

基于云计算平台嵌入式传感器图像处理系统设计

张婷曼¹, 王 庆²

(1. 延安大学 西安创新学院, 西安 710100; 2. 西安理工大学, 西安 710048)

摘要: 针对传统的图像采集和处理设备体积庞大、昂贵价格和灵活性差等问题, 提出了一种基于云平台的和嵌入式图像处理系统设计方案; 在系统硬件设计中, 采用 MT9M001C12STM 图像传感器代替传统的 CCD 来采集图像数据, 采用云计算嵌入式设备作为前端数据处理平台; 在系统软件设计中, 主要设计了硬件设备的初始化和为用户提供操作硬件设备的接口以及将由驱动采集到的数据进行处理和转化成规定格式, 对 PC 机发起通信, 传输数据; 最终实现嵌入式系统的采集、处理、传输图像数据。

关键词: 图像传感器; 嵌入式; UDP 协议; 数字图像处理

System Design of Embedded Sensor Image Processing Based on Cloud Computing Platform

Zhang Tingman¹, Wang Qing²

(1. Xi'an Innovation College, Yan'an University, Xi'an 710100, China;

2. Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: Aiming at the traditional image acquisition and processing equipment, bulky, expensive price and flexibility issues, proposed and completed the embedded image processing system design based on a cloud platform. In this paper, the hardware design of the system, using MT9M001C12STM image sensor instead of traditional CCD to collect the image data using cloud computing, embedded devices as the front-end data processing platform; in the software design, the main design of the hardware initialization and provide operating hardware interface and will be driven by the collected data processing and into the prescribed format, initiating communication on PC machine, the transmission of data. The final realization of embedded system acquisition, processing, transmission of image data.

Keywords: image sensor; embedded; UDP protocol; digital image processing

0 引言

21 世纪后, 随着嵌入式系统^[1]的全面深入, 图像处理也开始转移到嵌入式系统平台上来。在国内, 嵌入式系统是指^[2]: 专用的计算机系统, 它以应用为核心, 由微处理器、微控制器、存储器、传感器等微电子芯片, 微型操作系统、应用软件组成, 实现实时控制、移动计算、数据处理等各种处理任务。嵌入式系统要求软硬件的整合, 软件与硬件可剪裁, 以满足系统对功能的要求。嵌入式系统的特点是具有较强的针对性, 其开发有着特殊的应用场合和特定的使用功能^[3]。嵌入式微处理器具有体积小、重量轻、成本低和可靠性高的优点, 是嵌入式系统的核心。目前比较有影响的 32 位嵌入式处理器有 ARM 公司的 ARM, Compaq 公司的 Alpha、HP 公司的 PA-RISC、IBM 公司的 PowerPC、MIPS 公司的 MIPS 和 Sun 公司的 Sparc 等。

数字图像处理技术^[4]是图像信号处理转换成数字信号处理的过程, 拓展了实时图像处理技术的应用范围。数字图像处理技术是一门交叉性应用技术, 涉及包括计算机科学、数学、人

工智能、生物医学等多种学科。超大规模集成电路的发展, 使得嵌入式图像处理器由当初的 8 位单片机已经发展到 32 位高速 CPU 以及达芬奇架构^[5]的视频处理芯片, 数字信号处理的能力大大增强。借助于这些高速专用芯片, 前端的视频采集, 中端的图像处理, 后端的视频显示, 设备可以被简洁的部署到位, 功能也能够准确的实现出来, 从而使得图像处理平台不需要通过模拟视频线搭建复杂的中心监控系统而整体趋于小型化和高速化^[6], 能够很大程度的降低开发成本, 并同时提高系统的集成度、稳定性和可扩展性, 这些技术上的发展和创新也使得图像处理技术广泛的应用于科学研究、遥感探测、医疗卫生、安全监测及空间探测等各个领域。

