

文章编号:1001-9081(2008)01-0264-03

基于视频的嵌入式森林火灾预警系统

徐凡,袁杰

(南京大学 电子科学与工程系, 南京 210093)

(xslslsf@gmail.com)

摘要:针对目前我国森林火情远程监控中长时间不间断监测、建设成本高的不足,提出了一种基于视频的嵌入式森林火灾监测和报警的系统。嵌入式处理器对安插在森林监测点摄像头采集到的视频图像,通过昼间或夜间火情识别算法进行智能处理,当潜在异常确认为异常发生时,通过无线网络将火情信息传送到监控中心,交由工作人员做进一步处理,避免了长时间不间断监控。与现有其他同类系统的比较表明:该系统对于我国森林火情监测有较大的实用价值。

关键词:森林火灾预警;嵌入式;数字图像处理;远程监测

中图分类号: TP391.41; TP368.2 **文献标志码:** A

Embedded system for video-based forest fire detection

XU Fan, YUAN Jie

(Department of Electronic Science and Engineering, Nanjing University, Nanjing Jiangsu 210093, China)

Abstract: Concerning the long continuous monitoring and high cost of our current forest fire remote monitoring, an embedded system for forest fire detection and alarm based on video was presented. The embedded processor firstly processed the video image from the forest monitoring camera by daytime or evening fire detection algorithm. It then sent the fire information to the monitoring center by wireless network for further processing only when potential abnormality really occurred. Long uninterrupted monitoring can be avoided in this way. Finally, in comparison with the other existing systems of the same kind, great value was shown to our forest fire detection.

Key words: forest fire detection; embedded; digital image processing; remote monitoring

0 引言

森林火灾是全球性的林业重要灾害之一,每年都会造成林木资源的重大损失和大规模的环境污染。随着现代通信技术、信息处理技术,以及微控制器应用的快速发展,针对森林火灾的监测已经开始由人工瞭望转向远程视频监控。远程视频监控必然伴随视频图像的传输,视频图像传输方法按传输介质可分为无线传输和有线传输两种^[1-3]。文献[1]中详细论述了有线方式和无线方式关于建设成本、传输性能等的比较,指出伴随计算机网络的发展,利用计算机网络传输将是监控系统的主流,并提出有线和无线相结合的方法来传输视频图像。纵观目前森林火情远程监控,大多是将摄像头采集到的视频图像经过压缩后直接通过有线或无线的方式传送到森林火灾监控中心^[4,5],通过人为方式判断火灾是否发生。对于森林火情监测,视频处理前端仍是至关重要的,由于林区发生火灾的情况相对比较少,所以传送的视频在大多数时候都是安全状况下的画面,又由于森林火灾的突发性,这就要求监控中心的工作人员必须 24 小时不间断地监视林区各个监测点传送过来的视频画面,否则仍然可能延误火情的发现,造成重大损失。

本文结合远程监控系统^[6]与嵌入式技术和数字图像处理技术,介绍了一种新型的森林火情监测预警系统。首先在监测点对视频信号进行火情的智能识别处理,然后仅在自动检测到异常发生的情况下,通过无线网络将警报、火情现场画面等相关信息传送到监控中心。这样的预警方式可以有效避

