

基于 PLC 技术的嵌入式视频监控系统设计

张勤进, 刘彦呈, 赵德宝, 张巧芬
(大连海事大学 轮机学院, 辽宁 大连 116026)

摘要:随着电力线载波通信技术的发展, 基于低压电力线的数据传输速率不断提高, 越来越多的人开始关注其应用。提出并设计了一种基于低压电力线载波通信的嵌入式视频监控系统。系统采用 ARM+Linux 作为视频采集、压缩的软硬件平台, 通过由 INT5200 构成的电力线载波模块与电网相连, 并利用电力网络传输实现视频监控系统的网络化管理。实践证明该方案具有一定的可行性, 系统能够独立完成视频数据的采集、压缩与传输功能, 且在较好的电力环境下效果理想。

关键词:电力线通信; 视频监控; 嵌入式 Linux; INT5200; MPEG-4

中图分类号: TN913.6; TP311

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2011)05-0250-04

Design of Embedded Video Monitoring System Based on Power-Line Communication

ZHANG Qin-jin, LIU Yan-cheng, ZHAO De-bao, ZHANG Qiao-fen
(College of Marine Engineering, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China)

Abstract: With the development of power line communication, the data transfer rate based on low-power-line communication has been continuously improved, and its application has gotten more and more attention. Design an embedded video monitoring system based on low-voltage power-line communication. The system adopts ARM + Linux as the hardware and software platform of video images collection and compression, and then connects to the power grid through power-line communication module which constituted by the INT5200. Through the power line carrier technology, it realizes the network management for video monitoring system. Experiments show that the method is feasible, the system can finish the function of video images collection, compression and transmission, and the results are satisfactory in the better power environment.

Key words: power line communication; video monitoring; embedded Linux; INT5200; MPEG-4

0 引言

视频监控被广泛应用于社会生活的各个方面, 它具有直观、方便、信息内容丰富等优点。视频监控系统往往利用局域网进行传输, 因此在许多场合需要人们重新布线, 而这将大大增加成本。针对这种情况, 无处不在的电力网络进入了人们的视野, 作为目前世界上覆盖范围最广的网络, 电力线通信 (PLC, Power Line Communication) 有着巨大的潜在价值, 国际上已制定相关标准, 如家庭电力线联盟 (HPA) 制定的 HomePlug AV 规范中基于低压电力线的传输速率理论上已达到 200Mbps^[1,2]。此外, 国内外参与低压电力载波通信研究的公司、高校及研究机构日益增多, 并已生产出了相应的电力线载波通信芯片及电力线载波组网的产

品^[3,4]。

基于这种发展趋势, 文中提出并设计了一种基于 PLC 技术的嵌入式视频监控系统, 该系统主要由多路视频采集终端和视频监控中心组成。视频采集终端将视频图像采集压缩后, 由 ARM 微处理器将其封装为 UDP/IP 包, 然后发送给电力载波模块, 电力载波模块再将其封装为 PLC 帧发送至电力线上进行传输; 接收时电力载波模块先将其拆包再传输给视频监控中心, 由监控中心的计算机解码显示。基于电力线载波的视频监控系统的最大优点是能够非常容易地在居民区、厂矿企业、医院、船舶等地方建立, 而不需要额外的投资就可以实现网络化管理^[5]。

1 视频监控系统的总体设计

系统分硬件设计和软件设计两部分。硬件设计主要包括三部分: 视频采集模块、微控制器模块、电力线载波收发模块, 其总体结构如图 1 所示。

其中, 微控制器模块是控制系统的灵魂, 它负责整

收稿日期: 2010-10-15; 修回日期: 2011-01-24

基金项目: 辽宁省科技攻关项目 (2007414023)

作者简介: 张勤进 (1986-), 男, 江苏盐城人, 硕士研究生, 研究方向为电力线载波通信及电能质量; 刘彦呈, 教授, 博士生导师, 研究方向为智能电气与控制网络、机电检测与自动化技术等。

个系统的调度工作,同时完成视频数据的压缩功能。系统采用 ARM+Linux 架构,启动后,微控制器自动加载外围硬件驱动,控制视频采集模块采集数据,并将采集到的视频数据流实时地压缩为 MPEG_4 格式,最后将其转换成网络数据包送往电力线载波发送模块打包调制。

