

# 基于图像的嵌入式森林火灾监控系统研究与设计

田仲富, 黎粤华, 刘晓义 (东北林业大学机电工程学院, 黑龙江哈尔滨 150040)

**摘要** 针对目前我国森林防火远程监控中存在的不足, 提出了一种基于嵌入式处理平台的森林火灾监控系统, 对系统硬件设计和林火图像识别算法两个方面做了详细论述。系统以嵌入式微处理器作为现场控制器的主控单元, 现场控制器通过串口与 CCD 摄像机进行实时通信, 获取监测区域的图像信息, 对获取的图像信息进行林火识别, 若系统判断有林火发生, 则将火情信息通过无线网络传送给监控中心, 从而达到第一时间发现森林火灾的目的。通过在林区现场进行的试验表明, 该系统能够克服工作环境的干扰, 且具有响应速度快、识别率高以及监控区域广等特点。

**关键词** 森林防火; 图像处理; 远程监控

中图分类号 S126 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2014)13-04105-03

## Research and Design of Embedded Monitoring System of Forest Fires Based on Image

TIAN Zhong-fu et al (School of Mechanical & Electrical Engineering, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

**Abstract** Aiming at the existing problems of forest fire prevention in China in remote monitor and control system, a forest fire monitoring system based on embedded platform was proposed, two aspects of the system hardware design and the fire image recognition algorithm were discussed in detail. The system is based on embedded microprocessor as the master controller unit, field controller for real-time communication through the serial port and the CCD camera, image acquisition information monitoring area of forest fire recognition, the image information acquisition system, if the judge a forest fire, the fire information through the wireless network transmission to the monitoring center, so as to find forest fire at the first time. The forest field experiments showed that, the system can overcome the interference of the work environment, and has quick response speed, high recognition rate and a wider range of monitor.

**Key words** Forest fire; Image processing; Remote monitoring

森林作为陆地生态系统的主体, 是人类宝贵的物质财富, 也是发展国民经济不可或缺的珍贵资源。但森林火灾时有发生, 其突发性强, 危害性大, 处置困难, 加上林区地形复杂, 地域广阔, 因而对森林安全造成极大威胁。森林火灾是破坏森林资源的主要灾害之一<sup>[1-2]</sup>。无论是国内还是国外, 每次森林火灾都会使森林资源遭受巨大损失, 同时也会对生态环境造成巨大破坏。因此, 在第一时间发现火灾现场并及时扑救火灾, 历来是林区管理工作的重中之重。森林火灾不只是烧毁成片的森林, 伤害林内的动物, 而且还降低森林的更新能力, 引起土壤的贫瘠和破坏森林涵养水源的作用, 甚而打破生态环境平衡。所以, 为降低森林火灾的损失, 世界各国非常重视林火监测技术的研究<sup>[3]</sup>。

针对目前全球森林及荒地火灾的严峻形势, 笔者提出了一种将图像处理技术与嵌入式技术相结合的森林防火监控系统。该系统可以通过 CCD 摄像机和感光探测器对频发火灾的森林区域进行监控, 将获得的视频信号通过专门的图像采集卡转换为数字信号, 同时提取烟雾的光学特性, 将这此信息输入嵌入式微处理器, 其依据火灾图像的特征和光学特征做相应的处理和火情分析, 从而实现林火监测的目的<sup>[4]</sup>。

