

文章编号:1001-5078(2007)11-1213-03

红外系统中自动调焦爬山搜索算法的优化设计

官光勇,何文忠,高旭辉
(华北光电技术研究所,北京 100015)

摘要:图像调焦越准确,高频分量的能量越多,系统的调焦评价函数反映了图像高频分量的能量,自动调焦的过程就是运用爬山搜索算法求取调焦评价函数最大值的过程。普通的爬山搜索算法会受到调焦评价函数局部极值的干扰而不能准确调焦,优化的调焦评价函数能有效地排除这种干扰,使系统可靠地调焦。本文详细介绍了在红外系统中优化的爬山搜索算法的原理和实现方法。

关键词:自动调焦;爬山搜索算法;调焦评价函数

中图分类号:TN215;TP391

文献标识码:A

Optimized Mountain Climb-searching of Auto-focusing in Infrared Imaging System

GONG Guang-yong, HE Wen-zhong, GAO Xu-hui
(North China Research Institute of Electro-optics, Beijing 100015, China)

Abstract: The better focused the image is, the more energy of high frequency it contains. The focusing evaluation function of the auto-focusing system is consistent with the energy of high frequency of the image. The procedure of auto-focusing is to getting the maximum of the focusing evaluation function employing the mountain-climb searching algorithm. Ordinary mountain-climb searching algorithm is apt to be disturbed by local extremum, while optimized mountain-climb searching algorithm can get rid of this disturbance effectively. This paper introduces the principle and realization of the optimized mountain-climb searching algorithm.

Key words: auto-focusing; mountain climb-searching; focusing evaluation function

1 引言

自动调焦技术的研究可追溯到19世纪末,早在1898年^[1]法国就有人对放大镜头的自动调焦进行过研究。随着计算技术和图像处理理论的发展,半数字式及数字式自动调焦技术迅速崛起,即通过对图像进行高频分量能量的计算或系统点扩展函数的分析,进行系统的调焦或图像恢复,这是现代自动调焦技术发展的主流。其中,通过对图像有关信息进行分析计算,运用控制策略调整光学系统,从而使系统正确调焦的方法称为半数字式的自动调焦方法,优化的爬山搜索算法就用于半数字式的自动调焦系统中。

2 半数字式自动调焦原理

数字图像处理理论认为,信号或图像的能量大部分集中在幅度谱的低频和中频段,但图像轮廓的锐度和细节的丰富度取决于图像的高频成分,因此,

各种检测图像的边缘信息或计算图像高频分量的自动调焦方法应运而生。一帧图像中视频信号的高频成分值被称为调焦评价函数,自动调焦的过程就是求取调焦评价函数最大值的过程。当图像清晰时,图像细节丰富,在空域表现为相邻像素的特征值(如灰度、颜色等)变化较大,在频域表现为频谱的高频分量多。根据这个特点,通过对图像进行微分运算提取图像中景物的边缘和轮廓,可以评判图像中高频分量的大小,并判断调焦正确与否。

近年来,调焦评价函数已得到人们的广泛关注,许多学者在这方面做了大量的研究工作,积累了许

作者简介:官光勇(1980-),男,华北光电技术研究所2004级硕士研究生,主要从事红外图像处理及电机控制等研究工作。
E-mail: gguangyong@126.com

收稿日期:2007-07-17; **修订日期:**2007-07-26

多研究成果,其中最流行的是时域的对比度评价函数,频域的频谱评价函数和信息论领域的熵评价函数。

频域的频谱评价函数由于计算量大,在快速调焦中应用较少;熵评价函数的调焦性能并不是很好,其灵敏度低,效果差,所以它在实时系统中的应用也不是很理想。根据以上分析及所测对象的特点,我们采用了灰度差分法作为调焦评价函数,其优点是:计算量小、灵敏度高。它的表达式是:

$$F(i) = \sum_{x,y} |f(x,y) - f(x,y-1)| + |f(x,y) - f(x+1,y)| \quad (1)$$

式中, $F(i)$ 表示一幅图像中灰度差分; $f(x,y)$ 表示调焦区域中第 x 行第 y 列像素的灰度值; $|f(x,y) - f(x,y-1)|$ 表示第 x 行相邻列像素灰度值的差分的绝对值; $|f(x,y) - f(x+1,y)|$ 表示第 y 列相邻行像素灰度值的差分的绝对值。公式(1)的运算是在空间域进行的,将相邻列像素亮度值差分的绝对值及相邻行像素亮度值差分的绝对值求和就得到调焦评价函数 $F(i)$ 。当调焦评价函数值最大时,图像最清晰。

