

# 嵌入式雾天降质图像对比度增强系统设计<sup>\*</sup>·实用设计·

尹传历,张 葆,戴 明,孙丽娜

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所,吉林 长春 130033)

【摘 要】设计了以高性能 DSP 芯片 TMS320VC6418 作为中央处理器、结合现场可编程门阵列(FPGA)构成外围电路逻辑控制的嵌入式高速图像增强处理平台,并实现了一种彩色图像对比度增强算法。首先将彩色图像从 RGB 空间转化为 HIS 空间,然后对亮度空间进行直方图均衡化处理,最后转化到 RGB 空间进行输出。利用真实图像验证了该系统,实验结果表明,该系统可以有效提高对比度,获得较好的增强效果,计算时间少,能够满足工程需要。

【关键词】彩色图像增强;嵌入式系统;对比度;直方图均衡化

【中图分类号】TP391

【文献标识码】A

## Design and Realization of Embedded Fog-degraded Image Contrast Enhancement System

YIN Chuan-li, ZHANG Bao, DAI Ming, SUN Li-na

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

【Abstract】An embedded high speed image enhancement processing system on high performance DSP TMS320C6418 and FPGA is designed, and a color image enhancement algorithm is presented. Firstly, the color image is transformed from RGB to HIS. Then, histogram equalization enhancement is adopted in the brightness image. Finally, the color image is transformed from RGB to HIS. Experimental results with real images show that the system can improve the contrast of the fog-degraded image, effectively enhance the color image, and the running time of the program is shorter, which can meet the project.

【Key words】color image enhancement; embedded system; contrast; histogram equalization enhancement

## 1 引言

目前对雾天降质图像的清晰化处理技术主要有:

1) 基于物理模型的复原方法,该方法从物理成因的角度对大气散射规律进行分析,建立图像的退化模型,并利用先验知识实现场景复原。2) 基于图像增强的方法,通过增强降质图像的对比度,满足主观视觉要求,从而达到清晰化的目的<sup>[1-2]</sup>。

基于物理模型的复原方法一般需要已知场景深度或大气条件等先验信息作为复原的前提,如果利用雷达等设备获得景深信息<sup>[3-4]</sup>,对硬件的要求较高,难以在现实中广泛应用。

目前,图像增强方法是广泛采用的比较有效的手段,该方法不需要准确的天气和景深信息,即可对单幅降质图像实现清晰化处理,满足主观视觉要求<sup>[5-6]</sup>。

本文基于中国科学院长春光学精密机械与物理研究所研制的光电侦察平台,对雾天降质图像增强嵌入式系统进行设计。首先将彩色图像从 RGB 空间转化为 HIS 空间,然后对亮度空间进行直方图均衡化处理,最后转化回到 RGB 空间进行输出。并采用 TI 公司的 DSP 芯片 TMS320VC6418 作为中央处理器,结合 Altera 公司的

FPGA 芯片 CycloneIC6 构成外围电路逻辑控制,搭建了高速图像处理平台。

## 2 嵌入式图像处理平台设计

在工程中,基于嵌入式平台的数字图像处理系统得到广泛应用<sup>[7-8]</sup>。笔者设计了一种嵌入式数字图像处理系统方案,其中核心芯片为 TMS320C6418,它是 TI 公司近几年推出的一款性价比较高的高速定点 DSP 芯片,工作时钟频率高达 600 MHz,达到 4 800 MI/s(兆指令/秒)的性能,并且采用 0.13  $\mu\text{m}$  CMOS 工艺,功耗低。嵌入式图像增强系统硬件原理框图见图 1。

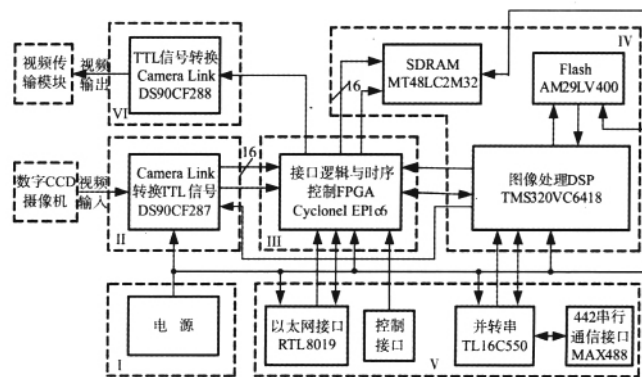


图 1 嵌入式图像增强系统硬件原理框图

<sup>\*</sup> 国家“863”计划项目(2008AA121803)

