

基于现场可编程门阵列的图像调焦系统

陈国金^{1,2}, 朱妙芬², 施浒立¹, 祝杰²

(1. 西安电子科技大学, 陕西 西安 710071; 2. 杭州电子科技大学, 浙江 杭州 310018)

摘要: 数字图像自动调焦技术, 不仅能提高调焦精度, 而且能降低对成像系统加工和装配精度的要求。采用基于功率谱的评价函数对成像系统的聚焦位置进行识别, 提出了基于现场可编程门阵列 (FPGA) 的自动调焦系统实现方案, 主要完成图像预处理、清晰度判别和对焦控制等功能。针对自动调焦算法计算量大、计算复杂等特点, 采用中值滤波和灰度值线性变换的图像预处理方法, 以及流水线作业、“乒乓”操作、双蝶形处理器复用、基-2 FFT 算法相结合的工作模式。研究表明, 利用 FPGA 强大的并行及高速数据处理能力, 使得图像调焦算法不再成为复杂控制系统的速度瓶颈。

关键词: 图像处理; 自动调焦; FPGA; 图像清晰度; 功率谱

中图分类号: TP 391

文献标志码: A

Image auto-focusing system based on field programmable gate array

CHEN Guo-jin^{1,2}, ZHU Miao-fen², SHI Hu-li¹, ZHU Jie²

(1. Xidian Univ., Xi'an 710071, China; 2. Hangzhou Dianzi Univ., Hangzhou 310018, China)

Abstract: The digital image auto-focusing technology can not only improve focusing precision but also decrease the accuracy demand in machining and assembling imaging systems. The evaluation function based on power spectrum is used to recognize the focus positions of imaging systems and the realization scheme of the auto-focusing system based on field programmable gate array (FPGA) is put forward. It mainly accomplishes image pretreatment, definition evaluation and auto-focus control and so on. Aiming at the enormous computation and high complexity of the auto-focusing algorithm, the preprocessing method of combining the median filter with the linear transform of gray value, the pipelining structure, the 'ping-pong' working mode, the sharing processor of double butterfly shape and the base-2 FFT algorithm are presented. The research indicates that the actualization of the auto-focusing algorithm based on digital image processing becomes the speed bottle-neck of complex control systems no longer by using the strong parallel and high speed processing capacity of the FPGA chip.

Keywords: image processing; auto-focusing; FPGA; image definition; power spectrum

0 引言

现场可编程门阵列 (FPGA) 属于可重构器件, 其内部逻辑功能可以根据需要任意设定, 具有集成度高、处理速度快、效率高等优点。其结构主要分为三部分: 可编程逻辑块、可编程 I/O 模块、可编程内部连线。由于 FPGA 的集成度非常大, 一片 FPGA 少则几千个等效门, 多则几万或几十万等效门, 所以一片 FPGA 就可以实现非常复杂的逻辑和数学算法、替代多块集成电路和分立元件组成的电路。

图像处理是一个极具发展前景和重大应用价值的领

域, 它的许多研究成果已经应用于与社会生产及生活紧密联系的产品之中。调焦控制的应用是其众多应用中的一项。本文将自动调焦的图像处理技术与 FPGA 实现技术应用于图像自动调焦系统中, 提出利用图像处理技术、基于 FPGA 构建的自动调焦系统, 体现了当前自动调焦方法和实现技术的高度集成化、低功耗和高速处理的发展趋势。不仅仅缩短了开发时间, 而且便于在此基础上实现成像系统的单片化, 使得以图像处理为技术手段的自动调焦系统能够在视频监控、航空摄影、医学分析、工况检测、地质遥感及科学研究中获得广泛应用^[1]。

收稿日期: 2006-12-31; 修回日期: 2007-06-04。

基金项目: 国家自然科学基金 (60672063); 浙江省科技计划项目基金 (021105778) 资助课题

作者简介: 陈国金 (1961-), 男, 教授, 博士研究生, 主要研究方向为智能检测与控制, 光机电一体化, 嵌入式控制系统等。

E-mail: chenguojin@163.com

1 调焦算法分析

利用图像处理完成调焦过程的一个关键问题是找到一个理想的图像清晰度评价依据,因此图像清晰度评价算法是自动调焦系统中调焦算法的核心。同时由于图像预处理和电机控制将直接影响最后的调焦效果,因此本系统中调焦算法包括预处理算法、清晰度评价算法及电机控制算法三部分。

