

物联网智能视频监控终端的 嵌入式处理平台设计

李 琼

(武汉职业技术学院 电信学院,湖北 武汉 430074)

摘 要:设计了一种用于物联网智能视频监控终端的嵌入式处理平台。首先根据当前物联网应用中用户对视频监控的需求,结合视频监控硬件的发展现状,建立了采用嵌入式处理平台的智能视频终端模型。然后分析了 OMAP 系列嵌入式 SoC 处理器的构成,设计了智能视频监控终端的硬件结构,并基于嵌入式 Linux 操作系统设计了智能视频终端的嵌入式软件框架。最后给出了系统引导和内核移植的过程,以及视频采集驱动程序的工作流程。

关键词:物联网;视频监控;嵌入式系统;设备驱动

中图分类号: TP393.06

文献标识码: A

文章编号: 1671-931X (2013) 03-0091-05

随着传感器技术、计算机技术和网络技术的蓬勃发展,物联网作为下一代互联网的主要组成部分受到了各国科研人员的广泛关注。而传感器作为沟通现实世界和数字世界的桥梁,成为物联网的重要组成部分。特别是视频监控网络日益成为环境监测、电子医疗、智能交通系统、安全保卫、工业现场检测等领域中的重点研究对象^[1]。为了实现物联网智能节点在任何时间地点智能互联的目的,具有网络互联功能的智能视频监控终端则成为新型视频监控网络的核心部件,同时也是承担视频采集、处理、分析和通信功能的网络终端设备。正是由于其具有视频分析功能,能够为物联网提供更加高级语义的视频分析结果,因此称之为物联网智能视频终端,也简称智能相机^[2],既能够作为单独的网络节点也可以组成分布式智能监控子网^[3]。

由于智能相机是一个高性能的专用视频采集和处理计算平台,其开发与高计算性能软硬件发展同

步。特别是嵌入式计算架构的引入,使得智能相机体积不断减小,性能不断提高。近年来,以 ARM 架构为核心的嵌入式处理器在性能和功耗方面有了突飞猛进的发展,特别是同时集成了 ARM 和 DSP 的多核嵌入式处理器为智能相机的低功耗微型化奠定了基础^[4-5]。

本文根据当前嵌入式处理器的发展和物联网视频监控的应用要求,设计了一个采用嵌入式处理平台的智能监控终端模型。该模型将视频采集、视频处理和通信功能集成在同一嵌入式硬件系统中,不仅能够捕捉所拍摄的视频流,也能对视频场景进行实时在板分析。文中还详述了应用该模型的智能相机的硬件结构设计和软件开发过程。

一、物联网智能视频监控终端的模型

在传统的视频监控传感系统中,处理器或计算机通过图像传感器和动作机构与其所在环境相连,

收稿日期:2013-05-02

基金资助:湖北省高等学校青年教师深入企业行动计划项目(项目编号:XD2012713)。

作者简介:李琼(1979-),女,湖北宜昌人,硕士研究生,武汉职业技术学院电信学院讲师,研究方向:电子信息技术。

计算机通过分析从图像传感器采集来的视频,提取监控系统所处环境的相关信息。通常,图像传感器不能主动向监控系统反应环境的变化,是一个只能等待系统采集数据的被动角色。而服务于物联网的智能相机则是集视频图像采集、处理和分析于一身的智能终端,它能够模仿人的感知系统,能主动感知环境的变化,并根据视频的分析结果调整自身的响应行为以提高视频监控在物联网中的服务质量,是一种主动传感。它在物联网结构中的位置如图1所示。智能相机既能对自身所在环境进行数据采集,根据处理算法和判定逻辑对所采集的数据进行处理和融合,及时作出提交结果或报警等响应行为,又能通过网络通信向其它同区域授权智能相机申请数据,进行视频数据综合处理。

为了满足物联网对视频监控日益增长的实时性和智能化要求,智能相机在其结构上要求具有从图像传感器到处理单元间的高速数据传输通道,同时在数据处理单元应具有高性能的计算核心以运行视频数据处理、融合和判识的复杂算法。这对智能相机中的嵌入式平台提出了更高的计算和通信性能要求。

