

苛刻环境嵌入式智能监测平台研究

关永

(首都师范大学信息工程学院, 北京 100037)

摘要:在煤矿井下、野外露天或环境恶劣的监测现场,使用计算机和数据采集卡来实现监测任务是相当危险和不可靠的。针对监测环境中可能存在易燃易爆条件、湿度大、灰尘多、监测场所分散、距离较远等特殊问题,分析了苛刻监测环境中的平台选择,讨论了监测平台的通信方式和监测数据的压缩编码标准,提出了建立苛刻环境嵌入式智能监测平台的思想,介绍了智能监测平台的设计与实现。

关键词:监测;智能;通信;嵌入式;苛刻

Research on Embedded Surveillance and Measure Platform in Rugged Environment

GUAN Yong

(College of Information Engineering, Capital Normal University, Beijing 100037)

【Abstract】In mine or surveillance field of open country, or bad condition, it is fairly dangerous and unreliable for using computer and data collection card to implement surveillance tasks. This paper analyzes platform selection in special surveillance environment, and discusses communication method and compressing coding standard of surveillance data based on such problems as the high possibility of flammability and explosion, high humidity and lots of dust in surveillance environment, and the inconvenience of separate, long distance surveillance fields. It also puts forward the idea of establishing the embedded intelligent surveillance platform in rugged environment. Finally the design and implementation of this platform are introduced.

【Key words】Surveillance and measure; Intelligence; Communication; Embedded; Ruggedization

在矿井安全监测、野外无人区监测、森林防火和病虫害监测、环境污染监测、泥石流与山体滑坡等自然灾害的监测中,由于监测环境中可能存在有甲烷、一氧化碳等易燃易爆性气体(如煤矿井下监测系统、化工厂监测系统),野外湿度大,灰尘多,且大多监测场所分散,距离较远,在此情况下,使用计算机和数据采集卡来实现监测任务是相当危险和不可靠的,而且布控也难以实现,因此,研究苛刻环境中的监测平台意义重大。

1 监测平台的选择

现行的监测系统主要有两种类型:一类是基于PC机(或工业控制PC机)的监测系统,另一类是脱机工作的嵌入式监测系统。

1.1 基于PC机的监测系统

目前,交通状态监测、金融行业的安全监测系统大多采用基于PC机的板卡设计。这种系统的主要优点是:

- (1)能够使用的开发资源十分丰富,从良好的开关电源到计算机的其它硬件、软件资源;
- (2)开发成功率高,开发周期短;
- (3)能够开发空间复杂度高的复杂产品。

这种系统的主要缺点是:

- (1)体积庞大、无法便携、难以布控;
- (2)防水、防尘、防爆等性能差;
- (3)系统功耗大,很难在无交流电情况下,使用电池进行长时间连续工作;
- (4)系统的稳定性还要依赖于与之配套的计算机系统,这

就使得系统的稳定性大打折扣。

(5)现行PC机的操作系统,无论是Windows98、Win2000,还是基于手持设备、PC104系统的Win CE,都不是实时操作系统,因此,很难在实时、高速、便携等领域应用。

因此,使用工业控制计算机和数据采集卡来实现监测任务,在野外露天或环境恶劣的监测现场是不可行的。

1.2 嵌入式监测系统

脱机工作的嵌入式监测系统是一种能够独立于PC机而工作的监测系统,它的软件、硬件自成体系。这种类型的控制系统已经成为目前研究的重点。

其主要优点是:

- (1)脱机控制系统不依赖于计算机,自成一体,依靠这种体系结构可以设计出精巧、便携的系统;
- (2)防水、防尘、防爆性能容易实现;
- (3)系统功耗小,在无法或很难供电的监测现场,可以使用电池进行长时间供电;
- (4)系统的稳定性好;
- (5)可以设计出实时性好的高速处理系统。

其主要缺点是:

- (1)无法使用计算机中丰富的软、硬件资源,现成资源很少,开发工作量大;

基金项目:国家“863”计划基金资助项目(2002AA714023)

