

·光电工程系统技术·

基于 940 nm 红外光主动照明的抗干扰成像系统

张海劲¹, 王金玉²

(1. 东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000; 2. 石家庄军械学院, 河北 石家庄 050003)

摘要:设计了一种基于 940 nm 红外光主动照明的抗干扰成像系统, 克服了环境光的变化对生物特征识别系统采集目标图像数据的一致性带来的影响, 对其系统结构组成和工作原理进行了阐述. 通过实验分析表明, 该系统所成图像具有高信噪比和数据一致性, 可有效提高图像识别的准确度和识别率, 对生物特征识别技术的应用拓展具有重要意义.

关键词:主动红外照明; 均匀照明; 抗干扰; 生物特征识别

中图分类号: TN219

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2009)01-0018-04

Anti-interference Imaging System Based on 940 nm Active Infrared Illumination

ZHANG Hai-jin¹, WANG Jin-yu²

(1. Northeast Research Institute of Electronics Technology, Jinzhou 121000, China;

2. Mechanical Engineer College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: An imaging system based on 940 nm active infrared illumination is designed to eliminate the influences of the changing of environmental brightness on the conformity of image data collected by biological characteristic identification system, and the configuration and working principle of the system are described. The analysis and experiments show that the system has characteristics of high signal-to-noise ratio and extraordinary conformity, and also can improve the image recognition accuracy and the probability effectively.

Key words: active infrared illumination; uniform illumination; anti-interference; biological characteristic identification

近几年来,随着计算机智能技术、图像处理技术、数据库技术以及模式识别技术等科学技术的较快发展,指纹识别、人脸识别及虹膜识别技术取得了很大进展,已经开始应用于门禁、考勤、银行柜员、计算机登录、学籍管理等众多身份认证领域.这些生物识别技术通过采集指纹、人脸和虹膜的图像,与数据库中模板进行匹配识别对象的身份,其识别率是系统的关键性能指标.只有保证识别系统具有高识别率,才能保证系统应用的安全性,才能使其得到充分信任从而获得广泛应用.而生物识别系统采集的识别对象图像具有高信噪比和数据一致性是提高其识别率的重要因素,也是提高识别系统性能的前提^[1-2].

然而,在实际应用中,周围环境中普遍存在的日光、灯光等光照在不同时间、不同地点都会发生很大的变化,尽管视觉上观察不到,但所采集的同一识别对象图像数据差异却十分严重.这些光照变化以及环境中存在的干扰光对生物识别系统采集图像带来了很大影响,使采集到的目标图像信噪比低、数据一致性差,而生物识别系统,特别是非接触采集图像的识别系统(如人脸识别系统),对识别对象的图像一致性又十分敏感,从而降低了识别系统的识别率.

为使识别对象图像不受环境光影响,提高图像数据一致性,一些生物识别系统已经采取了可见光或红外光主动照明的方法,但同时都引入了新的问题,即照明光束方向性强,不能均匀照明识别对象,

收稿日期: 2009-01-22

作者简介: 张海劲(1971-),男,辽宁锦州人,学士,主要研究方向为电子技术.

造成图像信噪比很差,对于改善图像一致性作用非常有限.为了克服由于图像受环境光干扰数据发生变化,而主动照明光束又十分不均匀这种矛盾,设计了一种基于 940 nm 近红外发光二极管主动照明的抗环境光干扰成像系统,以下简称为主动照明成像系统.

1 主动照明成像系统设计说明

1.1 相关概念

生物特征识别:所谓生物特征识别,是指利用计算机处理技术与各种传感器结合,将人体所固有的生物特征,如人脸、指纹、虹膜、视网膜等特征,进行分析处理,提取有效识别信息,从而实现个人身份认证.生物特征包括生理特征和行为特征.可用于生物识别的特征必须要具有广泛性、唯一性、稳定性和可测量性^[1-3].

匹配:就是通过采集待识别目标的图像与数据库里预先做好的目标图像模板进行相关性及结构相似性的比对,从而实现识别过程.

