

图像法自动调焦原理及系统实现

Elements of automatic focusing based on image processing method and Development of system

(1.长春光学精密机械与物理研究所;2.中国科学院研究生院) 刘焕雨^{1,2} 万秋华¹

LIU Huan-yu WAN Qiu-hua

摘要:介绍了基于图像处理方法的自动调焦系统的组成、工作原理、硬件电路设计与软件设计。该系统的核心是图像处理部分和控制部分。给出了聚焦量计算的三个导出公式,提高了硬件的运算速度。详细分析了自动调焦的控制过程,并提出了渐变步长的思想,提高了系统的控制精度。实验结果表明,在较宽范围的环境条件下,该系统具有良好的调焦效果。

关键词:图像处理;自动调焦;电机驱动控制;SEE7111A;TMS320F2812;FPGA

中图分类号:TP272

文献标识码:A

Abstract:The constitution, operating principle, hardware and software of automatic focusing system based on image processing method are presented. Image processing unit and control unit are core of this system. Three derived expressions for calculation of focused quantity is introduced, it increases operating speed in the hardware. Control process of automatic focus is analysed detailedly, and idea of step length changing gradually is presented, it increases control precision of system. Experimental results show that, in wider range of environmental condition, this system focus on good.

Key words:image processing, automatic focus, drive and control of electric machine, SEE7111A, TMS320F2812, FPGA

引言

在光测系统中,调焦问题越来越受到人们的普遍重视,它直接影响光测设备的测量结果。特别是光测设备在对空中飞行目标进行拍摄过程中,目标与光测设备的距离不断发生变化,因而需要不断地调整光学系统的焦距,从而调整目标像点的位置,使其始终位于焦平面上,以获得清晰的图像。对光学镜头进行手动调焦,其调节过程长,调焦精度受人员主观的影响较大。

在工程实践中,基于测距的自动调焦方法已经获得了广泛的应用。其原理是,测定光学镜头与被摄目标之间的距离,将之代入光学系统的光学传递函数,计算出聚焦位置并驱动调焦机构调焦。此方法成熟、稳定,但需要配备专门的测距设备,安装、调试精度要求较高,因而,使用健壮性较差,同时也不利于光测系统的小型化。

随着计算机硬件和数字图像技术的飞速发展,图像的实时处理已经成为可能。这就为基于图像处理的自动调焦技术提供了实现条件。

1 基于图像处理的自动调焦原理和系统总体设计

一副图像是否聚焦,反映在空域上是图像的边缘及细节是否清晰,而图像的边缘及细节信息可以通过对图像进行微分来获取,因此,可以利用这些信息作为聚焦的判据。这种提取图像边缘信息的函数称为聚焦评价函数,图像经其处理后所得到的量值能够反映图像的清晰度。聚焦评价函数应具有以下几个特性:无偏性,单峰性,高灵敏度,较高信噪比,计算量较小。这里选用绝对方差函数:

$$R = \sum_{j=0}^{M-1} \sum_{i=0}^{N-1} |f(x_i, y_j) - f(x_{i-1}, y_j)| + \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} |f(x_i, y_j) - f(x_i, y_{j-1})| \quad (1)$$

刘焕雨:博士研究生

式中, M、N 对应于一幅视频图像的行数和列数,下标 i、j 表示像素的位置。对比度 R 的量值越大,表示图像越清晰,也即对焦越好。

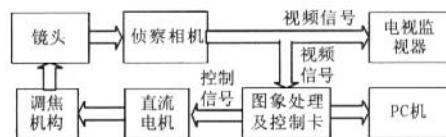


图1 自动调焦系统的总体结构框图

自动调焦系统的总体结构如图1所示。相机的视频信号分为两路,一路送监视器显示,一路送图像处理及控制卡进行视频处理。图像处理及控制卡对每一帧图像进行实时处理,判断成像是否清晰(对焦是否准确),并给出反馈信号控制直流电机旋转,进而驱动调焦机构运转,实现镜头的自动调焦。电视监视器用于观察调焦效果,PC机用于获取图像处理及控制过程的中间数据,进行状态检测和分析。

2 图像处理及控制卡的硬件和软件设计

图像处理及控制卡的硬件组成如图2所示。其分别完成以下几项功能:视频信号的解码,视频图像的存储和读取,聚焦评价函数的运算,控制信号的输出和驱动,处理过程中间数据的发送。