选择灰度直方图均衡方法、中值滤波方法和同态滤波方法的组合使用可以达到较好的预处理效果。然而直方图方法和同态滤波方法在实际使用时却有实现算法较为复杂、运算量较大的缺点。由于在本系统中,运算与控制的核心芯片是 FPGA,在 FPGA 中复杂算法的实现意味将会消耗其中大量的硬件资源。而且直方图方法和同态滤波方法只是在特别的情况下会有突出的表现,就普遍的应用条件而言,其他方法的使用效果并不会比这两种方法的组合相差太多,因此本系统的图像预处理过程使用中值滤波方法和灰度值线性变换方法。

将信号从空间域变换到频域中进行分析是信号处理的常用方法。清晰的图像比模糊的图像包含更多的信息,人们能更好地分辨其中的细节,图像中有清晰可辨的边缘。因此高清晰度图像的主要特征是具有清晰的边缘特征和图像细节的复现性,它对应于图像傅里叶变换后的高频分量,而离焦模糊图像属于退化图像,它的特征信息对应于图像傅里叶变换后的低频分量加强和高频分量的衰减^[2,7]。这就是基于功率谱的评价函数用于图像清晰度评价的基本理论依据。

通过二维傅里叶变换可以对构成图像的空间频率进行分析,对于连续图像 $f(x,y)$,当 $\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} |f(x,y)| dx dy < \infty$ 时,可以由式(1)求出二维傅里叶变换

$$F(u,v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x,y) \exp[-j2\pi(ux + vy)] dx dy \quad (1)$$

对于数字图像,如考虑把 $f(x,y)$ 在 x 和 y 方向上用抽样间隔 $\Delta x, \Delta y$ 进行抽样得到 $f(m,n)$,则

$$f(x_0 + m/M, y_0 + n/N) = f(m,n) \quad (2)$$

式中: M, N 为横纵方向的像素数 ($\Delta x = 1/M, \Delta y = 1/N$), $m, n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, 假设式(2)为周期性的,即得

$$F(u,v) = \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{l=0}^{N-1} f(m,n) W_1^{-ku} W_2^{-lv} \quad (3)$$

式中: $W_1 = e^{-j2\pi/M}, W_2 = e^{-j2\pi/N}$ 。

对一幅图像的二维数组进行傅里叶变换,其频率分布如图 1 所示。从图 1 可以看出,空间频率域的左上角相当于直流成分,左上、左下、右上、右下各角周围部分对应于低频成分,而中央部位附近对应着高频成分。为了使直流成分出现在频率域中的中央位置,在把画面分成四份的基础上,可以进行如图 1 所示的移位调整操作。

边缘信息经傅里叶变换后对应于频谱的高频分量,由于聚焦准确的图像有更尖锐、清晰的边缘,因此这样的图像包含有更高的高频分量。进而从能量角度看,高频分量的增加使得信号的能量增加,因此可以利用功率谱函数构建清晰度评价函数,即

$$f(l) = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} P_l(u,v) \quad (4)$$

其中, $P_l(u,v) = \frac{1}{MN} (F_l^r(u,v) + F_l^i(u,v))$ 为图像信号的功率谱函数, l 为图像序号。

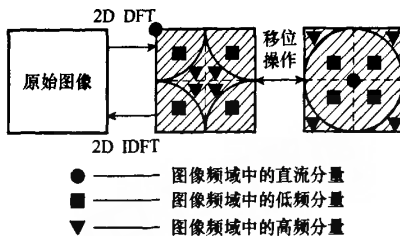


图 1 图像的空间域与频率域转换关系

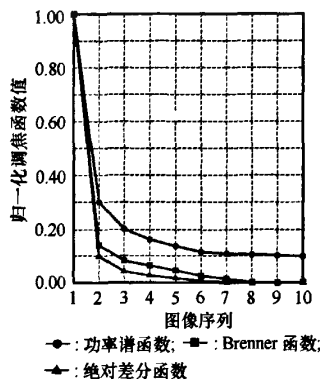


图 2 频域分析函数与其他函数的调焦曲线比较

各个不同清晰程度图像的主要区别在于图像频率中所包含的高频成分的多少。因此构造基于功率谱的评价函数的关键是要找到一个合适的表达式来反映这个特征。这里采取对图像频谱进行加权处理的方法,并且加权系数正好符合这样一个规律:随着频率的增加,它的值也增加,反之亦然,这样就可以更加突出地强调频谱中的高频成分。实际处理时,加权系数采用该像素到中心像素的距离。

$$f(l) = \frac{1}{MN} \sum_u \sum_v \sqrt{u^2 + v^2} (F_l^r(u,v) + F_l^i(u,v)) \quad (5)$$

