

文章编号 1004-924X(2002)01-0084-05

CMOS 数字成像技术在电力系统图像监控中的应用

李琳,孙习红,刘琼

(武汉大学 电气工程学院,湖北 武汉 430072)

摘要:图像传感器是图像监控系统中的关键部件,提出了采用 CMOS 数字彩色/黑白传感器与数字信号处理芯片结合构成最小系统的数字摄像机替代模拟摄像机进行图像信息采集的思想,详细介绍了基于 CMOS 数字传感器的数字成像技术的构成及原理,且结合电力系统的工程实际,阐述了数字成像技术在图像监控中的应用以及今后的发展前景。

关键词:图像传感器;数字成像;实时监控;CMOS;电力系统

中图分类号:TP212.9 **文献标识码:**A

1 引言

随着电力系统规模的扩大和自动化水平的提高,图像信息成为电网监控系统中不可缺少的重要数据,目前不同构架的实时监控系统在电力系统中得到了应用,但大都还是采用传统技术,虽然图像监控系统大多结合计算机技术,数字通信和多媒体数据库管理等多种先进技术,但是前端始终使用输出模拟信号的摄像头采集图像信息,然后在经过普通电缆传输到视频卡进行模数转换和压缩编码,不仅占用前端主机的总线插槽,需要配置专用视频信号接口,而且处理速度上受主机速度的限制,争抢信道带宽,以致图像的传输速率不能得到较大的提高。本文提出了融合目前先进的 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor),即互补金属氧化物半导体数字成像技术,直接输出压缩编码后的数字图像信息,不仅使图像质量得到很大的改善,同时也实现系统全数字化,简化图像信息的编码压缩处理,提高传输速率,从而使数字成像技术可以在电力系统的图像监控中得到广泛推广和应用。其优势体现在:CMOS 数字摄像机集成大部分图像处理功能,包括图像数字化、自动增益控制、速度优化的 JPEG 算法压缩、图像格式和帧速率可调节等。

2 CMOS 数字成像技术原理

2.1 基本结构

CMOS 数字成像技术的最小系统由 CMOS 图像传感器、MCU 微处理器、JPEG 编码和 USB 接口的控制器和一个缓存单元四部分组成,其原理框图如图 1 所示:

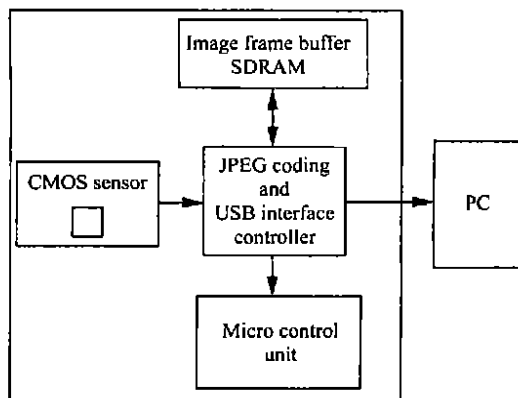


图 1 基于 CMOS 传感器的数字成像原理框图

Fig.1 Schematic diagram of digital imaging based on CMOS sensor.

本成像系统采用 50 万像素 CMOS 图像传感器,视频捕捉有两种格式:VGA640 ×480 像素或者 QVGA352 ×288 像素,图像压缩符合 JPEG 标准,帧速率可以有两种选择:VGA 格式为 10~15 帧/s,

QVGA 格式为 30 帧/s,可以根据需要灵活改变模式,还可以单帧的形式捕捉 SVGA800 ×600 像素的画面,以适应现场要求;且与 PC 的接口符合 USB1.1 标准;操作系统:WIN98, WIN2000, WINME 等。

2.2 CMOS 图像传感器

2.2.1 简介

CMOS 器件是一种可大规模生产的集成电路,是将光信号转换成电信号的装置,按照像素分类,可分为无源像素传感器 PPS (Passive Pixel Sensor)和有源像素传感器 APS(Active Pixel Sensor)。目前在数字成像技术领域的应用已经比较成熟,相对于 CCD(电荷耦合器件)而言,CMOS 器件技术有一些明显的优点:

集成度高 CMOS 器件采用数字-模拟信号混合设计,几乎可以将图像的全部捕获功能集成到一块芯片上。它甚至将模数转换控制芯片集成在一起,极大地提高了数据处理能力和图像捕获速度,减小了系统的复杂性,能设计出更灵巧的小型数字成像系统;