本文针对传统的图像采集和处理设备体积庞大、昂贵价格和灵活性差等问题, 提出了一种基于云平台的和嵌入式图像处理系统设计方案。

1 系统设计总体方案

基于云平台图像传感器的嵌入式图像采集系统系统框图如图 2 所示, 其主要的部件包括: 图像传感器 MT9M001, ARM 处理器, PC 机等。

2 系统硬件设计

本文系统的硬件设计主要是图像传感器接口设计以及是嵌入式系统的网口设计。

2.1 图像传感器设计

MT9M001C12STM 图像传感器 MICRO 公司生产的 1/2

收稿日期: 2014-01-14; 修回日期: 2014-03-14。

基金项目: 延安大学西安创新学院 2011 年科研项目(YDCX-2011-KY-01); 西安市产业技术创新计划(CX1256(7))。

作者简介: 张婷曼(1974-), 女, 陕西西安人, 硕士, 讲师, 主要从事云计算、网络安全、计算机应用方向的研究。

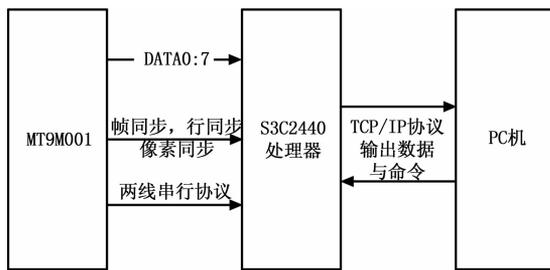


图 1 系统原理框图

英寸黑白图像传感器, 具有 130 万像素的分辨率。其优异的性能完全能满足工业监控和数字图像处理的需要。除此之外 MT9M001C12STM 还拥有其他诸多优点, 使得其能够很好地满足本系统的需求。其拥有的优点有 (1) 在数字图像处理技术中, 处理的图像均要以灰度图像的形式进入处理程序, 而 MT9M001C12STM 传回的灰度图像可以直接进行数字图像处理, 免去了再在嵌入式系统中进行彩色空间到灰度空间转换的工作。(2) MT9M001C12STM 提供 VGA, QVGA, CIF, QCIF 等多种输出格式供用户选择, 以满足不同的需要 (3) 集成了可编程灰度矫正, 白平衡和增益控制 (4) 提供了两线串行接口总线可方便的对 MT9M001C12STM 各种工作模式进行控制。

2.2 S3C2440 云计算开发平台

S3C2440 是基于 ARM920T 架构的一款 SOC 处理器。其主频 400 MHz, 最高可达 533 MHz。CPU 内部集成了 SDRAM 控制器、LCD 控制器、4 通道 DMA、3 通道 UART、IIC 总线、IIS 总线、SD 接口、PWM timer、触摸屏接口、8 通道 10 位 A/D 控制器、camera 接口等, 非常方便进行系统开发^[7]。

Hadoop 是 Apache 开源组织按照 MapReduce 的工作原理设计的一种开源的分布式处理框架, 也是云计算环境下的最著名的开源软件。在 Hadoop 系统中, 应用程序可以并行运行在由大规模廉价硬件构成的分布式系统中。Hadoop 在内部实现了容错和扩展机制, 可以构建成为高可靠性和高扩展性的分布式系统, 结构如图 2 所示。

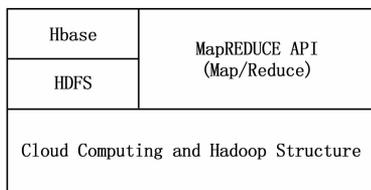


图 2 Hadoop 结构图

2.3 MT9M001 图像传感器的 PCB 电路设计

本文对 MT9M001 图像传感器的 PCB 电路板进行了设计, 如图 3 所示为 MT9M001 图像传感器的原理图。

由于 MT9M001 图像传感器输出的图像数据是 10 位的, 而我们需要图像只需要 8bit 的数据。所以在进行原理图设计的时候, 将传感器中的低两位给舍去。完成布线后的 PCB

