

文章编号: 1003-501X (2001) 05-0032-03

基于 USB Video Camera 的自动对焦系统

王立强, 林 斌, 徐向东, 陆祖康

(浙江大学国家光学仪器工程技术研究中心, 浙江 杭州 310027)

摘要: 介绍一种应用于 USB video camera 中的自动对焦系统。由 USB video camera 获取的视频图像经计算机进行 FFT 运算或微分运算, 得到其频谱幅值数据或微分幅值数据, 计算机根据所得数据判断 USB video camera 中的镜头是否处于离焦位置并控制电机将镜头移到对焦位置。文章还进一步讨论了提高自动对焦准确度的措施。实验结果表明该自动对焦系统能很好地实现 USB video camera 的自动对焦, 该系统将使具有 USB 接口的 video camera 使用更简单方便。

关键词: 自动对焦; 图像处理; 视频摄像机; USB 接口

中图分类号: TN919.8 文献标识码: A

An Automatic Focusing System Based on USB Video Camera

WANG Li-qiang, LIN Bin, XU Xiang-dong, LU Zu-kang

(China National Optical Instrument Engineering Research
Center, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: An automatic focusing system applied in USB video camera is introduced. The computer calculates the video image achieved by USB video camera through FFT operation or differential operation, obtains its frequency data or differential data. The computer judges whether the lens of USB video camera is in defocusing position and moves the lens to the focusing position with a motor. The paper further discusses the measures for improving automatic focusing accuracy. The experimental results show that the automatic focusing has been carried out in a very good approach. The system will make the use of video camera with USB interface to be simpler and more convenient.

Key words: Automatic focusing; Image processing; Video camera; USB interface

引 言

随着计算机网络的普及和人们对图像通信需求的增长, 作为计算机外设的 USB video camera 也得到越来越广泛的应用, 它通过 USB 接口将视频图像传送到计算机, 可用于网上视频图像通信。本文提供一种基于 USB video camera 的自动对焦系统, 它能快速、准确、方便地实现 USB Video Camera 的自动对焦。

1 自动对焦的原理

自动对焦主要通过以下三种方法实现: 一是通过红外光或超声波对目标进行测距^[1], 根据所得距离驱动电机调节镜头至对焦位置; 二是利用图像处理方法获得相应信息去控制电机调节镜头至对焦位置^[2, 3]; 三是通过图像处理估计点扩散函数 PSF, 并根据估计得到的 PSF 进行图像恢复^[4]。目前大部分数字摄像机采用方法二, 这是因为方法一需要红外光源或超声波源及相应的传感器, 这使得自动对焦系统体积大, 而

收稿日期: 2000-11-01; 收到修改稿日期: 2001-05-15

基金项目: 国家九五重点科技攻关项目 (96-B11-03-01-04) 资助。

作者简介: 王立强 (1977 -), 男 (汉族), 陕西渭南人, 博士生, 主要从事数码相机技术研究。

且成本高；方法三则只能在比较小的离焦范围内起作用。

一幅图像是否对焦准确，反映在空间域上是图像的边界及细节部分是否清晰，在频率域上是图像的高频分量是否丰富。前者可以通过对图像进行微分来获取图像的边缘及细节信息，后者可以对图像进行 FFT 来获取图像的频谱信息。图像微分法能获得图像的边缘及细节信息，而且算法简单快速，但不能滤掉图像中的噪声。对图像进行 FFT，然后让频谱通过带通滤波器，则能够在获取图像高频信息的同时滤掉更高频的噪声，但算法复杂耗时。本系统采用的自动对焦原理就是利用图像处理获得图像的微分幅值或频谱幅值，并寻找相应幅值的最大值位置，而该幅值的最大值位置就对应图像的最佳对焦位置。图 1,2 分别是一幅目标图像及其微分幅值与频谱幅值。