该系统可以实时监测林区的火灾情况, 为相关部门采取相应的预警或灭火措施提供重要的决策依据。

## 1 系统方案设计

该系统的硬件主要包括 CCD 摄像机、现场控制器以及监控中心, 其中现场控制器的主控单元采用三星公司

S3C2440, 在此微处理器的基础上还扩展了林火报警模块、GPS 模块以及 GPRS 模块。系统现场控制器组成如图 1 所示。

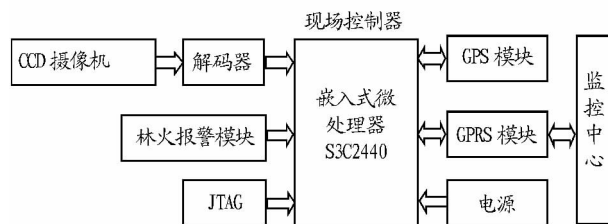


图 1 系统硬件组成

系统在工作过程中, CCD 摄像机通过解码器将采集到的图像信息送给嵌入式微处理器。微处理器对其缓冲区中的信息进行处理, 同时采用林火识别算法判断火灾情况, 如果监测到火灾情况, 则调用串口编程程序来控制 GPRS 模块 (将附加了林火现场的气象信息、火情信息、植被信息以及地理环境信息等重要数据的火警信息), 通过无线网络发送给监控中心。监控中心提取图像数据后, 进行解压操作, 并进一步分析火灾信息, 以便制定合理的部署和扑救工作。系统工作流程如图 2 所示<sup>[5-6]</sup>。

## 2 系统模块设计

**2.1 图像采集** 在森林防火的重点区域应结合其地形特点、早期火情发生情况以及本地树种、植被和气候等特点布置合理的云台, 安装在云台上的摄像机应能覆盖观测到设定区域的整个范围, 且采集到的图像要满足一定的精度, 因此, 该系统采用的是索尼公司生产的 HDR-PJ820E 摄像机。它是一款日夜型的摄像机, 具有低照度下自动彩色转黑白的功能, 可实现 960 线的高清晰度图像, 与日本精工牌长焦镜头相配合, 能够提供优质的监控图像<sup>[7]</sup>。该系统的 S3C2440 处

**基金项目** 黑龙江省自然科学基金项目 (C201244); 中央高校基本科研业务费专项 (DL12BB01)。

**作者简介** 田仲富 (1978-), 男, 山东鄄城人, 讲师, 在读博士, 从事森林防火研究。

**收稿日期** 2014-04-21

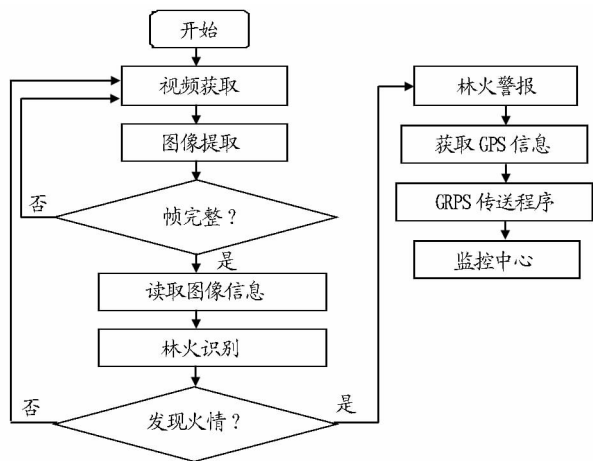


图2 系统工作流程

理器的视频采集接口支持 ITU 标准的图像数据和模拟视频信号,从而可很好地解决不同林区摄像装备差异的问题。嵌入式处理器对不同类型图像的处理方式是不同的,如果系统接收的是 ITU 标准的图像数据,则嵌入式处理器可以根据 UPnP 协议直接接收该图像信息;若系统接收的是模拟视频信号,则嵌入式处理器必须使用视频解码器将接收到的信号进行视频解码。该系统的视频解码器采用美信集成产品公司的 4 通道视频解码器芯片 MAX9530,它支持 PAL/NTSC 视频标准,可以输入 4 路模拟视频信号,通过内部寄存器的不同配置可以对 4 路输入进行转换,输入可以为 4 路 CVBS 或 2 路 S 视频(Y/C)信号,输出 8 位 VPO 信号。

