

# 相机视频图像自适应对比度增强系统的研制

刘焕雨<sup>1,2)</sup> 万秋华<sup>1)</sup> 熊文卓<sup>1)</sup> 刘春霞<sup>1,2)</sup> 李葆勇<sup>1)</sup>

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所<sup>1)</sup> 长春 130033)

(中国科学院研究生院<sup>2)</sup> 北京 100039)

**摘要:**介绍了基于图像处理方法的自适应对比度增强系统的组成、工作原理、硬件电路设计与软件设计. 针对监察相机工作环境照度变化范围大的特点, 提出一种改进的灰度直方图均衡化方法. 应用此方法所研制的系统, 能够自适应于多种光照条件下获得的低对比度图像, 自动进行对比度调整, 改善监察相机输出视频图像的质量. 对于清晰图像, 经调整后图像质量至少无明显降低.

**关键词:**图像处理系统; 自适应对比度增强; 监察相机; SEE7111A; SEE7199B; TMS320C5509A

**中图分类号:** TP391

## 0 引言

在应用监察相机进行电视监察时, 视频图像的质量直接影响监察系统的监察效果. 特别是在光照度过低、过高, 或者由于逆光反射而使光照度具有较大的动态变化范围时, 视频图像的对比度会受到很大的影响, 因而需要对输出图像进行实时调整, 以提高图像的对比度, 并要求采用的调整方法能够自适应于不同的光照条件<sup>[1]</sup>.

在工程实践中, 基于电平检测的对比度调整方法 (AGC)<sup>[2]</sup> 已经获得了广泛的应用. 其原理是: 通过检测视频信号的平均电平, 调整放大器的增益系数, 从而使视频信号的平均电平保持在电视传输中规定的标准电平. 通常将整个视场分为若干个图像子块 (如 16 个子块), 对每一个图像子块分别进行检测和处理. 这种方法非常简单, 但是对不同光照度条件下视频图像对比度的调整能力非常有限. 如果子块分得较大, 在子块的边缘会产生明显的梯度效应; 如果子块分得较小, 则会使图像变得模糊. 提出一种改进的灰度直方图均衡化方法, 应用此方法所研制的系统, 能够自适应于多种光照条件下获得的低对比度图像, 自动进行对比度的调整, 改善输出图像的质量. 对于清晰的图像, 经调整后图像质量至少无明显降低.

## 1 自适应对比度调整的算法原理和系统总体设计

针对监察相机工作环境照度变化范围大的特点, 提出一种直方图均衡化<sup>[3]</sup>的改进算法. 该算法既考虑对大概率灰度级分布梯度的增强, 又考虑全部灰度级分布的均衡, 在继承了直方图均衡化强大的对比度调整能力的同时, 具有更加优良的适应能力. 算法公式如下.

$$p_r(r_k) = \frac{n_k}{n} \quad (1)$$

$$\begin{cases} p_i(r_k) = K, & p_r(r_k) \geq P \\ p_i(r_k) = 1, & p_r(r_k) < P \end{cases} \quad (2)$$

$$N = \sum_{k=0}^{L-1} p_i(r_k) \quad (3)$$

$$p_u(r_k) = \frac{p_i(r_k)}{N} \quad (4)$$

$$s_k = T_1 + (T_h - T_1) \sum_{j=0}^k p_r(r_j) \quad (5)$$

式中:  $p_r(r_k)$  为一幅图像中灰度级为  $r_k$  的像素个数占全部像素个数的概率;  $n_k$  为灰度级为  $r_k$  的像素个数;  $n$  为整幅图像像素个数;  $k$  为灰度级数,  $k = 0, 1, 2, \dots, L-1$ ,  $L$  为图像中的灰度级总数;  $p_i(r_k)$  为灰度级  $r_k$  所对应的调整后概率;  $K$  为概

收稿日期: 2007-10-06

刘焕雨: 男, 29 岁, 博士生, 主要研究领域为光电位移测量及视频图像处理

率调整因子;  $P$  为分段调整的域值概率;  $N$  为概率归一化因子;  $p_u(r_k)$  为灰度级  $r_k$  所对应的归一化概率;  $s_k$  为输出图像像素的灰度级;  $T_l$  和  $T_h$  分别为输出图像显示范围的最小和最大灰度值。

自适应对比度调整系统的总体结构如图 1 所示. 相机的视频信号分为 2 路, 一路送监视器显示, 一路送对比度增强图像处理卡进行视频处理. 对比度增强图像处理卡对每一帧图像进行实时处理, 并将增强后的视频信号送电视监视器显示. PC 机获取图像处理过程的中间数据, 并通过对比处理前后 2 路视频信号的显示图像, 进行综合分析, 通过对图像处理卡进行参数设置, 调整对比度增强算法中的参数.

