

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.02.017

## 基于 DSP 的多源图像融合系统

黄克明, 王国成, 汪阳  
(陆军军官学院三系, 合肥 230031)

**摘要:** 针对传统红外侦察方法存在的不足, 为综合紫外、红外和可见光的成像优点, 系统采用 DSP 为处理核心, 构建一种小型实时多源图像融合系统, 通过光机结构设计, 经过倍率调整和数字位移, 以及一系列试验进行多光谱的融合。实验结果表明, 系统设计合理, 能够完成多源图像的融合。该系统具有体积小、重量轻、功耗低、处理速度快和工作模式灵活可选等特点, 非常适合载荷能力有限、需执行多样化任务的无人机搭载应用。

**关键词:** 信息处理技术; 图像融合; 数字信号处理  
**中图分类号:** TP391 **文献标志码:** A

## Multi-Source Image Fusion System Based on DSP

Huang Keming, Wang Guocheng, Wang Yang  
(No. 3 Department, Army Officer Academy of PLA, Hefei 230031, China)

**Abstract:** In view of the traditional infrared reconnaissance method existence insufficiency, integrated ultraviolet, infrared and visible light imaging advantages, system uses DSP as the processing core, build a small real-time image fusion system, through the optical structure design, after the rate adjustment and digital displacement, and a series of experiments are conducted to multispectral fusion. The experimental results show that the system design is reasonable, able to complete the multi-source image fusion. The system has these advantages of small volume, light weight, low power consumption, fast processing speed and working modes of optional features, very suitable for the loading ability is limited, to perform various tasks of UAV flight application.

**Key words:** information processing technology; image fusion; digital signal processing

### 0 引言

红外侦察是基于红外探测原理的侦察技术, 主要对被侦察目标的热辐射进行侦察, 但该方法受外界环境因素干扰较大, 虚警率较高。而紫外侦察则是近些年来逐渐兴起的一种新的侦察手段<sup>[1]</sup>, 它利用波长在 220~280 nm 的中紫外波段来探测目标。太阳辐射在这一波段的紫外线大部分被地球的臭氧层所吸收, 这样就可以在复杂的背景下探测出枪炮发射、目标炸点、导弹、装甲车辆和飞机等军事目标, 受外界环境干扰较小, 背景“干净”, 虚警率低、不需冷却、体积小且被探测的目标多为较远距离探测。由于目标紫外成像具有不同于其它光谱成像的特点, 其军事应用前景广阔。但紫外探测也有缺点: 成像目标须有紫外辐射, 紫外图像和红外图像类似, 图像中没有清晰的目标背景, 所以必须通过与可见光等图像进行融合, 才能够将目标紫外辐射源加以定位, 或者进行其它方面的分析处理。

如果将可见光侦察、红外侦察和紫外侦察各自的技术特点相结合, 可增加侦察信息的可信度, 提高指挥员对目标的检测、识别和定位能力, 便于对

战场态势和敌方威胁做出准确、实时的评估分析。因此, 笔者利用 DSP 为硬件核心, 快速构建了适合机载小型化应用的可见光/红外/紫外多源图像融合系统。

### 1 多源图像融合系统设计

#### 1.1 融合系统方案设计

系统的基本组成原理如图 1。系统由输入模块、输出模块、控制模块和图像处理模块等组成<sup>[2]</sup>。

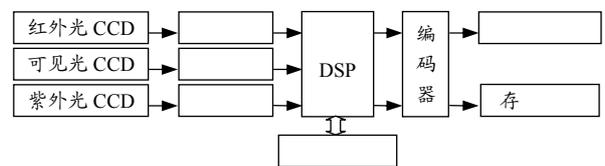


图 1 融合系统的基本组成原理框图

- 1) 输入模块: 包括可见光 CCD 传感器、红外 CCD 传感器和紫外 CCD 传感器等;
- 2) 输出模块: 包括显示器单元、存储单元。实时显示输出的视频图像, 用户可将输出连接到录像机进行储存, 也可采集进入 PC 机中;
- 3) 控制模块: 通过键盘来响应用户发送来的指

收稿日期: 2011-09-08; 修回日期: 2011-09-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(61070218); 陆军军官学院科研学术基金项目(2011XYJJ-079)

作者简介: 黄克明(1978—), 男, 江苏人, 硕士, 讲师, 从事图像处理和数据融合研究。

令, 进行任务控制。可以控制图像处理的帧率和图像的大小, 进行倍率调整和数字位移配准等; 控制系统工作的模式, 如单可见光模式、多源融合模式等, 根据需要进行不同的算法及阈值的设定等;

4) 处理模块: 以数字信号处理器 DSP (TMS320DM642)<sup>[3-6]</sup>为核心图像 CPU, 主要对采集好的图像, 按照设定的融合模式, 选用特定的融合算法进行融合计算, 最后输出图像。