**2.2 信息处理** 嵌入式处理模块选用三星公司的 S3C2440 嵌入式微处理器,其工作频率 220 MHz。S3C2440 嵌入式微处理器通过 CPLD 接收来自 MAX9530 提供的同步信号,每次通过通用输入输出读取一个字的内容,然后给 CPLD 发送一个计数脉冲,使得 SRAM 地址增加 2 位,为接收下一个字的内容做好准备。采用这种方式充分利用了 CPLD 的串口和快速运算功能,从而减少了 S3C2440 嵌入式微处理器的工作负担,也为火灾识别算法的运行准备了大量的系统资源。

**2.3 林火报警与系统通信** 当该系统的林火检测模块检测到林火发生时,现场控制器立即通过即插即用接口与 GPS 模块进行通信,从而获取林火发生的具体位置信息,并立即产生火警信息<sup>[9]</sup>。当产生火警信息后立即触发 GPRS 模块,GPRS 模块将附加了林火现场的气象信息、火情信息、植被信息以及地理环境信息等重要数据的火警信息发送给提供 GPRS 服务的移动公司,由其负责将数据传送至 Internet,并最终传送给监控指挥中心。另外,监控中心也可根据实际需要通过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 火灾图像识别算法

火灾图像识别算法通常分为以下两个阶段:第一阶段是选定运动像素和区域;第二个阶段是选定被监测林区是否产生了火灾烟雾<sup>[10]</sup>。参考区域和像素的确定:首先,随机提取出视频序列中相邻的两帧图像(分别记作  $I_{n-1}$  和  $I_n$ )以及背

景参考图像  $G$ 。然后,对  $I_{n-1}$  和  $I_n$  两帧视频序列图像做差分运算,从而得到帧间差分图像  $K$ ,同时对当前帧图像  $I_{n-1}$  和背景图像  $G$  进行差分运算,得到另一差分图像  $K'$ 。即可由式(1)求出  $K$  和  $K'$ 。

$$\begin{cases} K(x,y) = |I_{n-1}(x,y) - I_n(x,y)| \\ K'(x,y) = |I_{n-1}(x,y) - G(x,y)| \end{cases} \quad (1)$$

接着,对两差分图像分别进行二值化处理,二值化图像阈值分别为  $TH$  和  $TH'$ ,得到的二值图像为  $R$  和  $R'$ ,最后再将两个二值化得到的图像做与运算,得到运动像素和区域图像  $M$ 。由于图像可能会受到噪声点和孤立点的影响,因此,可由式(2)对图像进行膨胀和腐蚀处理,以除去图像中的干扰因素,从而选定可疑区域并将其作为下一步判断和检测的依据<sup>[8]</sup>。

$$\begin{cases} M(x,y) = \underset{i,j=0}{\overset{k}{or}} [G(x+i,y+j) \& F(i,j)] \\ N(x,y) = \underset{i,j=0}{\overset{k}{and}} [G(x+i,y+j) \& F(i,j)] \end{cases} \quad (2)$$

在运动像素和区域确定过程中,为了能够对烟雾进行实时检测,同时需要对参考背景进行实时更新,这里需要缓存当前帧图像  $I_{m-1}$  及初始参考背景图像  $G$  的信息。因不同情况,更新公式可分为以下两种情况:①如果图像点  $m(x,y)$  是运动的,即在运动区域范围内,则  $G_{n+1}(x,y) = G_n(x,y)$  保持不变;②如果图像点  $m(x,y)$  是静止或近似为基本不动的,那么背景需进行更新,即  $G_{n+1}(x,y) = \beta G_n(x,y) + (1-\beta)I_n(x,y)$ 。

当可疑区域确定后,便可对二值图像进行边界描述,可得到形状变化、大小变化、整体移动等特征信息,然后可设定合适的阈值来分析连续帧图像可疑目标区域的参数变化,最终确定目标烟雾区域。

