

文章编号:1001-5078(2017)05-0582-04

· 红外技术及应用 ·

# 基于 DM8148 的红外视频采集存储系统设计与实现

石永彪<sup>1,2</sup>, 黄飞<sup>1,2</sup>, 杨龙<sup>1,2</sup>, 张湧<sup>1</sup>

(1. 中科院上海技术物理研究所, 上海 200083, 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:**为满足红外热成像系统对图像采集、显示和存储的实时性要求,搭建了基于单片多核处理器 DM8148 的模块化硬件平台,实现了非均匀性校正和动态范围压缩的图像预处理算法,得到了良好的显示效果。该系统与传统的 FPGA 和 DSP 多信号处理板的实现方法相比,极大地精简了系统的体积,减小功耗并节约了成本,具有很强的工程实用性。

**关键词:**热成像系统;细节增强;图像处理电路;DM8148

**中图分类号:**TN216 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2017.05.011

## Design of video capture and storage of infrared imaging system based on DM8148

SHI Yong-biao<sup>1,2</sup>, HUANG Fei<sup>1,2</sup>, YANG Long<sup>1,2</sup>, ZHANG Yong<sup>1</sup>

(1. Shanghai Institute of Technical Physics of the Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China;  
2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** In order to improve the real-time performance of infrared thermal imaging system for image capture, processing, compression and storage, a new modularized hardware platform based on DM8148 was designed. Non-uniformity correction and image enhancement algorithms were realized, and good display effect was gotten. Compared to the traditional method based on FPGA and DSP, this system has smaller volume, lower power consumption and cost, so it has good engineering practicability.

**Key words:** thermal imaging system; detail enhancement; image processing electronics; DM8148

### 1 引言

红外热成像技术由于其强抗电磁干扰性、高隐蔽性以及非接触式被动成像等一些优点,已被广泛地应用在战略预警、制导系统、医疗、气象、科学研究等军事和民用领域。伴随着红外热成像技术和数字处理器件的发展,针对各自产品特性而设计的热图像处理电路也层出不穷<sup>[1]</sup>。目前主流的嵌入式图像处理系统大多采用 FPGA 协同 DSP 多信号处理器的方式实现,这种传统的设计方法存在成本高、结构复杂、板间级联延时大、功耗较高等不足之处,对红

外图像的显示、存储产生了诸多不利的因素,从而影响了红外目标检测、识别、跟踪等后续处理阶段。

此外,红外场景信息具有高动态范围的特性,将采集的原始数据到显示图像的动态压缩是红外热成像系统的必要处理环节<sup>[2]</sup>。在压缩显示的过程中要实现图像细节增强,同时能够抑制背景中的噪声,增强弱小目标,并且考虑降低算法的复杂度易于工程实现。本文以达芬奇系列芯片 DM8148 多核处理器为核心,设计了针对红外图像的处理系统,采用了非均匀性校正、红外图像增强算法对采集到的图像

基金项目:国家 863 计划项目(No. 2011AA7031002G)资助。

作者简介:石永彪(1989-),男,博士研究生,主要从事红外成像电路与系统的研究。E-mail:hainu2008@163.com

收稿日期:2016-10-17

进行预处理,视频图像经过 H. 264 格式压缩存储至大容量硬盘。

### 2 系统平台组成

#### 2.1 系统硬件平台介绍

红外热成像系统一般的组成部分有光学成像系统、AD 转换电路以及数字处理电路。本系统中采用透镜与摆镜配合的光学系统,使用了制冷型中波 IN-GAAS 红外焦平面探测器,数字处理电路是以 DM8148 处理器为核心的硬件模块,系统实物如图 1 所示。