免现有远程监控系统的不足,能较大地提高系统的工作效率,为快速发现森林火情提供智能保障。

1 系统结构原理

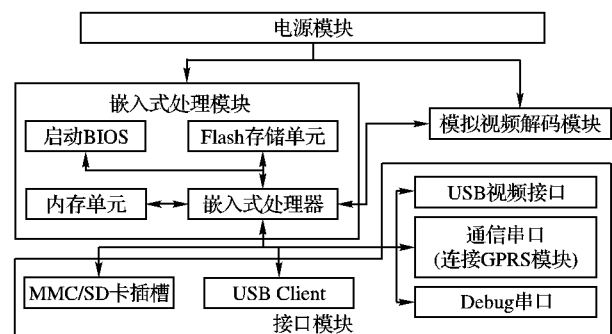


图1 监测点结构框图

基于 Internet 的实时监控已经成为智能控制技术的发展趋势,本文介绍的森林火灾预警系统主要采用嵌入式视频处理模块处理实时视频图像,通用无线分组业务(General Packet Radio Service, GPRS)数据传输模块向监控中心传送火情警报信息^[7]。监测点结构框图如图 1 所示,监测点处摄像头采集到的现场视频,先交由嵌入式处理模块处理,如果确认异常,嵌入式处理器将异常信息按照 JPEG 格式进行压缩,并将压缩后的数据附带时间信息以及监测点代码载入数据包。嵌入式处理器通过 RS232 串口将数据包传送给 GPRS 数据传输模块,由 GPRS 数据传输模块通过无线网络将数据包发送给

收稿日期:2007-08-10;修订日期:2007-09-26。

作者简介:徐凡(1983-),男,湖北孝感人,硕士研究生,主要研究方向:数字图像处理、嵌入式系统;袁杰(1975-),男,江苏无锡人,副教授,博士,主要研究方向:数字图像处理。

提供 GPRS 服务的移动公司,由移动公司负责将数据传送至 Internet。通过 Internet,监控中心接收来自监测点的数据包,从数据包中提取 JPEG 图像数据后解压缩,根据监测点代码确定其地点,并向监控人员显示火情警报发生的时间、位置和图像等警报信息,由监控人员最终判断是否发生火情。

2 系统模块设计

本系统主要由嵌入式处理模块、模拟视频解码模块、电源模块、接口模块,以及 GPRS 数据传输模块和监控中心组成,监控中心利用无线网络通过 GPRS 数据传输模块与嵌入式处理模块、模拟视频解码模块、电源模块、接口模块连接起来。嵌入式视频处理模块选用开放源代码的 Linux 作为操作系统,视频处理模块和监控中心都由专为本系统设计的监测程序控制。

2.1 视频图像采集

根据林区地形的特点、以往火情发生的频繁地点以及本地气候等情况合理布置监测点,安装在监测点的摄像头能够观测到设定区域的范围,采集到的图像要达到一定的精度。为满足不同林区摄像装备差异的情况,本系统接口模块提供了两种不同的视频图像采集方式,同时支持 USB 接口摄像头和模拟摄像头,但嵌入式处理器对两者传送的图像处理方式有所不同。如若系统选用 USB 接口摄像头,则嵌入式处理模块可以依据 USB1.1 或 2.0 协议直接读取数字图像信息;如果系统选用模拟摄像头,则必须将摄像装置传送过来的 PAL/NTSC 制式 CVBS 视频信号,通过视频解码。视频解码器采用 Philips 公司的 SAA7113H 芯片,该芯片支持 PAL/NTSC 视频标准,主要作用是将输入的模拟视频信号解码成标准的 VPO 信号,相当于一种 A/D 器件。系统通过 ARM 处理器的 GPIO 口模拟 I²C 总线对 SAA7113H 芯片内部寄存器初始化,将 PAL/NTSC 制式 CVBS 输入信号转换成 8 位 VPO 总线的 ITU656 格式信号,然后供 ARM 处理器处理。

2.2 数据处理

嵌入式处理模块选用 ATMEL 公司的 AT91RM9200^[8] 处理器,工作频率 180 MHz。ARM 处理器通过 CPLD 接收来自视频解码器提供的同步信号,每次通过 I/O 口读取到一个字节,就向 CPLD 发送一个计数信号,使得静态存储器地址上升一位,以便读取下一个字节。采用这种方式充分利用了 CPLD 的 I/O 口和快速运算功能,减少了 ARM 处理器的工作负担,为火情识别算法的执行预留了充足的系统资源。

