文章编号: 1001-5078(2006)07-0565-03

焦平面热像仪 NETD参数的自动测量

钟文辉,李文书,周起勃
(上海技术物理研究所,上海 200083)

摘 要:设计了一种用于红外焦平面热像仪 NETD参数自动测量的算法,也论述相关的红外目标自动检测算法,并给出了系统硬件的设计与实现。该系统对焦平面热像仪输出的模拟视频数据进行 A/D采样,通过 CPLD和 USB2.0高速总线把图像数据传回 PC,在 PC上对方孔目标进行自动检测并计算 NETD。

关键词:焦平面热像仪;等效噪声温差;视频采集;目标检测
中图分类号: TN206; TP391 **文献标识码**: A

NETD Auto-measuring of Focal-plane Thermal Imaging Systems

ZHONG Wen-hui, LI Wen-shu, ZHOU Qi-bo
(Shanghai Institute of Technical Physics, Shanghai 200083, China)

Abstract: A method for auto NETD-measuring of focal-plane thermal imaging systems is designed. The IR object's auto detection, the design and implementation of hardware are also given. The system acquired image data from the thermal imaging systems, and sent the digital image data to PC with the help of CPLD and USB2.0. Object's auto detection and NETD's calculation would be done on PC.

Key words: focal-plane thermal image systems; NETD; video acquisition; object detection

1 引 言

噪声等效温差 NETD (Noise Equivalent Temperature Difference)一直都是热像仪的一个极为重要的性能参数。当热像仪发展到焦平面这一代,MRTD、MDTD等参数的测量还和以前基本一样,但焦平面阵列成像系统作为一种多元探测器,有着其固有的空间不均匀性等新的因素干扰,这在原有的噪声上又叠加了空间噪声,所以 NETD的测量方法和规范已经和原来的不一样了。本文提出了一种基于数字视频的、专用于焦平面热像仪 NETD参数测量的算法,阐述相关的红外目标自动检测算法,并给出了自动测量系统的硬件。

2 系统的设计方案

2.1 设计功能目标

该系统设计主要实现以下功能目标:

(1)对热像仪输出的模拟视频信号进行 A/D转换,通过 CPLD和 USB2.0芯片把得到数字视频信号传到 PC上;

(2)在 PC上自动检测红外目标图像;

(3)在 PC上根据自动检测到的红外目标及设定的温差来计算 NETD。

作者简介:钟文辉 (1980 -),男,中科院上海技术物理研究所硕士研究生,主要研究方向为数字电路系统设计,数字图像处理与分析,视频编码与解码。E-mail: whzhong@ustc.edu.

收稿日期: 2006-01-16;**修订日期**: 2006-02-16

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.2 硬件设计

系统的硬件结构如图 1所示 (只画出关键部分):

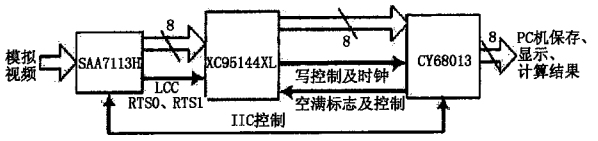
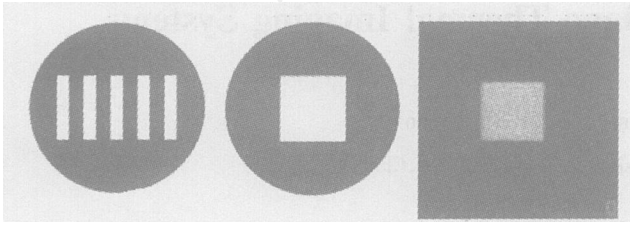


图 1 系统硬件结构示意图

3 目标图像的自动检测

在国标《红外焦平面阵列特性参数测试技术规范》中规定的测 NETD的标准目标是条状孔板,并要求孔和板的宽度都不小于 4个像元,如图 2(a)所示。事实上关键的是后面的那句话,要求目标信号和背景信号都有足够的宽度,让目标信号和背景信号都出现平顶或平谷,所以我们实际采用了方孔目标,其中方孔的边长大约为 80个像元,如图 2(b)所示。热像仪实际成像如图 2(c)所示。



(a)条孔目标 (b)方孔目标 (c)实际方孔成像

图 2 目标图像

对于这样的方孔目标,我们可以通过边缘检测的方法来进行目标定位。具体方法如下:

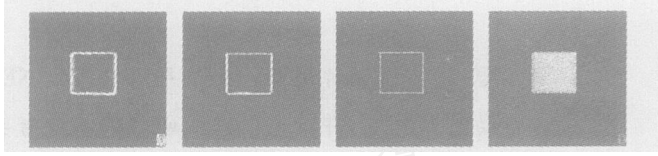
(1)用水平 Sobel算子$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$和竖直 Sobel算子$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$分别对图像进行卷积,并对结果进行阈值分割 (小于 20的设为 0),结果如图 3(a)所示;

(2)分别在水平和竖直两个方向上,把相邻 2个像素以内的亮点用边缘值连通起来;

(3)分别在水平和竖直两个方向上,保留连续亮点 (灰度不为 0的点)数超过 50的直线,结果如图 3(b)所示;

(4)以"直线上所有点的灰度和 ×直线长度^2"为权值,分别计算水平同竖直两个方向上候选直线的权值,并分别进行排序,选择权值最大的且相隔 10个像素以上的各两条直线,分别作为上下和左右边缘,结果如图 3(c)所示;

(5)以上下边缘的 y值作为方孔目标的上下边缘纵坐标值,以左右边缘的 x值作为方孔目标的左右边缘横坐标值,这 4个值就可以定位唯一的一个矩形,最终检测结果如图 3(d)所示。



(a)阈值分割 (b)连续亮点 (c)权值排序 (d)检测结果

图 3 通过边缘检测进行目标定位

4 NETD的计算

NETD,是一个沿用了很久的热像仪参数指标,对扫描式热像仪,其定义是:系统基准电子滤波器输出的信号峰值与噪声信号均方根之比为 1时,黑体目标与背景的温差。即 $NETD=\frac{\Delta T}{V_S/V_N}$。

但对于焦平面成像的热像仪,其噪声除了时间噪声外,还多了空间噪声,所以在新的国标中对焦平面成像的热像仪的 NETD测量作了新的规定,我们也据此对 NETD的测量方法进行了改进,改进算法如下:

(1)用镜头盖盖上热像仪的镜头,连续采集 100帧 256×256的灰度数据 $V_{DS}[(i,j),\text{背景}]$;

(2)把 100帧背景数据叠加求得背景响应电压 $\overline{V_{DS}}[(i,j),\text{背景}]=\frac{1}{100}\sum_{1}^{100}V_{DS}[(i,j),\text{背景}]$;

(3)求像元噪声 (时间噪声) $V_N(i,j)=\sqrt{\frac{1}{100-1}\sum_{1}^{100}(V_{DS}[(i,j),\text{背景}]-\overline{V_{DS}}[(i,j),\text{背景}])^2}$;

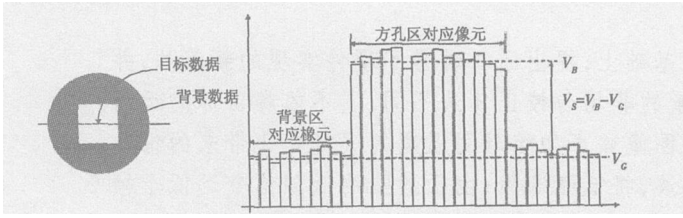
(4)求平均噪声 (空间噪声 +时间噪声) $\overline{V_N}=\frac{1}{256\times256}\sum_{1}^{256}\sum_{1}^{256}V_N(i,j)$;

(5)打开热像仪的镜头,设定温差为 10℃(提高信噪比),采集一帧方孔目标数据,在目标区抽取一行 256个数据。然后计算方孔区各像元平均值 V_B 和背景区各像元平均值 V_G,由此得 $V_S=V_B-V_G$,如图 4所示;

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(6)最后得出 $NETD = \frac{\Delta T}{(V_S / V_N)}$。

实测中我们以某型号的热像仪为被测对象,使用中科院上海技术物理研究所的 HFY - 400B红外温差准直仪,设定温差 10℃(背景温度 16. 12℃,目标温度 26. 12℃),目标/背景图像及其中一行的灰度分布如图 5所示。