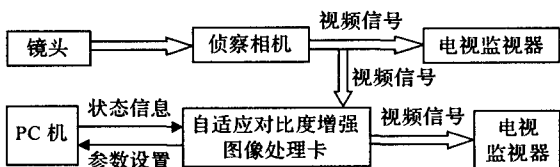


图 1 自适应对比度调整系统的总体结构

## 2 图像处理卡的硬件和软件设计

图像处理卡的硬件组成如图 2 所示. 其分别完成以下几项功能: 视频信号的解码和编码, 图像数据的预处理, 对比度增强图像处理算法的运算, 处理过程中间数据的发送, 自适应对比度增强算法中参数的在线调整.

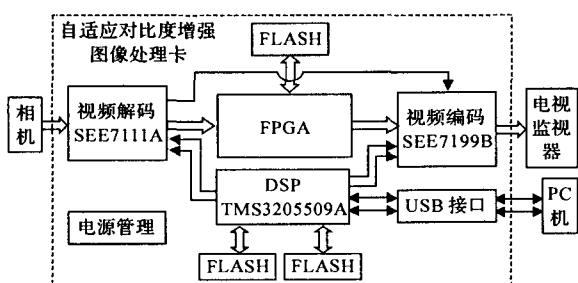


图 2 自适应对比度增强图像处理卡的硬件组成

### 2.1 视频解码、编码及数据处理流程

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<sup>[4]</sup>, 所设计的视频编、解码电路能够同时兼容这 2 种视频信号.

视频解码芯片选用 Philips 公司生产的 SAA7111A<sup>[5]</sup>, 应用此芯片将 PAL 制式 CVBS 信号和 Y/C 信号解码成 YUV 4:2:2 数据格式. 在此种工作模式下, VPO[15:8] 引脚输出并行的 8 位图像灰度值数据  $Y$ , 同时输出场同步信号 VS, 行

同步信号 HS, 奇偶场信号 RES1 和像素时钟信号 LLC2 等时序信号. 视频编码芯片选用 SAA7199B<sup>[6]</sup>, 对处理后图像数据进行编码, 输出 PAL 制式复合 CVBS 和 S-Video 模拟信号. 编码芯片设置为从模式工作状态, 在此工作模式下, 所需的全部时序信号均由外部提供. SAA7111A 芯片的功能配置由内部的 32 个控制寄存器设定, 这些寄存器的初始化通过 I<sup>2</sup>C 总线完成. SAA7199B 内含 16 个功能配置寄存器, 有 2 种控制总线接口, MPU 并行接口和 I<sup>2</sup>C 串行接口. 选用 TI 公司的 DSP 芯片 TMS320C5509A, 利用其内部的 I<sup>2</sup>C 控制器, 通过 I<sup>2</sup>C 总线传送用户配置数据.

图像处理过程中的数据流结构如图 3 所示. 为实现视频图像的实时处理, 进行多级流水线设计, 各场图像数据的多级流水线处理时序如图 4 所示.