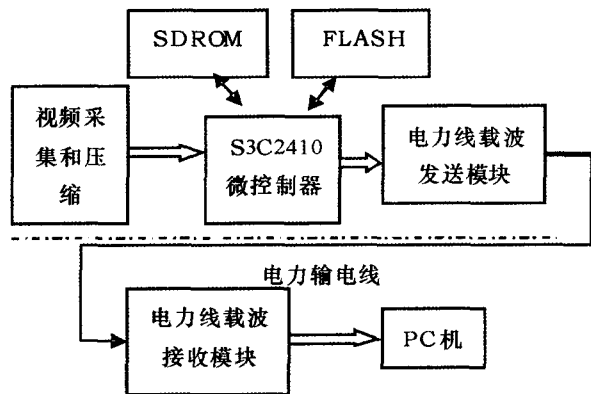


图1 系统总体框架

软件设计部分主要包括 Linux 开发环境的建立、摄像头驱动的编写,MPEG_4 压缩编码模块的移植以及网络通信程序的编写。系统软件流程图如图 2 所示。

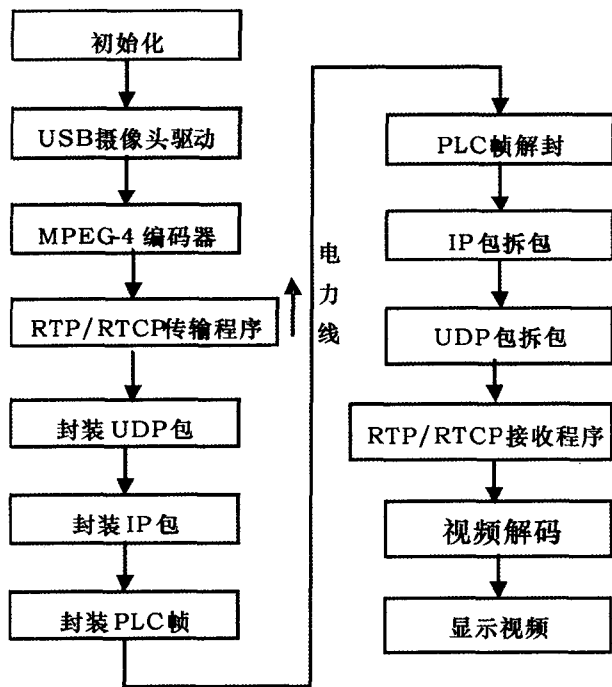


图2 系统软件流程图

2 系统硬件设计与实现

2.1 视频采集和微控制器模块

该模块主要包括主控芯片、扩展存储电路、电源及复位电路、外围接口电路等几个部分,其总体框图如图 3 所示。视频数据由 USB 数码摄像头采集,经由微控

制器压缩编码并打包为网络数据包,最后从以太网接口发送到电力线载波模块。微控制器模块通过 RS232 接口与 PC 机相连,构成交叉编译调试的环境。

图 3 中:

主控芯片选用 SAMSUNG 公司生产的具有 ARM920T 内核的 16/32 位嵌入式微处理器 S3C2410;

USB 摄像头及驱动芯片采用龙眼公司的 V3000 系列产品,该产品含有 OV511 芯片;

NANDFlash 选用存储容量为 64M 的 K9F1208,其工作电压为 2.7V~3.6V;

SDRAM 选用两片存储容量为 16M 字节的 HY57V281620,其工作电压为 3.3V;