作者简介:关永(1966-),男,博士、副教授,主研方向:智能信息处理与嵌入式系统设计

收稿日期:2005-11-02 **E-mail:** gxy169@sina.com

(2)系统硬件、软件都需要独立开发,系统研制难度大。

通过分析得出了这样的结论:在野外露天或环境恶劣的监测现场,为提高监测系统的可靠性、安全性,必须选择研制能够脱机工作的嵌入式监测系统。

2 监测平台通信方式的选择

通信方式的选择对监测系统的可用性影响很大,尤其是工作在野外露天或环境恶劣的监测系统更是如此。这时的监测系统除了要进行防爆、防尘、防潮、防霉设计外,还必须考虑监测系统布置空间有限、各监测现场分散,并且相互之间距离较远等特殊情况。因此,监测系统通信方式的设计必须解决远程传输和维护方便两个主要问题。

国内外研制开发的远程视频监控系统的,大多是基于光纤或视频电缆的工业电视监视系统,其基本特征如下所述。

2.1 以光纤为传输介质的监测系统

在国内,煤科总院常州自动化所、中国矿业大学等单位研制的工业电视监测系统以光纤作为传输介质,这些系统具有以下特点:

优点:

- (1)光纤信道容量大,非常适合传输视频图像等数据量大的信息;
- (2)光纤信道中的信号不易受到干扰;
- (3)光纤信道中信号的衰减小。

缺点:

(1)野外露天或地下隧道等监测现场环境恶劣,常有垮落、机械冲击、碰撞等情况,加之人为破坏,都会造成传输光缆断缆或断芯。然而由于监测现场可能存在甲烷、一氧化碳等易燃易爆性气体,湿度大,粉尘多,因此,难以采用焊接技术快速修复断缆或断芯;

(2)远程监测场所分散,很难实现多路视频信号的复用。而且,监测需求也会随着工作情况不断变化,因此,通信介质和设备得不到充分利用;

- (3)光纤系统复杂,需较高的维护技术,普通工作人员难以应付;
- (4)光端机价格较高。

总之,野外露天或环境恶劣的监测现场的特殊性,使应用已经成熟的光纤监测系统在此遇到重重困难,这些困难严重制约了此类系统在这些苛刻环境中的推广和使用。

2.2 以视频电缆为传输介质的监测系统

虽然视频电缆的信道容量较大,且价格较低,适合传输视频图像信息,但是,视频电缆的传输距离短,必须采用中继器进行远距离传输,而在恶劣环境中,中继设备的串入必然降低系统的可靠性;另外,中继器是有源电器设备,中继设备的供电也是一个很难解决的问题,特别是视频电缆断缆后维护困难。

综上所述,得出了这样的结论:不能照搬一般监测系统的通信方式来解决工作在野外露天或环境恶劣的监测系统通信问题,因此,我们提出了采用双绞线作为监测系统传输介质的方案。双绞线结构简单、维护方便,但其信道带宽有限。为了解决双绞线带宽有限而视频信息量大之间的矛盾,本文采取了以下几项措施:

(1)采用压缩编码来压缩监测系统获取的视频图像信息,降低通信带宽的需求;

(2)提取监测系统获取的视频图像的特征值,以特征值代替视频图像,大大缩减了所需传送的数据量,目前,这一思想已经在红外传输监测系统中得到成功应用;

- (3)研究新的基于双绞线的宽带通信技术(xDSL技术)。

3 监测图像压缩编码标准的选择

对于远程视频监测系统来说,由于监测信息需要依靠便于维护的双绞线进行传输,而双绞线的带宽比光纤、视频电

缆的带宽小得多,因此,必须对监测系统获取的图像信息进行压缩。下面就结合数字图像编码理论来讨论视频监测系统压缩标准的选择。

数字图像一般可表示为式(1)^[1]:

$$f(i, j), i=0, 1, \dots, I-1 \quad j=0, 1, \dots, J-1 \quad (1)$$

它是对二维图像 $f(x, y)$ 进行抽样和量化而得到的。在这种表示中存在着冗余,图像压缩的目的就是要消除这种冗余。

现在主要的编码方法有预测编码、变换编码、统计编码,统称为3大经典编码方法^[2]。

图像编码的研究内容是图像数据压缩,其主要应用领域是图像通信和图像信息存储。当需要对所传输或存储的图像信息进行高比率压缩时,必须采取复杂的图像编码技术^[3]。

下面是几种主要的国际标准:

- (1) JPEG (Jointed Photograph Expert Group) 标准[4];
- (2) 电视电话/会议电视 $P \times 64\text{ kbit/s}$ (IUT-T H.261) 标准[5];
- (3) 甚低速率 (<64 kbit/s) ITU-T H.263 视频传输标准[6];
- (4) 运动图像专家组的 MPEG-1 标准[7];
- (5) 运动图像专家组的 MPEG-4 标准[8]。

