

# 一种嵌入式 Linux 环境下图像压缩及传输的实现

杨天怡 刘 宇 屈剑锋 柴 毅

(重庆大学自动化学院 重庆 400044)

**摘 要** 本文以 S3C2410 和 ARMLinux 操作系统下 Web 服务器为基础,研究了视频图像压缩及其传输的实现方法。采用离散余弦变换 JPG 图像编码,应用于图像传输中以减小数据流量。实现了具有视频采集、软件图像压缩及网络传输的低成本模块,可以直接接入以太网,能满足工厂环境或一些实时性不高的监控应用需要。

**关键词** ARMLinux, 图像压缩, WebServer

## A Method of Image Compressing and Transmitting Based on Embedded Linux

YANG Tian-Yi LIU Yu QU Jian-Feng CHAI Yi

(College of Automation, Chongqing University, Chongqing 400044)

**Abstract** In nowadays surveillance system, it's a great trend that to use low cost and general-purposed network camera as it's image input device. And this trend helps the traditional surveillance system to be more convenient and powerful. The system that we discusses in this thesis, gives a solution for industry clients, is based on the platform which embedded Linux and Samsung S3C2410. The thesis discusses and realizes the DCT image compressing, which diminish the data flow in the image transmitting.

**Keywords** ARMLinux, Image encoding, WebServer

## 1 引言

目前一般的远程数字图像监控系统,是集中了多媒体技术、数字图像处理及网络远程传输等最新技术的新一代监控系统,仅以 LAN/WAN 为现场总线构成具有高质量的动态图像的实时监控功能,其图像压缩及解压缩全部采用基于 PC 机的视频卡,使得视频前端(如 CCD 等视频信号的采集、压缩、通讯)较为复杂,稳定性、可靠性不高,且价格昂贵,而且 PC 机也需专人管理,操作较为繁琐。

随着互联网的发展,以太网连接已逐渐成为工控设备布线标准,但是目前市场上已有成品的网络摄像头,一般以 DSP 为外围数据处理单元,以基于嵌入式处理器为核心,集成进口彩色 CCD 固体摄像器件,价值较高,而且需配备专用软件。在一些实时性要求不高,需要简单视频监控的情况下,需要一种小巧而又廉价的视频设备进行监控。本文讨论基于 S3C2410 和 ARMLinux 操作系统下 Web 服务器中视频图像压缩及其传输的实现方法,设计了一种经济适用、操作简单、安装方便、便于工厂环境大规模使用、配合了工业以太网总线下的视频图像压缩方法。

像头相连,用来获取数据。以太网控制器 DM9000 用来建立网络连接,实现与网络数据的交换。在 S3C2410 和 ARMLinux 操作系统下 Web 服务器中视频图像压缩及其传输的实现方法,与传统 DSP 系统不同。随着 ARM 系列处理器性能和网络速度的不断提高,过去一些专属于 DSP 领域的运算密集型的应用,例如图像压缩,图像处理等,也能够 ARM 处理器上得以较好的实现。并且由于 MCU 的强大控制功能,操作系统的巨大灵活性,使得这种系统具有 DSP 平台不可比拟的优势。

Linux 是一种优秀的自由软件,其源代码公开,功能强大,具有良好的网络支持,又易于移植,因此,近几年成为了最有潜力的嵌入式操作系统。

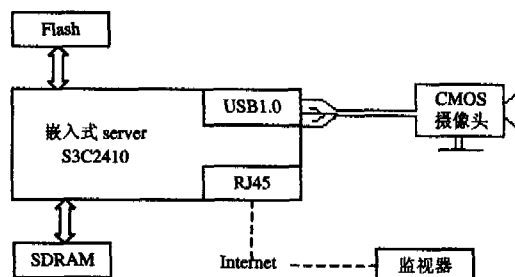


图 1 系统结构

## 2 系统结构

本设计方案是基于客户机/服务器模型的视频采集、处理及传输系统。整个系统在硬件构架,实现嵌入式操作系统和数据采集、压缩及其网络传输,能完成一般的视频应用,比如视频监控和网络视频会议。结构如图 1 所示。

### 2.1 硬件结构

整个系统以 S3C2410 处理器为核心,USB Host 控制器在处理器中有自带硬件驱动,通信接口中的以太网控制器是 DM9000 网络控制器。USB Host 控制器与 USB 视频采集摄