功耗低 CMOS 器件具有单一工作电压、功耗低(仅相当于 CCD 的 1/10)、可与其它 CMOS 电路兼容、可对局部像素图像的编程随机访问等优点;

价格低廉 CMOS 器件结构简单,从而成品率高,制造成本低。目前用于摄像的 50 万像素的 CMOS 传感器已降到 10 美元左右,比 CCD 便宜很多。

随着数字成像技术的成熟,CMOS 器件克服了对光线灵敏度低,信噪比低的缺点,消除了对自动增益控制及伽玛校正的需要,在每一像素上放一个 ADC 来降低噪声,且采用主动像素传感器(APS)技术提高了信噪比和影像效率。

2.2.2 CMOS 图像传感器的结构

CMOS 图像传感器可将光敏单元阵列、控制与驱动电路、模拟信号处理电路、A/D(模拟数字转换)电路高度集成在一块芯片上,总体结构如图 2 所示。

单芯片的 CMOS 数字彩色传感器,其数字视频端口可支持 60Hz 的 YCbCr4:2:2(16 位或 8 位可选)的格式,ZV 口的输出格式,RGB(16 位或 8 位)输出格式以及 CCIR601/CCIR656 格式,内置的 SCCB 接口为控制摄像功能提供了一种简单的

方式。

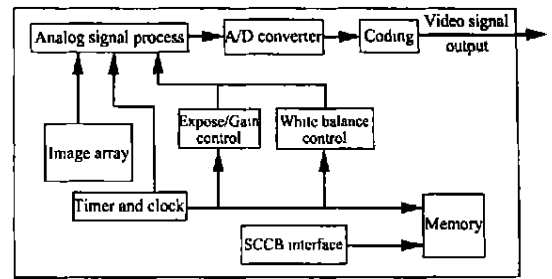


图 2 CMOS 图像传感器结构框图

Fig. 2 Block diagram of the structure of CMOS image sensor.

功能描述:

逐行数据输出

数据输出格式: YCbCr4:2:2, RGB 4:2:2, RGB Raw data(16 位或 8 位可选)

·8/16 位视频数据: CCIR601, CCIR656 标准, ZV 口

·SCCB (Serial Camera Control Bus) 接口,支持快速模式:400kbit/s

·10 位的内部两通道的 A/D 转换器和 8/10 位的输出

·支持外部微处理器和 RAM 接口

·自动增益/白平衡控制;亮度,对比度, GAMMA,饱和度等的增强

·可编程的帧速率 0.5 ~ 30fps

·低电源功耗

·软件/硬件复位

2.3 中央处理单元

包括两个部分,MCU 微处理器和 JPEG 编码和 USB 接口的控制器。

2.3.1 MCU 微处理器

采用的 MCU 是一个 8 位可提供较宽电源范围低损耗的微处理器(MCU),其结构完全和 8051 兼容,由一个核心处理器、各种寄存器、5 个输入输出端口、128 字节的 RAM,两个 16 位定时器、一个串口组成。该处理器支持 111 种不同的操作码,包含一个 64k 程序存储地址空间和一个 64k 数据存储地址空间。

由 MCU 中的固化程序 Firmware 完成上电及初始化过程,首先检测摄像系统中各个芯片的上电状态,然后对各主要芯片:编码及 USB 控制器、传感器等进行初始化,以及中断控制、双向

I/O 端口控制、时钟控制都是由 MCU 微处理器完成。

2.3.2 JPEG 编码和 USB 接口的控制器

该控制器有适应 YCbCr4:2:2 CCIR601/656 的视频输入接口,与 CMOS 传感器相连时,可捕获 YUV 数据和执行 JPEG 编码的数据压缩,以及未处理的 RGB 数据,并达到最优画面质量;并且带有符合国际 USB1.1 标准的 USB 全速接口,传输数据的速率可达到 12Mb/s,还可以根据多种设置分配给各种同步带宽,遵循 USB 电源管理要求,不需要另外的电源输入;带 SDRAM 接口、SC-CB (Serial Camera Control Bus) 接口和 8 位单片机接口 (MCU)。所以与 PC 机连接时,由 TWAIN 接口的驱动可轻易完成 QVGA352 × 288 像素的图像捕捉,帧速率最大为 30fps; VGA640 × 480 像素的图像捕捉,帧速率最大为 15fps。