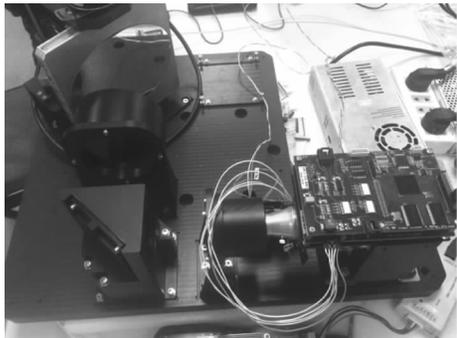


图1 中波红外成像系统

Fig. 1 MW infrared imaging system

DM8148 处理器内部集成了一个高性能的 C674x 系列 DSP 核和一个 Cortex A8 系列的 ARM 核,系统中 DSP 核负责图像处理算法的运行,ARM 核主要负责外设的控制、系统调度和应用实现。此外 DM8148 内部集成了高清视频处理子系统(HDVPSS)模块和视频图像协处理器(HDVICP),其中 HDVPSS 模块提供视频输入和输出接口,具有捕获、显示、缩放以及去交织处理的功能,视频采集速率最高可达到 165 MHz;视频输入接口可采集由 AD 模块转化的红外焦平面探测器原始数据,视频输出接口可提供模拟和数字格式的输出形式;HDVICP 硬件加速器支持大多数视频格式的进行 H. 264、MPEG 格式的编解码,实现视频的高压缩率存储<sup>[3]</sup>。本设计的整体框图如图 2 所示。

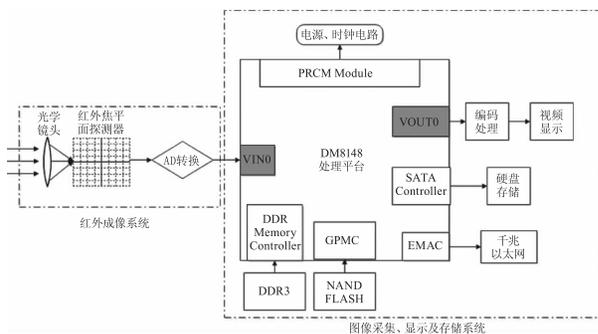


图2 红外热成像系统组成框图

Fig. 2 Block diagram of thermal imaging system

#### 2.2 系统软件设计

本设计中的数字处理电路以多核处理器 DM8148 的 ARM 内核为主控制器,控制视频的采集、显示和存储以及引导 DSP 内核,将采集到的数据通过 SysLink 机制传递给 DSP 进行处理,DM8148 的 DSP 作为算法服务器进行非均匀性校正以及增强显示的算法的实现。系统中各模块之间的通信是由 SysLink 机制实现的<sup>[4]</sup>,这种通信机制是建立在 SYS/BOI 操作系统基础上的。软件系统框架如图 3 所示。

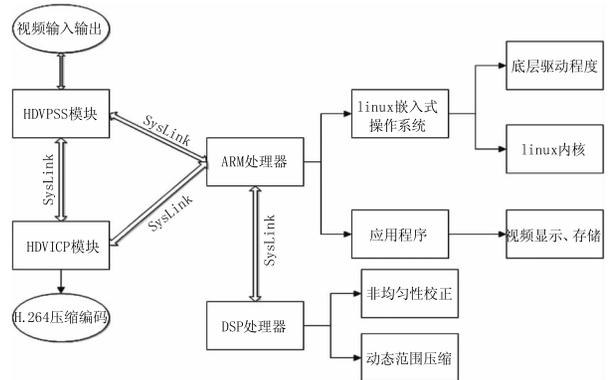


图3 系统软件架构图

Fig. 3 Software diagram of the system

### 3 图像处理算法

由于受红外焦平面阵列的制造工艺水平及工作环境的影响,红外热成像系统往往会存在采集的图像有非均匀性以及受噪声干扰的问题<sup>[5]</sup>,严重影响了图像的显示效果。因此对原始数据进行预处理是必不可少的步骤,本设计中主要采用了非均匀性校正和增强显示的处理,以提高红外成像的质量。

#### 3.1 非均匀性校正处理

红外图像非均匀性校正的方法总体可以分为两大类:基于参考辐射源的标定校正和基于场景具有自适应能力的校正<sup>[6]</sup>。前者主要的实现方法有:两点校正算法、多点校正算法、基于差值的校正算法等方式。后者的主要算法有:基于神经网络的校正算法、恒定统计方法、时域高通滤波法以及卡尔曼滤波算法等方法。从算法的校正精度、实时性以及硬件实现的难易程度综合考虑,本设计中使用了比较成熟、被广泛使用的两点校正算法。

两点校正算法具有原理简洁、运算量低、校正速度快的优点。假设探测器的响应在一定温度范围内呈现为线性特性,在时间上基本趋于平稳,对于 MXN 探测器的模型可以描述如下:

$$x_{ij}(\phi) = \mu_{ij}\phi + v_{ij}(i = 0, 1, \dots, N - 1; j = 0, 1, \dots, M - 1) \tag{1}$$

