230 07	0.004 179	0.199 535

表 2 BARREL 坐标值实测数据(单位:pixel,1 pixel=0.008 5mm)

No.	X	Y	Score	X _{error}	Y _{error}	No.	X	Y	Score	X _{error}	Y _{error}
1	639.763 9	524.011 3	60.024 174 62	0.059 525	0.001 551	9	639.736	524.689	59.645 196 74	0.031 587	0.679 349
2	639.799 4	524.108 9	59.790 000 2	0.095 009	0.099 221	10	639.771 3	524.230 2	59.439 267 55	0.066 861	0.220 516
3	640.596 8	524.102 3	59.687 247 38	0.892 394	0.092 57	∴	∴	∴	∴	∴	∴
4	639.549 8	523.524 4	60.059 411 12	-0.154 58	-0.485 3	∴	∴	∴	∴	∴	∴
5	639.793 5	524.173 5	59.061 176 33	0.089 057	0.163 826	47	639.546 6	523.872	59.782 434 57	-0.157 78	-0.137 71
6	639.716 9	524.016 5	60.077 664 62	0.012 512	0.006 779	48	639.718 8	524.003 5	59.995 625 24	0.014 36	-0.006 19
7	639.712 8	524.703 3	59.871 464 75	0.008 368	0.693 624	49	639.642	524.398 1	59.955 642 23	-0.062 44	0.388 446
8	638.657 4	523.218	59.677 756 69	-1.046 98	-0.791 7	50	639.451 9	524.273 9	60.094 696 55	-0.252 48	0.264 19

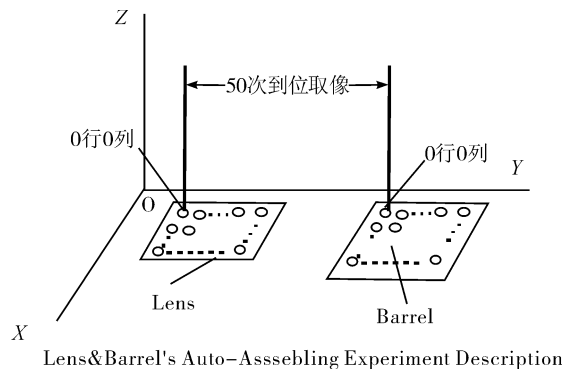


图 3 手机镜头机器人组装实验

均值计算如下:

$$\bar{x} = \frac{1}{50} \sum_{i=1}^{50} x_i \quad (2)$$

LENS 和 BARREL 坐标值均值如表 3 所示。每次测量的残差计算如下:

$$\Delta x_i = x_i - \bar{x} \quad (3)$$

表 3 LENS 和 BARREL 坐标值均值

LENS		BARREL	
$\bar{X}$	$\bar{Y}$	$\bar{X}$	$\bar{Y}$
636.427 3	503.797	639.704 4	524.009 7

单次测量值的标准偏差计算如下:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{49} \sum_{i=1}^{50} \Delta x_i^2} \quad (4)$$

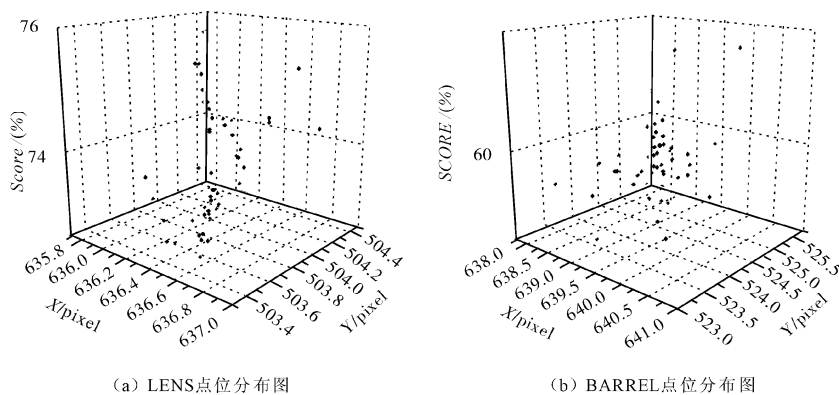
LENS 和 BARREL 坐标值标准偏差表 4 所示。

表 4 LENS 和 BARREL 坐标值标准偏差

LENS		BARREL	
σ_x	σ_y	σ_x	σ_y
0.23925 pixel	0.277 987 pixel	0.397 383 pixel	0.438 54 pixel
0.002 034	0.002 363	0.003 378	0.003 728
mm	mm	mm	mm

