

文章编号:1001-5132 (2008) 03-0306-04

# 基于嵌入式 Linux 的网络摄像机设计

陈加旭<sup>1,2,3</sup>, 何加铭<sup>1,2,3</sup>

(1.多媒体通信教育部工程研究中心,浙江 宁波 315211; 2.宁波大学 通信技术研究所,浙江 宁波 315211; 3.宁波市无线通信与数字音视频技术重点实验室,浙江 宁波 315211)

**摘要:**提出了一种基于 32 位嵌入式操作系统的网络摄像机设计思路,并从硬件结构、软件框架方面介绍系统的具体实现方法.采用台湾智源公司的 FIC8120 作为系统主控芯片,省去了设计专门音视频压缩编码模块,显著减少了系统复杂性.该软件平台采用可移植、裁减和实时多任务特性的 Linux 操作系统,可用于处理复杂的网络传输协议,具有良好的稳定性和可靠性.

**关键词:**网络摄像机;嵌入式系统;Linux;FIC8120;MPEG4

中图分类号:TP391.4

文献标识码:A

随着计算机技术、网络技术以及视频压缩技术等的迅猛发展,在监控领域,视频监控系统的从传统的模拟监控不断地向数字化、网络化和智能化转变,它代表了监控系统的发展潮流.

网络摄像机是网络化监控系统的重要设备之一,它能独立运转,无需其他主机控制,通过标准的以太网接口即可接入网络,实现音视频数据的采集、压缩和远程传输.远端用户可在自己的电脑上使用标准的网络浏览器,根据网络摄像机自带的独立 IP 地址,对网络摄像机进行访问,实时监控目标现场的情况,并可对图像资料实时编辑和存储.

## 1 IP Camera 组成原理

一般 IP Camera 监控系统由 CCD/CMOS 摄像头、MPEG4 编码和网络协议处理设备、以太网网络系统、存储或缓冲服务器及用户管理等部分构成<sup>[1]</sup>.

随着集成电路技术的发展,出现了包括 MPEG4 压缩和网络处理功能的单芯片, FIC8120 就是典型例子之一,单芯片可以把 CCD 摄像头、MPEG4 编码和网络协议处理设备集成在 1 个模块中,因此一般把这样的模块称为 IP Camera.

IP Camera 主要由 4 个模块组成: CCD/CMOS 摄像头、图像获取编码模块、网络协议处理模块和控制监控终端,组成如图 1 所示.

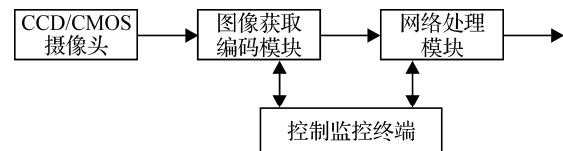


图 1 IP Camera 组成模块

**CCD/CMOS 摄像头:**作为视频来源的 CCD/CMOS 摄像头,分辨率可以根据需要选择,通常为 320 × 240 或 640 × 480(VGA),为方便和图像获取模块接口以及降低成本考虑,直接输出数字视频.

**图像获取编码模块:**通常完成图像的接收、格

收稿日期:2007-07-18.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://3xb.nbu.edu.cn>

基金项目:国家自然科学基金(60671037);浙江省重大科技项目(2006C11200);宁波市工业攻关项目(2007B10051).

第一作者:陈加旭(1984-),男,浙江苍南人,在读硕士研究生,主要研究方向:无线通信. E-mail: jiaxu\_chen@163.com

式转换、MPEG4 压缩等功能。

**网络处理模块:**根据适当的协议把 MPEG4 码流实时地传送到网络上。

**控制监控终端:**接受和处理来自与网络服务器的控制指令,设置 IP Camera 的参数,用户管理和认证。

## 2 系统硬件结构

设计采用 Faraday FIC8120 作为图像捕获以及处理芯片,整合了 MPEG4 编解码,省去了设计专门音视频压缩编码模块,显著减少了系统复杂性。

本系统的硬件由以下部分构成:FIC8120 核心模块、音视频数据采集模块、系统存储、外部存储以及网络接口等。结构如图 2 所示。

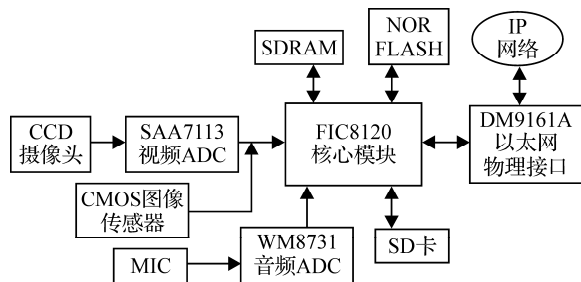


图 2 IP Camera 硬件结构

### 2.1 FIC8120 及其核心模块

系统采用的主控芯片 FIC8120 多媒体处理器是 0.18  $\mu\text{m}$  工艺的低功耗 SOC 芯片。核心电压 1.8 V, I/O 电压 3.3 V, CPU 最高工作频率为 200 MHz。FIC8120 内含 ARM9 处理器内核和支持 MPEG4 的全硬件编解码器,还集成了丰富的外设接口用于系统扩展。