式中,  $\mu_{ij}$  和  $\nu_{ij}$  是分别对应像元  $(i, j)$  响应的增益系数和偏移量;  $x_{ij}(\phi)$  表示阵列元在辐射通量为  $\phi$  时, 不同的响应量化值。

采用两点校正法实现红外焦平面阵列图像非均匀的校对方程为:

$$y_{ij}(\phi) = G_{ij}x_{ij}(\phi) + O_{ij} \quad (2)$$

式中,  $G_{ij}$  为校正增益;  $O_{ij}$  为校正偏移。

由于焦平面阵列元接受的辐照度  $\phi$  跟温度  $T$  成线性关系, 在光路中放入一均匀辐射的黑体, 通过各阵列元对高温  $T_H$  和低温  $T_L$  下对黑体的辐射的响应计算出  $G_{ij}$  和  $O_{ij}$ , 从而实现非均匀性校正。

在高温时:

$$y_H = G_{ij}x_{ij}(\phi_H) + o_{ij} \quad (3)$$

在低温时:

$$y_L = G_{ij}x_{ij}(\phi_L) + o_{ij} \quad (4)$$

由式(3)、式(4)得到:

$$G_{ij} = \frac{y_H - y_L}{x_{ij}(\phi_H) - x_{ij}(\phi_L)} \quad (5)$$

$$o_{ij} = \frac{y_H x_{ij}(\phi_L) - y_L x_{ij}(\phi_H)}{x_{ij}(\phi_L) - x_{ij}(\phi_H)} \quad (6)$$

利用上述的原理获得校正系数后, 对各个阵列元的校正增益和校正偏移进行存储, 在系统工作的过程中可以对探测器的响应值进行校正。

### 3.2 基于双边滤波的增强算法

红外焦平面探测器经过 AD 的采样输出图像往往具有较高的动态范围, 对比度改善与红外细节增强应对原始图像数据处理才更有意义。此外, 现在主流的显示设备多是 8 bit 色深, 只能显示 256 级灰度范围, 如果直接用于高动态范围红外图像的显示, 会存在对比度下降、图像细节模糊等问题。为解决在高强度的压缩过程中依然能够保留更多的图像细节的问题, 本设计采用了基于双边滤波的思想进行红外图像的细节增强。

利用双边滤波器把高动态红外图像分割为包含大动态温度范围信息的基本图像和包含细节信息的细节图像, 然后对基本图像进行动态范围压缩和对比度调整, 对细节图像进行噪声抑制和细节增强, 最后合成为 8 bit 图像输出显示以及压缩存储<sup>[7-8]</sup>。算法流程图如图 4 所示。

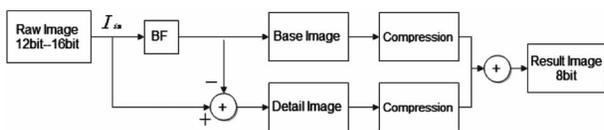


图4 双边滤波算法的流程图

Fig. 4 Flowchart of bilateral filter algorithm

## 4 实验结果

本系统采用的是制冷型中波红外焦平面探测器, 系统所采集的视频图像的分辨率是  $320 \times 256$ , 图像帧频最高可达 100 f/s, 原始图像的精度为 14 bit。实验中分别选取了不同的场景对应了不同的动态范围来显示系统成像效果, 并将原始图像与增强后的显示进行了对比。

基于本系统的设计, 得到了红外图像采集系统非均匀性校正和显示增强前后的图像, 如图 5 所示。图 5(a) 为较大温度动态范围的室内场景, 可以看出原图对比度较低, 图 5(b) 经过增强处理可以看到窗口处更多的细节信息, 显示效果明显增强; 图 5(c) 是普通的室外场景成像, 未经处理的图像灰暗, 获取的场景信息有限, 在增强处理后图 5(d) 对比度有所提高; 图 5(e) 的室外场景中包含了更多的细节信息, 但是直接显示的效果不佳, 采用增强算法处理后的图 5(f) 中, 背景的轮廓有了更高的分辨率, 较小目标的细节得到了增强显示, 图中可以清楚的看到塔吊目标。