目前,智能相机主要有两种软硬件结构。一种是采用DSP+FPGA的实现方法,其中通过硬件描述语

言完成对FPGA复杂的逻辑设计实现相机的各种逻辑接口功能,由DSP完成整个系统的图像处理算法的实现。二是采用ARM+DSP形式的多核SoC实现视频图像采集、处理和分析,其中ARM作为通用处理器配合嵌入式操作系统承担任务调度、人机界面、视频接口和网络管理任务,而DSP则进行专门的视频处理和分析。相比较而言,由于后一种硬件结构中管理和处理任务分工明确,利用在ARM核心上运行的嵌入式软件操作系统,还能够方便的建立符合当前互联网和未来物联网接口标准的网络协议栈,能适应目前和未来灵活多变的网络结构,具有更好的适应性和扩展性,因此,这使得后者日益成为智能相机首选软硬件结构。本文以多核SoC为核心构建的智能相机模型的结构如图2所示。其中,视频摄像组件由光学镜头、驱动模块、图像传感器和标准接口构成,图像传感器可以根据不同的应用需要选用可见光或红外波段的固体成像器件,在驱动模块的支持下通过标准的视频接口向嵌入式视频处理平台提供实时视频流,并交换控制信息;以嵌入式ARM处理器为核心的视频处理平台则负责从视频摄像组件摄取视频,由嵌入式处理器内部集成的DSP直接进行视频图像的处理和分析,结果暂存于RAM或FLASH存储器等待访问,同时视频处理平台还扩展了网络通信模块、USB接口、电源管理及JTAG调试接口。

基于上述ARM+DSP的嵌入式智能相机模型,智能相机的实现主要包含以下三个方面的内容:一是根据所选用的图像传感器设计驱动模块和标准视频接口;二是围绕多核嵌入式微处理器对智能相机的嵌入式视频处理平台硬件结构进行设计;三是在硬件结构的基础上选择适当嵌入式操作系统进行优化符合智能相机的要求,并设计相关的硬件驱动程序和视频处理分析软件框架。由于监控用图像传感器多种多样,本文主要介绍后两个部分的分析和设计。

二、基于OMAP3的嵌入式视频处理平台

在集成电路制造技术高度发达的今天,各大芯片生产厂商提供了众多型号的SoC芯片以供选择,本文选择了OMAP3530作为智能相机的嵌入式处理核心。OMAP3530是一款基于ARM+DSP架构采用多内核设计的处理器^[6],且集成了图2所示的JTAG调试接口、USB通信模块和存储控制器等功能子系统。参照TI公司开发套件中芯片的选型,我们选用MT29C1G24MADLAJA存储芯片、LAN9220千兆以太网控制器和与OMAP3530配套的TPS65920电源管理芯片设计了嵌入式智能终端的硬件结构,如图3所示。其中MT29C1G24MADLAJA是一款FLASH+DDR型存储器,内部包含128MB SDRAM

