文章编号: 1001-5078(2006)07-0610-04

基于数字图像处理的全自动瞄准硬件设计

张志利,赵 兵,刘春桐,仲启媛
(第二炮兵工程学院,兵器发射理论与技术国家重点学科实验室,陕西 西安 710025)

摘 要:为利用数字图像处理技术实现导弹武器自动化瞄准,图像采集装置采用直接调焦方式实现自动调焦;综合考虑曝光时间、光圈大小、景深等对采集图像的影响,通过计算整体清晰度,选择最佳曝光值组合;在图像采集中进行预处理,提高图像质量,减小自动瞄准中图像处理的负担。

关键词:自动化瞄准;图像处理;图像清晰度; 自动调焦;图像采集预处理
中图分类号: TJ765. 3+3 **文献标识码**: B

The Hardware Design of Automatic Collimation System Based on Image Processing

ZHANG Zhi-li, ZHAO Bing, LU Chun-tong, ZHONG Qi-yuan,
(Lab. of the Armament launch theory & technology, National Key Discipline, 2nd Artillery Engineering Institute, Xi'an 710025, China)

Abstract: To realize the automatic collimation of missile by using image processing, direct focusing mode is used, and the part definition of image is computed to achieve automatic focusing. Considering the effect of exposure time, aperture size and the depth of field to image collection synthetically, the holistic definition of image is computed to choice the best exposure combination. To improve the quality of image and minish the burden of image processing software of automatic collimation system, image pretreatment is carried through image collection.

Key words: automatic collimation; image processing; definition of image; automatic focusing; image collection pretreatment

1 引 言

光电经纬仪是导弹武器瞄准中的关键仪器,多年来,其自动化的改进研究也一直在进行。为实现导弹武器瞄准的自动化,提高武器系统的快速反应能力,采用数字图像处理技术对瞄准各个过程进行自动化操作,如何为光电经纬仪安装设计一个全自动的摄像系统是首先要解决的问题。经过多年的努力,这一问题已逐步得到解决[1]。

2 自动瞄准系统中的硬件改进

2.1 经纬仪改进

图 1是对现有用于导弹瞄准的经纬仪光学系统进行改进后的示意图。其原理为:当望远镜瞄准目标时,目标发出的光通过大物镜组 (包括大立方棱镜、调焦物镜、施密特棱镜、小立方棱镜),经小立方棱镜分光后,一部分光直接成像于望远镜分划板处,经目镜进入人眼,另一部分光成像在 CCD摄像元件上,传输到瞄准控制计算机进行处理。这种结构的优点是在系统进行自动瞄准的同时,操作人员可通过目镜直接观察照准结果,如果自动瞄准系统因故障无法正常工作,还可进行人工瞄准。

2.2 摄像系统设计

摄像装置采用 1024×768元面阵摄像传感 CCD

基金项目:装备基金资助项目 (EP010177)。
作者简介:张志利 (1966 -),男,教授,博士,博导,主要从事系统仿真和自动检测研究。
收稿日期: 2006-02-10;修订日期: 2006-03-29

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

作为敏感元件。如图 2所示,经纬仪摄像系统硬件部分包括 CCD传感器、A/D转换器、数字信号处理器、瞄准计算机、步进电机及其驱动部分。

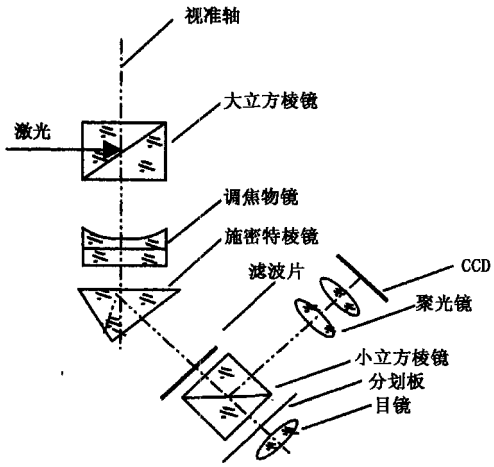

图 1 基本光路图

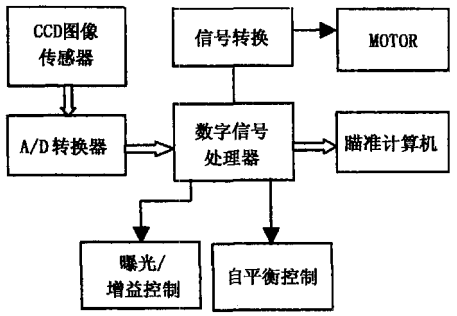

图 2 摄像系统结构图

该摄像系统具有自动调焦、自动曝光功能。系统通过 CCD传感器获取图像的色彩信号,经过 A/D转换器转换为 R、G、B三原色相应的数字信号,送入数字信号处理器进行图像的清晰度的计算,将获得的反馈控制信号送入步进电机中,使步进电机拖动 CCD传感器达到最佳位置完成对焦。同时数字信号处理器根据自动曝光程序完成曝光/增益控制及自平衡控制。将采集到的图像信息传给瞄准计算机,完成数字图像的处理、识别任务。