板和 3D 外观的 PCB 板, 通过对输入信号、输出信号、数据总线和地址总线的连接, CPLD 可控制图像传感器, 并由 SRAM 实现数据缓存。

在系统硬件设计中, 由于受到电路板的尺寸局以及电路板大小的限制, 元器件的位置也要求固定也被固定, 如图 4 所示的是网口电路图。

3 系统软件设计

系统的软件主要分为两个部分。第一部分为系统的驱动程序, 主要负责硬件设备的初始化和为用户提供操作硬件设备的

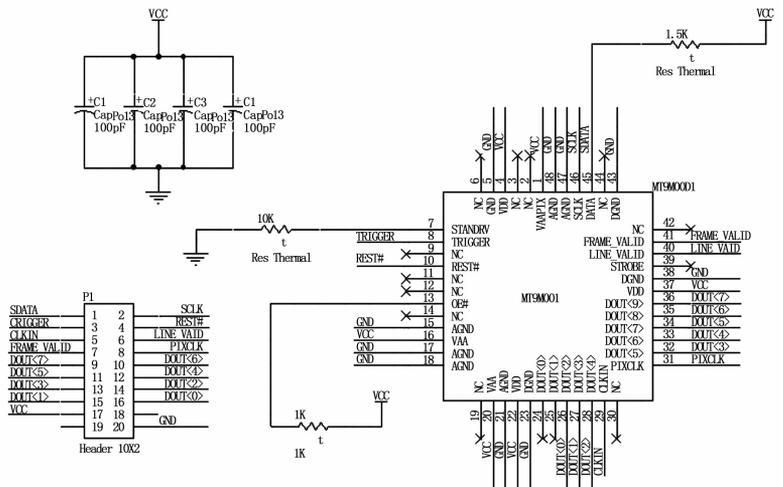


图 3 MT9M001 图像传感器的原理图

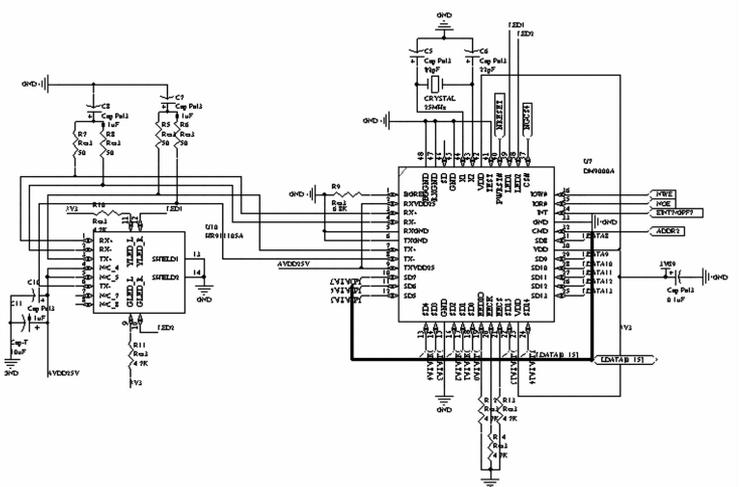


图 4 网口电路图

接口。第二部分为用户程序, 主要将由驱动采集到的数据进行处理和转化成规定格式, 在必要时和 PC 机发起通信, 传输数据。

3.1 MT9M001 的两线串行协议

MT9M001 的两线串行协议驱动是类似于 OV 系类芯片的 SCCB 驱动的一种通信协议, 用于完成摄像头芯片内部的寄存器设置。其中 MT9M001 的 45 (SDATA)、46 (SCLK) 引脚分别为数据脚和时钟脚。MT9M001 的两线串行协议简述如下: 以写模式为例, 当 SCLK 为高, SDATA 由高电平转换为

低电平时，开始数据传输。在开始 BIT 后，往总线上送入 8bit 的读模式标识符 0xBA，在获得 ACK 位后，往总线上送入寄存器地址，之后即可往寄存器中送入数据。由于 MT9M001 的寄存器是 16 bit 的，所以一次得送入 16 bit 的数据。之后当 SCLK 为高电平时，SDTA 由低电平变为高电平结束数据传输。

3.2 camera 的初始化和释放

在初始化函数中要完成的工作包括：配置 camera 接口的 IO 引脚、配置 camera 接口提供给 CMOS 芯片的外接时钟源、配置 camera 的主要寄存器、初始化内核信号量和自旋锁、注册设备文件、分配 DMA 内存、注册中断函数等工作。以下将叙述的是主要的初始化步骤的实现：（1）在 Linux 中，MT9M001 是被当做是字符设备来描述的，所以在初始化函数中应当首先向虚拟文件系统中注册字符设。video_register_device(&camif_v, VFL_TYPE_GRABBER, -1) 函数，被用来在 V4L 中实现注册字符设备。在注册设备文件之前，应该先将系统调用和设备驱动程序关联起来，就需要使用到 static struct file_operations 这个关键的数据结构。因此在注册设备文件之前初始化工作的主要内容就是填充 file_operation 的各个域。

在完成注册设备文件之后，即可分配用于存放图像数据的 DMA 通道。在硬件系统中 DMA 操作使用的是物理地址，但是在 Linux 系统中使用的是虚拟地址，如果我们想要用 DMA 对一段内存进行操作，我们必须将一段内存的物理地址和虚拟地址的映射，而 dma_alloc_coherent 函数实现了这种机制。调用函数之后将会将所指定的物理地址映射为 linux 下虚拟地址供程序使用。（3）在完成了 DMA 的分配后，即可注册中断函数。由于 camera 需要传输大量的数据，将会消耗大量的时间。根据中断函数设计的原理，应使中断函数快速返回。

3.3 数据传输函数

本系统中最关键的步骤便是回传已经由摄像头芯片采集到的数据到 DMA 内存中。为了实现数据的从内核层到用户层的传递，本文通过 mmap 模式读取数据，即用户空间的一段内存与设备内存关联起来，用户层可以直接操作里面的数据。在传输类似于摄像数据这样的大量的数据的情况下选择 mmap 模式来读取数据无疑能大大的降低读取数据而消耗的时间，提高系统的效率。视频采集流程图如图 5 所示。