式(5)是把图像频谱图中各个像素点频谱的各分量经加权处理后,求和得到一个能表征图像清晰度的评价参量^[3]。

对同样的系列图像,应用基于功率谱的清晰度评价函数,即式(5),计算得到其调焦曲线,如图 2 所示。为了与其他的方法作出比较,在图中画出了 Brenner 函数和绝对方差函数的调焦曲线。

从图 2 可以看出,功率谱函数和绝对方差函数的调焦曲线在峰值附近几乎一样,远离峰值处,功率谱函数的调焦值比绝对方差函数的调焦值大,这说明功率谱清晰度评价函数对聚焦情况的判别本领接近于绝对方差函数,在离焦情况下,前者的判别本领比后者大。

2 系统组成

基于 FPGA 的自动调焦系统的结构框图,如图 3 所示。图像预处理、清晰度评价和对焦控制三个部分都在 FPGA

中实现。自动调焦系统按照不同的功能可以分解为5个模块,包括光学成像模块、图像采集模块、图像处理模块、控制模块和驱动模块。

图像处理模块主要完成图像预处理及清晰度判别,而控制模块则主要完成对电机步进量的控制。这两个模块都

在一片FPGA中实现。实现内容包括预处理算法、清晰度判别算法及电机控制算法。本系统的图像处理模块使用一款Xilinx公司的SpartanIIE系列的XC2S300E-6PQ208C芯片。同时为给图像数据提供缓冲存储,使用一片512k×16BIT的SRAM^[4]。

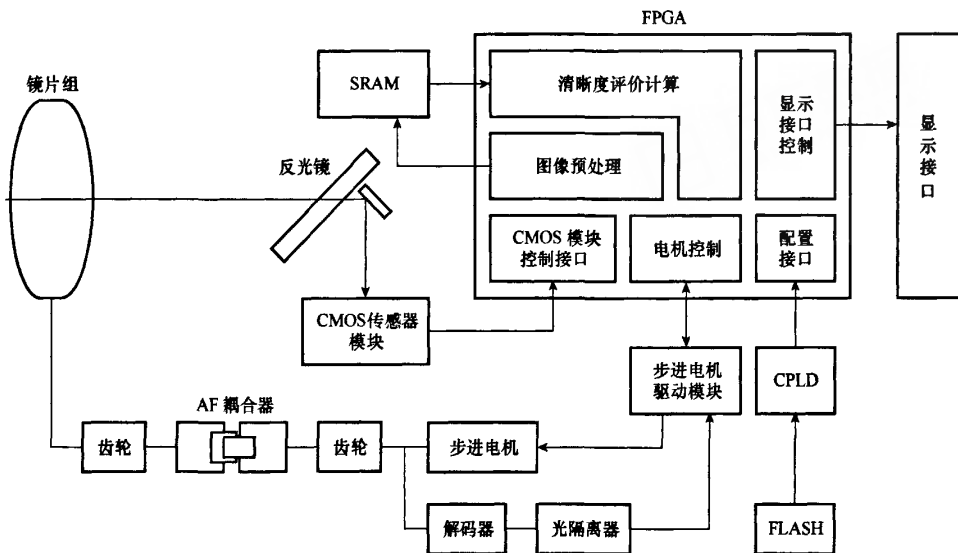


图3 基于FPGA自动调焦系统的结构框图

本系统的图像预处理采用中值滤波方法和灰度值线性变换方法,清晰度判别采用基于功率谱的清晰度评价函数。基于功率谱的清晰度评价函数表达式为

$$p(u, v) = \frac{1}{MN} \sum_u \sum_v \sqrt{u^2 + v^2} (F_n^2(u, v) + F_m^2(u, v)) \quad (6)$$

从上式中可以看出,对于一幅640×480的灰度图像,利用上式进行处理,需要进行1 228 800次乘法运算,307 200次开方运算和614 400次加法运算。这其中还没有包括在此之前需要进行的傅里叶变换的计算量。如此庞大的运算量对于一个实时系统将会成为系统响应速度的瓶颈。因此在评价函数已经确定的情况下,必须考虑图像区域的划分与选择。

本系统中选择将每幅图像划分为5个128×64大小的图像块,并利用基于功率谱的清晰度评价函数来对5个图像块分别进行清晰度评价,其具体算法步骤为

步骤1 128×64的像素灰度值 $f(x, y)$ 进行二维快速傅里叶变换(FFT)得到 $F(u, v)$ 。

步骤2 提取上一步得到的频域数据中的64×32个数据,计算变换后的实部及相应虚部值的平方和,获得图像信号的功率谱 $E(u, v) = (F_n^2(u, v) + F_m^2(u, v)) / (128 \times 64)$,其中 $u \in [0, 63]$, $v \in [0, 31]$ 。