### 4 结论

该研究提出的这种结合嵌入式处理技术与图像处理技术的森林火灾远程监控系统,利用了 3S 主流技术,同时在现场控制器的图像处理中引入火灾图像识别算法,使系统可以自动识别火情,并通过无线网络将林火警报信息发给监控中心。试验表明,该系统可以极大程度地降低林火监测人员的劳动强度,能够较好地适应不同的监测环境,且具有稳定性高、识别率高以及成本低廉等特点。

目前,林区大空间火灾识别技术还处于发展期,理论基础和现实技术还不够完善。在该研究中,虽然取得了一定的成果,但仍存在着一些不足,如在实际应用中,系统存在一定的误报情况,另外,林火识别算法中涉及的部分阈值是基于理论知识和经验的。因此,期望今后的研究能够提供充足的火灾数据和方法,并通过改善算法等克服上述林火识别中的不足。

### 参考文献

- [1] 王金海. 基于 GIS 的森林火灾扑救指挥辅助决策系统[J]. 森林防火, 2006(3): 35-37.
- [2] VICENTE J, GUILLEMANT P. An image processing technique for automatically detecting forestfire [J]. International Journal of Thermal Sciences, 2002, 41: 1113-1120.
- [3] 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(4): 17-19.

- [4] 谌琛,李卫军,陈亮,等.一种自适应的仿生图像增强方法:LDRF 算法[J].智能系统学报,2012,7(9):41-43.
- [5] 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(3):22-24.
- [6] 李峰,苗夺谦,刘财辉,等.基于决策粗糙集的图像分割方法研究[J].智能系统学报,2013,8(11):16-18.
- [7] GLASA J,HALADA L.On elliptical model for forest fire spread modeling and simulation[J].Mathematics and Computers in Simulation,2008,78

- (1):76-88.
- [8] 阮秋琦,阮宇智.数字图像处理[M].北京:电子工业出版社,2007:420-453.
- [9] 王金芝,王国胤,许昌林.一种新的云综合方法在彩色图像分割中的应用[J].智能系统学报,2013,8(6):4-5.
- [10] 吴爱已,李明,陈登.大空间图像型火灾探测算法的研究[J].计算机测量与控制,2006,14(7):869-871.

(上接第 4073 页)

表 2 大兴区农村建设用地整治潜力  $\text{hm}^2$

地区	镇	保留升级型	节地发展型		
			面积	减少建设用地	补充耕地
北部地区	黄村镇	269.54	173.34	130.00	0.00
	旧宫镇	38.41	10.33	7.75	0.00
	西红门镇	215.87	178.08	133.56	0.00
	瀛海镇	37.20	1.54	1.16	0.00
	小计	561.02	363.29	272.46	0.00
中部地区	安定镇	0.00	17.10	5.70	4.56
	北臧村镇	347.06	358.94	119.65	95.72
	采育镇	0.00	3.61	1.20	0.96
	庞各庄镇	33.67	20.09	6.70	5.36
	青云店镇	107.11	200.63	66.88	53.50
	魏善庄镇	4.66	27.95	9.32	7.45
	长子营镇	174.75	215.89	71.96	57.57
	小计	667.25	844.21	281.40	225.12
南部地区	礼贤镇	103.00	203.86	50.96	20.39
	榆垓镇	245.87	89.31	22.33	8.93
	小计	348.88	293.16	73.29	29.32
合计	1 577.15	1 500.66	627.16	254.44	

### 3 土地整治模式

针对大兴区农村建设用地整治的对象和特点,确定各镇农村建设用地整治模式,主要可分为以下 3 种类型。

**3.1 迁村并点整治模式** 针对大兴区村庄体系规划中确定的需拆迁村庄以及扩区需搬迁的村庄,为了节约集约利用土地,提高公共服务能力,以其中规模较大、条件较好的村庄作为中心村,使那些对外交通不方便、规模小、发展潜力小、缺乏基本的基础设施和社会服务设施的村庄向其搬迁<sup>[4-5]</sup>。

