

基于嵌入式的移动图像监控系统设计

熊四昌, 周贇涛

(浙江工业大学 机械工程学院, 杭州 310014)

摘要: 随着科技水平的提高和经济的快速发展, 人们对于如何保护自身安全和经济财产等方面的问题越来越重视; 针对这些情况, 设计了一种能够实现远程监控并可以自动预警的设备; 设备使用 TQ210 开发板作为硬件平台和嵌入式 Linux 作为软件平台, 通过外接的摄像头采集图像, 利用帧差法对采集到的图像进行处理, 从而实现运动物体的检测, 最后通过音箱播放警报声以实现预警; 在开发板上构建了以 Boa 为核心的 WEB 服务器, 从而使设备可以通过 Wi-Fi 模块实现了远程查看移动物体图像和视频的功能; 实验结果表明, 该系统不仅实现了传统的视频实时监控功能, 而且当检测到移动物体产生时, 不仅能够立即开启声音预警, 并将图像和视频保存下来用于用户事后的查看或者取证。

关键词: 远程监控; TQ210; Motion; Boa; Wi-Fi

Design of Motion Images Monitoring System Based on Embedded Linux

Xiong Sichang, Zhou Yuntao

(College of Mechanical Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: With the improvement of science and technology and the rapid economic development, people pay more and more attention to how to protect their own safety and economic property. In view of these circumstances, an equipment which can remote monitoring and automatically alert is designed. The equipment using TQ210 development board as the hardware platform and embedded Linux as the software platform, through an external camera to capture images, in order to achieve the detection of moving objects using the frame difference method to deal with the images, and finally through the speakers to broadcast the alarm sound to achieve early warning. The WEB server is constructed with the Boa as the core on the board to achieve a remote view the images and videos of the moving objects through the Wi-Fi module. The experimental results show that the system not only realizes the traditional video real-time monitoring function, but when the detected moving object occurs, it not only can immediately broadcast the warning, but also save the images and videos for users to remotely view.

Keywords: remote-monitoring; TQ210; motion; Boa; Wi-Fi

0 引言

随着社会经济水平的提高和科技的快速发展, 人们对于人身和经济财产的保护意识也在不断增强^[1]。但是人们除了要加强主观意识之外, 更多的还是需要一定的技术手段和设备以实现有效和科学的防范。图像监控就能够从容应对这些情况, 它在预防犯罪、调查取证、公共财产保护等方面都起到了不可替代的作用^[2], 其应用范围主要体现在公共安全监控、工业现场监控、居民小区监控等各种监控场景中^[3]。

同时随着嵌入式的发展、4G 网络和 Wi-Fi 网络的普及, 利用网络实现远程控制这个方式也已被人们广泛地接受, 这些均为移动图像监控系统的远程控制功能提供了保障, 使用户可以将 PC 端直接作为远程监控平台。

1 移动图像监控系统整体方案

本系统的总体方案设计如图 1 所示。在 TQ210 开发板上通过外接的图像采集模块来进行实时采集图像, 通过背景减除法对采集到的连续两帧图片进行处理, 从而实时地判断是否有

移动物体的产生。

当检测到移动物体时, 此时系统就会通过预警模块开启实时预警, 并将采集到图像以及视频保存在开发板中, 此时 PC 端用户可以通过网络连接开发板上的 Boa 服务器, 从而实现远程监控或者查看保存在开发板上的图像和视频。

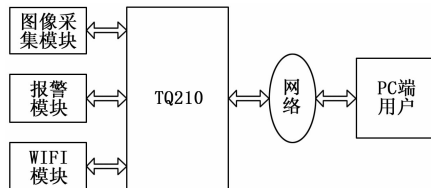


图 1 总体方案设计图

2 运动目标检测原理

运动目标检测是指在序列图像中检测出变化区域并将运动目标从背景图像中提取出来。一般通过以下四步来实现运动目标检测。

1) 图像的二值化: 由于 USB 摄像头采集到的图像为 RGB 格式的图像, 该格式的图像每个像素需要用 3 个字节表示, 而 YUV 格式的图像只需一个字节表示^[4]。为了降低运算量, 加快数据的传输速率, 需要先把彩色 (RGB) 图像转化为黑白 (YUV) 图像。转换公式采用下式:

收稿日期: 2017-08-16; 修回日期: 2017-09-01。

作者简介: 熊四昌 (1960-), 男, 江西南昌人, 教授, 硕士研究生导师, 主要从事机电检测与控制方向研究。

周贇涛 (1991-), 男, 浙江杭州人, 硕士研究生, 主要从事机电系统以及智能家居方面的研究。

$$Gray(x,y) = 0.299 \times R(x,y) + 0.587 \times G(x,y) + 0.114 \times B \quad (1)$$