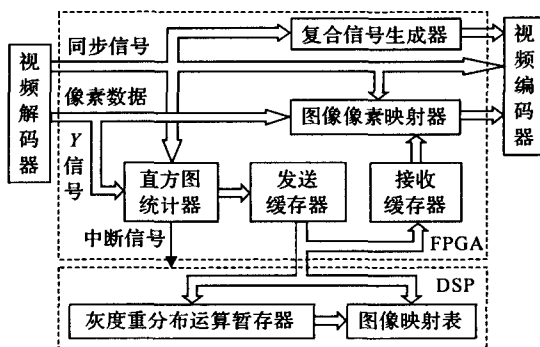


图 3 图像处理过程中的数据流结构图

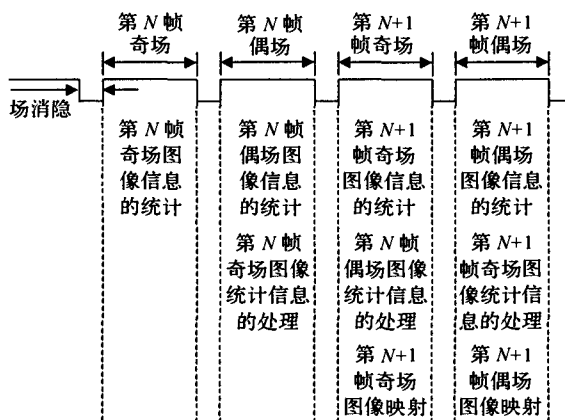


图 4 各场图像数据的多级流水线处理时序

首先, 第  $N$  帧奇场图像的亮度数据  $Y$  输入直方图统计器, 进行该场图像的灰度直方图统计, 在第  $N$  帧奇、偶场的场消隐期间, 将直方图统计数据存入发送缓冲存储器, 对 DSP 发中断信号. DSP 响应中断后, 利用 DMA<sup>[7]</sup> 控制器将发送缓冲存储器中的数据转存入灰度重分布运算暂存器, 经对比度增强处理后, 将运算结果存入图像映射表, 再

利用DMA控制器,将图像映射表中的数据转存入接收缓冲存储器.发送缓冲存储器和接收缓冲存储器均为双端口RAM,分别占用DSP的一个CE空间.在第 $N$ 帧偶场和第 $N+1$ 帧奇场的场消隐期间,图像像素映射器将接收缓冲存储器中的数据转存入其内部的像素映射表,此像素映射表中的数据即来自于对第 $N$ 帧奇场图像数据的处理结果.对于 $N+1$ 帧奇场图像中的像素,将数据中的 $Y$ 分量进行基于查找表的映射,并将映射后的数据与原像素数据中的 $UV$ 分量合并后,一同送至视频编码器.对于解码器输入的时序信号,一部分用于数据处理的时序控制,一部分送入复合信号生成器,生成复合同步及复合消隐信号后提供给编码器,一部分直接接入编码器.

## 2.2 对比度增强图像处理算法的程序设计

依据式(1)~(5)编制对比度增强图像处理程序.在DSP内存中开设两块存储区域,如图3所示.一块256B大小,用于存储从输入图像至输出图像的灰度级映射表,以数组形式 $Map[]$ 表征.一块 $256 \times 4$ B大小,用于进行灰度级浮点运算时中间数据的存储,以数组形式 $Mem[]$ 表征.对比度增强图像处理运算的程序流程如图5所示.其中式(6)~(10)由式(1)~(5)导出.

$$Mem[r_k] = \frac{n_k}{n} \quad (6)$$

$$\begin{cases} Mem[r_k] = K, Mem[r_k] \geq P \\ Mem[r_k] = 1, Mem[r_k] < P \end{cases} \quad (7)$$

$$N = \sum_{k=0}^{L-1} Mem[r_k] \quad (8)$$

$$Mem[r_k] = \frac{Mem[r_k]}{N} \quad (9)$$

$$Map[r_k] = T_l + (T_h - T_l) \sum_{j=0}^k Mem[r_j] \quad (10)$$

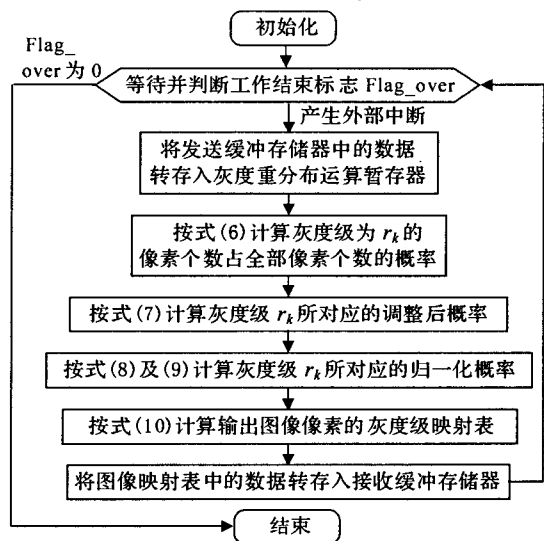


图5 对比度增强图像处理运算的程序流程

## 3 实验结果及分析

应用所研制的自适应对比度增强系统,分别在环境照度较低、较高以及逆光反射和光学镜头非聚焦的情况下,对监控相机输出图像进行对比度增强处理,并用图像采集卡采集处理前后的图像.算法中的参数设置如下, $P=0.1, K=1, T_h=255, T_l=0$ .自适应对比度增强系统处理效果如图6所示.从采集到的某建筑工地图像来看,经对比度增强系统调整后,建筑物轮廓变得显著,窗户等细节特征更加明显,图像更加清晰,可见对于不同照度环境和聚焦条件下所获得的低对比度图像,