信噪比:指图像信息中的有用信号成分与环境光扰动、电路暗电流的比值.

数据一致性:指在不同时刻、不同环境光照下,所采集的识别对象图像数据差异程度.

1.2 技术现状

克服干扰光比较好的办法就是采用主动光照明,用光学滤光片抑制或者截止照明光束以外的环境光.主动照明光源包括可见光和红外光,相比可见光照明,红外光照明以隐蔽性强、对识别对象视觉系统刺激小的优点成为主要发展方向.

目前一般使用 850 nm 红外二极管灯作为主动照明光源,但此主动照明光存在 2 点较大缺陷:

(1)其光谱较宽,与日光灯、白炽灯和阳光有较大重叠区域,由于滤光片透过率曲线不可能十分陡峭,因而,环境光还是有较大的能量进入了图像探测器,使该技术方案对图像数据一致性的改善十分有限;

(2)尽管环境日光和灯光造成识别对象的图像数据变化,但其经过空气的散射和墙体多次漫反射所形成的照明光束的结构是均匀的.而采用近红外光主动照明措施由于受识别系统尺寸限制,不可能把主动照明光源布置在很大区域范围内,只有把识

别对象限制在指定距离和方位上才能实现.识别对象距离主机太近则光线太强,太远则光线太弱,左右稍有移动也会导致图像数据变化很大,识别困难.

由于生物识别系统采集的图像受环境光干扰数据发生变化较大,而主动照明光束十分不均匀,这种状况并没有得到很好的解决,由此,大大限制了其识别性能和广泛应用.特别是非接触识别技术,如人脸识别,早晨注册的人脸到中午就不能识别,因为识别准确性这一关键指标不稳定,使该技术的推广应用受到极大限制^[4-5].

1.3 设计特点

该基于近红外光主动照明的成像系统具有以下特点:

(1)利用 940 nm 红外发光二极管进行主动照明,对于识别对象视觉系统刺激小,且其光谱与日光灯、白炽灯和阳光重叠区域较小,容易实现光谱屏蔽;

(2)设计的光学滤光片能透过中心波长为 940 nm 的近红外光,可有效滤除不同时段的环境光,只保留主动照明光进入了阵列图像探测器;

(3)利用全息光束散射板使主动照明光束成为均匀的散射光,能够实现均匀照明;

(4)照明光源、滤光装置及光束散射装置与阵列成像探测器集成为一体,信号输出能够与生物识别系统、监视器或计算机兼容,体积小,美观实用.

1.4 重要意义

设计提供了一种基于 940 nm 红外发光二极管主动照明的抗干扰成像装置,涉及生物识别、安全监控和摄影设备技术领域,较好地克服了已有技术之不足,解决了现有技术中长期以来存在的并一直未能解决的提高图像数据一致性和信噪比的技术难题.利用 940 nm 红外光进行主动照明,大大减少了环境光尤其是不同时段的环境光对图像的不利影响,使所获得的图像具有信噪比高、一致性好、均匀性好、清晰度高、对比度高等优点,从而可有效提高图像识别的准确度和识别率,对生物识别技术的应用拓展具有重要意义.

2 主动照明成像系统设计

940 nm 近红外发光二极管主动照明抗环境光干扰成像系统结构设计如图 1 所示.该系统包括:光

源(红外 LED)、阵列成像探测器(CCD)、光学滤光片、光束散射板(全息散射板)以及相应的驱动电路及数据采集系统.中心波长为 940 nm 的红外发光二极管主动照明光源前面设有全息光束散射板,红外光源与阵列成像探测器集成为一体,能透过中心波长为 940 nm 红外光的光学滤光片装在阵列成像探测器前,探测器与其驱动电路及红外驱动电路相结合,探测器的信号输出端可与生物识别系统、监视器及计算机相连,便于进行图像处理.