2.3 情报发送和终端控制

监控中心作为和 GPRS 交互的模块,可以是一台连接至 Internet、拥有公网 IP 地址的计算机。它一方面通过 Internet 接收来自 GPRS 模块传送过来的火情警报信息,由现场监控人员根据传回的森林现场视频信息,判断火情状况并作进一步行动;另一方面,监控中心也可根据实际需要,通过 GPRS 网络传送控制信息给各监测点的嵌入式视频处理设备,人为请求现场数据的传送,或者调节识别算法所需的各项参数。

3 火情识别算法

火情识别算法是本系统设计的关键。由于林区人烟稀少、建筑物数量低,采集到的视频画面景物相对单一,多数时刻画面内容的改变由天气或光照变化引起,速度较为缓慢,且为覆盖整个区域的全局性变化。正常情况下,发生局部区域亮度或色度信号突变的概率较低(可能的状况例如鸟类飞行或者人类活动等)。如果发生火情,白天会出现明显的浓烟,夜间则会产生火光^[9,10]。此类现象生成时间短、持续时间长,且初始时集中在局部区域。由于浓烟上升,在林地与天空交

界处会造成亮度信号的不同程度变化。夜间虽然难以观察到浓烟,但林地内的火光可以明显提高局部区域的亮度,并且造成色度上富有特征的变化。本算法以数字信号处理技术为基础,利用火灾发生前后视频画面上出现的亮度和色度信号的变化,分为烟流监测(白天)和火光监测(夜晚)来判别火情。

首先对监测区进行划分,如图 2 所示,根据气候条件和林区自身特点设定相关参数如下:横向警戒阈值 Th_s ,纵向警戒阈值 Th_t ,前向间隔时间 t_b ,后向间隔时间 t_f 。然后对系统获得的每一帧亮度信息,计算该帧内所有监测区的平均灰度级。设图像灰度级 $1 \sim M$,第 i 级像素 n_i 个,总像素 $n = \sum_{i=1}^M n_i$,则第 i 级灰度出现的概率为 $P_i = n_i/n$,图像总的平均灰度级为 $I = \sum_{i=1}^M iP_i$ 。于是可得到 N 个监测区的平均灰度级 $I_i (i = 1, 2, \dots, N)$,对 I_i 进行排序,取中值 I_r 作为参考灰度值。如果: $|I_i - I_r| \geq Th_s$ 并且 $|I_i^t - I_i^{t-b}| \geq Th_t$,则判断该区域存在异常。具体算法流程如图 3 所示。

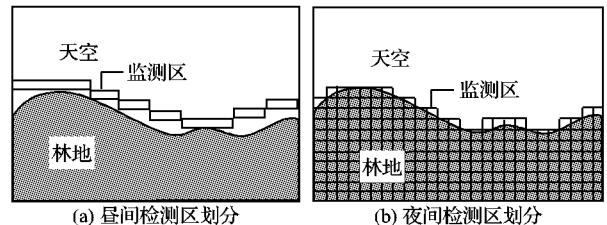


图 2 监测区划分

由于夜间光照不足,捕捉到浓烟的亮度信号灰度级容易受到噪声信号的干扰,故可依靠突发火情时产生的火光来探测识别。由于火光呈红色,平均色度信号中 V 的变化会明显高于 U 的变化。如若:

$$|V - U| \geq Th_{clr} (\text{色度阈值}) \text{ 并且 } I_i^t \geq I_r^{t+f}$$

则判定该区域为异常。

算法中涉及的参数需根据林区实际情况确定。例如后向间隔时间 t_f 是为了避免诸如鸟类飞过造成的短时干扰,取 1~2 min 即可,时间过短会造成误报,过长则影响即时性。

4 结语

目前,应用于森林火情监控领域的技术主要有基于 3S (全球定位系统 GPS、遥感技术 RS、地理信息系统 GIS)、基于嵌入式 Internet 和基于 WSN(无线传感网络)的三种^[11-13],现将它们各自性能特点比较如表 1 所示。

