

文章编号 1004-924X(2006)06-0955-04

多指指纹采集仪的光学系统设计

黄 玮^{1,2}, 韩正臣³

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039; 3. 长春方圆光电技术有限责任公司, 吉林 长春 130033)

摘要:多指指纹采集仪是一种大视场、高分辨率的指纹采集设备,它代表了生物特征识别领域的发展方向,其核心技术是高分辨率光学系统的设计。对采用“独立镜头”、“两组远心”、“单片前组和独立镜头组合”三种方案进行的设计进行了比较,指出了各种方案的优缺点。其中单片前组和独立镜头组合的方案在150 lp/mm的传递函数 >0.6 ,采用该方案的实验样机取得了良好的图像。

关键词:多指指纹采集仪;光学系统设计;生物特征识别

中图分类号:TP391.4;TH703 **文献标识码:**A

Optical system design of multi-finger fingerprint scanner

HUANG Wei^{1,2}, HAN Zheng-chen³

(1. *Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences,*

Changchun 130033, China; 2. *Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing,*

100039, China; 3. *Changchun Fangyuan Opto-electronic Technology Co. Ltd, Changchun 130033, China)*

Abstract: Multi-finger fingerprint scanner is a high-resolution fingerprint capture device with big Field of View(FOV), it represents the developing trend of the biometric identification area. For the key technology of this device, the optical system design, this paper presents three types of optical design methods, they are separate lens, two group telecentric system and one singlelet with separate lens system, the advantages and disadvantages of each design are discussed and compared, it is found that the MTF of singlelet with separate lens system is larger than 0.6 in 150 lp/mm, also prototype of this design obtains a image in good quality.

Key words: multi-finger fingerprint scanner; optical system design; biometric identification

1 引言

随着计算机技术、电子学技术和光学技术的发展,生物特征识别的方法逐渐增多。同时随着

其应用领域的拓展,对于识别准确度的要求也越来越高,因此多特征识别成为生物特征识别的一个新的发展方向。有人提出了采用指纹、虹膜、脸像等多种生物特征融合识别的方法提高识别准确度^[1-7],但目前最容易获得高效率、高可靠性应用

的是采集多个手指的指纹信息进行识别。NIST (National Institute of Standards and Technology) 经过两个月的跟踪试验, 得到四指指纹仪的识别准确度可由单指的 98.6% 提高到 99.9% 的结论, 因此美国海关准备采用多指指纹仪代替传统的单指指纹仪, 同时由于准确度的提高, 以前难以获得实际应用的银行系统也会采用基于指纹识别的持卡人、取款人身份鉴别技术。目前, 世界上只有德国、美国等少数国家掌握了批量生产多指指纹仪的生产技术, 因此研制我国自己的多指指纹采集仪对于提高我国的生物特征识别设备的技术水平、开拓国际市场具有重要意义。

多指指纹采集仪不是简单的单指多次采集, 而是对多指或四指同时采集, 因为采集时采集面积大, 分辨率高, 所以其光学系统的设计具有相当大的难度。系统采用的 CCD 或 CMOS 都是高分辨率、单位像元很小的器件, 因此对光学系统的分辨率要求非常高。本文的设计选用的是索尼 ISX300 万像素 CCD, 像元尺寸为 $3.3 \mu\text{m}$, 要求光学系统在 Nyquist 频率 150 lp/mm 具有良好的成像质量^[8]。为此, 这里考虑了三种不同的设计方案。

2 独立镜头的设计方案

该设计的主导思想是采用独立镜头, 取指面距离成像镜头的径向距离很远, 以此改善系统投影畸变的影响, 同时使系统的视场角较小, 以获得较高的成像质量。该设计方案的优点是, 镜头为一体, 加工和装调对于镜头而言可以独立完成, 容易控制精度。缺点是物面倾斜造成的投影畸变不能被完全克服, 实际上一个正方形的物体经光学系统成像到 CCD 成像靶面上的像为一个梯形, 虽然延长系统的物方工作距离可以减小这种影响, 但这种影响不会消除, 而且受到仪器体积尺寸的限制, 系统物方工作距离不可能太长。虽然通过电子学处理可以把这种梯形校正成正方形, 但在梯形“高”的方向截取任何一个电视行系统的倍率都不一样, 这样不仅图像处理的难度大, 而且由于越接近上底处的图像倍率越小, 其获得的图像信息比其他区域低, 因此系统获得的不是是一致的等精度图像。