(a)方孔目标 (b)目标与背景信号

图 4 目标/背景信号均值

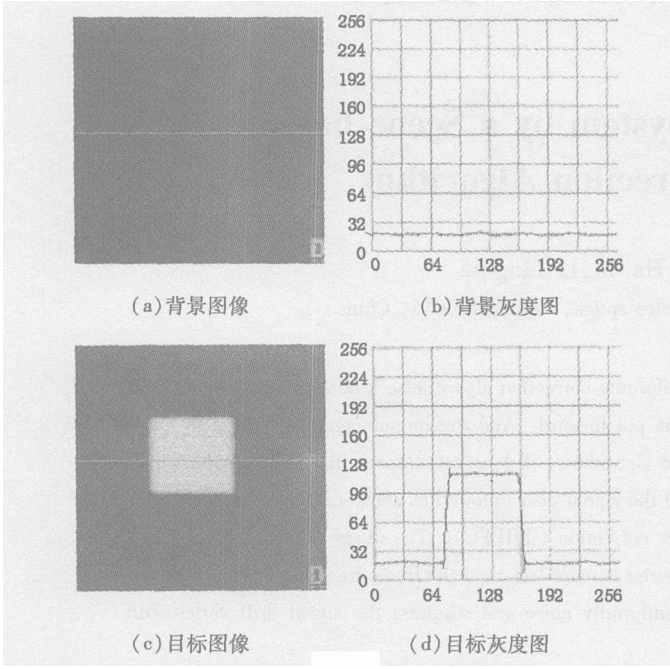


图 5 实测目标/背景图像和灰度

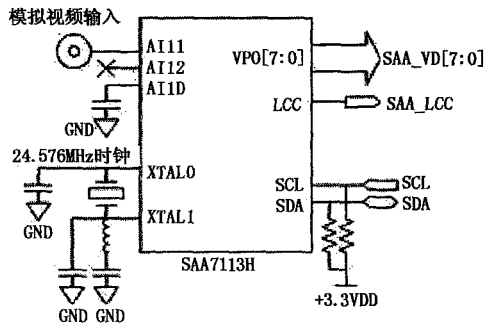
计算结果 NETD = 0. 08℃。整个测量过程只要 1min左右(不包括等待黑体温度稳定的时间)。

5 电路原理图

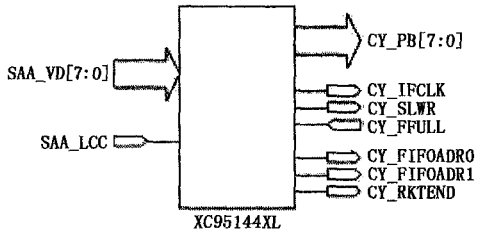
硬件部分原理图如图 6所示(只画出部分管脚)。

6 结束语

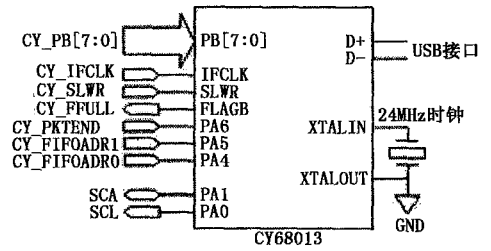
我们以红外热像仪 NETD参数的自动测量为目标,设计并实现了这个算法及相关的电路系统,其中目标的自动检测准确快速,NETD测量速度快,基本实现了我们设计功能的目标,并成功使用该系统对



(a)SAA7113H 连接原理图



(b)XC95144XL 连接原理图



(c)CY68013 连接原理图

图 6 部分硬件原理图

NETD进行了自动测量。该系统测量速度非常快、自动化程度高、方便可靠、集成度高、扩展性好,为下一步的研究工作打下了坚实的基础。

参考文献:

[1] J Bhasker. Verilog HDL硬件描述语言 [M]. 徐振林,等译. 北京:北京机械工业出版社, 2000.

[2] 肖踞雄,翁铁成,宋中庆. USB技术及应用设计 [M]. 北京:清华大学出版社, 2003.

[3] 董伟,郭颂,张伟. MRTD客观测量中四杆靶图像的特征提取 [J]. 激光与红外, 2002, 32(2): 104 - 106.

[4] 胡江华,周建勋,张保民. 热成像系统 MRTD测量的主、客观方法研究 [J]. 南京理工大学学报, 1996, 20(1): 43 - 46.

[5] Jaroslaw Barela, Krzysztof Firmanty. Testing of Thermal Imaging Systems [Z]. Military University of Technology, 2003.

[6] GB/T 17444 - 1998,红外焦平面阵列特性参数测试技术规范.

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net