以太网控制器采用 Cirrus Logic 公司生产的 CS8900。

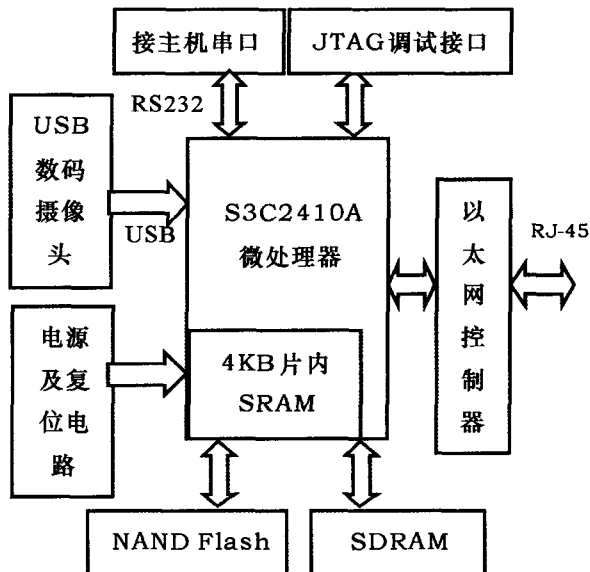


图3 视频采集和微控制器模块硬件框图

2.2 电力线载波收发模块

该模块选用 Intellon 公司最新的单片电力线集成收发芯片 INT5200 为主芯片^[6],结合以太网接口芯片 H1102、以太网控制器 KS8721B、瞬时保护电路、耦合电路及电源模块,实现了电力线上的数字载波通信。模块的硬件结构如图 4 所示。

以太网接口芯片 H1102 接收从微控制器模块发送过来的实时数据,经过芯片内部的电平转换后传输给以太网控制器 KS8721B。这里 KS8721B 的功能相当于‘网卡’,它将接收到的数据进行解码、脉冲整形、串/并转换,然后通过标准的工业接口 MII 与电力线集成收发芯片 INT5200 相连。在 INT5200 芯片中,数据被自动打包成 PLC 帧格式,最后经过瞬时保护电路及耦合电路加载到电力线上。图中与 INT5200 相连的 EEPROM 主要功能是存放固件和一些产品信息,同时完成芯片的初始化配置。另外,INT5200 还提供了一

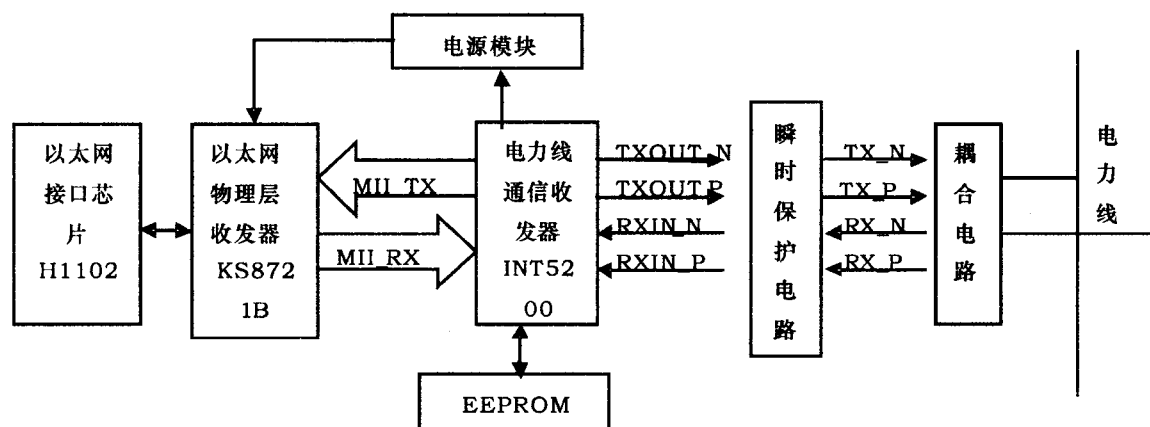


图4 电力线载波收发模块硬件框图

个 LED 接口,通过发光二极管可以了解模块的运行情况。需要注意的是这里的耦合电路对电容、电感和电阻值的匹配要求非常高,同时对电路板工艺要求也很高。

3 系统软件设计与实现

3.1 Linux 开发环境的建立

嵌入式操作系统一般是指操作系统的内核或者微内核。操作系统是嵌入式系统的灵魂,它的出现大大提高了嵌入式系统开发的效率,减少了系统开发的总工作量,提高了嵌入式软件的可移植性。在所有的操作系统中,嵌入式 Linux 的发展是最快的,应用也是最广泛的。嵌入式 Linux 本身的种种特性使其成为嵌入式开发的首选。

但是在 PC 上运行的 Linux 系统少则几百兆,多则数千兆,与嵌入式平台仅有的几十兆容量相比是相当庞大的,这样的系统是不能运行在嵌入式平台上的。因此需要对 Linux 内核进行裁减,对于用不到的功能没有必要移植进来占用系统的宝贵资源。