ARMLinux 是一个完全符合 GNU/GPL(通用公共许可证)公约的项目和完全开发代码。它是标准 Linux 的一个分支。ARMLinux 经过对标准 Linux 内核的精简,形成了一个高度优化的、代码紧凑的嵌入式 Linux,尽管其体积很小,但 ARMLinux 仍然保留了 Linux 的大多数的优点:稳定、良好的移植性、优秀的网络功能、对各种文件系统完备的支持,以及标准丰富的 API。

它的主要特征如下:①通用 Linux 应用程序接口;②内核体积小,内核加上文件系统小于 900kB;④支持其它大量网络协议;⑤支持各种文件系统,包括 NFS、ext2、romfs 和 JFFS;⑥支持各种典型的处理器构架,包括 ARM、PowerPC、X86 等。硬件框架如图 2 所示。

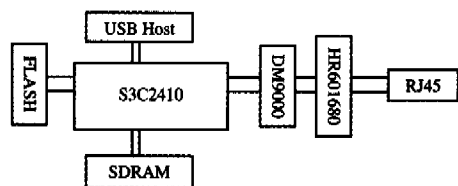


图 2 硬件结构

## 2.2 软件系统结构

### 2.2.1 Linux 下 USB 驱动和图像获取

在 ARMLinux 内核中带有 USB, 支持 IBM, PHILIPS OV511 等 CMOS 视频头的驱动, 在编译内核的时候将驱动静态编译进嵌入式内核中, 在 make menuconfig 时, 在 Multimedia devices 菜单中选择 Video for Linux, 内核便配置了 Video4Linux, 为获取视频的设备提供了接口; 在 USB Support 菜单中选择 USB Multimedia devices 和 USB OV511 Camera Support, 在内核中便加入了以 OV511 为 CMOS 芯片图像传感器的 USB 数字摄像头的驱动支持。

Linux 下 USB 驱动和图像获取函数如下:

static struct video\_device vdev\_template 声明

video\_device, 指出挂接驱动

static struct file\_operations ov511\_fops 声明本驱动的文件操作函数指针

struct video\_device \* vdev = video\_devdata(file) 从文件指针中提取出 video\_device 结构

videocapture 请求图像

然后将 USB 的图像取出到内存中用于压缩。USB 摄像头输出的信号的格式为 RGBRGB...RGB, 从图像的左下角开始, 到右下角结束, 数据块所占字节数视采样的颜色位数而定。如果采样图像长 320 像素, 宽 240 像素, 颜色位数为 24, 则字节数为  $320 * 240 * 24/8 = 230400$ 。在内存区开辟 230400 字节的 buffer, 然后进行图像压缩和存储。提供图像作为服务器页面的图像资源。

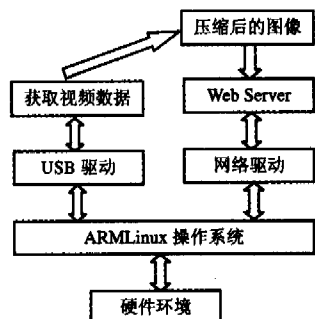


图 3 软件流程

### 2.2.2 LINUX 下的 Web 服务器模型

Linux 系统是通过提供套接字(socket)来进行网络编程的。网络程序通过 socket 和其它几个函数的调用, 返回一个通讯的文件描述符, 我们可以将这个描述符看成普通的文件的描述符来操作, 这就是 Linux 设备的无关性。我们可以通

过向描述符读写操作实现网络之间的数据交流。

系统调用函数:

int socket(int domain, int type, int protocol) 为网络通讯做基本的准备, 成功时返回文件描述符, 失败时返回 -1;

int bind(int sockfd, struct sockaddr \* my\_addr, int addrlen) 将本地的端口同 socket 返回的文件描述符捆绑在一起, 成功时返回 0;

int listen(int sockfd, int backlog) 将 bind 的文件描述符变为监听套接字, 返回的情况和 bind 一样;

int accept(int sockfd, struct sockaddr \* addr, int \* addrlen)

bind, listen 和 accept 是服务器端用的函数, accept 调用时, 服务器端的程序会一直阻塞, 直到有一个客户程序发出了连接;

accept 成功时返回最后的服务器端的文件描述符, 这时服务器端可以向该描述符写信息;

ParseReq(FILE \* f, char \* r) 对客户端的请求信息进行处理。

DealJpg(FILE \* f, char \* name) 把处理好的 JPG 格式图像发送给浏览器端;

int connect(int sockfd, struct sockaddr \* serv\_addr, int addrlen) 是客户端用来同服务端连接的。

网络程序由客户端和服务端两个部分组成, 其建立步骤一般是:

服务器端: socket-->bind-->listen-->accept

客户端: socket-->connect

客户端在浏览器地址栏里输入要访问的 IP 地址, 调出最近的一幅图像, 以实现监控任务。

## 3 图像压缩算法

压缩的主要目的就是减小网络上的数据流量, 使有限的带宽能容纳更多的设备。

目前主流视频标准有 M-JPEG、MPEG4、H264、MPEG2 等, 它们各有千秋, 分别适用于不同的应用场合, 并且效果与网络带宽密切相关。由于网络视频监控系统一般规模较大, 网络环境各不相同, 客观上存在着系统兼容多种标准的要求。目前 M-JPEG 算法兼容性最好, 本文就采用经典的 JPG 压缩算法。

通用网络浏览器支持 BMP 位图、JPG、GIF 三种网络图片格式。在不使用特殊的视频插件条件下, 采用 DCT 离散余弦算法, 直接把从摄像头获得的视频流通过图像压缩成 jpeg 格式, 存储在 ROM 中, 待服务器程序调用。

### 3.1 图像色彩空间的变换

JPEG 的图片使用的是 YCbCr 颜色模型, 而不是计算机上最常用的 RGB。关于色彩模型, YCbCr 模型更适合图形压缩。人眼对图片上的亮度 Y 的变化远比色度 C 的变化敏感, 对 Y 通道和其它两个通道分离, 有利于分别用不同的函数处理。

其转换公式如下:

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.1687 & -0.3313 & 0.5 \\ 0.5 & -0.4187 & -0.0813 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix}$$

(下转第 257 页)

(2)设计简单。泛化的结果是产生一个个经过良好设计与严格测试的最小的泛型组件,每个组件只完成一个主题任务,使其能很好地解决不同设计模式之间功能交织的问题,重用度有了很大程度的提升。现在设计过程只是在组件库中进行选择,设计变简单了。

(3)执行成本。泛化的组件一般很少使用虚函数,很大程度地减少运行期的成本。因为编译器承担了很多工作,它把很多开销转移到了编译期。

(4)编译期的错误检查。C++ 的 Template 的代码生成功能帮助开发人员生成规范代码,减少出错几率,更得到编译期的错误检测。本例中,若 OpNewCreator 没有提供 Create() 方法,在编译期就会得到出错信息,减少了运行期出错所造成的巨大代价。

(5)编程效率。相对于用纯 OO 的继承手工方式一个个实现类的定义,此方法用少量的代码就可以实现组合性的具有无穷数量的结构和行为。表 4 是纯 OO 继承方式与泛型组件方式的简单比较。

**结束语** 泛型编程是面向对象的进一步补充与扩展,近年来越来越受人们的关注,国内对 GP 的研究和应用也越来越广。本文分析了面向对象、设计模式不足之处,针对这些不足引入 GP 的核心思想,论述了 GP 的优势,之后讨论设计模

式的泛化问题,泛化的结果是带来了更大规模的复用、更好的通用性、更高抽象程度。同时,本文讨论了 GP 的发展动态与不足。GP 本身也处在一个不断发展的阶段,尚有极大潜力有待挖掘。

## 参考文献

- 1 Arthur J. Riel Object-Oriented Design Heuristics [M]. Addison Welly, 1996
- 2 Gamma E, Helm R, Johnson R, et al. Design Patterns; Elements of Reusable Object-Oriented Software [M]. Addison-Wesley, 1995
- 3 McNatt W B, Bieman J M. Coupling of Design Patterns; Common Practices and Their Benefits [J]. Computer Software & Applications Conf, 2001
- 4 Mak J K H, Choy C S T, Lun D P K. Hierarchical relationships among bad design patterns and good design patterns [J]. In: Proceedings of the IASTED International Conference on Computer Science and Technology, 2003. 7~13
- 5 徐永松,何克清,卓识,等. 一个更容易应用软件模式的方法[J]. 计算机工程, 2003, 29(9): 83
- 6 方海棠,何克清,卓识,等. 一个基于模式和动作语义的 MDA 实现方法[J]. 计算机工程, 2004, 30(4): 67
- 7 孙斌. 面向对象,泛型程序设计类型约束检查[C]. 计算机学报, 2004, 27(11): 1492
- 8 Alexandrescu A. Modern C++ Design -Generic Programming and Design Patterns Applied [M]. Addison-Wesley, 2001

(上接第 229 页)