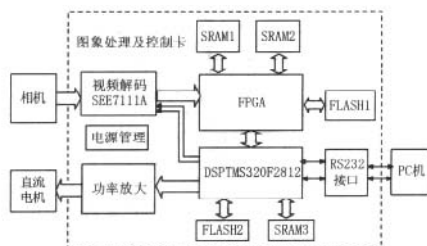


图2 图像处理及控制卡的硬件组成图

2.1 视频解码及图像数据的存储和读取

我国使用的相机通常都具有 PAL 制式复合 CVBS 和 S-Video(Y/C)视频信号输出端子,所设计的视频解码电路能够同时兼容这两种视频信号。

图像数据的存储和读取按照并行流水操作的思想设计,电路原理图如图3所示。当一片外部存储器,如 SRAM1 存储完一场图像数据后,向 DSP 发送中断信号,通知 DSP 读取数据,并由双路切换器将 FPGA 中同 SRAM1 间的连线切换至 SRAM2,开始存储下一场图像数据,与此同时,双路切换器将 DSP 同 SRAM2 间的连线切换至 SRAM1, DSP 响应中断后从 SRAM1 读取数据并处理。为了充分利用存储器的存储空间和提高数据存取效率,利用数据合并缓存器将两个八位图像数据合并为一个十六位数据。地址产生及控制模块对像素时钟脉冲进行计数,产生图像数据的存储地址,经锁存后输出给双路切换器。

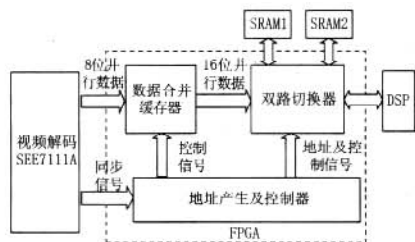


图3 FPGA中实现图像数据存储和读取的功能模块

2.2 焦评价函数的运算和调焦过程的控制

依据公式(1)编制图像聚焦量计算程序。在 DSP 内存中开设一块图像数据的存储区域,两行图像数据大小,以数组形式 Table [M] 表征。聚焦量计算的程序流程图如图4所示。其中的公式(2)、(3)、(4)由公式(1)导出,如下:

$$R = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=1}^{M-1} |Table[i][j] - Table[i][j-1]| + \sum_{j=0}^{M-1} |Table[1][j] - Table[0][j]| \quad (2)$$

$$R = \sum_{j=1}^{M-1} |Table[0][j] - Table[0][j-1]| + \sum_{j=0}^{M-1} |Table[1][j] - Table[0][j]| \quad (3)$$

$$R = \sum_{j=1}^{M-1} |Table[1][j] - Table[1][j-1]| + \sum_{j=0}^{M-1} |Table[1][j] - Table[0][j]| \quad (4)$$