在用户层中将由驱动采集到的数据进行转换和处理，本文为了减少计算量和程序运行时的开销，在数字图像处理的工作中，需要将彩色图像转换成灰度图片来进行处理，由于采用的摄像头芯片 MT9M001 是只输出灰度图像的 CMOS 芯片，所以在本系统下的用户程序不需要再做一次由彩色空间到灰度空间的转换，即可处理采集到的数据。

3.4 数据传输设计

由于采集到的图像格式比较大，数据量很大。若直接使用 UDP 传输像素数据的话，会造成图像延迟和图像位移。所以本文采用了适当的压缩算法进行压缩数据然后再进行传输。本系统选用 jpeg 库，对图像进行压缩转换成 jpeg 格式。

在本系统中选用了 UDP 协议来进行 PC 机与嵌入式之间的通信。由于 UDP 的不可靠和不提供数据的重传和确认等特

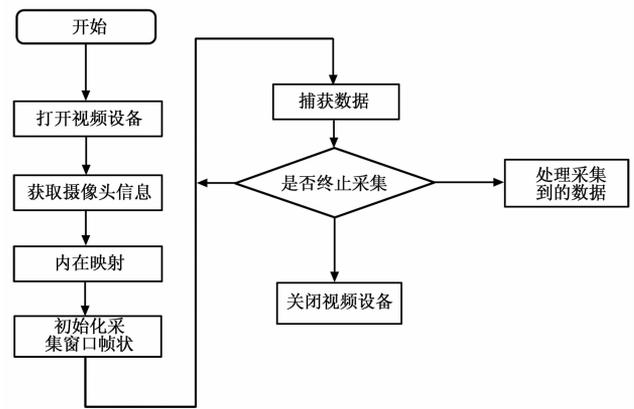


图 5 视频采集算法流程图

性，我们扩展了 UDP 协议，使之成为能够胜任我们大量数据突发传输的需要。扩展了的 UDP 协议描述如下：（1）由于 UDP 发送和接受数据时需要设定一个合适大小的缓冲区，而由于图像数据比较大，必须裁剪成数个小的数据包分开发送，将这样的一个数据包称为一个分组数据。（2）由于 UDP 的不可靠和不提供数据的重传和确认等特性，为了保证数据包有序的到达接收端和方便接收端检验是否有丢失或者错误的产生，在每个数据包前加入一个数据头记录着这个数据包的序号。（3）接收端在接收到数据包后，根据数据包包头的序号将数据包重排从而得到一副完整的图像。

4 结束语

由于传统的图像采集和处理设备体积庞大、昂贵价格和灵活性差，本文提出了一种基于云计算平台和嵌入式图像处理系统设计方案。通过软硬件的设计最终得到较好的实现嵌入式系统的采集、处理、传输图像数据。

参考文献：

- [1] 郭巧云, 许雪梅, 李 岸, 等. 基于 ARM11 的无线视频监控系统的的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2010, (8): 1786-1788.
- [2] 俞 辉, 裴振奎. 嵌入式视频监控系统服务器软件的设计与实现 [J]. 微电子学与计算机, 2009, 26 (8): 188-192.
- [3] 王云新, 刘铁根, 朱均超, 等. 嵌入式人体手背静脉图像采集系统的研制 [J]. 仪器仪表学报, 2009, 30 (2): 308-312.
- [4] 余 波, 何 为, 王 平, 等. 基于嵌入式系统的远程多参数监护系统 [J]. 计算机工程, 2008, 34 (6): 252-254.
- [5] 刘 强, 潘 明, 刘大鹏. 基于 SOPC 的嵌入式视频监控系统设计 [J]. 桂林电子科技大学学报, 2013, 33 (3): 210-213.
- [6] 印辉云, 刘云飞, 马玲玲, 等. 基于 FPGA 的嵌入式指纹采集系统设计 [J]. 湖北大学学报 (自然科学版), 2013, 35 (1): 85-88.
- [7] 武 一, 黄 宇, 刘晓娟, 等. 基于 SOPC 的网络视频监控系统的的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (1): 63-65.
- [8] 程 琼, 广长林. 基于 ARM 图像的采集与 3G 无线传输研究与设计 [J]. 湖北工业大学学报, 2013, 28 (1): 43-45.
- [9] 张前福, 王华闯, 许俊平, 等. 基于 RTX 的实时处理系统设计 [J]. 微电子学与计算机, 2012, 29 (8): 58-61.
- [10] Lin F C, Chung L K, Wang C J, et al. Storage and processing of massive remote sensing images using a novel cloud computing platform [J]. GI-Science & Remote Sensing, 2013, 50 (3): 322-336.