图 1 一幅目标图像

Fig.1 A target image

图 2 中横坐标为电机离开初始位置的步长，纵坐标为微分幅值和频谱幅值（频带为 800kHz~4.5MHz）。微分幅值中的次大值为噪声影响所致。微分算法为 Sobel 算子。

$$S = \sqrt{d_x^2 + d_y^2} \quad (1)$$

其中 d_x, d_y 分别表示图像在行、列方向上的差分运算。

$$d_x = [f_{i-1, j-1} + 2f_{i, j-1} + f_{i+1, j-1}] - [f_{i-1, j+1} + 2f_{i, j+1} + f_{i+1, j+1}] \quad (2)$$

$$d_y = [f_{i+1, j-1} + 2f_{i+1, j} + f_{i+1, j+1}] - [f_{i-1, j-1} + 2f_{i-1, j} + f_{i-1, j+1}] \quad (3)$$

根据上述所得到的原始数据，只要控制电机走到数据中的最大值位置，则镜头就相应被调节到最佳对焦位置。

2 提高对焦准确度的措施

从图 2 可以看出，对图像进行微分运算，虽然获得了图像的边缘及细节信息，但噪声也被加强了，当噪声引起的干扰达到一定程度时，就会产生对焦错误，要避免出现这种情况，就要在微分之前过滤噪声。为了在过滤噪声的同时还能很好的保护边缘和细节信息，中值滤波是一个很好的方法^[5]。

我们采用五点中值滤波，即

$$f_{i,j} = \text{Median}\{f_{i-1,j}, f_{i+1,j}, f_{i,j-1}, f_{i,j+1}\} \quad (4)$$

$\text{Median}\{\}$ 表示取中间值。图 1 在先经过中值滤波，然后再微分后的幅值如图 3，可以看到原来的次大值峰已很好的消除。

一般情况下，镜头的最佳对焦位置并不一定在电机步长的整数倍位置，为了得到更为准确的对焦位置，我们用最小二乘法对数据进行拟合，因为在最大值附近数据趋势更接近二次多项式，故我们选取的数据点为最大值点及其两旁各 4 个点，设二次曲线方程 $y = ax^2 + bx + c$ (5) 其中 a, b, c 为拟合系数，频谱幅值拟合后的曲线如图 3 所示。令 $dy/dx = 0$ (6)

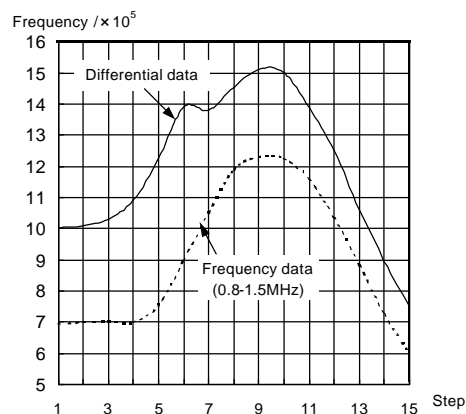


图 2 图 1 中图像的微分与频谱幅值

Fig. 2 The differential data and frequency data for the image in figure 1

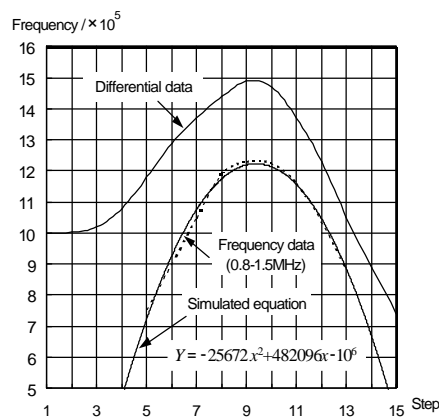


图 3 中值滤波后的微分幅值及拟合的频谱幅值

Fig.3 Differential data and fitted frequency data after median filtering

则最大值位置为

$$x = -b/2a = 482096 / (2 \times 25672) = 9.39 \quad (7)$$

这样对电机步长进行细分,可以得到更为准确的对焦效果。

3 自动对焦系统的组成

整个自动对焦系统的组成框图如图 4,由镜头所得的光学图像经图像传感器转换为视频图像数据,该数据由 USB 接口器件转换成 USB 传输格式并传送到计算机的 USB 接口,接着数据被传送到帧缓冲器进行缓冲,帧缓冲器中的视频图像数据一方面传送到显示设备进行视频显示,一方面由 CPU 读取并进行 FFT 运算(或微分运算),得到当前