FIC8120 的核心是 MPEG4/JPEG 视频编解码硬件引擎和功能强大的 FA526 RISC 32 bit CPU,它有 8 K I-cache 和 8 K D-cache。这个编解码引擎支持 MPEG4 实时编码/解码,可以达到 30 fps 且压缩分辨率为 720  $\times$  480 的码流。

### 2.2 音视频数据采集

FIC8120 留有数字视频输入接口,对于输出

CCIR656/601 的 CCD/CMOS 视频采集模块,可以直接与 FIC8120 连接,无需其他处理;对于输出复合视频或者 S-Video 的 CCD/CMOS 图像获取模块,则需要 1 个外部的视频解码芯片<sup>[2]</sup>。本设计中外接了 Philips 的 SAA7113 芯片,该芯片可以输入 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 总线,为标准的 ITU 656, YUV 4:2:2 格式。

FIC8120 含有 I<sup>2</sup>S 接口,可以方便地与目前主流的音频解码器相连接,本系统使用 Wolfson 公司的 WM8731 芯片。该芯片带有片上时钟发生器,支持多种时钟模式。通过 12 MHz 的时钟可以直接生成 44.1 kHz、48 kHz 和 96 kHz 等采样率,以及 MP3 标准定义的其他采样率,完全不需要独立的锁相环(phase locked loop)或晶振。

### 2.3 系统存储和外部存储

FIC8120 包括了 MPEG4 编解码和 FA526 两者使用共同的系统存储器件,省去了目前流行的双芯片方案(MPEG4+主控 CPU)中,MPEG4 需要的独立的 NOR FLASH 和 SDRAM。不仅降低 BOM,且显著减少系统复杂性。系统的存储器件有 4 M Byte 的 NOR FLASH 和 16 M Byte 的 SDRAM 构成。NOR FLASH 使用 1 片 Mx29LV320A,系统 SDRAM 由 2 片 8 M  $\times$  16 bit 的 SDRAM 构成,存储器件的容量大小可由使用者自行扩充。

由于 FIC8120 整合了高速的 USB OTG 控制器与 PHY 的 IP,很容易接上大容量的 NAND FLASH 或者带有 USB 接口的硬盘作为外部存储设备。

### 2.4 网络传输

由于 FIC8120 内置 802.3 以太网 MAC 控制器,外部只需 802.3 物理接口芯片即可完成以太网的功能。本设计的 802.3 物理接口芯片采用 DM9161A 的低功率、高速以太网路实体层收发器。

### 2.5 IP Camera 系统数据流向

若提供数据的来源是 CMOS 传感器,FIC8120

内捕捉模块的 DMA 直接将视频流送往 SDRAM 控制器. 若提供内容的来源是电视、数位录像机、DVD 或 CCD 摄像头, FIC8120 内捕捉模块的 DMA 经由 SAA7113 芯片将视频流送往 SDRAM 控制器.

本文还设计了硬件预览路径, 可将视频流直接丢到显示模块, 使用者可在 LCD 屏上见到所录制的内容. 视频流在 SDRAM 中存到一定的量时, 再送到 MPEG4 编码器进行编码, 因为将捕捉模块的视频直接送到 SDRAM 控制器, 而非经由 AHB 总线, 因此即使录制  $720 \times 480$  的影像, 频宽依然能得到保证. 压缩过的录像回存到 SDRAM 存储器, 再送达任何存储设备, 如 SD 卡或是大容量硬盘等.

### 3 系统软件框架

IP Camera 的软件系统主要由 Linux 系统、底层硬件设备驱动程序、TCP/UDP/IP 协议栈<sup>[3]</sup>、实时传输协议(RTP)、实时传输控制协议(RTCP)<sup>[4]</sup>、音视频编解码库和应用软件构成, 框架如图 3 所示.

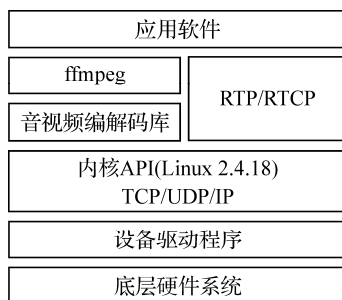


图 3 IP Camera 软件框架

#### 3.1 嵌入式 Linux 操作系统

嵌入式系统的软件核心是操作系统, 由于需要处理复杂的协议, 并且对可靠性和长时间工作的稳定性有严格要求, 本系统中采用功能强大、成熟稳定的 Linux 操作系统, 其具有源代码完全免费开放、内核可裁减、软件易于移植及驱动丰富等优点.

本系统采用 Linux 2.4.18 内核, 针对主控芯片设计板级启动代码, 系统通过启动代码对目标系统进行初始化, 包括片选地址空间分配、FLASH 和 SDRAM 配置、串口寄存器设置、系统时钟选择以

及网络、硬件驱动等, 根据硬件环境修改该启动代码是系统移植成功的关键. 并且对内核做相应的裁减和优化<sup>[5]</sup>, 以适应 IP Camera 系统的应用需要.