在图 1 中,1 为全息光束散射板;2 为多个 940 nm 红外发光二极管主动照明光源结构;3 为(能透过中心波长 940 nm 红外光的)光学滤光片;4 为阵列成像探测器;5 为单个 940 nm 红外发光二极管主动照明结构.系统中含有多个对称结构的红外主动照明 LED,这样设计的目的是扩大照明范围,从而在最大程度上提高主动照明光的均匀性.

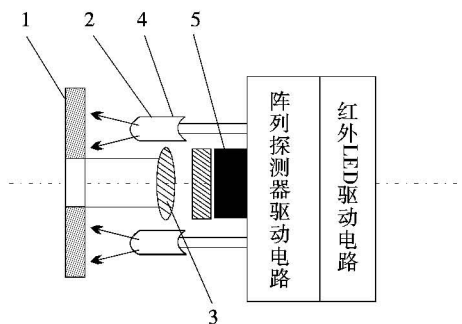


图 1 主动照明成像系统结构

主动照明成像系统实物正面图如图 2 所示,其背部结构模块封装在 PVC 盒子中,侧部及背部有电源线及数据线插口,用于连接电源及外部设备.该系统还可以设计为嵌入式结构,直接嵌入到识别系统内部固定位置,应用在固定环境中,更有利于与采集识别对象图像的背景及环境条件保持一致.

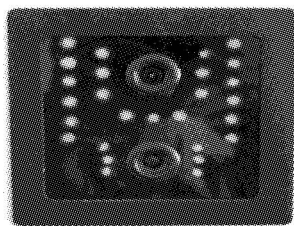


图 2 抗干扰主动照明成像系统实物图

系统所需电源为 12 V 标准电源,信号为标准视频信号.接通电源后,940 nm 红外发光二极管发射红外光,经过全息光束散射板散射后,照明待识别对象,识别对象反射主动照明光及周围环境中存在的日光、灯光等到光学滤光片上,经过滤光片滤除日光、灯光等干扰光后,只有主动照明光被阵列探测器接收,生成视频信号传输给计算机或数字信号处理装置.

3 实验分析

首先,利用光谱分析仪对该系统阵列探测器的光谱响应度进行了分析,图 3 为系统阵列探测器光谱响应曲线图.可以看到探测器光谱响应峰值波长为 940 nm,正好与主动红外照明光波长吻合,被识别对象反射进入探测器的主动照明光 95% 以上的光能被利用,而即使有部分可见干扰光进入,探测器对其响应度也很低,因此,探测器处于最佳响应状态,可以有效提高图像信噪比.

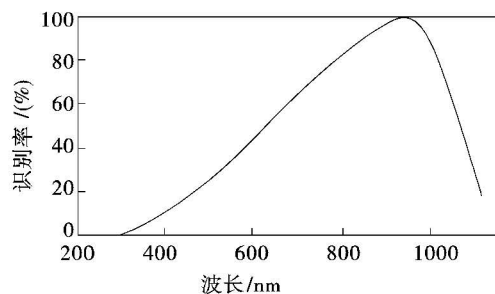


图 3 阵列探测器光谱响应曲线

其次,在改变相同环境光照条件下,分别利用主动照明成像系统和利用普通 CCD 对同一对象进行了图像采集.图 4 为用主动红外光照明的人脸图像



图 4 红外光主动照明图像

(左侧为强环境光,右侧为弱环境光).图 5、图 6 为用 MATLAB 对图像处理后的三维表示.通过对比发现,2 幅图像差别不大,只是在额头和左侧脸部光的强弱稍有区别,三维数据显示,右侧图像脸部边缘红色区域比较明显,说明此部分光相对较强,通过这些数据并不能区分图像的环境光照条件.

