

· 红外技术 ·

## 硬件实现一种新的红外图像边缘检测算法

郭 婧, 黄家才

(南京工程学院, 江苏 南京 211167)

**摘 要:** 红外热成像系统的输出图像非均匀性比较明显, 成像模糊, 因此研究针对红外图像的锐化增强算法, 具有比较重大的意义。一种新的红外图像组合边缘算法在软件仿真上的有效性已经探讨过, 在此基础上, 对算法稍作改进, 重点探讨该算法在硬件实时图像锐化增强上的有效性。为此, 设计FPGA+SRAM的硬件结构, 探讨该算法在硬件系统上的实现方法, 分析该算法在硬件平台上的实施效果, 比较该算法在软件仿真和硬件实现上的实施效果。图像经过该锐化算法实时处理后, 轮廓得到加强, 易于识别图像目标。验证了改进锐化算法的有效性。

**关键词:** 图像增强; 组合算法; FPGA; 硬件实现

**中图分类号:** TP391.413; TP303

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-1255(2011)06-0025-03

## Hardware Realization for Algorithm of Infrared Image Edge Detection

GUO Jing, HUANG Jia-cai

(Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211167, China)

**Abstract:** The output of the infrared imager is heteropical and dim, so the sharpening enhancement algorithm of the infrared image has the great significance. The effectiveness of the algorithm of infrared image combined the edge has been discussed in the software simulation, on that basis, the algorithm has a few improvements. The effectiveness of the algorithm in the sharpening enhancement about the hardware real-time image is mainly discussed. The FPGA + SRAM hardware structure is designed, the realization method of the algorithm in the hardware system is discussed, the effect of the algorithm realized on the hardware platform is analyzed, and the implementation effects between the software and hardware are compared. The image contour is strengthened after the sharpening algorithm and the objective is identified easily.

**Key words:** image enhancement; combination algorithm; FPGA; hardware realization

红外图像增强处理, 目前国内外的研究主要集中于非均匀性校正与直方图均衡以及图像去噪方面, 图像的锐化算法虽然有梯度算子和拉普拉斯算子, 但是通过仿真发现作用于红外图像时效果并不理想。文献[3]探讨一种有效的将多种算法改进后相结合的“算法”。这种方法在软件仿真上取得了比较好的效果, 硬件实时实现的效果尚未可知。所以文中以实时性为基本出发点, 设计基于现场可编程门

阵列和SRAM的实时图像处理平台, 验证改进算法的硬件可实施性和处理效果。

### 1 一种新的组合边缘检测算法及其改进

文献[3]提到的改进算法采用了将多种算法相结合, 利用梯度算法与拉普拉斯算法各自的优点。

拉普拉斯算子能够突出图像中的小细节, 但拉

收稿日期: 2011-10-24

基金项目: 国家自然科学基金(61104085); 江苏省教育厅自然科学基金11KJB510005; 南京工程学院科研基金(青年基金)(QKJB2009009)

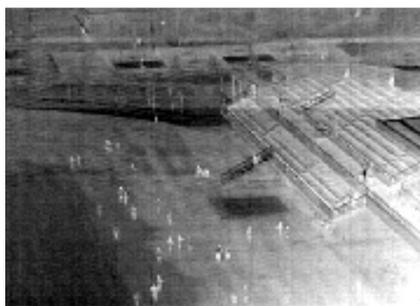
作者简介: 郭婧(1982-), 女, 讲师, 硕士, 主要研究方向为图像检测与实时处理。

普拉斯算子一旦加大锐化的倍数,噪声的影响也变得非常明显<sup>[4-6]</sup>,故 $\beta$ 只能取1,梯度算子能突出图像的边缘,且对噪声相对不敏感,所以加大锐化倍数能够使得图像的边缘更突出。因此将传统的梯度算子与拉普拉斯算子相结合,考虑了一种新的将两种算法相结合的掩模,提出了锐化模板如式(1)所示。

$$M = \begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1+8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & \beta & 0 \\ 0 & -\beta & 0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & \beta & -\beta \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad (1)$$