式中, $Gray(x,y)$ 为坐标 (x,y) 转化后的灰度值。

将转化后的图像进行二值化处理,即选取一个阈值 $thresh$ 与各个像素点进行比较,如果小于阈值,则为黑色,否则为白色,具体公式如下:

$$F(x,y) = \begin{cases} 1, & Gray(x,y) > thresh \\ 0, & Gray(x,y) \leq thresh \end{cases} \quad (2)$$

式中, $F(x,y)$ 为坐标 (x,y) 像素的二值图值, $thresh$ 为二值图阈值。

2) 滤波去噪:由于嵌入式平台对于算法的高度敏感性,去噪采用均值滤波。即对待处理的当前像素点 (x,y) ,选择一个模版,该模版由相邻的8个像素组成,求模版中所有像素的均值作为该点像素的值,公式如下:

$$f(x,y) = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 g(x) \quad (3)$$

式中, $f(x,y)$ —坐标 (x,y) 的像素值, $g(x,y)$ —坐标 (x,y) 相邻坐标的像素值。

3) 背景图像与当前图像相减,与阈值比较

由于图像中的所有像素已经灰度化,故它是一个 $0 \sim 255$ 的数值,故可以将当前图像与背景图像相对应像素的值进行相减,并将这些值相加后与预设的阈值进行比较,如果该值大于阈值就认为有移动物体产生,其中阈值设置的越小越敏感。具体公式如下:

$$diffs = F(x,y) - B(x,y) \quad (4)$$

式中, —相减后的总值, $F(x,y)$ —当前图像, $B(x,y)$ —背景图像。

$$result = \begin{cases} 1, & diffs \geq thres \\ 0, & diffs < thres \end{cases} \quad (5)$$

式中, $thres$ —设置的阈值。

4) 背景建模

在本系统中背景建模采用动态地去实时更新背景图像,通过当前背景图与当前图像进行对比判断是否需要更新背景模型,如果需要更新,则采用加权的当前背景图像与加权的当前图像之和作为更新后的背景图像,具体公式如下:

$$B_{new}(x,y) = 0.5 \times B_{ret}(x,y) + (1 - 0.5)F(x,y) \quad (6)$$

式中, $B_{(ret)}$ —更新后的背景图像, $B_{(ret)}$ —当前背景图像, $F(x,y)$ —当前图像

在本系统的检测移动图像过程中首先判断当前输入的图像帧是否为第一帧采集图像。如果是第一帧采集图像,在对其经过图像的二值化、滤波去噪后将其作为背景图像,如果不是第一帧图像,则对其经过图像的二值化、滤波去噪后与系统中的背景图像进行对比,如果得到的值大于等于预设的阈值时,则判断为检测到运动目标,此时将该帧图像作为系统的背景图像并将其储存下来,具体处理过程如图2所示。

3 硬件平台搭建

系统的终端硬件结构主要可以分为以下四部分:核心控制器、图像采集模块、报警模块、Wi-Fi 模块。

3.1 核心控制器

核心控制器采用 TQ210 开发板,该开发板使用了 Samsung Cortex-A8 S5PV210 芯片,该 CPU 采用 45 nm 工艺制

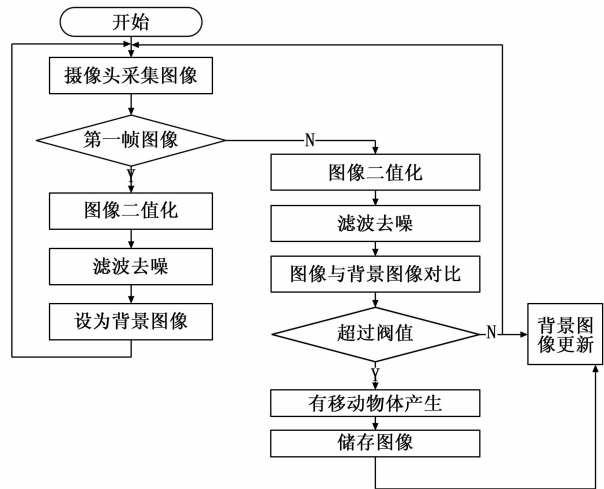


图2 运动目标检测流程图

程,处理器内部为 64/32 位总线结构,32 KB 数据缓存和 32 KB 指令缓存,512 KB 二级缓存,处理器主频最高可达到 1 GHz,拥有 2 000 DMIPS 的高性能运算能力,保证即时而顺畅的执行应用程序,并且包含了很多强大的硬件编解码功能^[5]。TQ210 核心版采用高密度 10 层的沉金工艺,尺寸为 $63 \times 53 \times 7$ mm,并配置了 1 G 主频、1 G DDR2 RAM、1 G SLC NAND-FLASH (可扩展至 2 G),采用 5 V 供电,并且引出了各种常用的接口资源。如本系统中需要用到的 4 路 USB_HOST 2.0 输出口,1 路 USB_OTG 2.0 下载接口等。