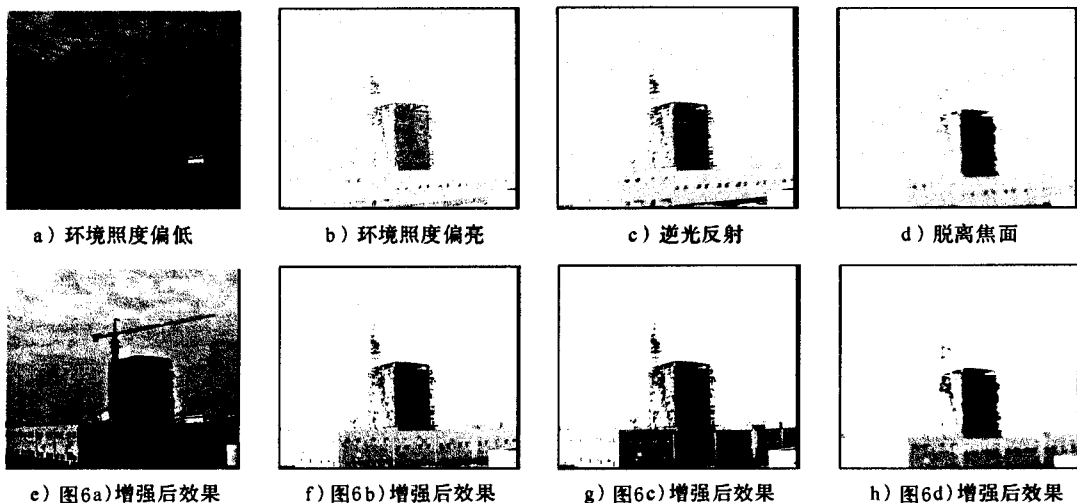


图6 自适应对比度增强系统应用效果图

该系统均能在一定程度上提高其视觉质量。

将所研制的自适应对比度增强系统应用在可见光监察系统中,能够改善监察相机输出图像的质量,尤其是在光照条件较差情况下,对图像质量提高显著,从而使监察系统具有更广泛的适应范围和更好的监察效果。

#### 参 考 文 献

- [1] 王明照,胡 浩,杨 杰.基于广义模糊集合的多级图像增强算法[J].武汉理工大学学报:交通科学与工

程版,2001,25(4):512-514.

- [2] 杨 磊,李 峰.闭路电视监控系统[M].北京:机械工业出版社,2003.
- [3] 冈萨雷斯.数字图像处理[M].阮秋琦,阮宇志,译.北京:电子工业出版社,2003.
- [4] 王成福.电视机原理与维修[M].北京:机械工业出版社,2004.
- [5] SAA7111A datasheet[Z]. Philips Corporation, 1998 (5).
- [6] SAA7199B datasheet[Z]. Philips Corporation, 1996 (9).
- [7] 汪春梅,孙洪波,任治刚. TMS320C5000DSP 系统设计与开发实例[M].北京:电子工业出版社,2004.

## Design and Realization of Adaptive Contrast Enhancement System for Reconnaissance Camera Video Image

Liu Huanyu<sup>1,2)</sup> Wan Qiuhua<sup>1)</sup> Xiong Wenzhuo<sup>1)</sup> Liu Chunxia<sup>1,2)</sup> Li Baoyong<sup>1)</sup>

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,  
the Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033)<sup>1)</sup>

(Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039)<sup>2)</sup>

#### Abstract

The constitution, operating principle, hardware and software of adaptive contrast enhancement system based on image processing method is presented. In view of the feature that reconnaissance camera working in different illumination conditions, modified histogram equalization method is introduced. Developed system by this method, can be adaptive to low-contrast image obtained in multiple illumination conditions. It can adjust contrast automatically and ameliorate quality of video image from reconnaissance camera. Quality of adjusted image is not debased obviously at least for clear images.

**Key words:** image processing system; adaptive contrast enhancement; reconnaissance camera; SEE7111A; SEE7199B; TMS320C5509A