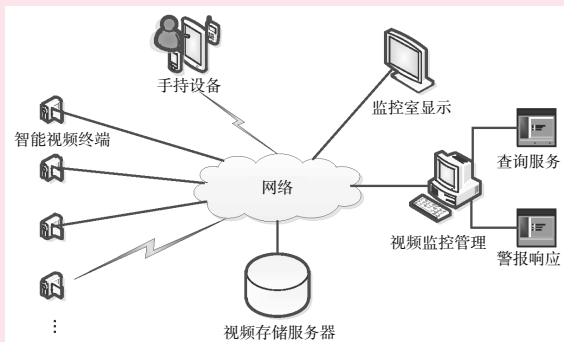


图1 物联网视频监控终端位置图

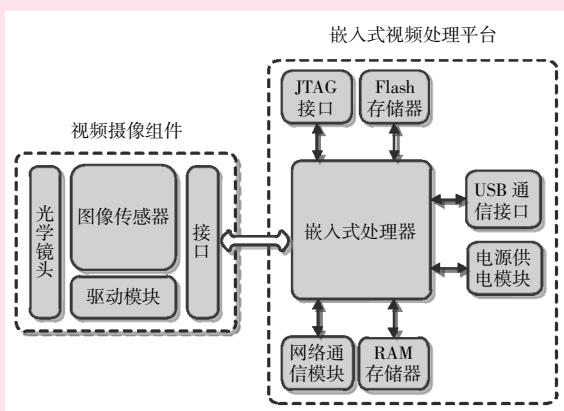


图2 嵌入式智能相机模型结构图

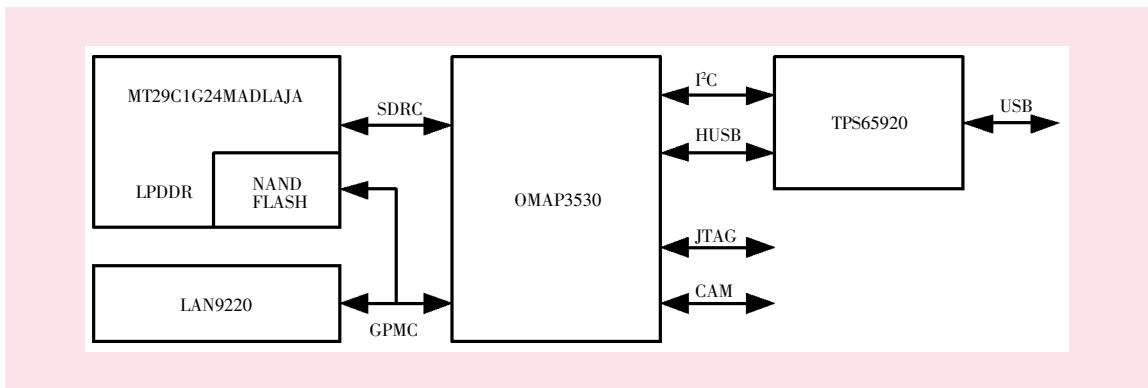


图3 嵌入式处理平台硬件结构框图

和128MB的FLASH的存储器，通过与OMAP3530匹配的SDRC和GPMC接口进行扩展，以运行操作系统及缓存数据和处理结果。而LAN9220则通过GPMC中的片选信号与FLASH存储单元复用GPMC中的数据 and 读写控制接口。TPS65920是专为OMAP3处理器设计的专用电源转换芯片，具有高级电源管理、电平转换和数据接口扩展等功能。系统通过I2C总线对TPS65920进行配置，同时TPS65920还对OMAP的HUSB接口进行电源管理并扩展其OTG功能，并且通过其中的VDD1、VDD2和VIO三个电源模块为整个系统进行供电。而OMAP自身所集成的JTAG和并行CAM接口则直接通过接插件引出。

三、嵌入式智能视频终端软件框架

嵌入式视频处理分析的实现与嵌入式操作系统是密不可分的，为了充分发挥上述嵌入式硬件的性能，给智能相机的视频处理算法提供有力的实现平台，我们选用目前流行的嵌入式Linux操作系统构建智能视频终端运行的软件框架，软件框架结构如图4所示。在软件框架中嵌入式Linux操作系统运行于硬件平台之上，管理硬件智能相机的硬件资源并为上层用户界面提供系统服务和调用接口，因此，嵌入式操作系统是智能相机软件框架中的核心。嵌入式Linux操作系统由系统引导程序、操作系统核心、系统服务程序和驱动程序组成^[7]。由于TI公司已为OMAP3开发平台提供了嵌入式Linux操作系统范例，且含有与上述网络芯片和电源管理芯片有关的硬件驱动程序，因此，为了减少开发工作量，增加系统的稳定性和可扩展性，我们选用TI公司提供的嵌入式Linux操作系统2.6.37内核范例为基础进行智能相机软件框架的开发。由于该范例是应用于OMAP3开发平台的通用系统，包含大量无关的驱动和代码，且并未对并行相机接口进行具体定义，因此，智能相机嵌入式软件框架的主要任务集中在修改系统引导程序构建嵌入式开发环境以移植内核，并对并行相机接口进行分析，设计视频采集驱动。

（一）系统引导与内核移植

由于智能相机嵌入式处理平台的专用性，并不包含运行编译调试软件所需硬件资源，因此，智能相机嵌入式软件的开发采取交叉编译的方法，即在通用上位计算机中通过交叉编译工具将源代码编译成ARM平台的可执行文件，再通过网络接口将可执行文件下载到智能相机的嵌入式处理硬件平台中调试和运行。我们在运行OpenSUSE12.1操作系统的上位