3 自动调焦技术

3.1 摄像系统自动调焦原理[2]

自动调焦是沿光轴方向改变物面的位置,使得物像关系满足高斯公式以快速地获取高清晰的图像。本文设计的摄像系统采用直接调焦方式,利用清晰度判断是否完成调焦过程。清晰度计算是自动调焦系统的核心部分,其评价函数是由图像灰度梯度引出的。

清晰度评价函数的建立是以图像尖锐化的梯度法为基础。最为常用的是 4领域灰度差绝对值之和评价函数与罗伯特梯度和评价函数,本文采用 4邻域灰度差绝对值之和评价函数:

$$P1 = \sum_{x=1}^{N-2}\sum_{y=1}^{N-2}[|f(x,y) - f(x-1,y)| + |f(x,y) - f(x+1,y)| + |f(x,y) - f(x,y+1)|] \quad (1)$$

其清晰度评价曲线如图 3所示。

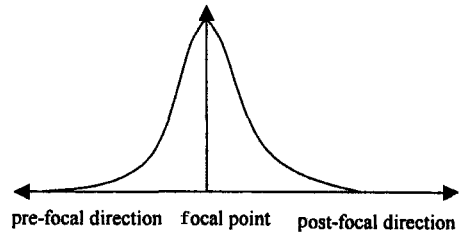

图 3 清晰度评价函数

3.2 自动调焦的控制

调焦中的电极控制按搜索方式进行控制。由于在调焦的初始时刻,正确的调焦方向是未知的,因此在调焦的最初时刻,人为设置一个参考方向,调焦过程首先就是在这个方向上移动,然后按反方向移动。同时为了使调焦时间最短,也就是调焦的次数最少,调焦时先粗调,取大步距快速遍历焦距范围,在确定对比度的大致位置后,再精调,在某一区域内进行小步距的调整,最后达到对焦。为实现快速调焦,对电机的控制有快速和高稳定性的的要求。

从改进后的经纬仪来看,由于目标离经纬仪距离较远,可近似看成无穷远,所以仅调节 CCD在像方焦点附近移动就能实现调焦,且经纬仪的视场放大倍数基本不变。调焦过程中,由于瞄准的结果是使经纬仪视场轴与目标中心重合,故只要将沿视场轴方向的目标清晰的成像在 CCD传感器上。在计算清晰度时,采用图像中心区域像素 100×100进行计算,这样不仅更加合理,而且提高速度。

4 自动曝光技术

4.1 曝光值定义

曝光是用来计算从景物到 CCD传感器光通量大小的物理量。只有使 CCD传感器获得正确的曝光,才能获得高质量的照片。到达 CCD传感器的光通量大小主要由两方面因素决定:曝光时间的长短以及光圈值的大小。对于指定大小的曝光值,它与所对应的曝光时间和光圈大小之间有着一定的函数关系:

$$EV = TV + AV \quad (2)$$

式中,TV为快门速度值,它与有效曝光时间 T之间的关系为:$TV = \log_2(1/T)$;AV指光圈大小值,它与镜头光圈数 A的关系为:$AV = \log_2(A^2)$;EV指曝光值,它并不代表被摄物体的亮度,只是反映了光圈和曝光时间的组合,对于任意给定的曝光值,均可以通

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

过调节曝光时间和光圈大小来获得。曝光时间通过改变图像采集时间的长短实现,光圈值的大小可以由电子控制。

曝光值也是图像亮度和相当感光度的函数。相当感光度指 CCD感光度等效转换为传统胶卷的感光度,对于特定的 CCD传感器来说它是不变的。因此,曝光值可由图像亮度来决定。

4.2 景深的影响

图像采集过程中,景深对图像有很重要的影响,景深大的镜头采集到的图像整体就较为清晰,景深小的镜头在成像物体附近时就会模糊,如图 4所示。景深的计算公式为:

$$\Delta L = \Delta L1 + \Delta L2 = \frac{F\delta L^2}{f^2 + F\delta L} + \frac{F\delta L^2}{f^2 - F\delta L} = \frac{2f^2 F\delta L^2}{f^4 - F^2\delta^2 L^2} \quad (3)$$