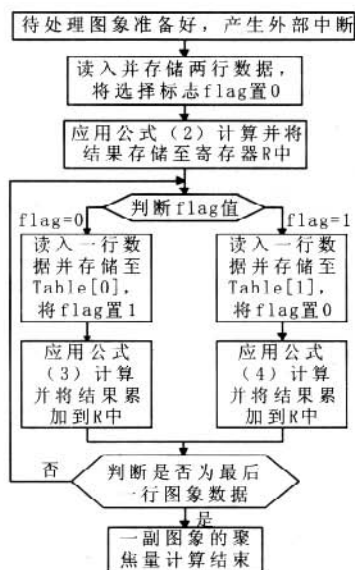


图4 聚焦量计算的程序流程图

在自动调焦的控制过程中,引入变步长的思想,并将调焦过程分为三个状态: a.微动扫描 b.大步长快速调焦 c.渐小步长

聚焦。自动调焦系统的控制过程如图5所示。

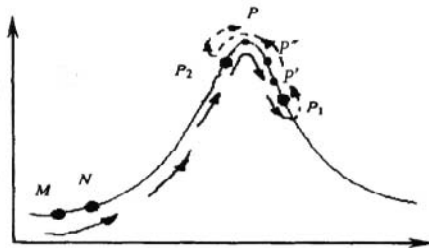


图5 自动调焦系统的控制过程

当相邻图像的聚焦量值对比小于一定域值时,目标景物及光学镜头的状态相对稳定,此时控制系统处于微动扫描状态,控制输出仍有使调焦机构向获取更大聚焦量图像方向运动,但控制量微小。当相邻图像的聚焦量值对比大于一定域值,表明目标景物发生了变化,或光学镜头进行了变倍、转向等操作,则控制系统进入大步长快速调焦过程。假定此时调焦机构位于点M处,首先确定搜索方向,因点N的聚焦量值大于点M的聚焦量值,即确定向点N方向行进,直到越过最大值P到达P1为止,即路径为M-N-P-P1,将此过程中最大聚焦量值P暂存,进入渐小步长聚焦过程。由P1开始,向山顶P运动,直到P2为止,将此次搜索中最大聚焦量值P'暂存。如此反复,每搜索一次,步距相应减小,并将相邻两次搜索中所获得的两个最大聚焦量值进行对比,当对比值小于一定域值时,表示调焦机构已经位于很接近点P的位置,进入微动扫描状态。

3 实验结果及结束语

应用所研制的自动调焦系统,分别在傍晚时刻的较低照度环境下和上午时刻的较高照度环境下进行实验,并用图像采集卡采集自动调焦后图像,自动调焦系统的应用效果如图6所示。从采集到的某建筑工地图像来看,在较低照度环境及较高照度环境下,都能够获得清晰图像,建筑物轮廓显著,有较高对比度,窗子等细节特征丰富明显,说明自动调焦比较精确,能够满足视频监控和图像采集的要求。

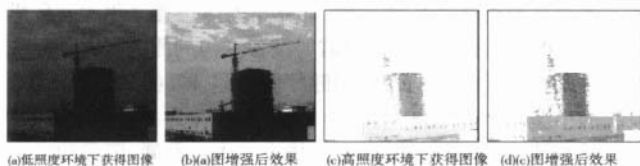


图6 自动调焦系统的应用效果图

本文作者创新点:针对于硬件系统的特点,推导出了聚焦量计算的三个快速算法公式,提高了硬件的运算速度;详细分析了自动调焦的控制过程,并提出了渐变步长的思想,提高了系统的控制精度。

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]李开端,赵育良等.基于面阵 CCD 的航空摄影高度自动测量及调焦[J].测试技术学报.2002, 16-3 196-199
- [3]杨磊,李峰,沈忙作.闭路电视监控系统[M].机械工业出版社.2003.26-30
- [4]朱磊,陆亭立.基于 ASIC 设计的图像采集系统的实现[J].微计算机信息 2005 21-2:21-23

(下转第 214 页)

```

tcflag_t c_cflag; /* 输出模式标志 */
tcflag_t c_cflag; /* 控制模式标志 */
tcflag_t c_lflag; /* 本地模式标志 */
cc_t cc[NCC]; /* 控制字符 */
};

```

在这个结构体中最为重要的是 `c_cflag`，通过对它的赋值，用户可以设置如波特率、字符大小、数据数、停止位、奇偶校验位和硬件流控等；存储在成员 `c_lflag` 的本地模式标志符决定是否显示字符，是否发送信号到应用程序等；`c_cc` 包含了控制字符的定义和超时参数。在对 `struct termios` 结构体的各个成员赋值，调用 `tcsetattr` 函数选择新的设置完毕后，嵌入式 Linux 就可以像对普通文件的输入输出那样访问串口。

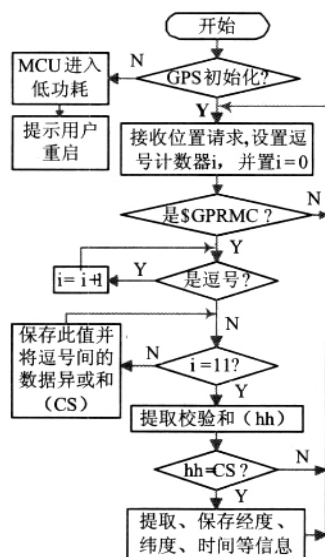


图3 GPS的RMC格式数据接收与解析流程图

3.3 GPS定位数据的接收与解析

M12 通过串口与处理器进行通信，它的输出遵循 NMEA0183 协议。NMEA0183 协议是美国国家海洋电子协会为海用电子设备制定的标准格式，它包含多种语句，其中 `$GPRMC` 是最常用的一条，其标准格式为：