#### 3.2 网络与数据传输协议

在网络协议方面, 本系统支持符合工业标准的 TCP/IP、UDP 等协议栈, 在网络编程时, 默认的是 TCP 编程, 即用 socket 函数创建 socket 用于 TCP 通讯. SOCK\_STREAM 的这种特点是面向连接的, 即每次收发数据之前必须通过 connect 建立连接, 也是双向的, 即任何一方都可以收发数据, 协议本身提供了一些保障机制保证它是可靠的、有序的, 即每个包按照发送的顺序到达接收方.

而 SOCK\_DGRAM 是 User Datagram Protocol 协议的网络通讯, 它是无连接和不可靠的, 因为通讯双方发送数据后, 不知道对方是否已经收到数据或是否正常收到数据. 而任何一方建立 1 个 socket 以后, 就可以用 sendto 发送数据, 也可以用 recvfrom 接收数据, 根本不关心对方是否存在, 是否发送了数据, 它的特点是通讯速度比较快. 而且 TCP 需要经过 3 次握手, 而 UDP 则不需要.

音视频数据的传输则采用实时传输协议(RTP)和实时传输控制协议(RTCP)配合使用, 以实现实时音视频码流的实时传输, 并且提供 QoS 服务来满足丢包要求<sup>[4]</sup>.

#### 3.3 外设驱动与音视频编解码

系统的软件设计基于分层设计的思想, 其外设驱动程序包括 802.3 以太网 MAC 控制器, 通用 I/O、I<sup>2</sup>S、AC97、SD/MMC 卡、LCD 显示控制器、视频捕获设备、硬盘控制器以及高速 USB OTG 控制器等驱动程序. 基于 FA526 的媒体库包括 MP3 等多种解码器, 音频视频同步机制和 FFMPEG 应用软件来实现音视频的操作.

#### 3.4 操作系统应用程序

应用软件包括完成系统初始化、文件系统管理、磁盘管理、网络服务、邮件发送、文件传送等.

系统初始化程序完成系统的网络设定, 监测视

频来源和分辨率等工作。文件系统管理程序包括 fdisk、dosfstools、e2fsprogs 等,完成外部存储的格式化和读写的管理工作,网络服务程序完成把视频发送到网络的某个端口,以供其他网络设备来访问;邮件发送和文件传送程序再侦测到移动目标,需要报警的时候,把该时刻的图片截取并传送到邮件服务器或者文件服务器。

应用软件可以完成按照 Http 协议处理来自外部的服务请求,把 MPEG4 码流发送到以太网,处理外部控制指令等。在通过 IE 浏览器连接到 IP Camera 之后,可以在页面上对 IP Camera 作相关的设定:网络配置、视频质量及运动侦测报警等。

## 4 结论

嵌入式网络摄像机是一个体系结构复杂的软硬件系统。为提供高性能的视频数据,本系统采用 FIC8120 这款适合在网络上传输 MPEG4 视频流的

SoC 平台,利用 FIC8120 芯片设计的 IP Camera,整合度高,系统设计可以更简单,功能与外设又非常完备,芯片性能稳定,非常适合应用开发。

采用 Linux 作为嵌入式操作系统。由于其源代码开放,可以参考内核中的驱动程序,设计出针对特定硬件的驱动程序,并且根据需求对系统进行优化。许多第三方的中间件直接支持 Linux 平台,只需要进行少量修改就可集成到应用中。

### 参考文献:

- [1] 贺振欢,刘军,王保山. Web 服务器开发技术[M]. 北京:人民邮电出版,2007.
- [2] 冷健清,吴军勇. 嵌入式网络摄像机[J]. 电子测量技术,2005(6):54-58.
- [3] Craiq H. TCP/IP 网络管理[M]. 北京:电子工业出版社,2006.
- [4] 周全,胡学龙,费凡,等. 嵌入式 MPEG4 视频流媒体服务器设计[J]. 电子工程师,2006,32(10):52-54..
- [5] 何加铭,曾兴斌. 嵌入式 32 位微处理器系统设计与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2006.

## Embedded Linux Based IP Camera Design

CHEN Jia-xu<sup>1,2,3</sup>, HE Jia-ming<sup>1,2,3</sup>

- ( 1.Engineering Research Center of Multimedia Communication, Ministry of Education, Ningbo 315211, China;  
2.Communication Technology Institute, Ningbo University, Ningbo 315211, China;  
3.Ningbo Wireless Communication and Digital Audio Video Technology Key Lab, Ningbo 315211, China )

**Abstract:** This paper introduces an idea of IP camera design based on 32 bit embedded operating system along with its implement from both hardware structure and software frame perspectives. Using FIC8120 made by ZhiYuan company in Taiwan as the master chip, the design of special audio and video module is thus omitted, and the system is remarkably simplified. Software platform uses the Linux operating system known for its being transplantable, scalable and real-time multi-task operational. The platform acts to process the complex network transfer protocols with satisfactory stability and reliability.

**Key words:** IP camera; embedded system; Linux; FIC8120; MPEG4

**CLC number:** TP391.4

**Document code:** A

(责任编辑 章践立)