

文章编号: 1007-2780(2011)05-0673-04

基于暗原色先验的嵌入式图像增强系统

尹传历, 孙丽娜, 韩松伟, 刘仲宇, 李志强

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033, E-mail: yinchuanli_1979@163.com)

摘 要: 针对彩色直方图均衡化算法颜色易失真的缺点, 提出了一种基于暗原色先验的快速图像增强算法。首先求取全局暗原色图, 然后估计透过率图和大气光成分图, 最后根据大气散射模型恢复出图像中所有像素的灰度值。结合实际应用, 以高性能 DSP 芯片 TMS320DM6437 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, 搭建了嵌入式高速图像增强处理平台。基于该平台用真实图像验证了本文提出的算法。实验结果表明, 本系统在提高色彩和对比度的同时, 有效地还原了场景中物体的颜色, 获得了较好的增强效果, 同时算法运行时间少, 能够满足工程项目的要求。

关 键 词: 彩色图像增强; 嵌入式系统; 对比度; 直方图均衡化; 暗原色先验

中图分类号: TP391

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20112605.0673

Embedded Image Enhancement System Based on Dark Channel Prior

YIN Chuan-li, SUN Li-na, HAN Song-wei, LIU Zhong-yu, LI Zhi-qiang

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

Changchun 130033, China, E-mail: yinchuanli_1979@163.com)

Abstract: According to the disadvantage of color distortion of color histogram equalization algorithm, a new image enhancement algorithm based on dark channel prior is presented. First, the dark channel image is done. Then the transmission map and the atmospheric optical components map are estimated. Finally the bright values of the pixels of the image are calculated according to the atmospheric model. An embedded high speed image enhancement processing system on high performance DSP TMS320DM6437 and FPGA was designed. Experimental results with real images shown that the system can improve the contrast and color of the image, restore the real color of the image, and effectively enhance the image, the running time of the program is shorter, so it can meet the requirements in the project.

Key words: color image enhancement; embedded system; contrast; histogram equalization; dark channel prior

1 引 言

有雾天气下, 可见光成像系统捕获的图像往往对比度较差, 严重影响了系统效能的发挥。如何从已经降质的图像中去除天气的影响并恢复图像的对比度, 是目前急需解决的问题^[1-2]。

已有的对雾天降质图像的清晰化处理技术主要有两种: 一种是基于图像的增强方法, 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; 另一种是基于物理模型的复原方法, 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

收稿日期: 2011-03-10; 修订日期: 2010-05-12

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(No. 2008AA121803)

作者简介: 尹传历(1979—), 男, 吉林江源人, 博士, 副研究员, 主要从事数字图像处理与嵌入式系统的研究。

复原。

基于图像的增强方法不考虑退化原因,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^[3]。但是,这种处理一般会有一些失真,损失部分信息^[4]。

基于物理模型的复原方法利用退化的先验知识,复原出场景的真实图像。传统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,如利用雷达等设备获得景深信息^[5],对硬件的要求较高,难以在现实中广泛应用。

近几年,一些研究学者提出了基于先验知识的图像恢复算法。Fatal 等通过独立成分分析来推断景物光在空气中传播时的透射率,达到去雾效果^[6];Jean-Philippe tarel 以最小滤波为基础辅以中值滤波进行全局去雾^[7];Kaiming He 等提出了一种新的先验规律——暗原色先验,利用这个先验能够直接评估雾光的透射信息,进而对单幅图像进行去雾还原^[8]。其中,暗原色先验基于一个强有力的假设,取得了较好的效果。但是,算法计算量大,复杂度高。

为了使可见光图像增强系统得到更为广泛的应用^[9],本文设计了一种嵌入式高速图像处理平台,并在此基础上实现了一种基于暗原色先验的图像清晰化处理算法,在该平台上采集实际图像验证了算法的有效性。

2 嵌入式图像处理平台设计

所设计的嵌入式数字图像处理系统方案核心芯片采用 TMS320DM6437,它是美国德州仪器公司(TI)近几年推出的专用于数字媒体应用的高

性能 32 位定点处理器,内核为 C64x+,工作主频高达 700 MHz,处理性能可达 5 760 MIPS。它采用高级超长指令字结构和硬件流水机制,使其在一个指令周期能够并行处理多条指令,加快了处理速度,这使得构建小型实时化的视频处理系统成为可能。