步骤3 按照公式 $d = \sum_{u=0}^{31} \sum_{v=0}^{63} \sqrt{u^2 + v^2} E(u, v)$ 进行加权求和,得到一块图像的清晰度评价价值。

步骤4 重复以上3个步骤5次,并将获得的5个清晰度评价价值进行加权求和,并以此作为整个图像的清晰度评价结果^[7]。

上述算法过程首先用C语言实现,并进行有效性验证。此后,使用硬件描述语言(VHDL)对该算法流程进行描述,经过综合、映射之后,最终在FPGA内实现该算法处理流程^[5-6]。

根据基于功率谱的图像调焦算法的特点,提出流水线作业结构、“乒乓”操作模式、双蝶形处理器复用、基-2 FFT算法的FPGA实现方案,以提高图像自动调焦的计算和响应速度。整个调焦算法实现结构中的各个模块之间采用流水线结构,同时为使数据流在各模块之间流通更为顺畅,运用“乒乓”操作模式。“乒乓”操作的最大特点是,通过“输入数据选择单元”和“输出数据选择单元”按节拍、相互配合的切换,将经过缓冲的数据流没有时间停顿地送到“数据流运算处理模块”进行运算与处理,完成数据的无缝缓冲与处理。调焦算法中的二维快速傅里叶变换是核心算法,该算法使用两个蝶形处理器,并通过对这两个蝶形处理器的复用,实现整个基-2 FFT算法的处理过程。

3 调焦效果分析

对清晰度评价算法和其中的基-2 FFT算法实现结构的分析研究,可以得到整个清晰度评价算法所需要的乘法运算次数为 $(53\ 248 \times 3 + 64 \times 32 \times (2 + 1)) \times 5 + 5 = 829\ 445$ 次。其中52 348×3是指基-2 FFT实现算法中的蝶形算法次数以及每次蝶形运算所需乘法运算次数;64×32×(2+1)则为FFT处理后的加权乘法次数;以上各部分乘以5,表示重复5次;而加5为对各块图像的清晰度评价价值进行加权乘法运算的次数。清晰度评价算法所需要加法

运算次数为 $(53\ 248 \times 3 + 64 \times 32 \times 1 + (64 \times 32 - 1)) \times 5 + 4$ 次,即 819 199 次。其中,52 348 \times 3 是指基-2 FFT 实现算法中的蝶形算法次数以及每次蝶形运算所需加法运算次数;64 \times 32 \times 1 则为 FFT 处理后的频谱计算单元加法次数;(64 \times 32-1)为之后的累加次数;以上各部分乘以 5,表示重复 5 次;最后加 4 是指对各块图像的清晰度评价价值进行加权求和时的累加次数。

通过以上分析,可以认为,清晰度评价算法的理论延时时间为 829 445 次的乘法运算延时与 819 199 次的加法运算延时之和。然而,由于加法器是由逻辑电路实现,虽然它也有电路传输延时,但这个延时在系统设计时已将它限定在小于时钟周期的范围内,因此在计算系统延时时间时,只考虑乘法器的延时。同时由于图像处理模块中的实现结构为流水线结构,因此模块的延时时间实际上是处理时间需要最多那个部分时间。在 FPGA 实现的模块中,处理时间需要是最多的那个部分是 FFT 处理器。对一块 128 \times 64 的图像矩阵进行基-2 FFT 计算所需蝶形运算次数为 26 624 次,乘法器的延时时间为 17 个时钟脉冲,因此,当使用的系统主时钟频率为 50 MHz 时,图像处理模块的延时时间为 $26\ 624 \times 5 \times 17 / 50\ 000\ 000 = 0.045\text{ s}$,同时考虑到数据传输中的延时,如“乒乓”操作和数据锁存等,约增加 0.001 s 的延时,因此整个图像处理模块的延时时间为 0.046 s,远小于 8 帧图像采集的间隔时间要求,即 $8 \times 0.04 = 0.32\text{ s}$ 的约束时间。上述设计方案已经在 XC2S300E 芯片中得到了实现,取得了满意的速度效果。

在基于 FPGA 的图像自动调焦系统实验平台上,镜头焦距调节范围为 8 mm—80 mm,共分为 60 段,因此焦距段取值范围为[1,60]。测试时将焦距手动调节到最近端,即广角位置,再进行自动搜索调焦。搜索步数 k 、每次调焦定位位置(焦距段)及图像清晰度评价价值如表 1 所示。调焦搜索过程如图 4 所示。从图 4 中可以看出,经过 9 步搜索,最后的调焦焦距定位在焦距段 32 处,此时的图像最清晰。并且经过反复多次测试,其结果与人的主观评价结果相符。因此认为利用图像处理方法,基于 FPGA 实现的自动调焦系统是可行的,并且调焦效果满意。