根据各图像压缩编码标准和远程视频监测系统的实际情况,给出远程视频监测系统压缩编码选择依据:

(1) 基于嵌入式系统的特点:嵌入式系统所允许的时间复杂度和空间复杂度有限,其运算速度一般为几百个 MIPS,它的存储器空间也有限,因此,嵌入式系统的处理能力要求我们尽量采用低复杂度算法,并降低压缩过程中的空间需求量;

(2) H.263 算法是一个较为松散的压缩标准,它的许多技术细节仅仅是一个框架形式的可选部件,最终的压缩效果可以由用户根据实际需要来确定,因此,它是一个给用户保留了较大选择空间的压缩标准,这对于开发基于嵌入式的远程视频监测产品十分有利。

开发任何一个压缩算法都需要有长期的研究积累,尤其是针对脱机系统,我们的嵌入式远程视频监测系统采用的 H.263 压缩算法也正是在前期项目的研究基础上进行的。

4 嵌入式智能监测平台

4.1 需求分析

通过上面的分析,鉴于现行监测系统存在的种种问题,本文提出了建立智能监测平台的构想。

与传统的监测系统相比,智能监测平台应具有以下特点:

- (1) 应该是具有独立工作能力的嵌入式系统。
- (2) 由于采用数字信号处理技术,因此,具备一般数字系统的优点,例如抗干扰能力强,系统的一致性较好,便于进行各种变换处理。
- (3) 维护更加方便、容易。
- (4) 既能提供受控现场的视频图像数据,实现可视化监测,又能够运用各种数字图像处理算法对数据进行深层分析,使监测人员获得更多的有用信息。

(5) 具有通用的开发平台,配合不同的应用软件,系统既可用于设备监测,又可用于人员安全监测,彻底改变了传统监测系统任务单一、功能无法改变的局。监测系统的功能可以根据监测的需要,在监测现场、在线实现系统功能的更新与调整。

- (6) 具有体积小、低功耗、低成本的特点。

针对上述特点,在建立智能远程监测平台的过程中,亟需解决以下几个主要问题:

- (1) 如何将监测平台设计成能够独立工作的脱机监测系统;
- (2) 选择满足安全工作需要的、便于在野外露天或其它环境恶劣的监测现场进行维护的远程通信方法;
- (3) 建立一套适合于远程监测系统需要的视频图像处理理论体系,包括图像的压缩处理、图像的模式识别处理等;
- (4) 如何将工业监测系统中的先进技术应用于苛刻环境现场的监测,提高监测系统的处理能力、提高其智能化程度、扩大监测系统

应用领域；

(5)开展基于红外探测技术的研究，以适应煤矿井下、野外等低照度环境的特殊监测需要。

4.2 设计与实现

根据监测环境的特殊性要求，本文设计了基于普通 Modem 或 ADSL 传输技术的红外 CCD 监测平台，根据监测现场的实际情况，为最大限度地减少监测系统的通信数据量，系统采用黑白图像，图像尺寸为 176×144 点像素(QCIF 格式)，灰度等级为 256 级。

红外远程视频监控使用 ADSL 技术作为传输手段，其主要原因是 ADSL 技术属 xDSL 技术群中的非对称型，它的下行速度比上行速度快很多，这恰好符合视频监控系统中监测现场向监测中心传送的各种监测数据量远远大于监测中心向监测现场传送的控制数据的特点，从而可以充分地利用双绞线的带宽^[9]。



图 1 基于 ADSL 传输技术的矿井红外 CCD 监测平台实物

图 1 所示的就是我们研制的红外 CCD 远程视频监控平台，该平台已经成功应用于井下防爆监测，图 1 就是进行现

(上接第 234 页)

为 I 帧，接下来 6 个为 P 帧，接着同样是 1 个 I 帧，6 个 P 帧。经试验表明，本文提出的码率控制方法简单实用，比特率和 PSNR 值均可以达到良好的控制效果，满足网络传输的要求。如图 3 所示。

表 1 采集序列实验结果列表

Sequence	target bit_rate(kbps)	type	frame rate	achieved bit_rate(kbps)	PSNR-Y
Dancer	25	QCIF	10f/s	25.09	30.74
Speaker	30	QCIF	10f/s	30.06	32.93
Runner	35	QCIF	10f/s	35.31	33.82
Singer	40	QCIF	10f/s	40.59	34.34