通常,嵌入式系统软件的开发采用交叉编译调试的方式。在本系统的设计过程中,首先需要在宿主机 PC 上安装 Linux 操作系统,并选择适合版本的 Linux 内核进行编译,这里选用 Linux2.6 内核。结合所需硬件资源修改 Makefile 文件,对 Linux2.6 内核进行相应的配置和裁减。然后,在宿主机上配置串口,建立与 ARM 平台的可视化通信。最后安装 NFS、TFTP 等交叉编译工具,从而建立交叉编译调试的开发环境。本设计采用了移植性较强的 C 语言在宿主机 PC 上编写视频采集、编码及网络通信的应用程序,并通过 arm-linux-gcc 交叉编译工具编译生成可执行的文件,最后通过 NFS 和 TFTP 工具向目标平台移植^[7,8]。

3.2 视频采集流程

Linux 内核自身有支持 OV511 芯片的摄像头驱动

程序,只要适当配置内核选项就能实现视频的采集。基于 USB 接口摄像头的视频采集过程包括摄像头驱动程序的编写和基于 V4L 版本的上层应用程序的调用。V4L(video4linux)是 Linux 内核中关于视频设备的 API 接口,它提供了实现视频设备打开、关闭、读写等基本操作的一系列接口函数。本设计正是采用了支持该接口的视频设备,故简化了设计过程^[9]。视频采集流程图如图 5 所示。

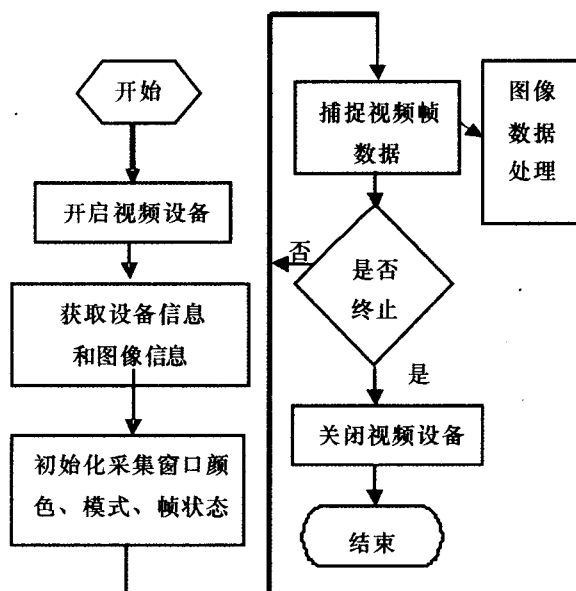


图5 视频采集流程图

3.3 视频压缩的实现

由于系统要将采集到的视频数据通过电网传输出去,其速率有着严格的要求,所以传输之前要对原始的图像数据进行压缩编码。新一代基于对象的编码标准 MPEG-4 是目前流媒体传输领域中应用最广的格式和标准,与其他标准相比,它具有高压比,高图像质量等特点,特别适合低带宽条件下流媒体文件的传输^[10]。

MPEG-4 编码的基本思想是将基于合成的编码方案与基于内容的第二代视频编码方案结合起来。它首先根据图像的内容将图像分割成不同的视频对象 VO (Video Object), 这里的对象是指在一个场景中能够访问和操纵的实体, 可分为前景对象、后景对象。如何区分前后景对象是该标准的难点之一。编码过程中对前景对象和后景对象需采用不同的编码策略: 对于人们所关心的前景对象, 压缩比较小, 尽可能保持对象的细节及平滑, 而对不重要的后景对象则压缩比较大, 可忽略对象的细节。

本设计中采用了 Xvidcore 软件作为 MPEG-4 视频压缩编码的核心算法。Xvidcore 具有高效、移植性强, 开源等特点, 是目前应用最广的视频编解码软件^[11,12]。当然要在 ARM 平台上应用该软件, 首先需要对其进行交叉编译。

3.4 网络通信的实现

流媒体文件在传输过程中要求较低的时延和较小的丢包率, 然而传统的 TCP/IP 协议采用了重发机制不可避免地带来了较大的时延, 因此这里采用了实时传输协议 RTP/RTCP, 并结合高效率的 UDP 协议从而满足流媒体数据实时传输的时延和丢包要求^[13]。本设计采用了 Jrtplib 提供的 RTP/RTCP 协议栈, 最新的 Jrtplib 对 RFC3550 的实现进行了封装, 使用 C++ 语言进行开发, 能够在 Linux 软件平台下运行。