表 1 搜索过程的测试数据

搜索步数 k	镜头位置	清晰度评价价值
1	24	4 229.58
2	37	4 603.63
3	46	3 174.41
4	32	5 336.23
5	29	4 978.65
6	34	5 349.36
7	31	5 266.31
8	33	5 290.48
9	32	5 336.23

4 结束语

采用功率谱的清晰度评价函数实现自动调焦,这种图像清晰度识别方法应用于自动调焦系统中,不仅能提高调

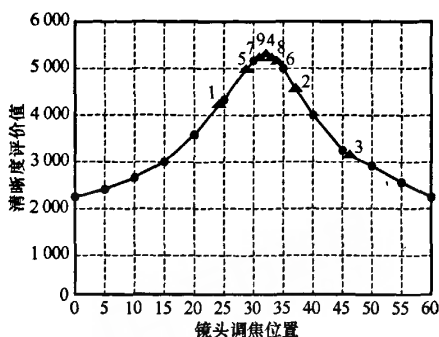


图 4 调焦搜索过程

焦精度,而且能降低对成像系统的加工和装配精度的要求。在基于 FPGA 的自动调焦系统中,FPGA 芯片主要完成图像预处理、清晰度判别和对焦控制等功能。由于 FPGA 芯片的高速性能,因此特别适合于对控制系统的响应时间要求很高的场合,而其丰富的逻辑模块和 I/O 口,能够更快速地并行处理高精度的计算。由于本系统中的图像处理模块需要在短时间内快速完成对 5 块 128 \times 64 图像矩阵的二维 FFT 变换及功率累加平均计算,因此利用 FPGA 的这种并行处理能力及高速度的数据计算能力,使得图像调焦算法的实现,不再成为复杂控制系统的速度瓶颈。




参考文献:

- [1] 祝杰. 基于 FPGA 的数码相机自动调焦系统实现[D]. 杭州:杭州电子科技大学, 2004.
- [2] Choi K S, Lee J S, Ko S J. New autofocusing technique using the frequency selective weighted median filter for video cameras[J]. *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, 1999, 45(3): 820-826.
- [3] 刘斌. 基于图像技术的自动调焦系统设计与实现[D]. 杭州:浙江大学, 2003.
- [4] Xilinx Incorporation. Spartan-III 1.8V FPGA family: complete data sheet[M]. 2004.
- [5] 王诚,薛小刚,钟信潮. FPGA/CPLD 设计工具 Xilinx ISE5.x 使用详解[M]. 北京:人民邮电出版社, 2003.
- [6] 潘松,黄继业. EDA 技术实用教程[M]. 北京:科学出版社, 2002.
- [7] 张克松. 自动调焦系统图像清晰度评价方法的研究[D]. 杭州:杭州电子科技大学, 2003.
- [8] Chen Guojin, Zhu Miaofen, Wang Yaka. An improved auto-focusing algorithm based on autocorrelation[C]// *Hangzhou: CI-ICT06*, 2006: 25-28.
- [9] Chen Guojin, Zhu Miaofen, Guan Liming, et al. Implementing the auto-focusing system based on the digital image process technology[C]// *Dublin: Proceedings of IEE Irish Signals and Systems Conference*, 2005: 92-95.
- [10] Chen Guojin, Zhang Kesong, Gong Ye, et al. Research on image definition function using in real time auto-focusing system[C]// *Beijing: Proceedings of Fifth International Symposium on Instrumentation and Control Technology*, 2003: 466-470.
- [11] Chen Guojin, Zhu Miaofen, Guan Liming, et al. Study on contrast evaluation function of CMOS digital camera[C]// *Monterey: Proceedings of the 2005 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics*, 2005: 379-383.

