

基于多传感器的光电监视系统设计

吴 川

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所 图像室,吉林 长春 130033)

摘 要:针对成像系统的传感器日益增多、成像过程越来越复杂,获取的图像数据急剧增加,其系统设计难度不断增加的问题,文中提出一种基于多传感器的数字成像系统。采用三个摄像机共用光路,实现无需图像配准即可得到同一视场的同一时刻图像;通过千兆网传输图像,解决了以往数字图像传输过程中连线过多问题;因为不同传感器的成像特点不同,应用一种改进的双边滤波技术对异源图像进行融合,融合图像质量优于各波段图像,进一步提高了光电监视水平。

关键词:多传感器;成像系统;共用光路;千兆网;融合

中图分类号:TP394.1

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)03-0150-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.03.038

Design of Optical Electronic Surveillance System Based on Multi-sensor

WU Chuan

(Image Lab, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: Aiming at the problems of growing imaging system sensors, increasingly complex imaging processing, rising image data gained rapidly, system design becomes more difficult, put forward an imaging system based on multi-sensor. Use three CCD to share the same optical path, realizing that obtain the same time images in the same field of view without image registration. Solve the problem of excessive wiring process in digital image transmission through Gig network. Because of the different imaging characteristics of different sensor, bilateral filtering technology is applied for the fusion of multi-sensor images. The fusion image quality is better than the band image and this improves the photoelectric monitoring level.

Key words: multi-sensor; imaging system; same optical path; GigE; fusion

0 引言

随着应用条件的日益复杂、观测信息的日益多样以及对成像质量要求的不断提高,单一传感器成像系统已经不能满足要求,而基于多传感器的光电监视系统是近年来发展比较迅速的成像系统^[1-3]。由于在成像系统中使用了多个谱段的传感器,因此能够得到更为丰富的图像信息。多传感器成像系统同单一传感器成像系统相比,系统具有多个成像传感器,传输数据成倍增加;此外为了得到同一场景的不同波段图像,光路设计和光学系统的机械加工要求更高;在电子学方面,由于目前多传感器成像系统的光学相机多采用高分辨率数字相机,而数字相机多为 CamerLink 制式的数字接口,信号幅值只有 200 mV 左右且信号线较多,这导致一方面同时采用多个数字相机,信号线过多从而布线复杂;另一方面当数据传输线路过长时,图像误码率

提高。针对目前多传感器光学成系统存在的问题,文中设计一种多传感器实时成像系统。采用可见光彩色相机、近红外相机、紫外相机三个不同波段相机组成成像系统;针对 CamerLink 制式的数字信号传输线路短的问题,在图像传输过程中在信号发送端把 CamerLink 数字图像编码成标准网络数据包,通过千兆网传输给计算机;采用三个波段相机共用光路的方法得到同一场景图像;此外由于图像来源于不同波段的相机,因此尽管图像的场景相同,但内容并不完全一样。为了得到信息互补的图像,以提高观测能力,这里通过把彩色图像和近红外图像或紫外图像融合,得到所含信息更为丰富的图像。

1 系统组成

系统主要包括成像光学系统、摄像机、信号转换

收稿日期:2013-06-03

修回日期:2013-09-09

网络出版时间:2014-01-07

基金项目:中国科学院航空光学成像与测量重点实验室开放课题(Y2HC1SR125)

作者简介:吴 川(1974-),男,副研究员,博士,研究方向为图像融合、目标识别、目标跟踪。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140107.1511.003.html>

器、计算机,如图1所示。观测场景经过光学镜头传递给三个摄像机,通过信号转换器中的外同步触发电路以15 Hz的频率向三个摄像机发送同步信号,确保三个摄像机能够同时把同一时刻的观测场景以CamerLink制式的信号传递给信号转换器,因为CamerLink制式的信号具有幅值低,不易长线传输的问题,此外每路CamerLink信号至少需要18根线,如果直接传送CamerLink信号无疑增加了线路的复杂性,所以这里通过信号转换器把三路信号编码成标准的网络数据包通过千兆网传递给计算机。这种传输的好处在于:

- 1)通过网络传输数据解决了CamerLink制式视频信号不能长线传输的问题;
- 2)由于网络传输数据速度快,可实现大数据量以15 Hz的频率传递,保证了显示系统在不丢帧的情况下显示观测场景;
- 3)通过千兆网络传递数字信号,减少了数据线数目,增强了传输距离。

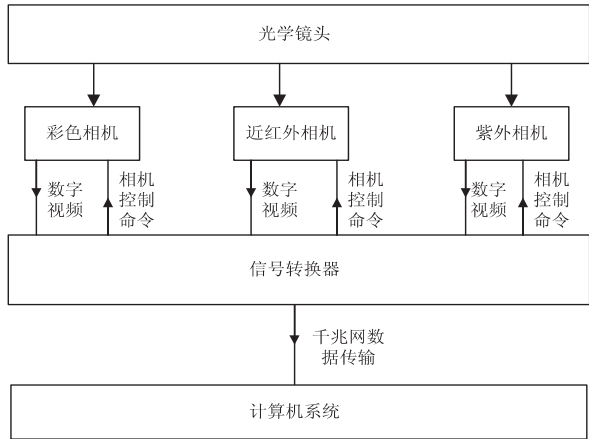


图1 系统组成

1.1 共用光路设计

多传感器成像系统的光学设计目前主要有多摄像机多镜头设计、单一摄像机配多个波段滤光片组转盘设计、单镜头多摄像机设计等几种设计^[4-6]。这里采用紫外、可见光和近红外三个波段CCD摄像机共用同一入射镜头,利用胶合棱镜进行分光,在棱镜的胶合面上镀有分色膜,能够将不同波段的光束进行反射和透射。入射光束到达棱镜前胶合面时,紫外波段被反射,紫外光束经过特制的紫外镜头,聚焦到紫外探测器靶面,形成紫外图像;同时,波长大于400 nm的可见光和近红外光被透射,到达棱镜后胶合面时,可见光被反射,聚焦到可见光3CCD摄像机靶面,分别形成红、绿、蓝图像;波长大于760 nm的近红外光被棱镜后胶合面透射,聚焦到近红外探测器靶面,形成近红外图像。其镜头与摄像机接法示意图如图2。多个波段的光学系统采用这种共窗口结构,有以下几个优点:

- 1)在目标距离变化时,严格保证各个波段光学系

- 统的视场一致;
- 2)各个波段的视场严格一致,有利于多个波段图像的融合处理;
- 3)使光机结构更加紧凑,提高了系统的合成性,有利于系统的装调。

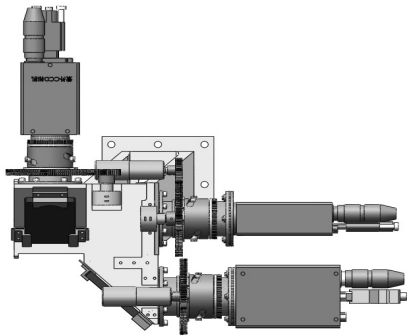


图2 多光谱成像系统光学组合示意图

1.2 信号转换器作用

在多传感器成像系统中要求各光谱相机同时输出同一场景图像。这不仅要求在光学设计中多传感器共用光路,而且要求三个波段相机能同一时刻输出图像。为此系统设计了信号转换器,该转换器以三DSP+FPGA为核心器件,主要完成如下功能:

- 1)产生一个15 Hz的同步信号触发三个相机,使三个相机同步输出视频信号;
- 2)三个DSP在FPGA的控制下分别读取三个相机输出视频信号,在DSP中实现图像的一些必要的处理,如图像增强、去噪、通信信息的植入等;
- 3)处理后的图像按紫外图像、近红外图像,彩色图像的红色系图像、绿色系图像、蓝色系图像共五路图像为一包数据通过千兆网传递给计算机;
- 4)根据图像当前亮度,向相机串口发送数据,控制相机调节曝光时间和增益。