按功能划分,系统可分为6个模块。其中模块 为电源模块,提供所有芯片需要的电源。模块 为系统前向通道,数字相机输出的 Camera Link 标准的图像数据经过 DS90CF288 转换为 TTL 标准的图像信号。模块 为接口逻辑与时序控制模块,负责在 DS90CF288 和 DSP 访问 RAM 时进行地址译码及 RAM 的片选、读写控制;DS90CF288 和 DSP 对 RAM 访问的轮流切换,保证同一时刻二者之中只能有一个对 RAM 进行访问操作;作为通用输入输出接口对其他接口进行控制。模块 为系统的核心处理模块,由数字信号处理器 TMS320C6418、存储器 RAM 以及程序存储 Flash 组成,实现数字图像处理功能。模块 为通信与用户交互接口模块,包括 RS442 串行接口、控制接口和以太网接口。模块 为系统的输出通道,由 DS90CF287 将 TTL 标准的图像信号转换为 Camera Link 标准的图像数据。

系统工作过程如下:系统上电后,DSP 从外部 Flash 中 load 用户程序到内部程序空间,bootload 成功后用户程序执行。在 DS90CF288 转换一帧图像数据的同时,FPGA 将转换后的图像根据上一场 DSP 处理过的图像经过转换,通过 Camera Link 接口输出。FPGA 在 DS90CF288 转换完一帧数据后向 DSP 发送一次硬件中断 HI(Hardware Interrupt),DSP 接到 HI 中断后,首先启动 EDMA 通道,通过 FPGA 中 I/O 接口从外部缓存 RAM 中读取这帧图像数据,图像传输完成后启动一次软件中断 SI(Software Interrupt)。在软件中断 SI 服务程序中,DSP 根据图像数据进行图像处理,再将这一帧处理结果送给 FPGA 缓存。如此反复,直到控制接口发送停止命令。

### 3 图像对比度增强算法

直方图均衡化是将图像原直方图的分布映射为近似均匀的分布<sup>[9]</sup>,所以本文采用此方法达到增强降质图像的对比度的目的。

灰度直方图均衡化方法实现步骤如下:

1) 在 0~255 的灰度范围内,遍历整幅图像,得到图像中第  $k$  灰度级出现的次数  $n_k, k=0, 1, \dots, L-1$ , 其中  $L$  为图像中可能的灰度级总数。

2) 设  $p_r(r_k)$  为处理后第  $r_k$  灰度级的像素个数,公式如下

$$p_r(r_k) = n_k / n \quad (1)$$

式中:  $n$  为图像中像素总数。

3) 计算校正后的图像中像素  $(x, y)$  的灰度值  $z(x, y)$ , 公式如下

$$z(x, y) = 255 \times \sum_{j=0}^k P_r(r_j) \quad (2)$$

彩色图像做直方图均衡化步骤如下:

1) 将彩色图像从 RGB 转化为 HSI 模式;

2) 均衡化亮度分量:(1) 先将 H 分量量化为整数;(2) 用上述介绍的灰度直方图均衡化算法处理量化后的 H 分量;

3) 将处理后的 H 分量和原来的 SI 分量一起转化回到 RGB 模式。

### 4 实验结果与分析

为了验证本文设计的嵌入式图像增强系统的有效性,在楼上对有雾的图像场景进行实时拍摄和处理,图 2a、图 2c 为原图像,图 2b、图 2d 为图像增强后结果。从图中可以看出,处理后的图像清晰化程度得到了较大提高,取得了令人满意的清晰化效果,基本能够去除雾天对摄像机拍摄的影响。在设计的运行平台上计算了算法的运行时间。2 幅图像算法运行时间均为 40 ms 以内,能够满足工程中的需要。



(a) 原图像 1



(b) 增强后的图像 1



(c) 原图像 2



(d) 增强后的图像 2

图 2 原图像和增强后的图像

### 5 结论

本文结合实际工程需要,对雾天降质图像增强嵌入式系统进行设计。实验结果表明,设计的图像处理平台可以有效提高对比度,获得了较好的增强效果,计算时间少,能够满足工程中的需要。下一步将深入研究图像滤波增强,有效地增强图像细节,获得更加清晰、质量更高的图像。

#### 参考文献:

- [1] 翟艺书. 一种改进的雾天降质图像的清晰化算法[J]. 大连海事大学学报, 2007, 33(3):55-58.
- [2] 朱凯军. 基于区域分割的雾天图像增强算法[J]. 计算机测量与控制, 2006, 14(5):661-663.
- [3] TAN K, OAKLEY J P. Enhancement of color images in poor visibility conditions [C]//Proc. 2000 International Conference on Image

(下转第 114 页)