同时,TMS320DM6437 具有丰富的外围接口,如视频输入输出口,是设计多媒体嵌入式系统的最佳平台之一。

按功能划分,系统可分为 6 个模块,如图 1 所示。其中模块 I 为电源模块,提供所有芯片需要的电源;模块 II 为数字相机输入通道,由 DS90CF384 将 Camera Link 标准的图像数据转换为 TTL 电平的图像信号;模块 III 为接口逻辑与时序控制模块,主要负责 DSP 访问 FLASH 时进行地址译码及片选、读写控制,产生 DSP 中断,也可作为通用输入输出接口对其他接口进行控制等;模块 IV 为系统的核心处理模块,由数字信号处理器 TMS320DM6437、存储器 DDR2 以及程序存储 FLASH 组成,实现数字图像处理功能;模块 V 为通讯接口模块,包括 RS442 串行接口;模块 VI 为系统的视频输出通道,由芯片 DS90CF383 组成,实现 TTL 数字视频数据到 camera link 信号的转换。

系统工作过程如下:系统上电后,DSP 从外部 FLASH 中下载用户程序到内部程序空间,bootload 成功后用户程序执行。视频图像首先通过 FPGA 进入 DM6437 视频口的 FIFO(缓存)中,当 FIFO 中的数据存满一行有效像素时,EDMA 便将该行图像数据搬移到外部存储器 DDR2 的视

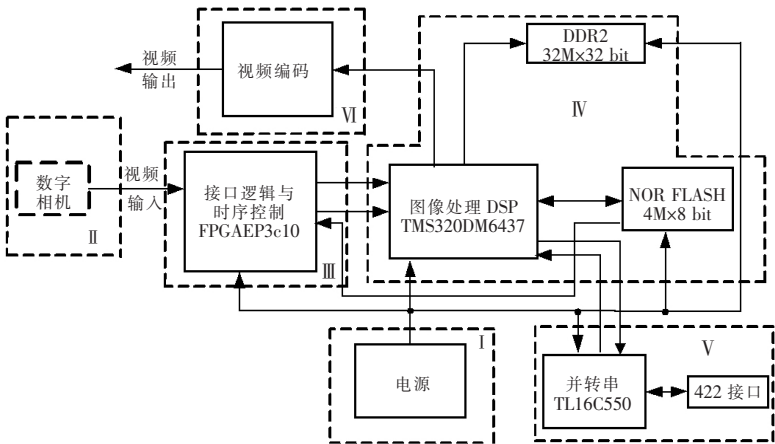


图 1 可见光图像增强系统原理框图

Fig. 1 Principle diagram of embedded image enhancement system

频采集储存区中,当该储存区中的图像数据满一帧时,DM6437 运行可见光图像增强算法,将处理完的图像数据复制到 DDR2 的视频回放储存区中,然后将该区中的数据通过 EDMA 搬移到视频输出口的 FIFO 中,由 DS90CF383 编码成标准 camera link 视频输出。如此反复进行,直到串行通讯控制接口发送停止命令。

3 图像对比度增强算法

雾天降质图像大气散射模型:

$$I(x) = t(x)J(x) + [1 - t(x)]A \quad (1)$$

其中: x 表示像素点的坐标; $I(x)$ 为已知量,指观测到的图像的强度,即实际拍摄图像; $t(x) = e^{-\beta d(x)}$ 为未知量,描述光线通过媒介透射到视觉系统的部分, $\beta d(x)$ 表示景深。因为大气层可看成各向同性的,故景物光线随着景深按指数衰减; A 表示全球大气光成分,是未知量; $J(x)$ 表示景物光线的强度即要恢复的真实的图像,待求量 $t(x)J(x)$,称作衰减项,描述景物光线在透射媒介中经衰减后的部分; $[1 - t(x)]A$ 是由前方散射引起的大气光成分,会导致景物颜色的偏移。

由公式(1)可知,增强的目标就是从实际拍摄的图像 $I(x)$ 中复原 $J(x)$ 、 A 、 $t(x)$ 。

通过大量的实验研究发现了这个客观存在的统计规律,即在户外无雾图像的绝大多数局部区域里(非天空),某一些像素总会有至少一个颜色通道具有很低的强度值,称之为暗原色,见公式(2)所示:

$$J_{\text{dark}}(x) = \min_{c \in \{r, g, b\}} \{ \min_{y \in \Omega(x)} [J_c(y)] \} \quad (2)$$

J_{dark} 称为图像 J 的暗原色,其强度值总是很低并且趋近于 0; J_c 为 J 的 r, g, b 三通道中一个颜色通道, Ω_x 是以 x 为中心的一块区域。

在被雾干扰的图像里,由于雾是灰白色的,导

致原本应该很暗的暗原色会被大气中的白光成分充斥而变得灰白,强度变得较高。这是空气中的漫反射分量引起的,而其强度和透射率有关,因此可以通过暗原色估计透射率。通过减去场景中暗原色点所对应的一个常数去除空间各向同性的雾,继而还原出清晰、色彩逼真的无雾图像,并可根据暗原色点的灰白程度来判断雾的浓度。