大兴区南部迁村并点村庄主要为首都新机场核心区建设及 75 dB 噪音区涉及到的村庄,包括榆垓镇东部以及礼贤镇的东北部部分村庄。北部迁村并点村庄主要分布在扩区周边,其中:北臧村镇生物医药基地扩区周边的 15 个村中,新立村、马村和六合庄村迁至大兴新城,其余 12 个村全部迁至生物医药基地。亦庄新城扩区涉及青云店镇和长子营镇的部分村庄,扩区周边村庄根据村庄体系规划中的拆迁村向保留重点发展型村庄迁并,长子营镇中的部分村庄拆迁后搬迁至邻近的保留村庄。

**3.2 城镇化整治模式** 该模式是针对经济比较发达的农村地区,在进行土地整治时,将村庄土地整治与当地城镇规划进行衔接,集中建设居民小区,提高城镇建设用地容积率和

土地利用效率,改善居民生活环境。根据农民的工作性质、居住习惯、收入状况、接受程度等具体情况,规划设计适合农民居住的社区布局、住宅户型、居住面积、容积率。同时为了方便农民生产和生活的需要,建设适宜农村生产生活方式的公共设施与基础设施。

大兴区北部的西红门镇、瀛海镇、旧宫镇、亦庄镇和黄村镇以及生物医药基地扩区范围内的村庄,包括八家村、巴园子村、北高各庄村、大臧村等村庄以及各乡镇的镇中心,这些区域经济基础较好,受城镇发展辐射和影响较大,适合城镇化建设用地整治模式。

**3.3 村庄内部整治模式** 针对有一定基础设施,常住人口规模适中的村庄,但是在长期建设过程中缺乏规划指导,盲目和无序建设问题严重,导致农村居民点利用效率低、交通条件差、基础设施服务效率低、内部生态环境差等一系列问题,并有可能进一步影响到村庄的产业与经济发展<sup>[4-5]</sup>。这一类村庄也是大兴区目前村庄整治工作中数量最多的一种类型,应针对不同村庄出现的不同问题开展整治活动。

**整治内容:**此类村庄的整治内容包括拆除旧宅、建设新居、完善基础设施、美化村庄环境等内容。在进行村庄内部改造时,需要严格落实农村“一户一宅”管理制度,条件允许的地方,建设居民小区,完善基础设施,对于一户多宅和多宅基地的情况,可以通过无偿收回或适当有偿收购的方式进行回收。建设时,应充分利用村庄废弃地、闲地进行建房,尽量避免占用耕地。同时配套农村生产生活基础设施,改善当地交通条件和生产生活条件。在部分地区,可以制定较为灵活的土地政策,如土地置换、土地换社保,不断引导一些有经济头脑、一技之长农民进城,促进居民点用地节约集约利用。适合这种整治模式的村庄主要位于魏善庄镇、安定镇、采育镇和庞各庄镇。

### 参考文献

- [1] 中国共产党第十八届三中全会公报[R].2013.
- [2] 鄢文聚.土地整治规划概论[M].北京:地质出版社,2011:1-13.
- [3] 朱晓华,陈猷分,刘彦随,等.空心村土地整治潜力调查与评价技术方法——以山东省禹城市为例[J].地理学报,2010,65(6):736-744.
- [4] 李银慧.农村建设用地整治潜力研究——以甘泉县为例[D].西安:长安大学,2012:10-18.
- [5] 饶金波.浙江省吴兴区农村居民点整治潜力与模式研究[D].南昌:江西农业大学,2012:67-72.
- [6] 大兴区国民经济与社会发展第十二个五年规划[R].2011.
- [7] 大兴区土地利用总体规划(2006-2020年)[R].2012.
- [8] 大兴区新城规划(2005-2020年)[R].2007.
- [9] 大兴区村庄体系规划[R].2012.
- [10] 大兴区绿地系统规划(2012-2020年)[R].2012.