其中,f为镜头焦距;F为镜头的拍摄光圈值。

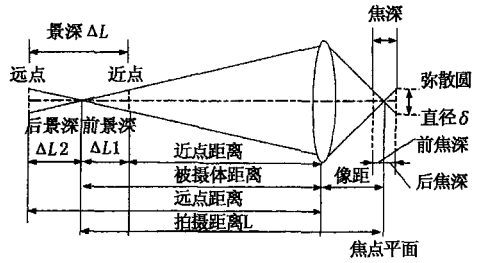

图 4 景深示意图

由公式 (3)可以看出,景深与镜头使用光圈、镜头焦距、拍摄距离以及对像质的要求都有关。

4.3 曝光的控制

由上可知:图像采集所用光圈越小,景深就越大,采集到的图像整体较为清晰,但采集时间越长,信噪比会下降。故应正确地调整光圈大小及采用曝光组合。

根据图像亮度可对应计算出曝光值,不同的曝光组合采集的图像质量会有差别,采用此方法对所有的曝光组合采集的图像进行清晰度计算。计算亮度后对应的曝光值,采取不同的光圈与曝光时间组合,计算其取值较大的组合。

具体做法为:分别以不同的曝光组合采集图像 n幅,分别计算清晰度值,将这些值归一化,最小为 0,最大为 1,计为 P_i;同样,将采集时间也归一化,各采集时间为 t_i。$L_i = a * P_i + b * t_i$, $a + b = 1$取不同的权值 a、b进行实验,以取得满意的曝光组合,由于对采集的时间要求不是太高,故最后取值为 0.67, 0.33。

5 图像采集预处理

CCD采集的原始数据许多情况下不能与客观实际相符,需要采用多种方法对其进行修正,确保能够为自动瞄准软件提供可靠的图像。

5.1 消除光线的影响[2,4]

(1)通过灰度变化消除光线的影响

由于 CCD图像传感器在光线较暗时,成像效果较差,因而有必要对它的灰度值进行修正以增强对比度。采用线性灰度变换实现较为简单。假定原图像 $f(x, y)$的灰度范围为 $[a, b]$,希望变化后的图像 $g(x, y)$的动态范围为 $[c, d]$,则可用公式 (4)实现变换。

$$g(x, y) = \frac{(d - c)[f(x, y) - a]}{b - a} + c \quad (4)$$

(2)通过直方图修正消除光线的影响

直方图表示数字图像中每一个灰度级与其出现的频数间的统计关系,直方图给出了图像概貌性的描述。光线较暗时,直方图的分布就集中在灰度值小的一边;光线太强,其分布就集中在灰度值大的一边。为了消除光线对图像的影响,可以对图像的直方图做均衡化处理,使图像均匀地分布在各个灰度级,从而增大反差,使图像的细节清晰,对比度得到改善。

5.2 CCD图像的校正[3]

CCD的暗电流直流分量、零响应偏差和响应不均匀性的影响可进行如下校正,即:

$$f(x, y) = \frac{C[g(x, y) - md(x, y; n)/n]}{ge(x, y)} \quad (5)$$

式中,$f(x, y)$、$g(x, y)$分别为校正后和校正前图像的灰度值;C为物体各点灰度的理论值;m为图像的曝光时间;$d(x, y; n)$为 CCD的 ns暗电流图像;$ge(x, y)$是对一个亮度均匀的物体进行曝光得到的实际图像灰度的平均值。

5.3 噪声的分析及消除[5]

图像噪声的来源比较复杂,在成像和图像传输过程中都有噪声的影响,所以,成像噪声分析及滤除在图像处理中占据非常重要的地位。CCD图像传感器是成像过程中最主要的噪声源,有以下几种原因引起:(1)电荷注入器件时由电荷量的起伏引起的噪声;(2)电荷载转移过程中电荷量的变化引起的噪声;(3)复位脉冲导致信号的检测噪声。

CCD图像传感器产生的噪声可看成是高斯噪声和椒盐噪声的叠加,如果滤除噪声采用低通滤波器的方法,在消除噪声信号的同时也消减了图像的高频分量,从而使图像的对比度减弱,物体边界变得模糊,清晰度下降,故而这种方法是不理想的。经实验,采用邻域平均法及同态滤波法去除噪声效果明显,尤其由于照射光不均匀而产生黑斑的暗影时,想