1.3 CCD摄像机选择

多传感器成像系统一般要求能够全天候地进行场景观测,并且对于一些披有伪装的人或车辆具有一定探测能力。因此这里在选择传感器时,尽量选择分别对不同波段光谱敏感的摄像机,使它们在一起工作时能够起到互补作用。根据人或车辆比周围温度高的特点,这里多个传感器中选择一个对温度比较敏感的近红外摄像机,工作波段在0.76 μm~1.10 μm。再选择一款紫外摄像机作为观测的一种有效补充,它主要工作在0.30 μm~0.40 μm波段,在这一波段,近地目标会改变大气散射的太阳紫外线辐射分布,在均匀的亮背景上形成暗点,这就为目标的识别提供了可能^[7]。此外系统中还采用了一款可见光彩色摄像机,作为常规观测使用,其工作波段在0.40 μm~0.76 μm。这样整个多传感器成像系统对0.30 μm~1.10 μm的光谱

均能感应成像,有效地增强了观察能力。三款摄像机输出的数字视频大小为 $1\ 392 \times 1\ 040$,在外同步下,工作频率为 15 Hz 。可通过信号转换器中的串口电路设置相机,设置内容包括相机工作在内同步状态或外同步状态、相机增益的调节、相机曝光时间调节。

2 系统显示

由相机得到的图像在计算机的显示器上显示。其显示软件采用 VC++6.0 编写实现,主要实现彩色图像、近红外图像、紫外图像以及融合图像的显示,光学镜头倍率的调节。三种相机成像效果图如图 3 所示。

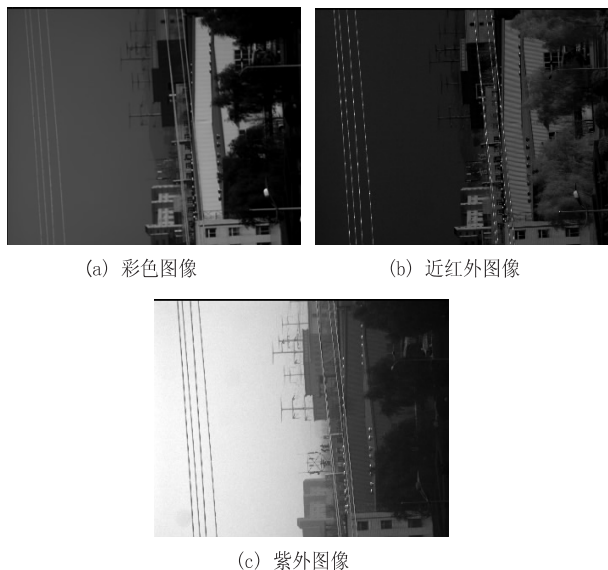


图 3 三种相机成像示意图

2.1 显示软件的设计

受限于计算机显示器的大小,显示分主路显示和辅路显示,即在屏幕上显示一幅全分辨率图像(主路图像)的同时,其他几种图像通过抽点显示(辅路图像)。主路显示 $1\ 392 \times 1\ 040$ 的全分辨率图像,辅路显示 174×130 的图像,不同光谱的全分辨率图像通过切换显示。由于系统要接收的图像数据量比较大,为了使读取图像和显示图像能顺利完成,不发生漏读图像、显示丢帧情况,在编写显示软件的时候采用多线程技术实现各功能。分别建立读取线程、显示线程。在读取线程中,通过判断每包数据的头,把相应波段的图像存储在相应的数组中,通过设置相应标志表示图像已经写入数组中;在显示线程中,通过判断读取图像线程中设置的标志,来决定是否更新当前显示,这样保证显示的正确性。

2.2 基于双面滤波的融合算法设计

彩色摄像机内部传感器芯片为 3CCD,它对输入光束具有分光作用,因此其成像清晰度要弱于近红外和紫外图像。此外由于彩色 CCD 芯片自身特性的原因,当光线较暗时,其图像也较暗,有时甚至看不清图

像细节。为了得到高质量的彩色图像,这里将彩色摄像机和近红外摄像机得到的图像进行融合处理,通过对两种不同传感器得到的图像信息进行互相补充,得到成像质量优于原彩色图像融合后的彩色图像。通过对多种融合算法进行实验,最后从融合效果及利于工程实现的角度出发,采用基于双面滤波技术的图像融合方法进行图像融合。