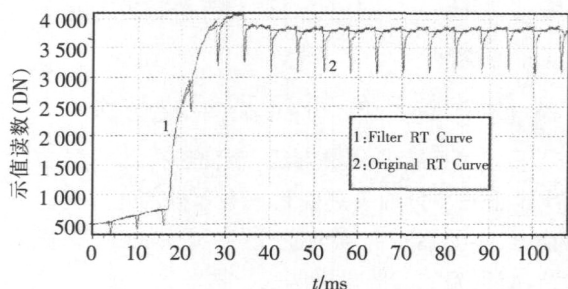


图4 面板带 flicker

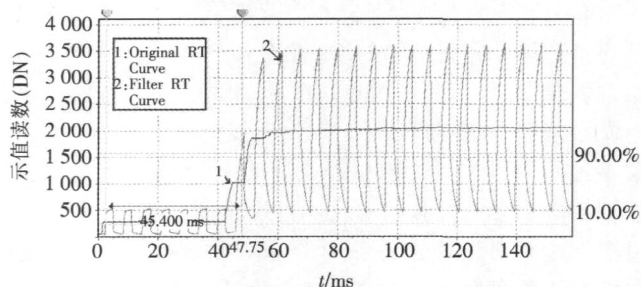


图5 面板带延时

## 2) 面板带延时

图5是面板带延时处理的情况。有些面板会对施加的信号等待一段时间响应,可能是固定延时,也可能是随机延时。该延时不易量化测量,只有从有些测量仪器的抓取波形上可以观察到。通常对这种面板要对延时部分采用中值包络的滤波器进行低通滤波,计算得到合理

的0电平。

## 3) 过驱欠驱

目前,过驱欠驱技术使用得非常普遍,有的面板为了有良好的响应时间表现,一味地将过驱欠驱调得很大,带来了一些伪像。带有过驱欠驱技术的测量只需按照前面提到的步骤选择合理的滤波器,正确确定0%电平和100%电平。通常测量仪器会提供过驱欠驱模式,选取这种模式后,搜索0%电平和100%电平的算法会有所变化。然后根据标准对过驱欠驱处理的定义进行计算即可。

前面总结了几种典型面板情况和测量方法,另外,有些特殊的面板会出现特殊的响应波形,例如上升沿和下降沿中间都有一个平坦的台阶等,这种情况测量的算法不一定能很好的适应,容易错误地定位0%和100%电平,需要测量人员正确把握。还有,有些情况门限10%和90%未必合适,需要适当进行修改才能得到正确测量。

## 参考文献:

- [1] VESA. FPDM 2.0 standard[S]. 2005.
- [2] TCO Development. TCO'06 standard[S]. 2006.
- [3] ISO. ISO 13406-2 standard[S]. 2002.
- [4] IEC. IEC 61747-6 standard[S]. 2004.

责任编辑:闫雯雯

收稿日期:2009-10-12

(上接第91页)

Processing. Vancouver, Canada: IEEE press, 2000:788-791.

- [4] OAKLEY J P, SATHERLEY B L. Improving image quality in poor visibility conditions using a physical model for contrast degradation[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1998, 7 (2): 167-179.
- [5] NARASIMHAN S G, NAYAR S K. Contrast restoration of weather degraded images [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25(6):713-724.
- [6] 詹翔, 周焰. 一种基于局部方差的雾天图像增强算法[J]. 计算机应用, 2007, 27(2): 510-512.
- [7] 尹传历, 刘冬梅, 宋建中. 一种嵌入式实时跟踪系统的设计与实现[J]. 电视技术, 2008, 32(1):85-87.
- [8] 张怀柱, 尹传历, 宋建中, 等. 基于 DSP 的嵌入式显微图像处理系

统的设计 [EB/OL]. [2009-06-20]. <http://scholar.lib.cn/A-QCode~dzjsyy200801015.html>.

- [9] 尹传历. 基于双目立体视觉的三维测量技术研究[D]. 长春:中科院长春光机所, 2008.

## 作者简介:

尹传历(1979-), 博士, 助理研究员, 主要从事航空数字图像处理与嵌入式系统的研究;

张 葆(1966-), 研究员, 博导, 主要从事航空光电成像技术的研究;

戴 明(1965-), 研究员, 博导, 主要从事对地实时观测系统信号获取、图像处理及控制工程研究;

孙丽娜(1972-), 博士, 副研究员, 主要研究方向为数字信号处理。

责任编辑:任健男

收稿日期:2009-10-18

(上接第97页)

- [4] 魏聪颖, 牛建伟, 吉海星, 等. 基于实时流媒体传输系统的 H.264 组包算法研究[J]. 计算机科学, 2007, 34(8):41-44.
- [5] 陶桂东, 张占军. 基于 RTP 协议 H.264 视频流传输 QoS 保证的研究[J]. 装甲兵工程学院学报, 2006, 20(5):58-60.
- [6] BOHME M. Using libavformat and libavcodec[EB/OL]. [2009-04-22]. [http://www.inb.uni-luebeck.de/~boehme/using\\_libavcodec.html](http://www.inb.uni-luebeck.de/~boehme/using_libavcodec.html).

## 作者简介:

刘志忠(1982-), 硕士生, 主研图像处理与多媒体通信;

朱秀昌(1947-), 教授, 博士生导师, 江苏省图像处理与图像通信重点实验室主任。

责任编辑:任健男

收稿日期:2009-09-18