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

要去掉这些暗影又不失去图像的某些细节,采用这两种方法是很有效的。

6 实验结果分析

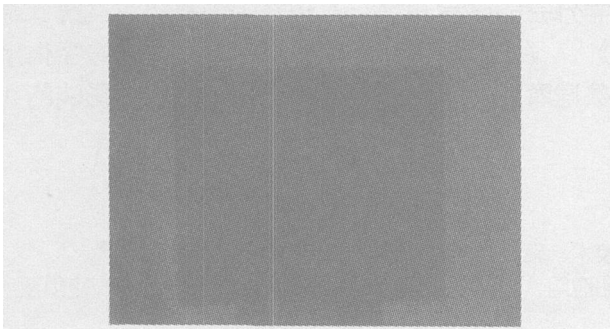

图 5 普通数码相机拍摄的棱镜图

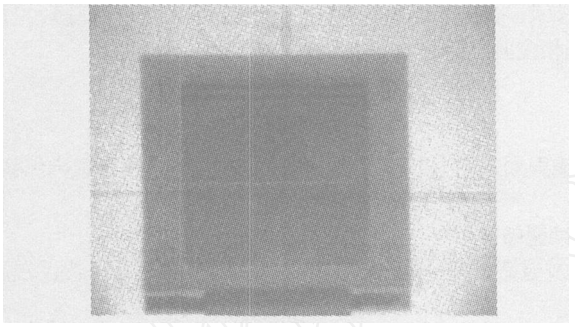

图 6 经纬仪摄像系统拍摄的棱镜图像

对设计好的经纬仪摄像系统进行实验,经实验证明,该系统能够自动调整焦距,选择正确的曝光组合。在光照正常情况下成像质量高,在光照条件恶劣、光像不均匀时也能较好地成像。如图 5、图 6所示,在光线较暗时,经纬仪的摄像系统能够正确曝光,成像质量较好,而普通相机拍摄的棱镜图像则轮廓不明显。这表明,它能够为导弹武器瞄准系统在正常天气或光照比较均匀条件下提供高质量的图像。

7 结 论

本文为瞄准经纬仪设计了自动摄像系统,能够自动调焦,自动曝光,在图像采集时就加入图像预处理,不仅获得了高质量的图像,减少噪声,而且减少自动瞄准软件部分的负担。

参考文献:

[1] 武克用. 导弹瞄准及其发展 [J]. 军用光学仪器及技术, 2001, (8): 41 - 44.

[2] 万振凯. 面阵 CCD摄像机视频信号数据采集及其图像处理的应用 [J]. 电子与自动化, 1998, (3): 14 - 18.

[3] 王庆有. 图像传感器应用技术 [M]. 北京:电子工业出版社, 2003.

[4] 徐惠. Visual C++数字图像实用工程案例精选 [M]. 北京:人民邮电出版社, 2004.

[5] William K Pratt 数字图像处理 [M]. 北京:机械工业出版社, 2005.

(上接第 609页)

置上那些本来是大粒子目标而被分割形成的若干个残缺区域的所有点都变了 0。保留在 $s_2(x, y)$中的只是那些在 $b_1(x, y)$中没有出现的小粒子。因此, $s_2(x, y)$实际上就是只包含原图像中较小粒子目标信息的图像。

这里也表明了结构元素 B 的选取对检测结果的重要影响。B 取的过小,使它对 $b_1(x, y)$的膨胀作用受到限制, $b_1(x, y)$中各区域的面积扩大有限,不能保证保留大粒子在 $s_1(x, y)$中的一些残像被彻底消除。反之, B 取的过大,又会使 $b_1(x, y)$中的区域面积过度扩大,从而使一些在原图像中与大粒子位置上比较靠近的小粒子被减掉。因此,我们应该根据粒子场图像自身的特点,合理确定结构元素,才能达到最好的识别效果。

小粒子目标被检测出来后,将它和只包含大粒子目标的图像 $b_1(x, y)$做图像加法处理,记这样的加运算结果为 $g(x, y)$,则有:

$$g(x, y) = s_2(x, y) + b_1(x, y) \quad (5)$$

用基于特征分析的粒子识别方法进一步处理 $g(x, y)$,可以得到尺寸跨度较大粒子场全息再现图像的最终的粒子识别结果 (如图 4所示)。该结果同时保存了大、小粒子目标,效果比较理想。

4 结束语

粒子场全息的粒子检测与识别是一种比较特殊的图像处理和分析过程。目标信息相对微弱,检测起来比较困难。利用提出的双窗口法可以有效地增强大小不同的目标信息,结合图像形态学的相关算法,能较好地从复杂的背景中识别检测出粒子目标。

参考文献:

[1] TW Tunnell, R M Malone, R H Tredericson, et al Deriving Particle Distributions from In-line Fraunhofer Holographic Data [Z]. los Alamos National Laboratory, LA-UR-94-2340.

[2] 张明信,魏建维,王晓霞. 固体推进剂燃烧中凝相位粒子的激光全息测试 [J]. 固体火箭技术, 2001, 23(1).

[3] 李茹,王国志,张耀明. 含铝推进剂燃烧场全息粒子图像处理系统的研究 [J]. 光子学报, 1999, 23(12).

[4] 沈庭芝,方子文. 数字图像处理及模式识别 [M]. 北京:北京理工大学出版社, 1998.

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