基于现场可编程门阵列的图像调焦系统

作者: [陈国金](#), [朱妙芬](#), [施泮立](#), [祝杰](#), [CHEN Guo-jin](#), [ZHU Miao-fen](#), [SHI Hu-li](#), [ZHU Jie](#)

作者单位: [陈国金, CHEN Guo-jin \(西安电子科技大学, 陕西, 西安, 710071; 杭州电子科技大学, 浙江, 杭州, 310018\)](#), [朱妙芬, 祝杰, ZHU Miao-fen, ZHU Jie \(杭州电子科技大学, 浙江, 杭州, 310018\)](#), [施泮立, SHI Hu-li \(西安电子科技大学, 陕西, 西安, 710071\)](#)

刊名: [系统工程与电子技术](#)   

英文刊名: [SYSTEMS ENGINEERING AND ELECTRONICS](#)

年, 卷(期): 2008, 30(2)

被引用次数: 0次

参考文献(11条)

1. 祝杰. 基于FPGA的数码相机自动调焦系统实现 2004
2. Choi K S, Lee J S, Ko S J New autofocusing technique using the frequency selective weighted median filter for video cameras 1999 (03)
3. 刘斌. 基于图像技术的自动调焦系统设计与实现 [学位论文] 2003
4. Xilinx Incorporation spartan-II E 1.8V FPGA family: complete data sheet 2004
5. 王诚, 薛小刚, 钟信潮 FPGA/CPLD设计工具Xilinx ISE5. x使用详解 2003
6. 潘松, 黄继业 EDA技术实用教程 2002
7. 张克松 自动调焦系统图像清晰度评价方法的研究 2003
8. Chen Guojin, Zhu Miaofen, Wang Yaka An improved auto-focusing algorithm based on autocorrelation 2006
9. Chen Guojin, Zhu Miaofen, Guan Liming Implementing the auto-focusing system based on the digital image process technology 2005
10. Chert Guojin, Zhng Kesong, Gong Ye Research on image definition function using in real time auto-focusing system 2003
11. Chen Guojin, Zhu Miaofen, Guan Liming Study on contrast evaluation function of CMOS digital camera 2005

相似文献(10条)

1. 期刊论文 [白立芬, 徐毓娟, 于水, 李庆祥, Bai Lifen, Xu Yuxian, Yu Shui, Li Qingxiang 基于图像处理的光学自动调焦方法研究 - 仪器仪表学报 1999, 20 \(6\)](#)

自动调焦技术是提高显微镜测量精度的重要手段, 本文介绍了采用图像处理法实现显微镜自动调焦的方法, 对图像处理法实现显微镜自动调焦中的两腹、际距辛哈德博母致?其一是图像清晰度评价函数的选取, 文中采用绝对方差函数和修正平方梯度函数分别作为粗精调焦评价函数; 另外还针对提高图像信息质量的方法进行了探讨, 采用线性拟合与同态滤波方法进行图像处理, 为离焦判断提供高质量的图像信号. 实验表明, 该方法调焦精度达 $\pm 0.3 \mu\text{m}$.
2. 学位论文 [耿道鹏 基于图像的光测成像系统自动调焦方法研究 2008](#)

在靶场测量等的光测成像系统中, 获取清晰的图像是进行高精度测量的必要条件. 目前, 这些系统均采用人工调焦的方式, 效率低且受人因素影响大, 很难保证得到全程清晰的目标图像. 本文的目的就是研究基于图像的快速自动调焦系统, 使之对运动速度较快、形状复杂的靶场目标能够进行准确调焦.

论文在系统介绍自动调焦原理和分类的基础上, 阐述了基于图像处理自动调焦方法, 分析了其优越性. 该方法利用对图像处理后的信息作为电动镜头调焦的判据, 驱动电动镜头调焦直至最佳聚焦点, 使成像清晰. 论文首先对该方法的图像清晰度评价函数进行了系统论述, 并通过实验对各清晰度评价函数的综合性能进行了分析和比较; 然后针对运动目标成像特点, 确定了适合本课题的调焦搜索控制策略. 最后, 根据现有条件搭建了自动调焦硬件系统, 使用 VC++ 编程语言编写了系统控制软件程序, 设计了室内、室外运动目标自动调焦实验, 并对实验结果进行了分析. 实验表明本文所研究的针对运动目标的基于图像的自动调焦方法在理论及技术实现上都是可行的.

在“长距离轨道几何参数摄像测量系统”的测量过程中, 需要对电动镜头的焦距、聚焦、光圈进行实时调节, 本文对其中电动镜头自动调焦部分进行了改进, 并完成了整个系统的外场实验, 得出了满意的数据结果. 另外, 大气湍流对轨道几何参数摄像测量系统的精度有较大影响, 为了解决这一问题, 论文对大气湍流造成的成像抖动进行了理论分析, 然后通过反复实验确定出“滑动窗口滤波”这一解决方案. 实验结果表明, 该方案能有效消除湍流对成像的影响.
3. 期刊论文 [许静玲 基于图像处理自动调焦算法的探讨 - 中国科技信息 2005, "" \(8\)](#)

本文阐述了自动调焦的原理和方法, 探讨了基于图像处理自动调焦的算法, 列举了几种常用的调焦判断函数, 总结了自动调焦判断函数的选取方法.