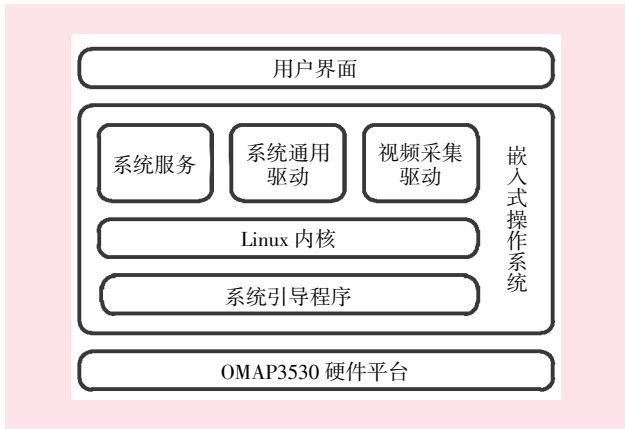


图4 智能相机嵌入式处理软件框架

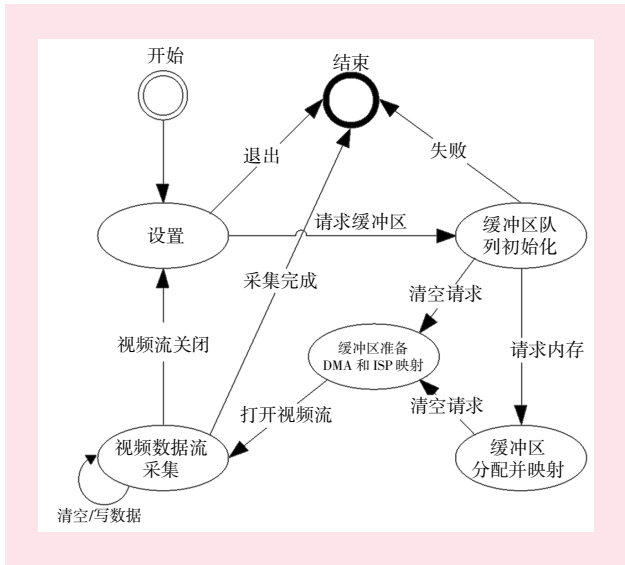


图5 图像采集驱动程序工作状态转移图

PC 机中,采用 arm-none-linux-gcc-4.7.0 版本构建交叉编译工具链。上位机使用 NFS 文件系统与目标机的共享文件以方便调试。完成交叉编译环境构建后,我们在上位机 Linux 环境下对 Linux 2.6.37 内核进行配置,首先设置 ARM 类型,然后利用 make xconfig 命令在图形配置环境下选择网络、USB 驱动、电源管理等模块的驱动程序,选择支持 NFS 文件系统及选择支持 NFS 的 TFTP 协议进行设置,通过这些设置实现对内核模块的剪裁。完成内核代码剪裁后,利用 gcc 编译器在上位机上对嵌入式内核进行编译并通过 Make bzImage 制作内核映像。

智能相机嵌入式系统内核的移植过程是通过设置系统引导过程加载内核映像完成的。比照在 TI 提供的嵌入式开发平台软件代码中,智能相机中的嵌入式操作系统通过 Bootloader 和 Uboot 结合实现系统引导。在系统上电后,OMAP3530 的固件程序将一级引导程序 Bootloader 从 Flash 存储器读取到内部 64KB 的 RAM 中,然后初始化 SDRC 存储控制器,将 Uboot 读入到片外的 RAM 中。而后转入 Uboot 入口处执行二级引导程序,更新内核映像并引导内核运行。由于硬件中并未使用 SD/MMC 移动介质,因此,操作系统内核只需支持 UBIFS 文件系统用于从 FLASH 存储器的引导启动。与智能相机有关的引导程序修改集中在 Uboot 中,根据智能相机的硬件配置,通过调整 Uboot 源代码 arch 目录下的 Makefile 文件选择对应 ARM 型号,然后在 Kconfig 文件中设置程序连接的起始地址并设置 Flash 和 SDRAM 的时序。完成系统的基本引导后,通过 tftp 终端下载到智能相机平台中,实现新系统的加载和调试。