实时视频数据在传输过程中往往会遇到网络拥塞问题, 因此在传输协议中需要解决的一个核心问题就是拥塞控制。目前拥塞控制的方案有许多, 比如重传策略、流控制策略、分组丢弃策略等等, 它们所针对的应用各有不同。本设计中的 RTP/RTCP 协议使用了流控制策略, 其基本思路是: 数据包在发送过程中周期性地发送统计信息, 根据这些统计信息估算网络的可用带宽, 然后根据网络当前的可用带宽调整发送端的输出速率, 使得发送端的码率能够实时地随着网络传输条件的变化而变化。

RTP 本身只保证实时数据的传输, 并不能为传送的数据包提供可靠的传送机制, 也不提供流量控制或拥塞控制。RTCP 数据包只封装已发送数据包的统计信息(比如传输延时、传输丢包率等)。在 RTP 会话期间, 各参与者周期性地传送 RTCP 包, 服务器可以利用数据包的信息动态地改变传输速率, 从而实现不稳定带宽下流媒体数据的实时传输^[14]。

在该系统中, 封装好的 RTP/RTCP 数据包经由电力线载波模块转换为高频信号(既 PLC 帧), 并发送到输电线路; 在接收端同样由电力线载波模块将高频信号转换为网络信号, 通过 PC 机拆包解码显示。

4 结束语

文中提出了一种基于电力线载波的嵌入式视频监控系统的的设计。使用 ARM-Linux 开发平台, 主要设计了视频的采集压缩传输模块以及电力线载波收发模块。经过对系统的测试表明: 该方案是可行的, 但离具体实用还存在一定的差距。在使用电力线传输的时候, 传输距离与电线材质及电网环境的好坏有很大的关系。在实验室环境测量时, 系统可传输的最大距离达到了 30 米, 但其失真率随距离的增加而加剧变化。要想解决这些问题, 还有待于不断地研究和开发

文中作者创新点: 利用嵌入式 ARM+Linux 开发平台实现了视频数据的采集及 MPEG-4 格式的压缩, 设计了基于 INT5200 的电力线载波通信收发模块, 并利用 RTP/RTCP 传输协议实现视频数据在电力线上的传输。

参考文献:

- [1] 付 聪, 王志良. Linux 嵌入式视频直播监控系统[J]. 微计算机信息, 2008, 24: 12-13.
- [2] Zeng Xu, Liang Ming, Liu Huaizhi, et al. Monitoring System of Distribution Running States Based on Broadband Power Line Communication[C]// International Conference on Power System Technology. [s. l.]: [s. n.], 2006: 1-6.
- [3] 陈 凤, 郑文刚, 申长军, 等. 低压电力线载波通信技术及应用[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(22): 188-195.
- [4] 于长广, 夏宗泽, 刘 颖. 电力宽带技术的现场应用与传输特性研究[J]. 电力信息化, 2006, 4(10): 50-53.
- [5] Majumder A, Caffery J. Power Line Communications [J]. IEEE Potentials, 2004, 23(4): 4-8.
- [6] 美国 Intellon 公司. Intellon 技术资料光盘[CD]. 美国 Intellon 公司, 2004.
- [7] 河 秦, 王洪涛. Linux 2.6 内核标准教程[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008.
- [8] 马俊青, 宋爱国, 甘英俊. 一种基于 ARM 的图像处理系统的设计[J]. 电气电子教学学报, 2009, 31(4): 66-69.
- [9] Zhao Jichun, Sun Sufen, Yu Feng, et al. The design and realization of embedded wireless video monitoring system based on GPRS[J]. Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2008 (10): 1-4.
- [10] 裴先登, 许琼涛, 黄 浩. 基于 MPEG-4 的嵌入式 DVR 分析与实现[J]. 计算机应用研究, 2005(4): 186-188.
- [11] 甘 勇, 苏士美, 周 兵, 等. 嵌入式视频编码器量化算法优化[J]. 通信学报, 2008, 28(6): 85-89.
- [12] 王 卉, 吴庆洪. MPEG-4 嵌入式视频解码系统的研究与实现[J]. 现代电子技术, 2007(18): 149-151.
- [13] 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(8): 22-24.
- [14] 秦 瑶, 田逢春, 李 川, 等. 基于电力载波视频监控系统的软件设计[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(9): 5-8.