该设计物镜为典型的双高斯复杂化系统, 各

透镜组的作用在这里不再赘述, 其设计传递函数在 150 lp/mm 时达到了大于 0.43。

该系统的系统图如图 1 所示, 系统的 MTF 如图 2 所示, 这种设计中正方形的物体经镜头成的梯形图像如图 3 所示。

(系统的建模和评价图由 Zemax EE, version April 12, 2006 得到^[9])

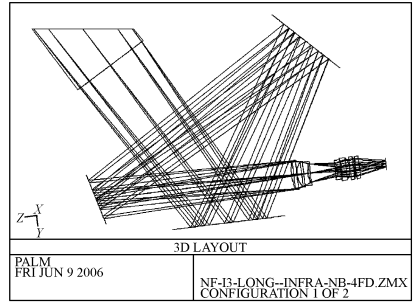


图 1 独立镜头设计方案的光学系统图
Fig. 1 Optical system with separate lens

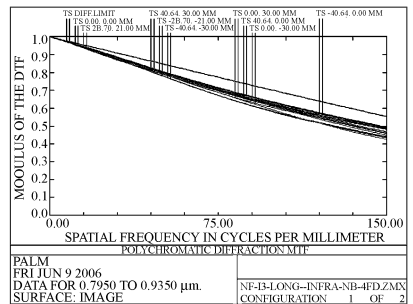


图 2 独立镜头设计方案的 MTF 图
Fig. 2 MTF of optical system with separate lens

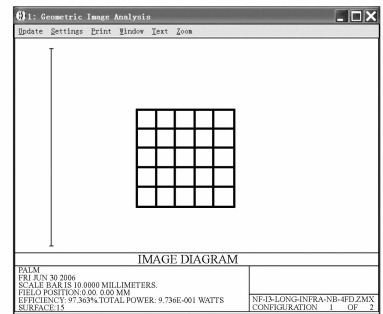


图 3 独立镜头设计方案的方形物成像
Fig. 3 Square objective imaging by separate lens

3 两组远心光路的方案设计

该方案的设计思想基于双远心 (telecentric) 物镜的设计, 采用双远心光路的优点是倾斜物面

造成投影畸变的梯形畸变可以得到克服,正方形的物经光学系统成像为矩形图像,虽然长宽方向的倍率不同,但可以很容易获得高精度校正;同时系统离焦造成的倍率影响很小,系统的测量精度可以很高。该系统为缩小体积采用的前组为摄远系统^[10,11]的光路设计,前组由三片透镜构成的正组和一片透镜构成的负组组成,后组为三片两组的双高斯结构。系统前组中的正组主要平衡倍率色差和畸变,副组起缩短筒长并平衡慧差、像散、场曲的作用。该设计传递函数在 150 lp/mm 时达到了大于 0.23 的结果,系统如图 4 所示。

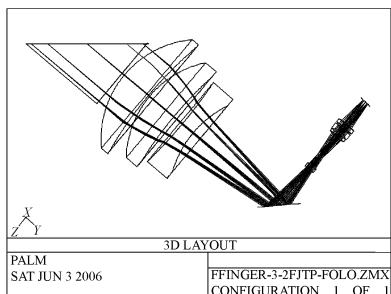


图 4 两组远心光路光学系统图

Fig. 4 Telecentric optical system with two group optics

这种方案的缺点是系统的各组不能分开装调,系统的加工装调难度大,同时系统前组的透镜口径大,造价较高,系统的传递函数图如图 5。

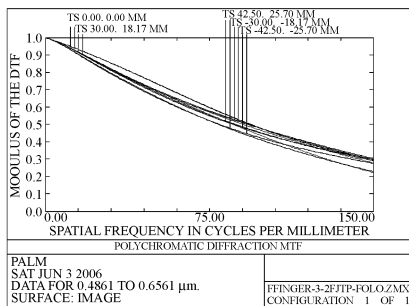


图 5 两组远心光路 MTF 图

Fig. 5 MTF of telecentric optical system with two group optics

4 单片前组和独立镜头组构成的远心光路系统

因为上述两种方案各有优缺点,考虑的第三种方案则兼顾两种方案的技术优点,这就是由单

片前组和独立镜头组构成的远心光路系统。该系统由一片口径较大的透镜和一个小镜头构成,大透镜和小镜头的光阑前半部构成物方远心光路,实现了梯形畸变的校正,获得了精度一致的高精度图像;同时,小镜头可以单独实现高质量的装调。另外,该系统的设计质量也达到了很高的指标,在 150 lp/mm 时的传递函数值为 0.6。