(二)视频采集驱动

在智能相机嵌入式 Linux 操作系统移植完成后,才能根据智能相机的工作要求设计 Linux 平台的视频采集驱动。根据前述智能相机的模型,嵌入式硬件平台中首先通过 CAM 接口接收智能相机图像传感器传来的视频流,然后才能进行共应用层监控事物管理程序处理和分析,并且考虑到兼顾不同图像传感器的连接要求,因此,嵌入式系统中的视频采集驱动程序就是对并行 CAM 接口的驱动设计。根据对 OMAP3530 中并行摄像机接口的分析,我们确定通过 CAM 接口采集视频图形的工作流程如图 5 所示。当智能相机进行视频采集时,相机驱动程序承担着对图 5 中相机五个状态的管理。当任何一个应用层进程对传感器组件提出视频预览和采集要求时,

驱动程序进入设置状态。一旦设置完成,驱动程序首先将初始化一个缓冲区队列,若队列中没有现成的缓冲区,就向内存管理进程申请新的内存作为缓冲区,并映射地址到缓冲区队列,并清空缓冲区准备采集,若有需要还可开启向 ISP 处理器的 DMA 模式;若已存在缓冲区则清空缓冲区,则直接进入准备过程。当缓冲区准备完成后,就可开启视频流进入视频采集状态,直到采集完成或视频流关闭,则完成采集过程退出。

四、结束语

设计具有前端智能处理和综合分析功能的监控用视频端点是物联网视频监控应用研究中的热点问题。本文根据物联网智能终端的特点,采用嵌入式处理平台提出了一个用于物联网视频监控终端的模型,并分析了模型的软硬件结构,设计了采用 TI 公司 OMAP 嵌入式处理器的硬件实现方案和基于 Linux 操作系统的软件框架,对实际终端的设计和实现具有重要的指导意义。

参考文献:

- [1] ATZORI L, IERA A, MORABITO G. The Internet of Things: A survey [J]. Computer Networks, 2010, 54(15): 2787-2805.
- [2] HAERING N, VENETIANER P, LIPTON A. The evolution of video surveillance: an overview [J]. Machine Vision & Applications, 2008, 19(5/6): 279-290.
- [3] RINNER B, WOLF W. An Introduction to Distributed Smart Cameras [J]. Proceedings of the IEEE, 2008, 96(10): 1565-1575.
- [4] MOSQUERON R, DUBOIS J, MATTAVELLI M, et al. Smart camera based on embedded HW/SW coprocessor [J]. EURASIP Journal on Embedded Systems, 2008: 1-13.
- [5] TAMADAZTE B, PAINDAVOINE M, AGNUS J, et al. Four d.o.f. Piezoelectric Microgripper Equipped With a Smart CMOS Camera [J]. Microelectromechanical Systems, Journal of, 2012, 21(2): 256-258.
- [6] TI. OMAP35x Applications Processor Technical Reference Manual (Rev L). USA: Texas Instruments, 2010: 1305-1734.
- [7] Karim Yagbmour. 构建嵌入式 Linux 系统(第 1 版)[M]. 北京:中国电力出版社, 2004.

[责任编辑:刘 骋]

Design of the Embedded Processing Platform for Video Surveillance Terminal in Internet of Things (IoT)

LI Qiong

(School of Electronic Information Engineering, Wuhan Polytechnic, Wuhan 430074, China)

Abstract: In this paper, the embedded processing platform is designed for video surveillance terminal for the internet of things. The model of smart surveillance terminal is created with current level of the hardware for surveillance and according to customer's demand on video monitoring in IoT. Then the components of OMAP SoC processor are analyzed to construct the architecture of hardware. Meanwhile, the embedded Linux operating system is used to devise the software framework of smart video terminal. At last, the process of system booting and kernel transferring as well as the device driver of video capture are put forward finally.

Key words: Internet of Things; video surveillance; embedded system; device driver



(上接第 90 页)

Research and Development of Campus-based E-commerce Platform for the Practical Teaching Service

LU Li CHEN Guo-cong

(Guangzhou Institute of Technology, Guangzhou 510075, China)

Abstract: Higher vocational education emphasizes the training of student's practical skills, and it proves to be an effective way of improving the teaching quality to develop the real practice teaching platform. This paper studies the practice of Guangzhou Institute of Technology and proposes an e-commerce platform based on CRP system for the practice teaching.

Key words: campus-based e-commerce; campus resource planning system; B2C model; C2C model; campus information platform