双面滤波最早应用于图像去噪^[8-12],该方法在进行图像去噪的过程中也使用了高斯核函数,但它同高斯去噪不同之处在于在图像去噪过程中双面滤波去噪方法不仅考虑到图像像素间距离对滤波的影响,还考虑到像素间相似度对滤波的影响。因此双面滤波的图像去噪方法在对图像去噪过程中不仅去除了图像中的噪点,还保留了图像的边缘。而高斯滤波方法在去除噪声的同时常常导致图像的边缘被平滑。双面滤波的公式如式(1)。

$$h(s) = \frac{\sum_{p \in \Omega} g(\|p - s\|, \sigma_h) g(D(p, s), \sigma_i) I_p}{\sum_{p \in \Omega} g(\|p - s\|, \sigma_h) g(D(p, s), \sigma_i)} \quad (1)$$

其中, $h(s)$ 表示滤波后 s 点的像素值; s 表示要滤波点的位置; p 表示滤波点的邻域像素值坐标; $D(p, s)$ 表示要滤波点及其邻域像素点的差; I_p 表示 p 点像素值; I_s 表示 s 点像素值。

因为近红外摄像机对图像的变换更敏感,图像的细节信息要比彩色图像的细节信息更多,因此这里 I_p 和 I_s 均为同彩色图像中对应位置的红外图像中的相应位置的像素值。从公式中可以看出,双面滤波在对图像进行滤波的时候不仅考虑到相邻像素之间的位置关系,还考虑了相邻像素之间的相似程度,当某一相邻像素距离要滤波点较远但其像素值近似于要滤波点,可通过 $g(D(p, s), \sigma_i)$ 项提高该像素对滤波点的贡献比重;同理当某一相邻像素距离要滤波点较近但其像素值与要滤波点像素值差异较大,即该点可能是噪声点或边缘点,通过 $g(D(p, s), \sigma_i)$ 减少该像素对滤波点的贡献比重。由此可见双面滤波通过增加判断相邻像素的相似度比单纯的只考虑像素间的距离具有更好的滤波效果,它对图像滤波时一方面去除了图像的噪声点,另一方面由于考虑了近红外图像的像素间的关系增强了图像的边缘信息。

文中把双面滤波去除图像噪声保留边缘的特性应用于图像融合中。其具体融合步骤如下:

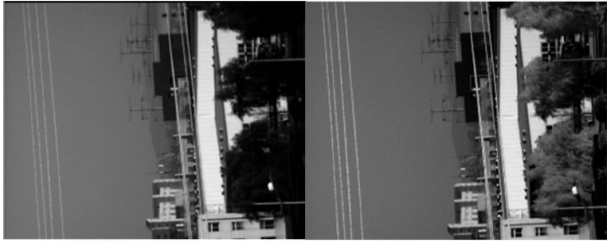
1) 对原始彩色图像进行双面滤波,得到的图像具有保留了图像的边缘,但图像像素灰度近似的区域将被平滑,这个图像被称为边缘图像;

2) 对近红外图像进行双面滤波,由于近红外图像

同彩色图像相比具有成像细节更丰富、图像对比度更强等特征,因此双面滤波后得到的图像称为细节图像;

3)把原彩色图像、边缘图像、细节图像通过一定参数进行加权,得到的图像即为融合图像,融合图像公式如式(4)、(5)所示,其中 α 和 β 为设计参数,分别为0.3和0.7。