系统工作过程如下: 系统进行工作时, 经过各 CCD 采集到的含有 3 个不同波段的目标光谱成像视频信号, 经过图像解码器将视频信号进行转换后, 进入数字信号处理器 DSP, 进行图像融合前的预处理, 然后通过预先设定好的图像融合算法进行融合, 最后输出。

## 1.2 融合系统光机结构设计

为了使红外、紫外和可见光图像在后期能很好地融合, 前期对系统光机结构的设计尤为重要。该设计的最终目的是使红外、紫外和可见光成像系统具有相同的视场。系统光路包括红外、紫外和可见光成像光路, 光机结构框图如图 2 所示。

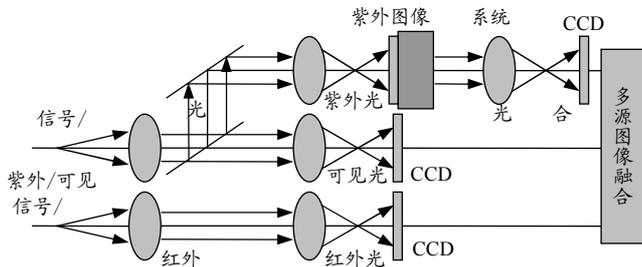


图 2 多源图像融合系统光机部分的结构框图

由图 2 可以看出, 成像光束分别由 2 个探测窗口进入系统, 其中红外光路经过红外物镜、红外探测器 CCD, 采集后预处理进入融合系统; 另一光路经过紫外/可见光物镜过滤后, 被分光镜分成信号与背景 2 路, 通过调整反射镜组以及可见光镜头调焦来确保紫外成像探测与可见光成像光路探测到相同的视场。可见光背景透过分光镜经成像物镜成像到可见光光路的 CCD 光敏面上; 与此同时, 紫外光信号被分光镜反射到达全反镜, 再次经过全反镜的反射, 被紫外成像镜头成像于日盲紫外像增强系统的光敏面上; 而后, 经过日盲滤波、光谱转换、微光增强, 从日盲紫外像增强系统的荧光屏出来的是被增强了的信号图像, 但这时已经为可见光图像了。随后, 经过光学耦合透镜将信号图像耦合到信号光路的 CCD 相机光敏面上, 至此, 这 2 路到达 CCD 的信号, 在 CCD 同步信号的控制下, 被同时采集

预处理进入图像处理系统。经系统图像处理融合, 最终可实现 3 路信号(红外、可见光、紫外)的融合与输出。

## 2 图像倍率调整和数字位移配准设计

图像融合系统所获取的图像以一定算法进行图像融合处理, 其先决条件是 2 幅图像必须经过配准。图像配准是对取自不同传感器或不同视角的同一场景的 2 幅图像或多幅图像匹配、叠加的过程, 图像配准一般包括以下步骤:

- 1) 从待配准的每幅图像中提取控制结构(控制结构即图像的显著特征点);
- 2) 在每幅图像中对控制结构进行匹配;
- 3) 从前 2 步选择几何变换并对其参数进行估计。

从理论上说这种方法是可行的, 但在系统工程应用中会遇到很多困难。首先, 系统是对目标不同的光谱范围进行成像, 所成的 3 幅图像的特征点具有不同的灰度值, 因而从 3 幅图像中提取一致的控制结构困难较大, 可能会误匹配; 其次, 不同的场景具有不同的特征点, 特征点的提取则必须人为确定, 使得实现自动配准比较困难, 无法实现图像处理的实时性, 导致融合效果较差。

### 2.1 图像倍率调整

通过光路设计与校准, 该融合系统三通道光轴平行配置, 各个成像 CCD 的焦距调整范围基本相同, 红外、紫外成像放大倍率大于可见光成像, 针对这种情况, 对红外和紫外光图像进行倍率调整。调整方法是将红外或紫外图像在行、列 2 个方向同时均匀抽取一定的像素, 实现倍率的缩小。这样为了图像像素配准而进行倍率调整缩放, 虽然损失一定的像素, 但并不影响人眼目标识别, 调整后的配准效果是可以接受的。

### 2.2 图像数字位移配准

经过图像倍率调整后, 图像大小基本一致, 但各图像在方向上存在偏差。对此可采用对一路输入图像(可见光图像)的采集窗口固定, 而将另 2 路输入图像(红外、紫外光图像)的采集窗口在 X 轴、Y 轴方向进行平行微调的像素配准方案。