该系统的光学系统如图 6,传递函数如图 7。

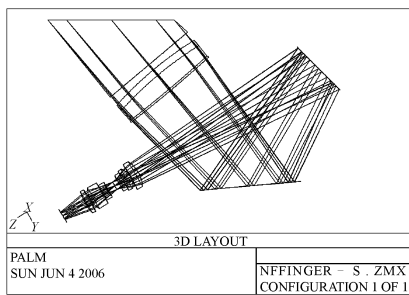


图 6 单片前组和独立镜头组构成的远心光路系统的光学系统图

Fig. 6 Telecentric optical system with a singlet and a separate lens

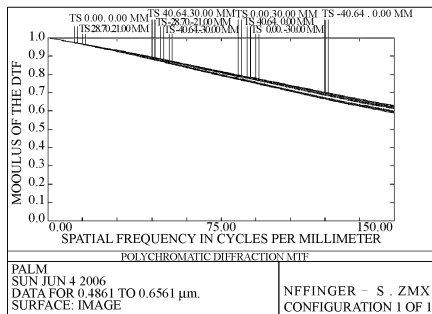


图 7 单片前组和小镜头组构成的远心光路系统的 MTF 图

Fig. 7 MTF of telecentric optical system with a singlet and a separate lens

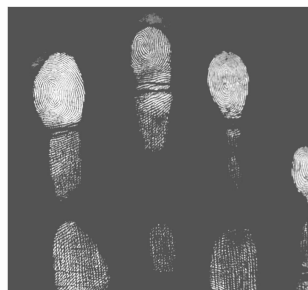


图 8 多指指纹仪采集的指纹图像

Fig. 8 Image captured by multi-finger fingerprint scanner

采用该方案制造的原理样机获得了良好的高对比、高清晰的图像,其采集到的指纹图像见图 8。

5 结 论

多指指纹采集仪可实现的几种技术方案中“单片前组和小镜头构成的远心光路系统的方案”

较有优势。从消除梯形畸变获得高精度图像的成像原理上讲,该方案获得的是等精度的图像,对于提高识别精度有利;从设计角度讲,该方案的设计也获得了非常好的成像质量;同时从技术角度讲,该方案有较好的可实现性,能实现批量生产。目前,对于精确装调和检测该系统的新的努力也正在进行,以期在不久的将来实现规模生产。

参考文献:

- [1] ROSS A, JAIN A K. Multimodal biometrics: an overview[C]. *Appeared in Proc. of 12th Eur. Signal Process. Conference (EUSIPCO)*, (VIENNA, A\Austria), 2004:1221-12246.
- [2] FRISCHHOH R W, DIECKMANN U. Bioid: A multi modal biometric identification system[J]. *Computer*, 2000, 33(2):64-68.
- [3] 刘映杰, 冯晓兰. 多生物特征识别系统的关键技术[J]. *舰船电子工程*, 2006, 19(1):36-37.
LIU Y J, FENG X L. The key technology of multi-biometrics identification[J]. *Ship Electro. Eng.*, 2006, 19(1):36-37. (in Chinese)
- [4] 张敏贵, 潘泉. 多生物特征识别[J]. *信息与控制*, 2002, 31(6):524-528.
ZHANG M G, PAN Q. Multi-biometrics identification[J]. *Inform. Control*, 2002, 31(6):524-528. (in Chinese)
- [5] 浦昭邦, 杨帆, 陈炳义, 等. 虹膜识别技术的发展与应用[J]. *光学精密工程*, 2004, 12(3):316-322.
PU Z B, YANG F, CHEN B Y, *et al.* Development and application of Iris recognition technology[J]. *Opt. Precis. Eng.*, 2004, 12(3):316-322. (in Chinese)
- [6] 梁毅雄, 龚卫国, 潘英俊, 等. 基于奇异值分解的人脸识别方法[J]. *光学精密工程*, 2004, 12(5):543-549.
LIANG Y X, GONG W G, PAN Y J, *et al.* Singular value decomposition-based approach for face recognition[J]. *Opt. Precis. Eng.*, 2004, 12(5):543-549. (in Chinese)
- [7] ROSS A, JAIN A K. Information fusion in biometrics[J]. *Pattern Recognition Lett.*, 2003, 24(9):2115-2125.
- [8] ROBERT E. *Optical system design*[M]. Fischer/Biljana Tadic-Galeb, 532. McGraw-Hill, 2000.
- [9] Zemax Optical Design Program User's Guide[Z]. January, 2006.
- [10] WEINER D. Telephoto attachments for telecentric lenses[J]. *SPIE*, 1995, 2537: 39-42.
- [11] KINGSLAKE R. *Lens design fundamentals*[M]. Academic Press, NY, 1978.

作者简介:黄 玮(1965—),长春市人,中国科学院长春光机所研究员,在读博士,主要研究方向为光学设计,生物特性识别仪器。E-mail:huangw@ciomp.ac.cn