理想的调焦评价函数^[2]具有单峰性,即在调焦范围内只有一个极值;无偏性,即只有在系统处于最佳调焦状态时,调焦评价函数才给出极大值或极小值;能反映离焦的极性(在焦前位置或是焦后位置);而且能抵抗图像中含有的各类噪声,对各种结构特点的图像都能调焦。图1是调焦特性曲线。

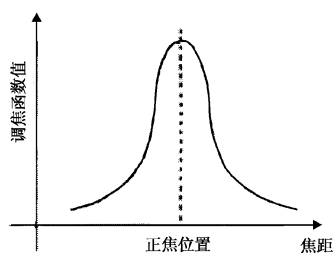


图1 调焦特性曲线

3 普通爬山搜索算法

在半数字式自动调焦系统中,自动调焦的过程就是求取调焦评价函数最大值的过程,广泛采用的是爬山搜索法^[3]来寻找最佳聚焦点,也即函数值最大的位置。其原理如图2所示。

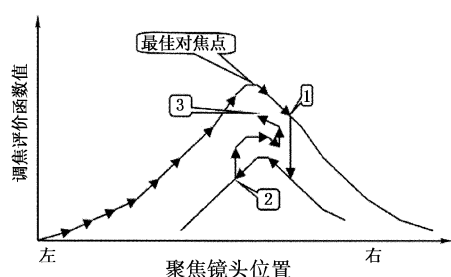


图2 爬山搜索算法示意图

驱动聚焦镜头的步进电机从起始位置出发(图

2中的左方向),以等步长驱动聚焦镜头向前运动(图2中的右方向),每走一步,就计算一次图像的调焦评价函数。若计算所得的调焦评价函数值逐渐增大,说明电机驱动方向正确,系统逐步调焦。当调焦评价函数值第一次出现减小时,说明镜头已经越过最佳调焦点,系统从准焦开始离焦,此时,电机应反向运转,减小步长,带动镜头向左移动,往回寻找最佳调焦点。同理,当调焦评价函数值再次出现减小时,电机又一次反转运行,进一步减小步长,带动镜头向右搜索。如此反复搜索,直到电机的步长减小到设定值,搜索结束。在图2中,箭头表示步进电机带动聚焦镜头前进的方向,(1)和(2)表示调焦评价函数值出现减小的地方,(3)表示镜头最终停止于最佳调焦点。

4 优化的爬山搜索算法

4.1 普通爬山搜索算法的缺陷

普通爬山算法简单易行,对于调焦评价曲线较好(峰值单一)的情况效果很好,是自动调焦系统中常用的一种算法。但我们在红外成像系统的实际应用中发现:镜头从偏离聚焦点的位置向聚焦点运动时,函数值在远离焦点的位置并不是严格按照单调递增的方式变化,而是有局部的最大值,因此运用普通的爬山搜索法在那里难以确定电机的转动方向,并且当出现多个峰值时,普通的爬山法很容易搜索到局部极值,导致自动调焦失败。

4.2 优化爬山搜索算法的原理

通常情况下,调焦曲线受到干扰而出现的局部极值都比较窄,为此,本文对爬山算法进行了改进。普通爬山算法在比较前后两次调焦结果时,即可确定曲线方向,所以,一旦遇到局部峰值,则极容易认为找到了峰。本文使用的算法,在爬山算法的基础上,确认曲线方向时,不是仅根据前后两次调焦结果确定,而是需要四个点确定曲线方向。如果四点连续上升,则确定曲线为上升方向;如果四点连续下降,则确定曲线为下降方向。通过这样的改进,就能够避免那些在两个调焦步长内出现的局部峰值,能有效排除远离聚焦点区域内的局部极值和干扰带来的误判断,使系统能准确可靠地实现调焦。其原理如图3所示。

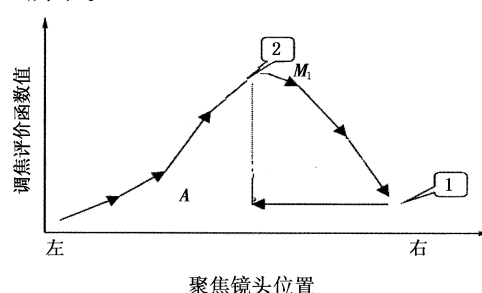


图3 优化的爬山搜索算法示意图

在优化的爬山算法中,电机驱动聚焦镜头从起始位置出发(图3中的A点)。镜头在走的过程中,每隔一定的时间间隔就要计算当前的调焦评价函数值,记录整个行程中最大的调焦评价函数值及其镜头的位置(图3中 M_1 处)。这样,当走完全程后(到达图3中的(1)处)。然后把镜头带回到评价函数最大值的位置(图3中的 M_1 点),系统实现正确调焦。