通过双面滤波融合算法得到的融合彩色图像及相应的原始图像如图4所示。



(a) 原始彩色图像 (b) 融合后的彩色图像

图4 原始图像及融合图像

$$D(p,s)=I_p-I_s \tag{2}$$

$$g(x,\sigma)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{\frac{-x^2}{2\sigma^2}} \tag{3}$$

$$I=I_{\text{原彩色图像}}+\alpha I_{\text{边缘图像}}+\beta I_{\text{细节图像}} \tag{4}$$

$$I_{\text{融合}}=\begin{cases} I & I<255 \\ 255 & I\geq 255 \end{cases} \tag{5}$$

3 结束语

文章介绍了一种多传感器成像系统,为了能够得到同一场景的多个光谱图像,设计了多传感器共用光路,较好地解决了三个摄像机成像一致的问题;为了得到同一时刻的三个摄像机的输出图像,设计外触发脉冲触发相机的方式得到同一时刻图像;通过信号转换的方式把CamerLink制式的数字视频信号编码成网络数据包通过网络进行传输,在不影响传输质量的前提下,不仅减少了传输过程中的信号线数量,并且延长了传输距离;此外为了得到高质量的彩色图像,采用了双

面滤波融合技术对原始彩色图像和近红外图像进行融合得到高质量的彩色图像,实践表明该系统具有一定实用价值。

参考文献:

[1] 高雅允,金伟其,徐丽芳,等.一种可实时化的多光谱图像融合系统[J].光学技术,1995(4):13-16.

[2] 靳贵平,庞其昌.紫外成像检测技术[J].光子学报,2003,32(3):294-297.

[3] Lucey P G, Wilcox B B. Mini-SMIFTS: An uncooled LWIR hyperspectral sensor[C]//Proc of imaging spectrometry IX. [s.l.]:[s.n.],2004.

[4] 焦斌亮,王朝晖,林可祥,等.星载多光谱 CCD 相机研究[J].仪器仪表学报,2004,25(2):146-148.

[5] 李树楷,薛永祺.机载扫描式激光测距-多光谱成像制图系统[J].武汉测绘科技大学学报,1998,23(4):340-344.

[6] 曹芳,吴迪,郑金土,等.基于可见-近红外光谱和多光谱成像技术的梨损伤检测研究[J].光谱学与光谱分析,2011,31(4):920-923.

[7] 李勇.紫外成像检测技术在电力系统的应用[J].宁夏电力,2009(3):5-6.

[8] Tomasi C, Manduchi R. Bilateral filtering for gray and color image[C]//Proc of the IEEE international conference on computer vision. Bombay, India:[s.n.],1998:836-846.

[9] Petschnigg G, Agrawala M. Digital photography with flash and no-flash pairs[J]. ACM trans on graph,2004,23(3):661-669.

[10] Eric P, John L, Leonard M. Multispectral bilateral video fusion[J]. IEEE trans on image proc,2007,16(5):1185-1194.

[11] Durand F, Dorsey J. Fast bilateral filtering for the display of high-dynamic range images[J]. ACM trans on graph,2002,21(3):257-266.

[12] Socolinsky D A, Lawrence B. Multispectral image visualization through first-order fusion[J]. IEEE transactions on image processing,2002,11(8):923-931.

(上接第149页)

[6] 王国胤. Rough 集理论与知识获取[M]. 西安:西安交通大学出版社,2003.

[7] 张文修,吴伟志,梁吉业,等.粗糙集理论与方法[M]. 北京:科学出版社,2001.

[8] Hu X H, Cercone N. Learning in relational databases: A rough set approach[J]. Computational intelligence, 1995, 11(2): 323-337.

[9] Jelonek J, Krawiec K, Slowinski R. Rough set reduction of attributes and their domains for neural networks[J]. Computa-

tional intelligence, 1995, 11(2): 339-347.

[10] 苗夺谦,胡桂荣.知识约简的一种启发式算法[J].计算机研究与发展,1999,36(6):681-684.

[11] 韩素青,赵岷. Reduct 理论[M]. 北京:清华大学出版社,2010.

[12] 常犁云,王国胤,吴渝.一种基于 Rough set 理论的属性约简及规则提取方法[J].软件学报,1999,10(11):1206-1211.

[13] 朱国龙,李龙澍.不相容决策系统中的规则提取方法研究[J].计算机工程,2013,39(2):46-49.

基于多传感器的光电监视系统设计

作者：[吴川](#)，[WU Chuan](#)

作者单位：[中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所 图像室, 吉林 长春, 130033](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

ISTIC

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年, 卷(期):[2014\(3\)](#)

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201403038.aspx