由雾图的物理模型可知,去雾的目标就是从雾化图像 $I(x)$ 中复原 $J(x)$ 、 A 、 $t(x)$ 。在有雾的图像中不同位置的雾浓度往往是不同的,首先利用暗原色先验估计出雾的透过率图(反应了图像中雾的浓度变化),再利用雾的透过率图恢复场景的去雾图像 J 。

具体实现步骤为:

- (1) 从实际图像中求得全局暗原色图;
- (2) 假设全球大气光成分已知,根据暗原色先验,估计透过率图;
- (3) 根据暗原色先验,估计大气光成分;
- (4) 由大气散射模型以及 $I, A, t(x)$, 恢复无雾图像 J 。

4 实验结果与分析

为了验证本文设计的嵌入式可见光图像增强系统的有效性,在楼上对实时拍摄的场景进行处理,实验所用图像如图 2 所示,其中(a)为原始图像,(b)为求取的暗原色图,(c)为透过率 t 估测图。实验结果如图 3 所示,(a)为彩色直方图均衡化增强的图像,(b)为本文算法增强的图像。从图中可以看出,直方图均衡化算法在增强图像的同时,一定程度地改变了部分目标的颜色;而本文算法复原后的图像在细节上更清晰,色彩和对比度得到了明显提高,颜色更接近晴天实际场景图像,取得了较好的效果。在处理时间上,对于一幅

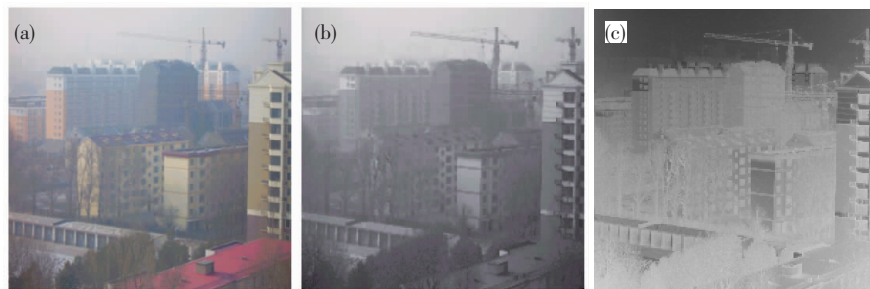


图2 原图像、暗原色图像和透过率图。

Fig. 2 Input image, dark channel image and estimated transmission image.

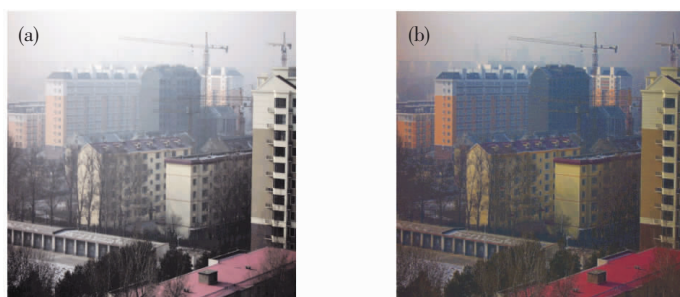


图 3 本文方法和直方图均衡化方法的比较

Fig. 3 Comparison with color histogram equalization algorithm

320×240 大小的彩色图像,本文算法的运行时间小于 40 ms,能够满足工程中的要求。

5 结 论

结合工程的需要,对嵌入式可见光图像增强系统进行了设计。首先设计了嵌入式可见光图像

增强处理平台,并在此基础上实现了一种基于暗原色先验的彩色图像增强算法,基于该平台用真实图像验证了本文提出的算法。实验结果表明,本系统在提高对比度的同时,有效地还原了目标的颜色,获得了较好的增强效果,同时算法运行时间少,能够满足工程项目的要求。

参 考 文 献:

- [1] 赵莹. 基于单幅图像的去雾方法研究[D]. 天津:天津大学,2009.
- [2] 尹传历,张葆,戴明,等. 嵌入式雾天降质图像对比度增强系统的设计与实现 [J]. 电视技术,2009, 33(12):90-92.
- [3] Menotti D, Najman L. Multi-histogram equalization methods for contrast enhancement and brightness preserving [J]. *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, 2007, 53(3): 1186-1194.
- [4] 刘瑞剑. 低能见度条件下图像清晰化处理研究[D]. 太原:中北大学,2008.
- [5] 王志坚. 基于大气模型的图像复原改进方法及应用 [J]. 计算机工程与应用,2007,43(3):239-241.
- [6] 赵莹. 基于单幅图像的去雾方法研究[D]. 天津:天津大学,2009.
- [7] 吴家伟,武春风,庾文波. 红外图像实时显示增强系统设计 [J]. 光学精密工程,2009,17(10):2612-2619.
- [8] 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.
- [9] 王彦臣,李树杰,黄廉卿. 基于多尺度 Retinex 的数字 X 光图像增强方法研究 [J]. 光学精密工程,2006, 14(1):70-76.