表 1 目前森林火情远程监控系统比较

系统	优点	缺点	成本比较
3S	覆盖面积大,无需摄像装置,能对林区资源信息快速采集和处理	数据精度欠缺,卫星遥感实时性不高,不能对同一地区全时段监控,容易受气象等条件影响	高
WSN	传感节点采集现场数据(温度、湿度、大气压力等),通过无线传感网络发送,采集数据精度较高,占用存储空间少	没有形成国际统一标准。需将林区采集到的现场数据传送到控制中心作分析与处理,安全性和低功耗有待改进	低
嵌入式 Internet	将经“裁剪”的 TCP/IP 协议内嵌到 MCU 中,林区监测点本身可作服务器,客户端通过 IE 即可实时监控	需要搭建内部网络,网络传送距离有一定限制,监测点作服务器承担很大任务	较高
本系统	火情算法智能处理,仅在火灾发生情况下利用 GPRS 无线网络传送数据给监控中心,数据传送量低,实时性较好	在林区布置大量监测点系统,需根据当地气候变化等改动算法相关数据,定期维护	较低

通过表 1 可以看出,本系统在目前条件下,对于我国广阔的森林面积、资金支持有限的前提下,具有很大的实用价值。一方面它不需要 24 小时不间断的人工监督,降低了人员工作强度,提高了效率;另一方面由于智能识别的介入,可以仅在发现异常的情况下传送数据,降低了监控系统对数据传输网

络的要求,使得系统可以直接利用现有的 GPRS 无线网络传送必要信息,免去了另建通信网络维护系统运营的必要。本系统具有低功耗、低成本、体积小、易升级等特点,只需改换算法软件,就可以应用于其他各种不同的监控场合,例如污染排放监测、室内防盗监控等。