设现为可见光与紫外光图像融合模式, 设光轴间距为  $d(\text{mm})$ ,  $f$  为焦距, 观察任意  $R(\text{m})$  的远处, 左右两视场对应的景物横宽  $B(\text{m})$  与  $R$  有关:

$$B = \frac{b}{f} \times R \quad (1)$$

其中:  $b$  为可见光探测平面有效宽度, 2 通道在  $R$  远处的线视场错开  $d$  距离(两者重叠宽度为  $(B-d)$ )。物方 2 通道线视场永远错开 1 距离, 但在像方, 错开的相对距离都因  $R$  而异, 这里相对距离指相对探测单元间距而言。式 (2) 给出当可见光探测平面处错开距离恰好为一个探测单元间距时的景物距离:

$$R_0 = md \frac{f}{b} = \frac{df}{\delta} \quad (2)$$

当  $R \geq R_0$  时, 按照灰度共生矩阵二维直方图分析确认的可见光通道图像与紫外光通道图像所具有的临近像素间的灰度相关性, 不需要作专门配准处理, 但当  $R < R_0$  时, 需作数字移位处理, 可依据的公式是:

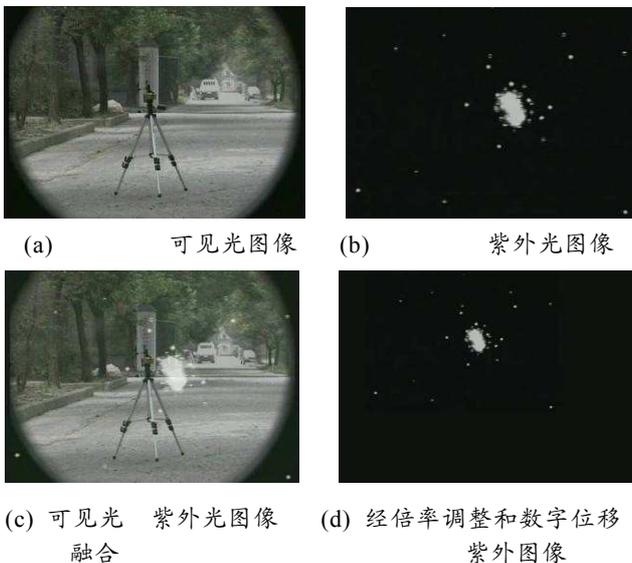
$$\Delta = \frac{fd}{R} \quad (3)$$

### 3 试验

笔者对设计完成的多光谱融合实验系统开展了一系列试验, 图 3 给出了系统在可见光/紫外融合模式下的试验结果。试验时观测点距离酒精喷灯 15 m, 图像分辨率为  $720 \times 576$ 。因为紫外图像为背景非常干净的黑白图像, 可见光图像为彩色图像, 因此融合算法采用简单的加权法, 也就是对紫外和可见光源图像的对应像素点进行加权处理。设  $A(i, j)$  是融合前图像 A 在  $(i, j)$  的像素值,  $B(i, j)$  是融合前图像 B 在  $(i, j)$  的像素值,  $F(i, j)$  是融合后图像 F 在  $(i, j)$  的像素值。

则融合后图像为:

$$F(i, j) = w \times A(i, j) + (1-w) \times B(i, j) \quad (4)$$



(e) 可见光 紫外光图像融合 (融合)

图 3 紫外/可见光融合模式下图像的配准与融合结果

图 3(c) 为未配准时的融合结果, 图 3(d) 为经过倍率调整和数字位移配准后的融合结果。实验结果表明: 笔者设计的基于 DSP 的多源图像融合系统, 经过倍率调整和数字位移后, 能够实现可见光/红外光/紫外光不同谱段的图像信息融合在一起, 输出图像达到了预期效果。

### 4 结束语

基于 DSP 的小型实时多源图像融合系统具有体积小、重量轻、功耗低、处理速度快和工作模式灵活可选等特点, 非常适合载荷能力有限、需执行多样化任务的无人机搭载应用。该系统可支持三路视频采集处理和输出, 能进行可见光/红外、可见光/紫外, 可见光/红外/紫外等多种模式的图像融合, 为无人机多源图像融合算法提供了一个可靠、高效、方便的实现平台。下一步, 将对融合算法进行移植和优化。

### 参考文献:

- [1] . 紫外 技术综 [J]. , 2005(3): 33-36.
- [2] . 紫外可见 光谱图像 系统的 [J]. 技术工 , 2008(1): 181-183.
- [3] 王 , . TMS320DM642 采 [J]. 计 机信息, 2008(1-2): 185-187.
- [4] Mullanix T, Magdic D, Wan V, et al. Reference Frameworks for eXp ressDSP Software: RF5, an Extensive, High-density System[R]. Dallas: Texas Instruments Incorporated, 2003: 14-29.
- [5] Texas Instruments. TMS320 DM642 Video/imaging Fixed2point Digital Signal Processor Data Manual[M]. Dallas: Texas Instruments Incorporated, 2003: 17-168.
- [6] Texas Instruments. The TMS320 DM642 Video PortMini2driver[R]. Dallas: Texas Instruments Incorporated, 2003: 3-22.
- [7] . 小 及 在图像融合 的应用[J]. 技 , 2009, 32: 253.
- [8] . 特 的小 图像融合方法[J]. 理工 , 2005, 27(2): 65-71.