机器人镜头组装实验坐标数据分布曲线如图 4 所示。

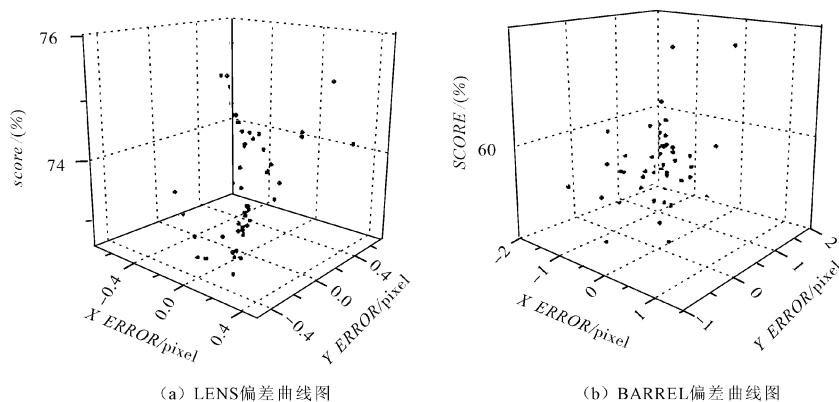
在图 4(a)中,测量精度可以达到 0.002 mm;在图 4(b)中,图像成像质量一般时,测量数据精度下降,精度仍可以达到 0.004 mm。在图 5(a)中,图像成像质量好,测量图像的相似程度高,测量数据精度高;在图 5(b)中,图像成像质量一般时,测量数据精度下降。比较图 5(a)与图 5(b)可见,实验中手机镜头的 BARREL 图像特征不够明显,使得实验中的 SCORE 值不高,进而导致数据精度稍差,并且数据有分散的倾向。



(a) LENS点位分布图

(b) BARREL点位分布图

图4 LENS和BARREL点位置分布曲线



(a) LENS偏差曲线图

(b) BARREL偏差曲线图

图5 LENS和BARREL点位置偏差曲线

3 结束语

通过手机镜头机器人装配实验,笔者获得了以下有意义的研究成果:

(1)实验系统的运动精度高,图像测量数据精度高,重复性好,可靠性高;为视觉引导下的手机镜头装配设备的开发打下了重要基础。

(2)为实际镜头装配生产加工中工件装夹误差的消除与降低提供了实践方案,提高了工作效率及产品质量。

(3)本研究所研制开发的实验设备已经成功进入企业试用,代替了手工装配;在设计时,考虑到了系统功能的可拓展性,针对多种镜头设计了多种吸头。

本研究提出了一种基于视觉定位手机镜头机器人装配系统,对于同类设备的研发同样具有重要应用价值,由于视觉定位具有实时、在线、非接触、精度高,可靠性好等优点,系统具有较好的应用前景。

参考文献 (References):

[1] 李瑞琴,杜平泽.孔柱型装配机器人的关键技术探讨[J].华北工学院学报,1997,18(2):145-149.
[2] 罗宇华.计算机视觉[M].北京:人民邮电出版社,1990.

[3] 中国机械工业年鉴编委会.2008 中国机械工业年鉴[M].北京:机械工业出版社,2008.
[4] RIVES P, AZINHEIRA J R. Linear Structures following by an Airship using Vanishing Point and Horizon Line in a Visual Servoing Scheme [C]//International Conference on Robotics & Automation 2004. Now Orleans:[s. n.],2004:255-260.
[5] 郑秀莲,徐振浩,张利.基于纹理的刀具状态检测技术[J].机电工程,2009,26(8):27-29.
[6] 夏楠.基于最小二乘法的 DLT 摄像机定标法[J].信息技术,2006,(5):98-100.
[7] 陈铭,项占琴.PLC 在热钢坯端面打号机控制系统中的应用[J].机电工程,2008,25(9):77-79.
[8] 张萍,朱政红.机器视觉技术及其在机械制造自动化中的应用[J].合肥工业大学学报:自然科学版,2007,30(10):1292-1295.
[9] 席斌,王振雷,钱锋.机器视觉工业检测系统的应用与发展[J].控制工程,2006,5(13):220-222.
[10] STEGER C, ULRICH M, WIEDEMANN C, et al. Machine Vision Algorithms and Applications [M]. Beijing:Tsinghua University Press,2008.
[11] XIAO Xiao, FANG Yong-chun, TANG Qing. A single camera 3d localization method based on geometry information [J]. Journal of Central South University,2005 36(1):450-455.
[12] 付京逊,冈萨雷斯.机器人学[M].北京:中国电子科学技术出版社,1989.

[编辑:张翔]