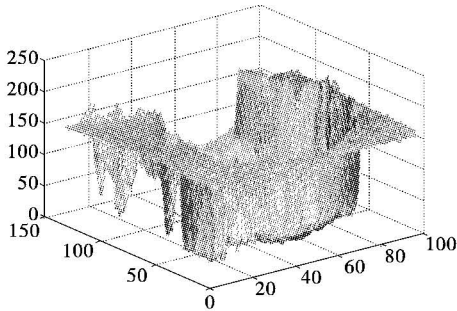


图 5 强环境光主动红外照明图像三维表示

图 7 为不用主动红外光照明,在自然光条件下改变相同程度光强,用普通 CCD 采集的同一目标图像,左侧为强光环境,右侧为弱光环境,图 8、图 9 为用 MATLAB 对 2 幅图像处理后的三维结果.可以看到 2 幅图像有明显的不同.

通过以上 2 组图像对比,还可以发现自然光照条件下的图像三维数据显示十分均匀,而采用主动照明的图像数据有一定的差距.可见尽管该主动红外照明成像系统相对于目前采用的可见光和 850 nm 红外光主动照明的均匀性有了很大提高,但和自然光照相比,仍然存在差距.



图 7 非主动红外光照明图像

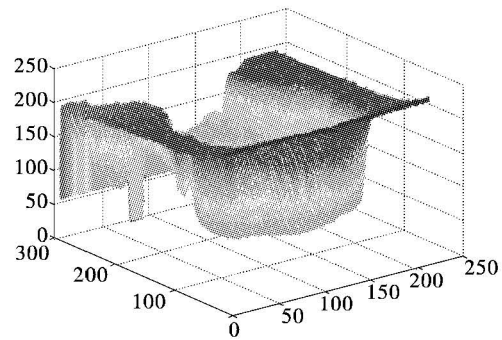


图 8 强自然光图像三维表示

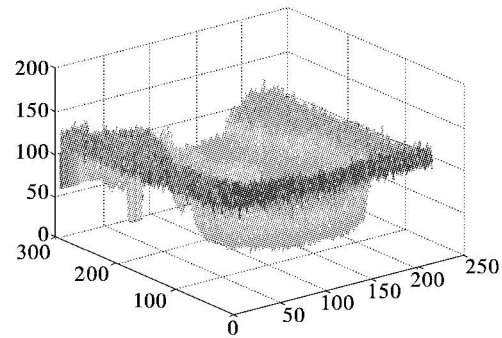


图 9 弱自然光图像三维表示

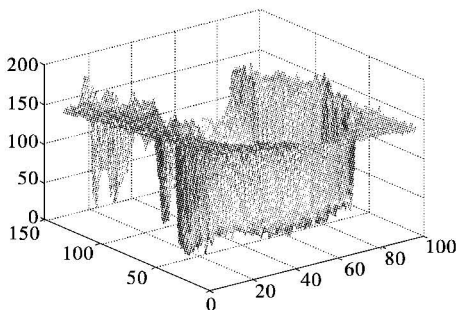


图 6 弱环境光主动红外照明图像三维表示

4 结 束 语

基于 940 nm 红外光主动照明的成像系统主要是针对生物识别系统特别是非接触图像采集识别系统而设计的,操作简单实用,可以有效抗除不同时段环境光的干扰,所成像数据一致性非常好,在识别对象主动配合条件下,使人脸识别系统的识别率提高到了 98% 以上,完全能够满足需要.但同时,该系统还存在不足之处,如在光照均匀性方面和自然光经

(下转第 32 页)

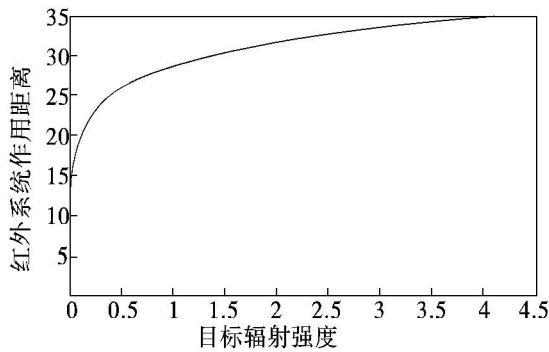


图 1 红外系统作用距离与目标辐射强度之间的关系曲线图

度不大的目标.若目标在固定的飞行高度 H 沿径向以飞行速度 V 匀速飞行,则探测距离应该是

$$R_G^2 = (\sqrt{R^2 - H^2} - V\tau_z n)^2 + H^2 \quad (16)$$

式中, n 为信息处理需要的搜索周期数(为了保证系统具有较远的作用距离,一般不会超过 3 个搜索周期).式(14)和式(15)就是红外探测距离的推算公式.