式中, $\beta$ 为锐化的倍数。

在文献[3]中通过对效果图的观察,上述改进后的组合算法对于单幅静止图像在计算机软件上基本实现了红外图像增强。但是图像的边缘经过算法的处理,似乎灰度过高<sup>[7,8]</sup>,从图像上反映出来的情况,就是太亮了。也就是说,从图像的角度上来说,所做的边缘锐化是在用亮色勾边缘,但在人眼的明视觉中,习惯观察黑色边缘。这样更有利于体现轮廓,受到这种启发,试着将锐化算法后的图像灰度值取反。取反后作用的效果图如图1所示。



(a)组合算法效果图



(b)取反后效果图

图1 取反后锐化效果图

图1是红外热像仪观察的夜晚操场的情况,红外图像的成像原理是温度高的物体,成像亮,温度低的物体成像较暗,而锐化处理加剧了这种亮与暗的对

比,图1a是利用文献[3]中提到的新的边缘检测算法处理的结果,观察发现:操场上运动的人,温度较高,锐化后是亮色,操场看台的台阶边缘锐化后也比较亮,这不符合人眼明视觉观察时的习惯,图1b是文中提到的锐化后灰度值取反的操作,观察发现,操场上的人已经变成灰度值较低的黑点,操场的看台的灰度值也有所降低,比较类似于可见光情况下人眼直接观察时的情况,红外热像仪归根结底是为了拓展人眼在黑暗的情况下观察能力的,所以,从这个层面上来讲,取反的算法是可行的,且处理的效果较好。

## 2 实时图像处理硬件系统设计

实时图像处理系统的设计以实时为基础,这就意味着系统必须具有快速处理巨大数据量的能力,假设一幅分辨率为 $768 \times 576$ 的256级灰度图像,其包含的数据量为432 K个字节,数据量比较庞大,这还仅仅是一帧图像,所以要想保证系统处理的实时性,系统的快速处理能力和大数据量的吞吐能力是其先决条件。因为最终相当部分的热成像系统要应用于商业与民用,较小的体积、较低的功耗和良好的稳定性是其基本要求,所以对系统的体积、功耗、稳定性等也有较严格的要求。快速可编程逻辑器件(FPGA)结构最大的特点是具有较强的通用性,结构灵活,从而能够提高算法效率。同时其开发周期较短,系统易于维护和扩展,适合于实时信号处理。

系统的整体设计如图2所示。

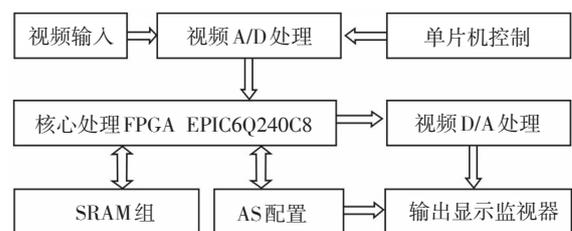


图2 系统整体设计框图

红外热像系统采集到的实时图像信号,首先经过集成视频处理A/D(SAA7111)之后,输出8位数字信号和相关的视频时序信号(经过锁相的像素时钟、行同步、场同步以及奇偶信号等)<sup>[9]</sup>;本系统的核心是FPGA部分,可以用于实现2D-TDI、图像锐化和非均匀性校正等各种增强算法;扩展的SRAM阵列是存放图像的,因为实时图像处理的数据量是非常庞大的,采集来的视频信号要首先进行图像的存储,图像的运算与实时图像的刷新是同步执行的;FPGA配置

FLASH存放FPGA的配置程序<sup>[10]</sup>;D/A(THS3128)及视频合成是实现由数字信号向模拟信号的转变,并将模拟信号与同步信号进行生成全电视信号,通过监视屏输出经过实时处理的图像<sup>[11,12]</sup>。