3.2 图像采集模块

图像采集模块采用中星微 ZC301P 摄像头。这款摄像头采用 CMOS 图像感光芯片,内置 JPEG 硬件压缩引擎,具有 USB1.0 接口。其最大分辨率可达 VGA 分辨率即 640×480 ,最大帧频可达 30 fps,并且支持静态与动态视频的采集。同时该芯片在自动曝光、增益、白平衡、色彩、噪点控制、动态缩放以及边缘抗锯齿算法等方面都有独到之处,可以获得清晰度很高的视频图像^[6]。

3.3 报警模块

报警模块采用 Wolfson Microelectronics 音频转换芯片 WM8960,WM8960 是一款低功耗、高质量的立体编解码器,专为便携式数字音频应用设计。S5PV210 芯片通过 I2S 和 I2C 与音频编解码芯片 WM8960 进行交互,其中 I2S 只负责传输声音数据,而 I2C 负责传输控制信息(如音量调节、静音等),WM8960 负责编解码^[7]。WM8960 芯片对外引出了 1 个驻极体话筒、2 个功放接口、1 个 3.5 mm 接口的 PHONE、1 个 3.5 mm 接口的 MIC。

3.4 Wi-Fi 模块

Wi-Fi 模块采用一款基于美国 Atheros AR9271 为控制器芯片的无线网卡,该网卡具有超强的稳定性,完美解决信号虚高、掉线、连接不上等问题^[8]。AR9271 WLAN USB 单芯片采用全新的架构,集成了可运行更多片上无线 LAN 功能的 CPU 与存储器。同时该网卡外置高增益 6dbi 全向天线,轻松实现了远距离传输,并且符合 IEEE802.11g、IEEE802.11b、IEEE802.11n 标准,无线传输速率可达 150 MBPS;支持 WEP、WPA/WPA2、WPA-PSK/WPA2-PSK 等高级加密

与安全机制；提供简便的配置、监控程序；支持 Linux 操作系统。

4 系统软件的设计

4.1 嵌入式软件平台的搭建

开发板采用的是嵌入式 Linux 系统作为操作系统平台。该系统具有模块化程度高、源码公开、安全性及可靠性好、拥有较多的优秀开发工具、有很好的网络文件系统支持、能支持 x86、ARM 等多种体系结构的微处理器等优点^[9]。Linux 系统由 bootloader、kernel、rootfs 这三部分组成，所以搭建嵌入式 Linux 操作系统需要完成交叉编译环境的搭建、U-Boot 的移植、Linux 内核的裁剪与编译、文件系统的制作，然后在 Linux 开发环境上完成了系统的应用程序设计。其中在内核的裁剪与编译过程中，为了能够实现警报声的播放、图像的采集以及连接无线网络的功能，需要将内核配置中声卡、摄像头以及无线网卡的相关选项进行配置。之后需要编写这些模块的应用程序，但由于 Linux 系统的开源性，很多模块的应用程序只需通过移植就可以直接使用。

4.2 应用程序移植

首先移植的是报警模块中的声音播放程序，选用了 Madplay 音乐播放程序。移植该程序需要用到以下源码包 libid3tag-0.15.1b.tar.gz、zlib-1.1.4.tar.gz、madplay-0.15.2b.tar.gz、libmad-0.15.1b.tar.gz。由于 libid3tag 库的编译过程中需要依赖 zlib 库文件，所以必须先对 zlib 源码包通过解压、配置、编译、安装 4 个步骤进行编译。但由于程序的编译与运行在两个不同架构的平台上实现，所以通过修改解压目录中的 Makefile 文件实现交叉编译的功能。然后按照相同的步骤编译另外 3 个源码包，但在编译 libmad 源码包的过程中需要将 Makefile 文件第 129 行中 fforce-mem 指令删掉。最后将编译好的库文件和 Madplay 应用程序分别复制到开发板的 /lib 目录和 /sbin 目录中。