4.3 优化爬山搜索算法的时间优点

在普通的爬山搜索算法中,电机每走一个步长,就停下来计算函数值的大小,根据函数值的大小,决定电机下一步的方向,由于采集图像数据和计算数据均需要一定的时间,这无疑增加了整个自动调焦过程的时间。而在优化的爬山搜索算法中,电机在行走的同时采集和处理数据,这样自动调焦的时间就是电机走完全程加上回到函数最大位置的时间,这样大大缩短了自动调焦的时间,有利于红外成像系统实时的实现自动调焦。

4.4 优化爬山搜索算法的软件流程

优化爬山搜索算法的软件实现流程如图4所示。

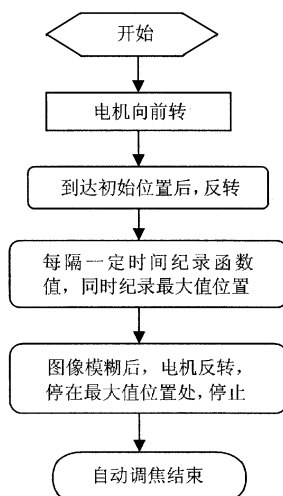


图4 优化爬山搜索算法的软件实现流程图

4.5 优化爬山搜索算法的硬件实现

优化的爬山搜索算法的硬件系统主要由FPGA系统,直流电机以及直流电机驱动芯片,限位开关组成。

FPGA主要是进行数据的处理,VHDL语言的硬件实现,包括调焦评价函数的实现,电机控制程序的实现,它在整个系统中处于核心的地位。直流电机根据函数值的大小带动镜头前后移动,最后使镜头停在最清晰的位置。电机驱动芯片用来驱动电机的运转。另外,在镜头组上装有限位开关,防止镜头走出行程范围。系统的硬件组成如图5所示。

5 应用优化的爬山搜索算法自动调焦前后图像对比

以上所述的爬山搜索算法已经在我们的红外成

像系统中硬件实现,试验结果如图6和图7所示。图6是离焦红外图像,图7是运行该自动调焦算法所得到的聚焦红外图像。可以看出,该系统很好地完成了聚焦。

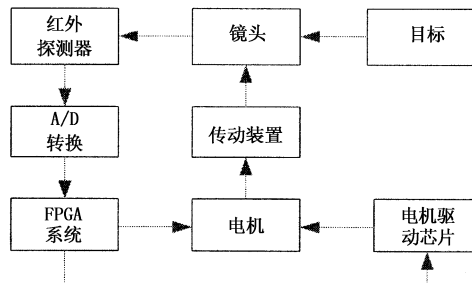


图5 系统的硬件组成

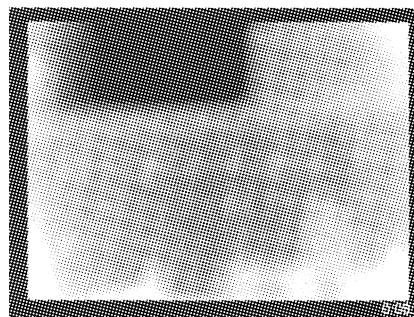


图6 基点图像:房屋

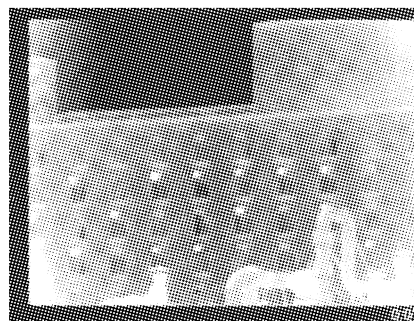


图7 聚焦图像:房屋

6 结论

由于优化爬山搜索算法在全程内搜索调焦评价函数的最大值,因此必定能找到系统的准焦点,不会受到调焦评价函数值局部波动的影响,也能有效地排除干扰,能够极大地提高自动调焦的可靠性。因此,针对实际的系统具有相当的灵活性。

参考文献:

- [1] 任四刚,李见为,谢利利. 基于灰度差分法的自动调焦技术[J]. 光电工程,2003,30(2):53-55.
- [2] 李文恩,陈海清,李俊,等. 红外导引头成像光斑图像处理及自动聚焦[J]. 量子光子学报,2003,20(3):364-366.
- [3] 郑玉珍,吴勇,等. 实时自动对焦的研究[J]. 光电工程,2004,31(4):48-52.