帧图像的频谱信息(或边界轮廓信息),CPU 根据得到的频谱信息(或边界轮廓信息)产生相应的控制命令并传送到 USB 接口,该控制命令再进一步传送到 USB Video Camera 中的电机控制驱动电路,电机控制驱动电路根据该命令来控制步进电机的转向与转速,步进电机通过传动装置来带动镜头的移动,实现 Video Camera 的自动对焦功能。

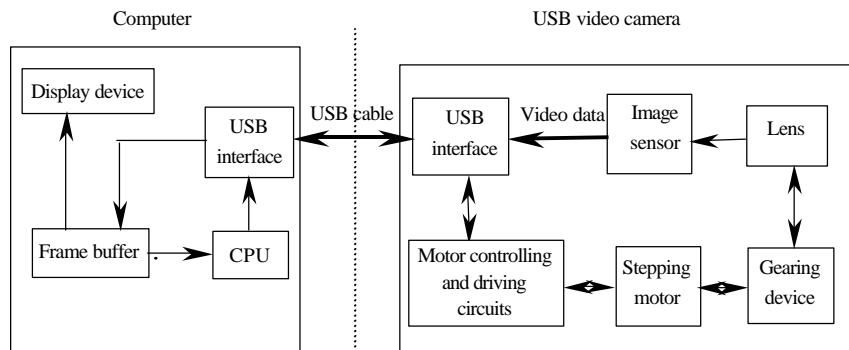


图 4 自动对焦系统的组成框图

Fig.4 The Block diagram for the constitution of the automatic focusing system

4 实验结果及分析

本系统中的图像传感器采用 CMOS 图像传感器 OV7620,镜头的相对孔径为 1.8,每秒中可通过 USB 总线传送 15 帧左右的 CIF 格式图像,计算机对采集图像的中心部分(大小为 100 行,256 列)进行 FFT 或微分运算。在这种情况下,本系统可以对 50mm 至无穷远的目标进行清晰的自动对焦,对焦速度在两秒钟以内,像面的对焦精度可达到 0.02mm 以上,主观总体感觉为良好以上。目标在图像处理范围内占的比例越大,对焦越准确。当 USB 传送 VGA 格式的图像时,由于 USB 带宽的限制,对焦速度有所减慢。

结束语

目前,由于 USB Video Camera 还不能实时传送高品质的视频图像,限制了本系统对高分辨率视频图像的对焦速度。2000 年 4 月,USB2.0 标准正式发布,它使 USB 传输速度由 12Mb/s 提高到 480Mb/s,为 USB 接口的视频设备提供了充足的带宽,因此,USB Video Camera 的图像分辨率和传输速度将大大提高,应用会越来越广泛,基于 USB Video Camera 的自动对焦系统也会进一步完善并得到广泛应用。

参考文献:

- [1] Chen O T, Lu Y C, Chang H T. Fuzzy reasoning processor for camera image autofocus [J]. SPIE, 1995, 2501: 347-354.
- [2] 白立芬,徐毓娴,于水,等.基于图像处理的显微镜自动调焦方法研究[J].仪器仪表学报,1999,12(6):612-614.
- [3] Wang G L, Chen D W, Tao C D, et al. Research on Auto-focusing System Based on Image Processing[J]. SPIE, 1999,3650: 88-92.
- [4] Sang Ku Kim, Sang Rae Park, Joon Ki Paik. Simultaneous Out-of-focus Blur Estimation and Restoration for Digital Auto-focusing System[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 1998, 44(3): 1071-1075.
- [5] 赵荣椿. 数字图像处理导论[M]. 西安:西北工业大学出版社,1999.