2.4 缓存单元

采用 SDRAM 作为缓冲存储,由中央处理单元通过相应的接口进行处理和传输。一般选用速度和容量比较大的芯片,以配合图像信息快速存取和缓冲的需要。

3 在电力监控系统中的应用及发展

3.1 数字成像监控系统的组成

一般图像监控系统的组成:模拟摄像机、全方位云台、视霸卡、视频传输编解码卡、通讯接口卡、视频画面分割器、云台控制解码器、工业控制 PC 机。工作的流程为:模拟摄像机 数字化 压缩编码 数据复合 信道接口 信道,前端由摄像机采集的模拟信号传输到前端的监控主机上进行数字化和压缩编码,然后将处理后的信息复合通过各种通信网络进行信息数据传输,在低速信道上实现图像监控,同时在监控中心和监控现场设有分布式大容量图像数据库,便于图像记录的存储和检索。因为前端摄像机采集的是模拟图像信号,即使后期利用前端监控主机采用的 DSP 技术将摄像机采集的模拟视频信号数字化,再采用算法优化的 JPEG 技术将原图像进行高效压缩编码,也不能解决前端监控主机需要处理多个摄像机传输的图像信息的巨大工作量,且在前端也形成了一个信息传输的瓶颈,使监控的采集点数受到限制,也造成了系统的不稳定因素。

本文中改进后的前端采集部分采用 CMOS 数字摄像机,不仅集成了摄像器件的所有功能,包括 1/3in CMOS 图像传感器阵列、扫描读出电路、放大电路、全电视信号产生电路等,而且全数字压缩编码后的传输,大大提高了采集速率,从而也提高的系统整体应变能力。各个采集点传输来的数字图像信息经由视频画面分割后直接传送至前端的主控 PC 机,前端的 PC 机只需要对视频画面分割器和云台控制解码器进行控制,并且接收数字图像信息进行存储和后期分析处理或者通过通信网络上传至后端的监控中心,而不再需要进行模拟信号的数字化处理和压缩编码,减小工作量,提高管理控制能力和系统的稳定性。其系统组成框图如图 3 所示:

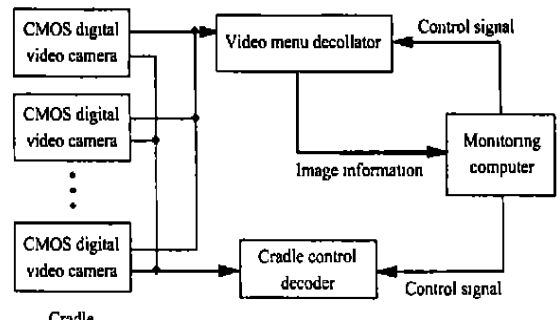


图 3 图像监控系统前端结构框图

Fig. 3 Block diagram of the image monitor and control system.

本系统的优点体现在如下方面:

- 图像质量和清晰度提高;
- 全数字信号处理,抗干扰增强;
- 一台前端监控机可带更多台的摄像机;
- 提高系统稳定性;

USB 接口的数据传输有较高的速率,并且简化电源管理

体积小,功耗低

3.2 发展及前景

目前 CMOS 图像传感器正朝着高分辨率、高动态范围、高灵敏度、高帧速、集成化、数字化、智能化的方向发展。人们主要致力于提高 CMOS 图像传感器的功能,尤其是 CMOS-APS 的综合性能,缩小像元尺寸,调整 CMOS 工艺参数,将时钟和控制电路、信号处理电路、A/D 电路、图像压缩等电路与图像传感器阵列完全集成在一起,并制作滤色片和微透镜阵列,以期实现低成本、低功耗

耗、高度集成的单芯片成像微系统。

最新应用 JPEG2000 技术的编解码芯片,提供了按 JPEG 2000 标准进行图像压缩所必需的硬件加速器,高效空间递归滤波的小波技术(简称 SURFTM 小波技术),优势包括:优秀的图像质量、压缩编码的伸缩性(它给用户带来极大的灵活性,用户可以得到不同等级图像质量和图像分辨率)、对压缩后的图像质量和所需的存储空间精确控制能力,以及在噪声环境中传送图像时的抗错能力,能在一秒钟内进行 5 幅 3 兆像素图像的压缩。可以提供 10bit 彩色的无损压缩,14bit 彩色的有损压缩。

第二代数字图像处理芯片的问世,使其速度比通用数字信号处理器(DSP)快 10 倍,可“瞬间启动”,并且可以提供高达 3.3M/S 像素的传输速率。随着数字成像技术的逐渐成熟,高性能、高分辨率、高帧速工作的 CMOS 摄像机将很快推广,新型 USB 计算机接口、自动记时、随机存取、无损