其次移植 Wi-Fi 模块中用于连接无线网络的 wpa_supplicant 应用程序。移植该程序需要用到 wpa_supplicant-2.0.tar.gz、openssl-1.0.1d.tar.gz 这两个源码包以及 AR9271 芯片需要的固件 htc_9271.fw。由于 wpa_supplicant 源码包的编译需要依赖 openssl 库，因此需要先编译 openssl 源码包。在对 openssl 库进行编译的过程中，同样需要修改 Makefile 文件使其实现交叉编译。然后将编译出来的头文件和库文件分别复制到虚拟机交叉编译工具链的头文件和库文件中，同时将库文件复制到开发板的 /lib 目录中。接着对 wpa_supplicant 源码包进行编译，在编译过程中需要在配置文件 config 内加上一行命令代码：CONFIG_LIBNL32=y，并修改 Makefile 文件中的一些内容。编译完成后将 usr/local/sbin 目录中所有生成的文件都复制到开发板的 /bin 目录内，并将生成的应用程序 wpa_supplicant 复制到开发板 /var/run/ 目录中，以及下载的固件 htc_9271.fw 复制到开发板的 /lib/firmware 目录中，最后在开发板的 /etc 目录中创建配置文件 wpa_wpa2.conf，配置文件具体内容如下：

```
ctrl_interface=/var/run/wpa_supplicant
network={
    ssid="Wi-Fi 账户名"
    psk="Wi-Fi 密码"}
```

然后移植用于检测是否有移动物体产生的 Motion 算法应用程序。移植该程序需要用到 motion-3.2.12.tar.gz 和 ffmpeg-0.5.1.tar.gz 这两个源码包。为了使其支持录制视频功能，所以需要先对 ffmpeg 源码包编译。在对 ffmpeg-0.5.1.tar.gz 源码包的编译过程中，需要在配置生成 Makefile 文件时额外输入以下命令代码：cross-prefix=arm-linux-、arch=arm、enable-shared。在编译完成后，将 /lib 目录中的库文件复制到开发板的 /lib 目录下。接着移植 motion 应用程序，由于本系统中 motion 程序需要使用录制视频功能，但不需要使用数据库，所以在配置生成 Makefile 文件时需要输入 without-mysql、with-ffmpeg=ffmpeg/_install 和 without-pgsql 这三条命令代码。将编译好的 motion 应用程序和配置文件 motion-dist.conf 分别复制到开发板 /sbin 目录和 /etc 目录中。并通过修改配置文件 motion-dist.conf 中的关键参数 threshold、videodevice 以及 target_dir 来配置 motion 的使用方式。

最后移植用于远程管理和查看监控系统的 Boa 服务器。移植该程序需要用到 boa-0.94.13.tar.gz 源码包，在对 Boa 编译的过程中，需要将 util.c 文件中第 100 行指令代码修改为 time_offset=0，并修改生成的 Makefile 文件中一些内容，使其进行交叉编译。最后编译完成后将生成的 Boa 应用程序复制到开发板的 /sbin 目录内，同时将配置文件 boa.conf 复制到开发板的 /etc/boa 目录下。

4.3 WEB 客户端的设计

WEB 客户端用户界面在如图 3 所示。该网页可以网络连接开发板上 BOA 服务器。BOA 服务器是一个小巧高效的 WEB 服务器，但其只能进行一些简单的网页请求^[10]，而一些更复杂的设备操作无法实现，故浏览器端口的网页为了能够进行复杂的设备操作需要通过 BOA 服务器与外部应用程序之间的接口标准 CGI 来实现^[11]。具体实现过程如图 4 所示。



图 3 WEB 客户端界面

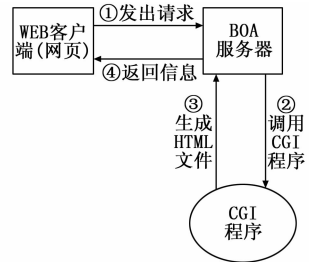


图 4 WEB 客户端操作实现过程

5 实验测试及分析

由于该系统针对的是家居室内移动物体的检测，所以本实验在室内进行测试。将已经连接好摄像头的开发板放置于室内的某个地方，当有物体进入摄像头的拍摄区域时，系统会检测到有移动物体产生，就会开始发出警报声，用户可以如图 5 所示的页面进行实时查看监控情况并进行相应的处理，而如果用户无法及时进行监控时，则在如图 6 所示的页面可以在事后查看开发板保存下来的图片以及视频。

在本系统中，影响检测准确率的主要是对于阈值的选取，选取不同的阈值，对于系统的敏感性有很大的差别，即能