假设检测阈值对比度为 N_0 ,且已测目标和未测目标辐射与天空背景辐射灰度图像的对比度均满足 $N > N_0$,则可由已测目标的探测距离 R_{G1} 推算出未测目标的探测距离 R_{G2} .计算公式如下

$$R_1^2 = (\sqrt{R_{G1}^2 - H^2} + V\tau_z n)^2 + H^2 \quad (17)$$

$$R_2^2 e^{aR_2} = \rho J_2 = \frac{R_1^2 e^{aR_1}}{J_1} J_2 \quad (18)$$

$$R_{G2}^2 = (\sqrt{R_2^2 - H^2} - V\tau_z n)^2 + H^2 \quad (19)$$

首先由式(16)计算出对应于已测目标的作用距离 R_1 ,然后由式(4)计算出已测目标和未测目标的红外辐射强度,其次通过式(17)推算出未测目标的作用距离 R_2 ,最后再由式(18)计算出未测目标的探测距离 R_{G2} .

4 结 束 语

由红外系统的理想作用距离方程出发,重点分析了红外目标辐射强度、天空背景辐射强度、大气透光率和目标与背景的对比度对作用距离的影响,进而推导出了地空红外探测系统对目标的探测距离.

参 考 文 献

- [1] 杨宜禾,岳敏,周维真.红外系统[M].2版.北京:国防工业出版社,1995.
- [2] 姜宏滨.用 NETD 表达的红外作用距离方程[J].光学与光电技术,2003(6):40-41.
- [3] 徐南荣,瞿荣贞.飞行器的红外特性[J].红外与激光工程,1999(2):8-14.
- [4] 陈炳峰,方亦浩,徐晓刚.飞机的红外辐射特征研究[J].航空兵器,2005(5):30-32.
- [5] 徐南荣,朱谷君.热空腔—喷气流的组合辐射[J].航空动力学报,1995(10):295-298.
- [6] 成斌,赵威,杨宝庆,等.光电对抗装备试验[M].北京:国防工业出版社,2005.
- [7] 徐南荣.卞南华红外辐射与制导[M].北京:国防工业出版社,1997.
- [8] 姜宏滨.舰载红外警戒系统中的距离估算[J].红外与毫米波学报,1999(12):438-442.

(上接第 21 页)

过多次墙体漫反射和大气散射的照明均匀性相比仍然存在很大差距,在设计中可以采用复眼反射、透镜阵列和自由曲面反射等方法提高主动照明的均匀性,相关技术可参考文献[5-7].

参 考 文 献

- [1] 田捷,杨鑫.生物特征识别技术与理论[M].北京:电子工业出版社,2005.
- [2] 包桂秋,林喜荣,苏晓生,等.基于人体生物特征的身份鉴别技术发展概况[J].清华大学学报(自然科学版),

2001,41(4/5):72-76.

- [3] 张敏贵,周德龙,潘泉,等.生物特征识别及研究现状[J].生物物理学报,2002,18(2):156-162.
- [4] 王智,杨简,金光.激光主动照明成像技术[J].长春理工大学学报,2004,27(4):101-104.
- [5] 丁毅,顾培夫.实现均匀照明的自由曲面反射器[J].光学学报,2007,27(3):540-544.
- [6] 沈默,李海峰,陆巍,等.用于 LED 照明的反射型复眼设计方法[J].光子学报,2006,35(1):93-95.
- [7] 匡丽娟,翟金会,阮玉,等.复眼透镜阵列应用于均匀照明系统的特性研究[J].光学与光电技术,2005,3(6):29-31.