4. 学位论文 [孙文](#) 调制传递函数测试仪的自动调焦技术研究 2009

人工调焦要求操作人员掌握一定专业知识、操作烦琐,而且靠人眼目测手动调焦产生的误差较大。与此同时,随着数字图像处理向自动化和智能化方向发展,能否快速有效地实现自动调焦,对焦点处图像进行采集和分析处理,已得到越来越多的重视。

本论文主要基于调制传递函数测试仪的自动调焦系统开展研究。该测试仪主要用于透镜成品的检测,判断其成像质量,淘汰不合格的产品。自动调焦系统在该测试仪中起着重要的作用,能否使得图像采集系统在焦点处进行图像采集关系到最后测得的MTF值的准确度,而MTF值是判断镜头成像好坏的重要参数。

本论文阐述了自动调焦的基本原理,分析了多种调焦判断函数,重点分析了频域类的调焦判断函数,通过傅立叶变换得出调制传递函数,作为调焦判断函数,并设计了一套切实可行的自动调焦算法。

本论文在自动调焦系统的硬件上,基于原先的设备进行了改造,采用了百万像素的CCD摄像头,使得采集的图像效果更佳。同时在电机控制方面,更换了步进电机的脉冲发生器,使其可以脱离工控机,在普通的PC机上就能实现脉冲控制。

本论文还为调制传递函数测试仪的自动调焦系统设计了友好的用户界面,实现了计算机自动控制,操作简易,大大提高了测试效率和准确度。

最后,对本课题的工作进行了总结,分析了工作中存在的不足,并对将来的工作做了展望。

5. 期刊论文 [王学影](#)、[张洪涛](#) 基于图像处理的CCD摄像机自动调焦方法研究 -计量技术2005,“(8)

自动调焦技术是提高CCD摄像机测量精度的重要手段,特别是在小景深及高精度的测量中。本文介绍了采用图像处理法实现自动调焦的方法,并提出了几种图像清晰度评价函数。经实验结果论证效果良好。

6. 学位论文 [倪军](#) 基于图像处理的自动调焦变焦技术研究 2007

自动调焦、连续变焦是新一代光电跟踪设备的关键技术,为了改善光电跟踪产品的性能,本文对自动调焦、变焦技术进行了深入研究,包括自动调焦理论与方法,调焦评价函数及算法,调焦窗口规划技术,同时也研究了自动变焦技术。研究的内容与成果有以下几点:

本文深入研究了基于图像处理的自动调焦理论和方法。通过实验,分析了频谱函数、梯度函数和熵函数在自动调焦应用时的性能,讨论了移动目标调焦的特殊性以及它对调焦评价函数曲线的影响,给出了移动目标调焦的前提条件和计算方法。

本文提出一种基于排序梯度和熵的调焦评价函数。原有的基于梯度算子的评价函数是以所有梯度为统计对象,在目标或背景有变化时,大量的低值梯度对评价函数的单峰性产生影响,易导致调焦失败。该函数以排序在前n位的梯度作为统计对象,计算其梯度和,作为调焦评价函数。实验验证了该函数在目标有一定范围内大小变化时具有良好的调焦评价性能。为了减少大的尖锐噪声对评价曲线的影响,本文又提出一种基于阈值梯度数统计的调焦评价,该算法比较前后帧图像中大于某一动态阈值的梯度数量,得到调焦的方向,通过实验曲线图可以看出该方法可以有良好的准确性和稳定性。

本文通过对连续自动调焦的流程分析,说明了在调焦前对图像做清晰度判断的必要性。通过实验,分析了图像清晰程度与目标边缘锐度的对应关系,提出一种基于边缘法向梯度分布特征的单帧图像清晰度判断算法。该算法以参数的形式把图像的清晰程度反映出来。通过实验证明了该算法对光电跟踪设备的图像有良好的判断性能。通过对当前图像的清晰度判断,减少了自动调焦的误触发。

选取合适的调焦窗口是自动调焦过程中重要的技术。调焦窗口中应包含尽可能多的成像主体,使背景的影响尽可能小。本文根据光电跟踪设备图像的特点,结合目标跟踪技术,提出两种调焦窗口动态规划算法:基于动态阈值质心跟踪调焦窗口算法和自适应相关匹配跟踪调焦窗口算法。质心跟踪窗口规划适合背景简单,目标大小合适的序列图像场合,具有速度快,稳定的特点。相关跟踪窗口规划具有较强的局部抗干扰能力,适合信噪比不高,背景复杂的场合。