## 3.2 离散余弦变换

离散余弦变换实际是傅立叶变换的实数部分:

$$F(0,0)=\frac{1}{N}\sum_{x=0}^{N-1}\sum_{y=0}^{N-1}f(x,y)$$

$$F(\mu,0)=\frac{\sqrt{2}}{N}\sum_{x=0}^{N-1}\sum_{y=0}^{N-1}f(x,y)\cos\frac{(2x+1)\mu\pi}{2N}$$

$$F(0,v)=\frac{\sqrt{2}}{N}\sum_{x=0}^{N-1}\sum_{y=0}^{N-1}f(x,y)\cos\frac{(2y+1)v\pi}{2N}$$

$$F(\mu,v)=\frac{\sqrt{2}}{N}\sum_{x=0}^{N-1}\sum_{y=0}^{N-1}f(x,y)\cos\frac{(2x+1)\mu\pi}{2N}\cos\frac{(2y+1)v\pi}{2N}$$

其中,  $f(x,y)$  为空间域中的二维向量,  $x,y=0,1,2,\dots,N-1$ ,  $F(\mu,v)$  为变换系数矩阵,  $\mu,v=0,1,2,\dots,N-1$ 。

把 YCbCr 图像按  $8 \times 8$  分块,然后按往返对角把这 64 个原始数据排序,对其进行离散余弦变换输出为 64 个空间频率振幅值,其低频分量都集中在左上角,高频分量分布在右下角(DCT 变换实际上是空间域的低通滤波器)。由于该低频分量包含了图像的主要能量,而高频与之相比,就不那么重要了,因此我们可以忽略部分高频分量,从而达到压缩的目的。量化操作就是将某一个值除以量化表中对应的值。由于量化表左上角的值较小,右上角的值较大,这样就起到了保持低频分量,抑制高频分量的目的。JPEG 使用的颜色是 YCbCr 格式。我们提到过, Y 分量代表了亮度信息, CbCr 分量代表了色差信息。人眼对图片上的亮度 Y 的变化远比色度 C 的变化敏感。我们可以对 Y 采用细量化,对 CbCr 采用粗量化,可进一步提高压缩比。量化操作相当于减低图像的分辨率。

## 3.3 熵编码(Huffman 编码)

基本原理是频繁使用的数据用较短的代码代替,较少使用的数据用较长的代码代替,每个数据的代码各不相同。这些代码都是二进制码,且码的长度是可变的。

产生 Huffman 编码需要对原始数据扫描两遍。第一遍扫描要精确地统计出原始数据中每个值出现的频率,第二遍是建立 Huffman 树并进行编码。

## 3.4 Jpg 的文件格式

Jpg 文件格式由标记码(Tag)和数据两部分组成。标记码由两个字节组成,高字节为 0xFF。标记码把 Jpg 文件进行分段,在标记码之间填充相应的数据。

- 1 图像开始标记 SOI 0xFFD8
- 2 APP0 标记
- 3 APPn 标记
- 4 量化表 DQT 0xFFDB
- 5 帧图像开始 SOF
- 6 哈夫曼表 DHT 0xFFDC
- 7 扫描开始标记 SOS 0xFFDA
- 8 图像结束标记 EOI 0xFFD9

得到了 Jpg 的数据块后,按文件格式填入相应位置,存储在 ROM 图像资源路径中。

**结束语** 本文讨论基于 S3C2410 和 ARMLinux 操作系统下 Web 服务器中视频图片压缩及其传输的实现方法,系统使用 Jpg 编码技术,图像转换回 BMP 图像后可以作为计算机图像处理、模式识别的原始图像,达到远程现场监控等目的。本论文给出的方法避免了对 MPEG4 的复杂编解码操作,节省了大量系统开销和处理时间,在一些要求不高,需要简单视频监控的情况下,经济适用,操作简单,安装方便,便于工厂环境大规模使用,配合了工业以太网总线下的视频图像压缩方法。

## 参考文献

- 1 邹恩铁. 嵌入式 Linux 设计与应用. 清华大学出版社, 2002
- 2 张天予,王运坚. VC++ 数字图像处理. 人民邮电出版社, 2003
- 3 张宏林,王健. 基于 Intel PXA255 平台的网络摄像机设计. 单片机及嵌入式系统应用, 2005
- 4 何斌,马洋. VC++ 数字图像模式识别技术及工程实践. 人民邮电出版社, 2003
- 5 杨枝灵,王开. VC++ 数字图像获取处理及实践应用. 人民邮电出版社, 2003
- 6 谷口庆次[日]. 数字图像处理. 科学出版社, 2003