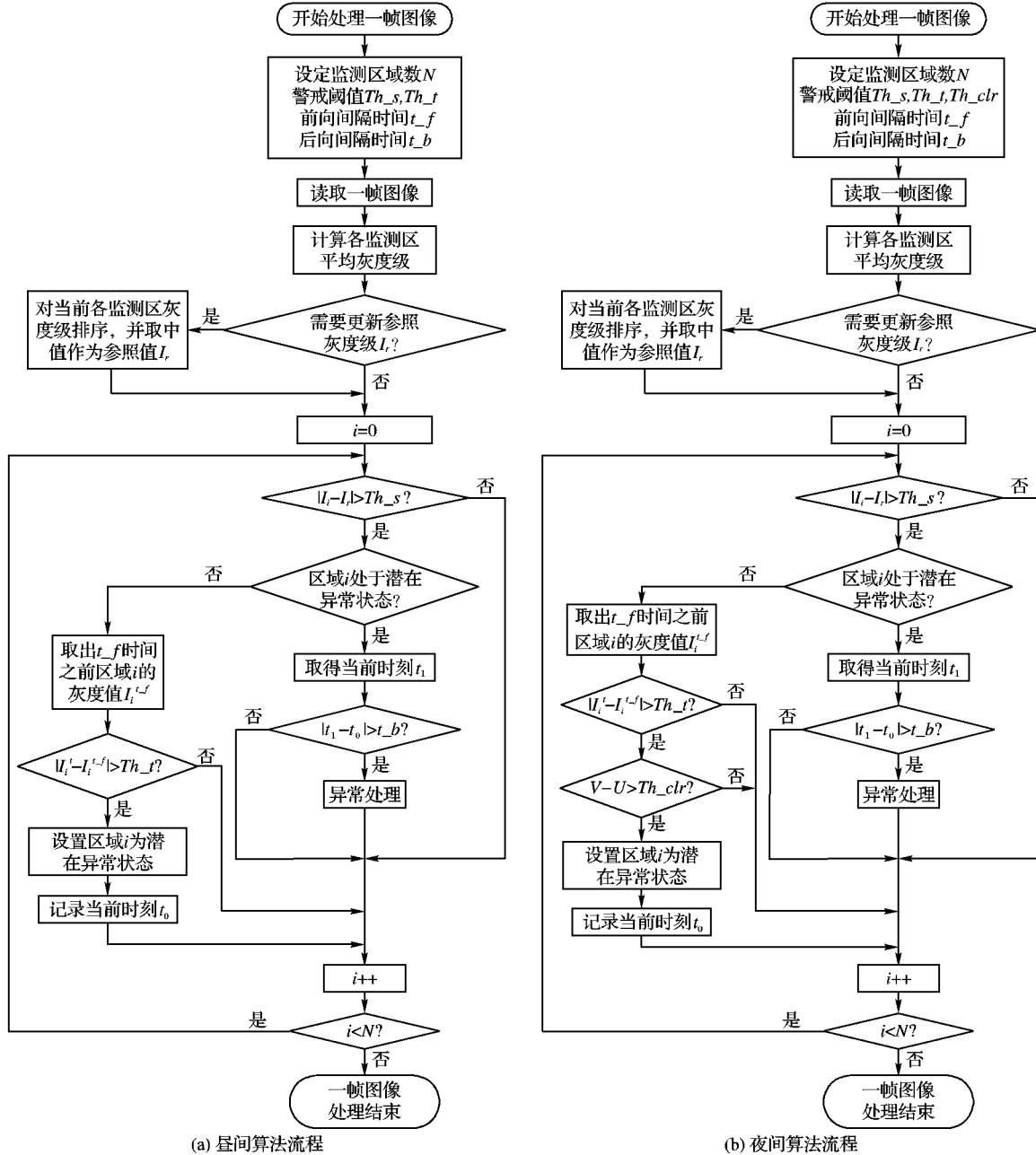


图 3 昼间、夜间算法流程

参考文献:

[1] 于海龙, 鄂伦. 森林火灾现场视频图像传输方案研究[J]. 地理信息世界, 2004, 2(4): 40 - 44.

[2] ETOH M, YOSHIMURA T. Advances in wireless video delivery [J]. Proceeding of the IEEE, 2005, 93(1): 111 - 122.

[3] XU HAI, HAN YU. A remote wire/wireless video monitor system using HW/SW co-scheduling RTOS[C]// Proceeding International Conference on Embedded Software and Systems (ICES05). Xi'an: [s. n.], 2005.

[4] 张素文, 付薇, 刘明兰. 嵌入式视频图像传输系统的设计与实现[J]. 微计算机信息, 2007, 23(3Z): 22 - 24.

[5] 王文书, 戴瑜兴. 基于嵌入式系统技术的火灾报警远程监控系统设计[J]. 低电压器, 2005(6): 26 - 29.

[6] 卫峰, 宋克柱, 杨小军. 基于嵌入式技术的视频监控系统的的设计[J]. 计算机应用, 2003, 29(6): 21 - 23.

[7] 韩晓冰, 韩冰, 孙弋. 基于嵌入式系统的 GPRS 数据终端设计与实现[J]. 仪器仪表学报, 2006, 27(6): 675 - 677.

[8] 张秀松, 施金鸿. 基于 AT91RM9200 的嵌入式工业控制系统设计[J]. 微计算机信息, 2006(1Z): 45 - 47.

[9] 王本西, 官洪运, 方建安. 基于图像处理的嵌入式火灾探测系统设计[J]. 微计算机信息, 2006(4Z): 17 - 19.

[10] 杨俊, 王润生. 基于视频图像分析的火燃监测及其应用[J]. 电视技术, 2006(8): 92 - 96.

[11] 卜玉坤, 范强, 孙丽敏. 基于 3S 技术的森林火险预警方法研究——以大连市为例[J]. 矿山测量, 2007(1): 47 - 49.

[12] 张艳伟, 刘涤尘, 管保安, 等. 基于嵌入式 Internet 设备远程控制系统设计[J]. 电工技术杂志, 2004(4): 54 - 56.

[13] 李光辉, 赵军, 王智. 基于无线传感器网络的森林火灾监测预警系统[J]. 传感技术学报, 2006, 19(6): 2760 - 2764.