`$GPRMC, (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11)* hh<CR><LF>`。

例如：`$GPRMC,081608.023,A,4050.548,N,11140.481,E,0.00,0,083.9,160206,004.6,W`

*7E<CR><LF>。各数据说明如下：

`$GPRMC` 为数据头 `$` 和信息 ID。

(1)表示定位 UTC 时间。例 8 时 16 分 08 秒，注意 UTC 时间与北京时间相差 8 小时。

(2)表示 GPS 信号有效标志，‘A’代表本条信息有效，‘V’代表本条信息无效。

(3)、(4)表示此刻模块所在方位的纬度，后缀为 N/S(北纬/南纬)，纬度格式 `ddmm.mmm`。例：北纬 40 度 50.548 分。

(5)、(6)表示此刻模块所在方位经度，后缀为 E/W(东经/西经)，经度格式 `dddmm.mmm`。例：东经 111 度 40.4381 分。

(7)表示对地速度，单位为节。本次采样时模块为静止，故此该值为 0。

(8)表示对地方向，单位为度。

(9)表示定位 UTC 日期，格式为日日月月年年。例：16 日 02 月 06 年。

(10)表示地磁变化，从 000.0 到 180.0 度。

(11)表示地磁变化方向，为 E 或 W。

hh 为校验和，其值为本条语句中从 `$` 到 `*` (但不包括 `$` 和 `*`) 的所有字符的 ASCII 码的十六进制异或和。`<CR><LF>` 为语句结束标志，十六进制为 0x0D 和 0x0A。

在数据处理过程中，针对需要的定位信息的要求，设计了如下的串行通信思路：根据 `$GPRMC` 数据格式，处理时一般先通过对帧头的判断而只对“`$GPRMC`”帧进行数据的提取处理。由于帧内各数据段由逗号分割，因此在处理缓存数据时一般是通过搜寻 ASCII 码 `$` 来判断是否是帧头，在对帧头的类别进行识别后再通过对所经历逗号个数的计数来判断出当前正在处理的是哪一种定位导航参数，并作出相应的处理。程序流程如图 3 所示。

4 结论

本文技术创新：将嵌入式 Linux 操作系统用于车载 GPS/DR 组合导航系统是对传统车辆导航系统的重大改进。在嵌入式 Linux 下，车载导航系统以较少的硬件资源实现较高的运行性能，成本大幅降低。利用了嵌入式 Linux 的多线程技术和实时性，解决系统中多个任务并行处理的问题，保证了系统的稳定性及可靠性，提高了系统的运行速度。

参考文献

[1]张绮文,谢建雄,谢劲心编著.嵌入式常用模块与综合系统设计实例精读[M].北京:电子工业出版社,2007

[2]Samsung Electronics S3C2410A User's manual,2004

[3]谭金,孟志强,王伟.基于 ARM 的车载导航定位终端的硬件设计.微计算机信息,2006,7- 2:142- 144

作者简介:陈铁军(1966-),男,湖北襄樊人,玉林师范学院高级工程师,硕士。主要研究方向为单片机、嵌入式系统。

Biography:Chen TieJun (1966-), Male, native place is Xiang-Fan city in Hu-Bei, YuLin Teacher's College senior engineer, Master; the research direction is single chip, embedded system.

(537000 广西 玉林 玉林师范学院) 陈铁军

(537000 广西 玉林 广西运美运输集团有限公司计算机中心) 陈卡菲

通讯地址:(537000 广西玉林 玉林师范学院西校区) 陈铁军

(收稿日期:2008.2.03)(修稿日期:2008.3.25)

(上接第 40 页)

作者简介:刘焕雨(1979-),男(汉族),黑龙江人,中国科学院长春光机与物理研究所博士研究生,主要从事光电位移测量及视频图像处理的研究。万秋华(1962-),女(汉族),吉林人,中国科学院长春光机与物理研究所研究员,博士生导师,主要从事光电位移测量理论及技术的研究。

Biography:Liu Huan-yu (1979-),male (Han nationality),Hei-Longjiang Province, PHD candidate in Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics, CAS, Main Field:Photoelectric measure and video Image processing.

(130033 长春吉林 长春光学精密机械与物理研究所) 刘焕雨 万秋华

(100039 北京 中国科学院研究生院) 刘焕雨

通讯地址:(130033 长春吉林 长春光学精密机械与物理研究所) 刘焕雨

(收稿日期:2008.02.23)(修稿日期:2008.4.25)