### 3 算法的实时实现

#### 3.1 算法的硬件流程描述

图像锐化可以增强图像中景物的边缘和轮廓,从而提取和识别目标。采用的锐化模板如式(1)所示,开了一个9个点的三维窗,加4个点传统梯度窗,即拉普拉斯算子加梯度算子。拉普拉斯算子的实现是通过将中间的一个点的灰度值乘9(FPGA中用加法实现乘9),然后减另外8个点的值之和。梯度算子由于涉及求绝对值的运算,虽然FPGA中有求绝对值的运算符,但是难以实现逻辑综合;所以文中先判断2个像素灰度值的大小,大像素减小像素即可。拉普拉斯算子和梯度算子在不同的进程中同步实现。文中采用了3倍梯度锐化(取 $\beta=3$ )。由于算法涉及到一帧图像中的3行不同像素,因此利用3组中地址线分别独立的3片SRAM来实现,在SRAM2上去第一行像素的灰度值,在SRAM4上取第2行像素的灰度值,在SRAM6上取第3行像素的灰度值,算法在硬件上的实现过程如图3所示。

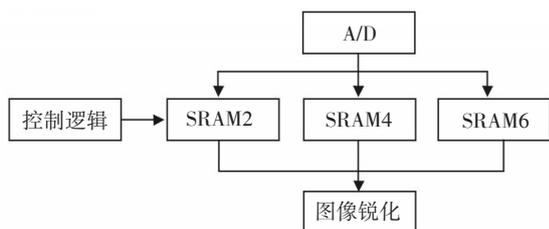


图3 锐化算法硬件处理流程

在对图像进行锐化过程中,图中的SRAM2、SRAM4和SRAM6每时每刻都处于读写状态,先读后写,即在一个像素时钟内完成一次读操作和一次写操作,读操作完成后即完成下一帧数据的刷新。像素时钟为13.5 M(74 ns),SRAM最大读取时间15 ns,因此在一个像素时钟内完成一次读和一次写是完全可以的。按照锐化算法设计,在像素时钟的高电平期间内从SRAM2、SRAM4、SRAM6中分别读取图像数据;读取数据后在FPGA中进行移位,每个像素时钟上升沿到来时移位一次,这样经过3个像素时钟后可以得到窗口中所需要的9个像素的值,再根据公式

算出该点的灰度值。得到的结果在像素时钟的低电平期间写入SRAM1、SRAM3、SRAM5,为后面可能进行的图像平滑算法提供图像存储;同时在像素时钟的低电平期间分别向SRAM2、SRAM4、SRAM6中写入实时的原始图像数据,完成数据的更新。图像锐化后还有一个问题需要考虑:数据的位数超过8位。所以要对得到的数据作个判断,如果数据的位数超过8位,那输出的8位数据全为1;如果不是,那就输出数据的低八位。

#### 3.2 实验结果

本次实验采用的是非制冷红外热像仪,硬件实验过程中,红外图像经处理后接监视器输出,图4为硬件实验的效果对比图。



(a) 处理前拍摄图像



(b) 文中硬件处理后拍摄图像

图4 硬件实现效果图

图4a为红外热成像系统输出直接接监视器,通过数码相机直接对监视器画面拍摄的图像;图4b为红外热成像系统输出图像经本文硬件处理后接监视器的图像。两幅图像先后接在同一台监视器上拍摄。经过仔细观察比较,能够看到图像边缘得到了有效地增强,图像看起来更符合人眼的明视觉,更好地达到了锐化的效果。图4是用数码相机直接拍摄的监视器画面,实际目测的效果比数码相机拍摄的效果好。

(下转第38页)

- [9] Zhiyao, Xiaojun Zhou, Rui Liang, et al. Numerical investigation on buffer performance based on acoustic excitation by stimulated Brillouin scattering in an As<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> fiber [J]. Optics Communications, 2009, 282:2746.
- [10] Zhaoming Zhu, Daniel J Gauthier, Robert W Boyd. Supporting online material for stored light in an optical fiber via Stimulated Brillouin Scattering. [J]. Science, 2007, 318: 1748.
- [11] Zhaoming Zhu, Andrew M C Dawes, Daniel J Gauthier. 12-GHz-bandwidth SBS slow light in optical fiber [C]// Optical Fiber Communication Conference. American, 2006: PDP1.
- [12] Miguel Gonzalez Herraiez, Kwang Yong Song, Luc Thevenaz. Arbitrary-band Brillouin slow light in optical fibers. [J]. Optics Express, 2006, 14:1395.

