

文章编号: 1001-5078 (2006) 08-0696-03

红外结构光人脸三维面形测量

魏永超, 苏显渝

(四川大学电子信息学院光电科学技术系, 四川 成都 610064)

摘要:文中提出一种基于红外结构光的人脸三维面形测量方法,通过投影红外条纹在人脸表面,采用傅立叶变换轮廓术方法获取人脸三维信息,并给出了方法的原理、系统结构及实验结果。这种方法对检测对象不具有侵犯性,也满足特定环境隐蔽测量的要求,在三维人脸识别领域具有明显的应用前景。

关键词:人脸识别;三维面形;红外;结构照明;傅里叶变换轮廓术

中图分类号: TN219; TN247

文献标识码: A

Infrared Structure Light Face 3D-shape Measurement

WEI Yong-chao, SU Xian-yu

(Opto-electronic Department, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

Abstract: In the paper one face 3D-shape measurement based on infrared structure light is suggested, via projecting infrared stripe on face, the 3D information of face is gotten adopting Fourier transform profilometry. The principle, system framework and experiment result are presented. The method has not violation to detected objects, also meets the needs of special environment for covert measurement, and will have obvious applied foreground in the domain of 3D face recognition.

Key words: face recognition; 3D-shape; infrared; structure light; Fourier transform profilometry

1 引言

基于结构照明的光学三维传感技术在工业检测、质量控制、机器视觉、影视特技和生物医学等领域有着广泛的应用^[1]。其中相位测量轮廓术 (PMP) 具有可以实现全场同时测量、精度高的优点^[2-4];傅立叶变换轮廓术 (FTP) 具有单帧获取、适于动态测量的优点^[5-7],成为结构照明型三维传感的主要方法。

近年来,随着对人类行为科学、人机交互技术的研究,自动身份验证、安全监视监控系统等应用领域的需求,计算机人脸检测、定位和识别技术受到了广泛的重视^[8]。人脸识别的二维图像技术已有较长的研究历史,但基于三维立体图像的人脸识别技术却较少报道。人脸二维和三维模型获取不同的脸部外貌特征,二维图像中的灰度值表示了人脸表面亮

度差异,而三维图像中加入的深度信息是表示脸形的数据,信息量更为丰富,更有利于提高识别效率。

原理上,现有的基于结构光照明的三维面形测量方法可以用于人脸三维信息获取,但将条纹投影在人脸,对检测对象具有明显的侵犯性,也不满足特定环境隐蔽监控的要求。本文提出一种基于红外结构光的人脸三维面形测量方法,它采用普通 CCD 相机和近红外结构照明,通过投影红外条纹在人脸表面,采用傅立叶变换轮廓术方法获取人脸三维信息。这种方法对检测对象不具有侵犯性,也满足特定环境隐蔽测量的要求,在三维人脸识别领域具

基金项目:国家自然科学基金资助 (No. 10376018)。

作者简介:魏永超 (1981 -),男,四川大学电子信息学院光学工程专业硕士研究生,主要从事三维传感,光学信息处理的研究及软件开发。

收稿日期:2005-12-05

有明显的 응용前景。

2 红外结构照明

红外结构照明就是采用红外光作为光源,照明光栅,从而产生红外结构光。

红外光由于超出了可见光的范围,所以它不被肉眼察觉,因此可以用于不易察觉的三维面形测量。本文采用的是普通的黑白 CCD 相机。普通 CCD 相机一般有近红外接受功能^[9],可以采用近红外光源,并通过在相机上增加合适的近红外滤光片来调节可见光图像与红外图像的相对强度。本文采用的试验原理框图如图 1 所示。

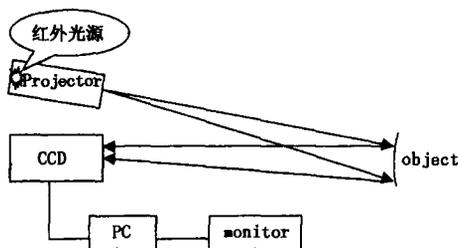


图 1 红外三维面形测量原理图

3 基于傅立叶变换轮廓术的三维信息获取

1983年, M. Takeda和 K. Mutoh首次提出了基于傅里叶变换的三维传感技术,又称为傅里叶轮廓术(Fourier transform profilometry,简称 FTP)。这种方法是用罗琦光栅产生的结构光场投影到待测三维物体的表面,对观察场进行傅里叶分析、滤波和逆傅里叶变换,就可以从变形条纹中提取出物体的三维信息。其基本原理如下:

首先通过投影系统将光栅投影在参考平面上, CCD 摄像系统中得到了一条纹分布:

$$g_0(x, y) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} A_n \exp\{j[2\pi n f_0 x + n\phi_0(x, y)]\} \quad (1)$$

式中, x轴与光栅条纹方向正交, y轴与光栅条纹方向平行, f_0 代表光栅像的基频, $\phi_0(x, y)$ 代表初始位相调制。

然后将该光栅像投影到所测的漫反射物体表面,摄像系统得到受物体高度调制的变形条纹分布:

$$g(x, y) = r(x, y) \sum_{n=-\infty}^{\infty} A_n \exp\{j[2\pi n f_0 x + n\phi(x, y)]\} \quad (2)$$

式中, $r(x, y)$ 为代表物体表面反射率分布的函数, $\phi(x, y)$ 为由于物体表面高度变化引起的位相调制。FTP方法对方程(2)沿 x轴方向进行一维傅里叶变换,得到的频谱中零频反映的是背景光强分布,基频

包含了所要求的位相信息。通过设计合适的带通滤波器,可以将其中一个基频分量滤出来,然后对其进行逆傅里叶变换,得到的分布可以表示为:

$$G_0(x, y) = A_1 r(x, y) \exp\{j[2\pi f_0 x + n\phi(x, y)]\} \quad (3)$$

定义调制函数为:

$$m(x, y) = |G(x, y)| = A_1 r(x, y) \quad (4)$$

对参考平面的光强分布(1)式进行相同的滤波操作,得到:

$$G(x, y) = A_1 \exp\{j[2\pi f_0 x + \phi_0(x, y)]\} \quad (5)$$

由投影光路的简单几何关系, $\phi(x, y) = \phi_0(x, y) - \phi_0(x, y)$ 对应着物体的高度分布 $h(x, y)$,因此只需要求出 $\phi(x, y)$,即可得到物体的三维表面高度分布。从(3)式和(5)式可得到:

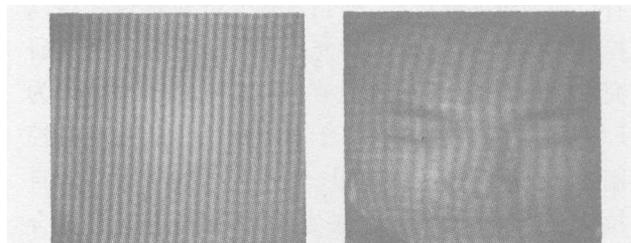
$$W[\phi(x, y)] = \ln\{\lg[G(x, y) \times G_0^*(x, y)]\} \quad (6)$$

式中, $G_0^*(x, y)$ 表示复共轭,求出的截断位相差 $W[\phi(x, y)]$ 分布在区间 $(-\pi, \pi)$ 上,呈锯齿状的不连续分布,需要进行位相展开,将 2π 的截断连起来,得到连续的位相分布 $\phi(x, y)$ ^[7]。

4 试验结果及讨论

在试验中,选用波长为 830nm 的近红外光源,选择真实的人脸作为物体模型,选用一个普通的黑白 CCD 作为摄像系统,试验条件是在光照度较弱的房间里进行的。为了测量的准确性,固定了一个参考平面框架,首先拍出参考平面,然后把人脸放到框架内,再拍出变形条纹图。

试验得到的红外结构光图像如图 2 所示。图 2(a)是参考条纹图,图 2(b)是人脸变形条纹图。



(a)参考条纹图 (b)人脸变形条纹图

图 2 红外结构光图像

从图 2 可以看出,由于采用的光源功率较小,获取的图像亮度较低。

经过傅立叶变换,滤波和逆傅立叶变换,重建的人脸三维分布如图 3 所示。图中,脸部轮廓基本清晰,各个部位特征明显,可满足人脸三维识别的要求。

影响三维重建精度的主要因素包括 CCD 和图像卡的噪声、相位测量精度、相位展开算法、结构光图像对比等。如果采用高功率的光源和调制度相位展开算法的话,另外在试验中在 CCD 镜头前加入红外带通滤波片,从而削弱外界光的干扰,这样的话图像效果会更好。此外,采用噪声相对较少 CCD 和图像采集卡的话,图像质量会进一步提高。