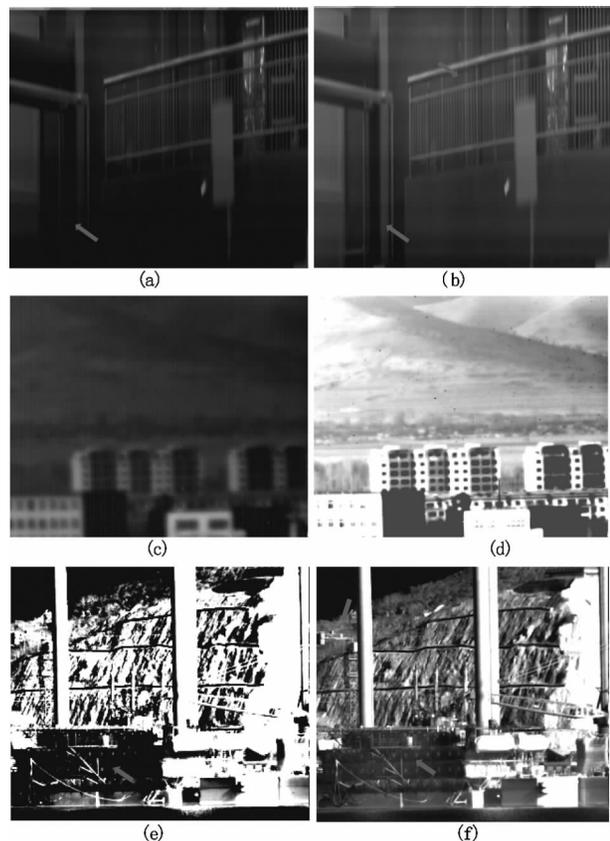


图5 系统增强效果对比图

Fig. 5 Comparison of original image before and enhancement

实验结果表明, 本系统在实际应用中对不同的

场景信息具有较好的适应性,在长时间的工作状态下能保持良好的稳定性,红外图像处理电路中运行的算法能够有效的改善图像背景的非均匀性,增强目标的细节信息,提高了视觉效果。

## 5 结束语

基于德州仪器(TI)的达芬奇系列处理器DM8148搭建了一套红外视频采集存储系统,相对于传统的基于FPGA和DSP红外图像处理电路,本系统很好地解决了红外视频的采集显示和压缩存储的问题,提高了系统的集成度。此外,实验表明,本设计中的图像处理算法对大动态范围的场景目标有较好的适应性,进行动态范围压缩后对目标的细节信息有较好的保留,取得了好的显示效果。

## 参考文献:

- [1] FAN Yongjie, JIN Weiqi. Latest progress of IR image system processing electronic [J]. Optical Technique, 2012, 03:362-366. (in Chinese)  
范永杰,金伟其. 热成像系统图像处理电路的新进展 [J]. 光学技术, 2012, 03:362-366.
- [2] JIN Weiqi, LIU Bin, FAN Yongjie, et al. Review on infrared image detail enhancement techniques [J]. Infrared and Laser Engineering, 2011, 40(12):2521-2527. (in Chinese)  
金伟其,刘斌,范永杰,等. 红外图像细节增强技术研究进展 [J]. 红外与激光工程, 2011, 40(12):2521-2527.
- [3] Texas Instruments. TMS320DM816x Davinci video processors data sheet [M]. USA: Texas Instruments, 2012.
- [4] MA Xingxian. Multifunction digital video surveillance system based on heterogeneous dual-core embedded platforms [D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2014. (in Chinese)  
马星显. 基于异构双核嵌入式平台的多功能数字视频监控系[D]. 北京:北京邮电大学, 2014.
- [5] GAO Sili, YU Yang, TANG Xinyi. Simulation of nonlinear response of IRFPA [J]. Infrared and Laser Engineering, 2008, 37(5):770-772. (in Chinese)  
高思莉,于洋,汤心溢. 红外焦平面阵列非线性响应仿真 [J]. 红外与激光工程, 2008, 37(5):770-772.
- [6] LU You, HE Xin, Wei Zhonghui. Research on non-uniformity correction algorithms for IRFPA [J]. Computer Technology and Development, 2015, 02:1-5. (in Chinese)  
吕游,何昕,魏仲慧. 红外焦平面阵列非均匀性校正算法研究 [J]. 计算机技术与发展, 2015, 02:1-5.
- [7] Francesco Branchitta, Marco Diani, Giovanni Corsini. New technique for the visualization of high dynamic range infrared images Source [J]. Optical Engineering, 2009, 48(9):1-9.
- [8] Ning Liu, Dongxue Zhao. Detail enhancement for high-dynamic-range infrared images based on guided image filter [J]. Infrared Physics & Technology, 2014, 67:138-147.