(上接第24页)

的条件下,铝板的辐射温度为 140 ℃,而使用热管导热散热时铝板的辐射温度仅为 65 ℃,很好地表明了热管导热散热的作用。

#### 4 结束语

文中分析了热管导热机理,通过热管温控装置的设计、搭建,设计了对铝板加热而使用热管导热散热的模拟实验,很好地表明了热管导热散热的作用,而不同工作性质的热管技术在红外抑制方面的应用尚需进一步的研究。

#### 参考文献

- [1] 张建奇,方小平.红外物理[M].西安:西安电子科技大学出版社,2004.

- [2] 杨辉,谢卫,张栓勤,等.红外抑制新方法探讨[J].光电技术应用,2010,25(3):6-9.
- [3] 康建英.热管技术简介[J].中国特种设备安全,2006,22(9):65.
- [4] 魏新宇.热管技术的应用展望[J].甘肃冶金,2006,28,(3):98-102.
- [5] 莫才颂,李权.热管传热及散热分析[J].茂名学院学报,2006,16(3):31-34.
- [6] M N伊凡诺夫斯基, V P索罗金, I V雅戈德金.热管的物理原理[M].潘永密,顾金初,华永利.北京:中国石化出版社,1991.
- [7] 黄问盈.热管与热管换热器设计基础[M].北京:中国铁道出版社,1996.
- [8] 庄骏,张红.热管技术及其工程应用[M].北京:化学工业出版社,2000.
- [9] 李时娟,杨彬.新型平板热管传热性能的实验研究[C]//第十一届全国热管会议论文集,2008:288-292.

(上接第27页)

#### 4 结论

通过算法软件仿真结果(如图1所示)与硬件实现效果(如图4所示)比对,可以发现:仿真阶段采集到的红外图像经过文献[1]所提到的改进算法出来后,再加入灰度值取反的操作,使得图像在观察上更接近于人眼的明视觉,在软件上很好地对单幅红外图像实现了图像增强。图4是将改方法应用于实时硬件系统,接监视器输出,图像模糊出现的可能性较小,图像较之原图像,轮廓得到加强,更易于识别图像目标。硬件实时系统验证了锐化算法的有效性。

#### 参考文献

- [1] 吴宗凡.红外热像仪的原理和技术发展[J].光学及光电仪器,1997:28-30.
- [2] 李星.红外热图像实时处理器的研究与设计[D].南京:南京理工大学,2002.
- [3] 郭婧,黄家才.一种组合边缘检测算法实现红外图像增强

- [J].红外技术,2010,32(3):133-136.
- [4] 赵春江,施文康,邓勇.新的梯度边缘检测方法[J].光电工程,2005,32(4):86-88.
- [5] 余锦华,范宏波,郑智捷.红外视频图像实时二维增强算法与实现[J].红外技术,2005,27(3):227-230.
- [6] 王坤.MATLAB在对图像进行边缘检测方面的作用[J].沈阳师范大学学报(自然科学版),2005,23(2):161-165.
- [7] 毕军,张长江.红外图像边缘检测的循环移位算法[J].光电工程,2005,32(5):27-30.
- [8] 王娜,李霞.一种新的改进Candy边缘检测算法[J].深圳大学学报(理工版),2005,22(2):149-152.
- [9] 张军,李含善.可编程视频信号输入处理器SAA7111[J].国外电子元器件,2002(8):39-42.
- [10] 吴豫,孟宪元. Flash 编程器的FPGA实现[J].半导体技术,2003,28(5):48-51.
- [11] 徐大诚.C51编程在I2C总线接口通信中的应用[J].计算机应用,2002(9):80-82.
- [12] 潘松,黄继业.EDA技术实用教程[M].3版.北京:科学出版社,2009.