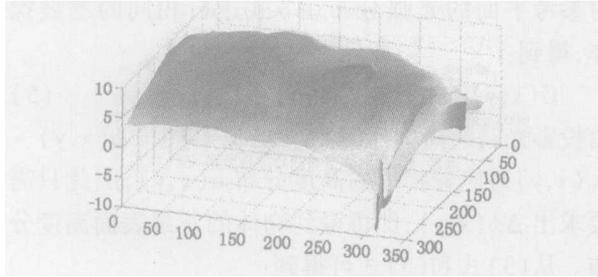


图 3 人脸的三维重建

5 结论

通过投影红外条纹在人脸表面,采用傅立叶变换轮廓术方法获取人脸三维信息,对检测对象不具有侵犯性,也满足特定环境隐蔽测量的要求。试验结果表明:采用红外结构光的三维人脸测量是可行的,这种方法在三维人脸识别领域具有明显的应用前景。

参考文献:

[1] F Chen, GM Brown, M Song Overview of three-dimen-

sional shape measurement using optical methods[J]. Opt Engng, 2000, 39(1): 10 - 22

- [2] Srinivasan V, Liu H C, Halioua M. Automated phase measuring profilometry of 3-D diffuse object[J]. Appl Opt, 1984, 23(18): 3105 - 3108
- [3] Su Xianyu, Bally G V, Vukicevic D. Phase stepping grating profilometry: Utilization of intensity modulation analysis in complex objects evaluation [J]. Opt Commun, 1993, 98(1): 141 - 150.
- [4] S Yoneyama, Y Morimoto, M Fujigaki, et al Phase-measuring profilometry of moving object without phase-shifting device [J]. Optics and Lasers in Engineering, 2003, 40: 153 - 161.
- [5] Mitsuo Takeda, Kazuhiro Mutoh. Fourier Transform Profilometry for the auto measurement of 3-D object shapes [J]. Applied Optics, 1983, 22(24): 3977 - 3982
- [6] Su Xianyu, Chen Wenjing. Fourier transform profilometry: a review [J]. Optics and Lasers in Engineering, 2001, 35: 263 - 284.
- [7] 苏显渝,谭松新,向立群,等. 基于傅里叶变换轮廓术方法的复杂物体三维面形测量 [J]. 光学学报, 2000, 18(9): 1228 - 1233.
- [8] 苏翠平,苏光大. 人脸识别技术综述 [J]. 中国图像图形学报, 2000, 5(11): 885 - 894.
- [9] 林家明. 黑白 CCD 摄像机的近红外特性及应用 [J]. 激光与红外, 1996, 26(4): 258 - 259.

(上接第 693 页)

4 结论

研究了不同温度、不同拉伸力工艺条件对聚合物光纤热预拉锥特性的影响。温度过高或过低、或者拉伸力过大或过小,都会导致光纤拉锥过程难以控制,并且增大了聚合物光纤的散射损耗。实验研究表明:加热区中心温度在 214 附近和拉伸力为 1.40g 左右时,PMMA 聚合物光纤拉伸过程容易控制并且具有高的表面质量。研究聚合物光纤重力自拉伸工艺目的是提供相关参数,为聚合物光纤耦合器的实际生产提供参考。

参考文献:

- [1] 曾永西,庄其仁,张淑贤. 新一代塑料光纤接入网 [J]. 光通信技术, 2005, 29(7): 59 - 61.
- [2] MingHai, Xu Xingsheng, Wang Pei, et al. Polymer optical fiber and its application [A]. Ninth National Opto-electronics Technology and System Conference [C], Invited Report, 2001, 12(2): 55 - 6

- [3] Koike Y. Giga-island concept realized with high-speed GI plastic optical fiber[A]. Second Asia-Pacific Polymer Fibre Optics Workshop [C], 2003, 4 - 7.
- [4] 柳春郁,余有龙,高应俊. 单模与多模光纤耦合器的光束合波 [J]. 光学学报, 2005, 25(6): 743 - 745.
- [5] 帅词俊,段吉安,苗建宇,等. 熔锥型光纤耦合器的工艺与显微形貌研究 [J]. 半导体光电, 2005, 26(2): 108 - 111.
- [6] 许强,黄肇明,黄勇. 2 × 6 熔融拉锥型单模光纤耦合器的特性分析 [J]. 光学学报, 2005, 25(6): 751 - 754.
- [7] 帅词俊,段吉安,钟掘. 熔锥型光纤耦合器流变成形的工艺敏感性研究 [J]. 光学精密工程, 2005, 13(1): 40 - 46.
- [8] 林小莉,李平,王强,等. 熔锥型光纤耦合器的扭转响应 [J]. 光子学报, 2004, 33(5): 540 - 543.
- [9] 陈新桥,林如俭,代康. 塑料光纤耦合器制备方法探讨 [J]. 光纤与电缆及其应用技术, 2005(2): 5 - 9.
- [10] 薛春荣,汪洁,吴文娟. 光纤型光可变衰减器的探索 [J]. 激光与红外, 2005, 35(4): 265 - 268.