本文研究了基于图像处理的连续自动变焦原理,提出连续自动变焦流程。基于图像处理的连续自动变焦技术关键是要准确提取目标的成像大小。实验分析了图像单阈值分割和自适应阈值分割的优缺点。提出基于边缘梯度的阈值分割方法。通过选取边缘过渡区上的灰度作为动态分割阈值。减少了背景起伏的影响和噪声点的影响。

本文设计了一个基于PC机的调焦、变焦实验系统。通过对实物目标和仿真目标的实验。验证了本文研究的自动调焦、变焦技术的准确性、可靠性。

关键词:光电目标跟踪,自动调焦,评价函数,变焦镜头,图像质量评价

7. 期刊论文 [刘海萍](#)、[苏世彬](#) 基于局部图像处理的自动调焦系统设计 -科技风2009,“(9)

随着现代计算技术的发展和数字图像处理理论的日益成熟,自动调焦技术进入了一个新的数字时代,越来越多的自动调焦算法运用的是图像处理理论。

8. 期刊论文 [麻恒阔](#)、[魏国强](#)、[MA Heng-kuo](#)、[WEI Guo-qiang](#) 基于图像处理自动调焦方法的稳定性研究 -航空精密制造技术2007,43(2)

本文对几种常用的图像聚焦评价函数进行了比较、研究,并在此基础上针对由于图像噪声导致评价函数不稳定,调焦重复精度不够的现象,首次提出了调焦区域选择,图像预处理,改进算法,曲线拟合四项措施结合起来提高调焦重复精度。

9. 学位论文 [刘斌](#) 基于图像技术的自动调焦方法研究与实现 2004

自动调焦已成为各种成像系统的重要功能,与国外相比,国内在这方面的工作做得还比较少,同时图像处理技术的发展使得自动调焦趋于数字化和智能化,提出基于图像技术的自动调焦方法具有重要的实际意义。基于图像技术的自动调焦方法采用了与传统调焦技术完全不同的方式进行调焦,传统的调焦方法是通过传感器检测焦点或测量距离的方式实现的,而基于图像技术的调焦方法直接根据图像分析出图像的质量,从而获得当前的成像状态,然后完成调焦操作。图像质量分析是该调焦方法中的关键技术,本文从三种途径详细论述了图像质量分析方法的实现:(1)基于对比度的图像质量分析方法从图像的时域、频域及信息熵三个角度建立能表示图像对比度的一些调焦函数,并对这些评价函数做了详细的比较,最后确定出时域的Brenner函数和绝对方差函数具有更好的综合性能;(2)基于功率谱的客观图像质量分析方法假设场景的功率谱具有不变特性,引入了人类视觉系统,加入了维纳噪声滤波器,对图像质量进行评价可得到一个确定的IQM数值,该数值与人的视觉评价具有很高的相关性;(3)基于小波与神经网络的图像质量分析方法利用小波分析对图像进行多分辨率分解,分析其细节信息并采用统计的方法提取图像特征,再利用人工神经网络对图像特征进行质量模式识别,得到图像的质量等级,实验表明,该方法达到了不错的识别率。调焦的实现对于对比度法是计算每次成像的调焦函数值,结合一维搜索方法,不断逼近正焦位置;对于功率谱方法和小波与神经网络方法是根据评价出的图像质量,确切地改变焦距调整量。在自动调焦理论的基础上提出了自动调焦系统的设计,分析了系统的总体性能并作为软硬件设计的依据,调焦系统采用DSP+FPGA的高速硬件系统方案。

10. 期刊论文 [蒋汉元](#)、[李雪雷](#)、[张涛](#)、[廉绿松](#)、[Jiang Hanyuan](#)、[Li Xuelei](#)、[Zhang Tao](#)、[Lian Lvsong](#) 光电经纬仪图像测量中的自动调焦系统研究 -计算机测量与控制2010,18(1)

针对经纬仪传统自动调焦中因目标距离数据不足而无法使用的缺点,从获取的数字图像中提取表征图像清晰度特征的聚焦量入手,设计实现了经纬仪自动调焦系统;首先对自动调焦系统进行了总体结构设计,其次设计开发了图像采集存储处理控制单元的软硬件,设计了自动调焦的控制过程,实现了基于图像处理的经纬仪自动调焦;实验结果表明,在外场工作条件下,应用该系统对静止目标和多数运动目标均能获得良好的调焦效果。

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_xtgcydzjs200802004.aspx

授权使用: 陕西理工学院(sxlgxy), 授权号: f4235e6e-bb85-4281-85dc-9df2010ad127

下载时间: 2010年9月15日