读取、抗光晕和耐辐射等特点使其有不可抗拒的广阔的市场诱惑力和良好的发展前景,并广泛应用到各行业的图像监控系统中。

4 结束语

CMOS 图像传感器是信息获取与处理领域里图像处理技术中最重要的一部分,也是安全监控系统中最核心的器件,其能大批量生产、低噪声、宽动态范围、宽光谱灵敏度、体积小、价格便宜、全数字化,易实现商品化的特点,使其在各个图像领域中都得到了应用,所以 CMOS 图像传感器为基础的数字成像技术对图像监控系统的发展有着巨大的影响,对电力系统安全生产,特别是对无人值班变电站的安全运行,有着非常重要的意义,在知识经济和信息社会已经到来的今天,它在社会生活和个人生活中会有更加广泛的应用。

参考文献:

- [1] Castleman K R. *Digital Image Processing*[M]. 北京:电子工业出版社,1998.
- [2] 黎洪松. 数字图像压缩编码技术及其 C 语言程序范例[M]. 北京:学苑出版社,2000.
- [3] 陈盛云. 远程监控系统[J]. 电子产品世界,2000.
- [4] 黎洪松. 数字视频技术及应用[M]. 北京:清华大学出版社,1997.5.
- [5] 夏良正. 数字图像处理[M]. 南京:东南大学出版社,1999.
- [6] 沈金官. 电网监控技术[M]. 北京:中国电力出版社,1997.
- [7] Lynch T J. *Data Compression Techniques and Applications*[M]. 北京:人民邮电出版社,1989.
- [8] 李振玉. 图像通信与监控系统[M]. 北京:中国铁道出版社,1994.
- [9] 盛寿麟. 电力系统远程监控原理[M]. 北京:中国电力出版社,1998.
- [10] 贺安之,阎大鹏. 现代传感器原理及应用[M]. 北京:宇航出版社,1995.
- [11] 赵负图. 现代传感器集成电路:图像及磁传感器电路[M]. 北京:人民邮电出版社,2000.
- [12] 王世杰. IGBT 栅极驱动技术探讨[J]. 光学 精密工程,2001,9(1):76-78.

CMOS digital imaging technology and its applications to image monitor in power system

LI Lin ,SUN Xi-hong ,LIU Qiong

(Wuhan University, Electric Engineering Institute, Wuhan 430072, China)

Abstract : Image sensor is the key component in image monitoring systems. CMOS digital color/ black and white sensor and digital signal processor constitute a minimum system of digital vidicon, which replaces analog vidicon, and can be used to collect image information. The paper introduces the structure and principle of digital imaging technology based on CMOS digital sensor. In light of the power system, the applica-

tions and the development of digital imaging technology in real-time image monitoring systems are clarified.

Key words : image sensors ; digital imaging ; real-time monitoring ; CMOS ; power systems

作者简介:李琳(1975-),女,湖北武汉人,武汉大学研究生,主要研究方向:电力系统自动监控;

刘琼(1977-),女,湖北宜昌人,武汉大学研究生,主要研究方向:电力系统自动监控;

孙习红(1961-),男,湖北武汉人,武汉大学电气工程学院实验师,主要研究方向:从事电子应用技术方向的研究和教学实验工作。

《光学 精密工程》编委会会议纪要

《光学 精密工程》于 2002 年 1 月 18 日召开了在长的部分编委会议。会议由主编曹健林主持,到会编委共 17 人。会上,编辑部汇报了自实施知识创新以来的三年时间里,特别是近一年来期刊的发展情况。与会编委就期刊发展方向、重点学科确定以及如何提高学术水平等议题展开讨论。

讨论中,编委们一致认为《光学 精密工程》成为一级学会中国仪器仪表学会会刊,标志着《光学 精密工程》的历史翻开了新的一页,对编辑部为提高刊物质量所做的工作给予肯定,但也认识到与许多优秀的国内外同类期刊相比的巨大差距。编委们纷纷献计献策,提出了许多有益的意见和建议,这将对《光学 精密工程》今后的发展具有极大的指导意义。

主编曹健林在总结报告中指出:一方面我们必须清醒地认识到差距还是很大的,另一方面还要有充分的信心。主要应从五个方面入手:1. 提高学术水平;2. 吸引资源;3. 要走开放联合的道路;4. 在文字上下功夫;5. 加强编委会的国际化建设。

会议还初步确定了在 2002 年 9 月召开全体顾问委员会和编委会会议。在两个委员会的领导下,《光学 精密工程》将在更广泛的领域里为广大的作者和读者服务。