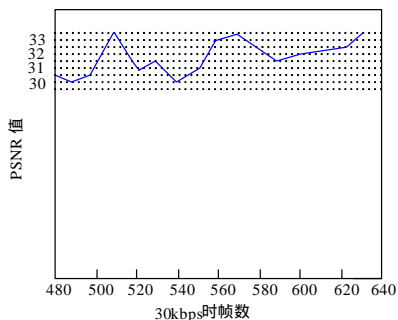


图 3 speaker 序列目标比特率为 30kbps 时帧数与 PSNR 值的关系

4 结论

本文改进了原有的二次率失真模型，避开了蛋鸡悖论，提出了一种码率控制方案，并给出了具体的控制算法，可应用于 CBR 传输环境中。此算法复杂度低，且运算时对 α 初值设定的依赖性小，可自适应地调节 α 值并达到很好的运算效果。本文中实验所采用的序列均为移动迅速的序列，实验

场实验的实物。

5 结论

综上所述，嵌入式智能监测平台是一套脱机工作的独立系统，被监测现场无需计算机，只要在被控现场有普通电话线(双绞线)或采用无线通信方式，就可以将采集并压缩后的监测数据传出去。可以预见，在野外安全监测、无人区监测、森林防火和病虫害监测、环境污染监测、泥石流与山体滑坡等自然灾害的监测中，嵌入式智能监测平台将大显身手。

参考文献

- 1 容观澳. 计算机图像处理[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000-02.
- 2 杨新, 邹捷, 施鹏飞. 视频数字编码的标准[J]. 中国图像图形学报, 1998, 3(1): 1-6.
- 3 Fan Changxin, Lu Zhaoyang. Recent Progress in Image Coding[J]. 通信学报, 1998, 19(5): 58-61.
- 4 Lindbergh D. H.324: Multimedia Communication Standard[J]. IEEE Comm. Magazine, 1996: 13(3), 46-51.
- 5 ITU-T Recommendation H.263 Video Coding for Low Bit Rate Communication[S]. 1996-05: 42-45.
- 6 LeGall D. MPEG: A Video Compression Standard for Multimedia Applications[J]. Commun. of ACM, 1991, 34(4): 21-26.
- 7 ITU-T. Draft Recommendation MPEG-4[S]. 2002.
- 8 ITU-T. Draft Recommendation H.263[S]. 2000.
- 9 关永. 基于 DSP 的矿井远程视频监控系统[J]. 湘潭矿业学院学报, 2003, 18(1): 7-9.

证明在物体移动迅速、画面复杂时，仍能达到良好的控制效果，只是此时 PSNR 值会略有下降，但仍能满足视觉要求。因此，该算法可用在对实时性和延时性要求较高的场所。

参考文献

- 1 Milani S, Celetto L, Mian G A. A Rate Control Algorithm for the H.264 Encoder[C]. Proceedings of the 6th Baiona Workshop on Signal Processing in Communications, 2003: 390-396.
- 2 Wiegand T, Schwarz H, Joch A, et al. Rate Constrained Coder Control and Comparison of Video Coding Standards[J]. IEEE Trans. on Circuits and System for Video Technology, 2003, 13(7): 688-703.
- 3 左雯. H.264 的码率控制[EB/OL]. <http://www.video-pz.com/Html/xxnews/20054/200542125325.html>, 2005.
- 4 Xue Jinzhu, Shen Lansun. Rate Control Algorithm for H.264 Video Encoding[J]. Journal of Electronics, 2003, 20(6).
- 5 Ma Siwei, Gao Wen. Rate Control For JVT Video Coding Scheme with HRD Considerations[C]. IEEE International Conference on Image Processing, 2003: 793-796.
- 6 Ma Siwei, Ga Wen, Zhao Debin, et al. A Study on the Quantization Scheme in H.264/AVC and Its Application to Rate Control[M]. Lecture Notes in Computer Science, 2004: 192.
- 7 李冬梅, 温淑鸿. MPEG 视频编码中的码率控制原理及算法[J]. 电视技术, 2003, (1): 10-13.
- 8 王景华, 何芸. 一种低复杂度的码率控制算法研究[J]. 计算机工程与应用, 2003, 39(2): 116-118.
- 9 Siddegowda B K. A Rate Control Algorithm for H.264 Codes[EB/OL]. <http://www.polaris.cse.fau.edu/>.