

文章编号: 1000-5013(2011)05-0506-05

采用 DaVinci 技术的智能监控系统设计与实现

周春晖, 朱建清, 蔡灿辉

(华侨大学 信息科学与工程学院, 福建 泉州 362021)

摘要: 采用 DaVinci 技术,设计一种具有人脸检测与跟踪功能的智能监控系统. 利用 TMS320DM6446 芯片的双核结构优势,在 ARM 端实现基于 Linux 系统的多线程应用程序,负责视频录放、用户界面控制、视频信号的网络传输、外围器件控制等;而在 DSP(数字信号处理)端完成基于 AdaBoost 的人脸检测、基于卡尔曼滤波器和 Mean Shift 相结合的人脸跟踪及 H. 264 视频编码. 实验结果表明:智能监控系统能实现人脸定位与跟踪,准确、实时性高,而且可由具有面向网络数据传输的客户端程序实行远程监控.

关键词: 智能监控系统; 人脸检测; 人脸跟踪; DaVinci 技术; TMS320DM6446

中图分类号: TP 391. 41

文献标志码: A

智能网络视频服务器主要有智能分析、视频压缩编码和网络传输控制 3 大功能. 实现这些功能,可以采用通用的处理器,也可以采用专用器件如专用视频压缩编码芯片 ASIC,编程实现所有功能. 相比于采用面向媒体处理的数字信号处理(digital signal processing,简称 DSP)或者 ARM(advanced RISC machines)微控制器实现的系统,目前推出的监控系统多数是基于双核结构的解决方案. 采用面向媒体处理 DSP 的解决方案构建的视频服务器,在操作系统、视频编解码、协议栈等方面耗费了大量的资源,使得产品存在很多问题,因此,在适应网络带宽变化、提高图像质量、软件系统的兼容性等方面不尽人意. 采用 ARM 微控制器构架的优势是处理器控制能力强大,有优越的网络性能,嵌入式操作系统的移植和应用程序的开发都较为便利,但图像处理差,运算速度难以满足视频处理的需求. 最常见的双核结构是基于 DaVinci 的解决方案,主要有 2 类. 一类是 DSP 端做视频压缩编码,ARM 端做系统控制^[1-3],这种方案没有智能分析处理,只是一种普通的视频监控. 另一类虽然实现一些简单测试功能,但网络化功能较弱^[4]. 为此,本文提出一种具有人脸检测与跟踪功能的网络化智能视频监控系统.

1 系统结构

智能监控系统包括服务器端和客户端 2 个部分,而服务器端包括 ARM 和 DSP 两个子系统. 客户端由运行于 PC 机的软件实现,服务器与客户端采用 TCP/IP 协议进行通信,用户可以通过网络对视频服务器进行远程监控,包括远程控制镜头、云台等设备. ARM 子系统完成视频录放、用户界面控制、视频信号的网络传输、外围器件控制等工作. DSP 子系统完成人脸检测与跟踪,以及视频编解码. 不难看出,ARM 子系统是服务器端的主控程序,DSP 相当于 ARM 的 1 个外设. 运行在 DSP 端的程序,按 xDM 标准^[5]进行封装. ARM 端通过 Codec Engine 机制^[6]调用 DSP 端的算法,通过共享内存实现 ARM 端与 DSP 端的数据交换.

服务器包括视频采集、云台控制、模数转换、人脸检测与跟踪、H. 264 编码、网络接口和本地显示. 系统结构流程,如图 1 所示. 视频采集采用 PELCO(派尔高)一体化高速球型摄像机,有专门的传输控制协议 PELCO-D,可以实现云台控制与视频采集. 由于 PELCO 输出的是模拟视频信号,故采用 TVP5146^[7]处理芯片进行模数转换,把模拟信号变成 UYVY 的数字信号. 人脸检测与跟踪、H. 264 编

收稿日期: 2010-11-13

通信作者: 蔡灿辉(1954-),男,教授,主要从事图像处理与模式识别、视频通信的研究. E-mail: chcai@hqu. edu. cn.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60772164)

码、程序调度、云台控制和本地显示等均由高速双核片上处理系统 DM6446 完成. DM6446 中的 ARM 内核与 Monta Vista Linux 系统相结合, 能够充分解决运算复杂度高、实时性要求强、用户界面友好等方面的挑战, 其 DSP 内核的强大运算功能可实现人脸检测与跟踪、H. 264 编码等智能监控算法. 视频信号和控制信号的传输由 LXT971ALE^[8] 芯片在 DM6446 控制下实现, 如图 2 所示.

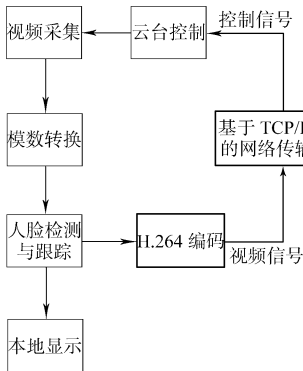


图 1 系统流程图

Fig. 1 Flowchart of system

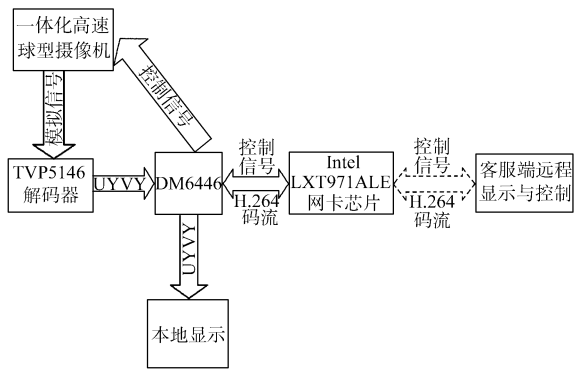


图 2 系统结构框图

Fig. 2 System block diagram

2 硬件设计

2.1 TMS320DM6446 芯片

TMS320DM6446 是美国 TI 公司于 2005 年第 4 季度推出的高集成度视频处理应用 DSP 芯片. 它包括 1 个 ARM 子系统、1 个 DSP 子系统和 1 个视频处理子系统 (VPSS), 同时带有图像协处理器 (VICP) 和各种丰富的外设^[8]. TMS320DM6446 的功能结构参见文献^[8].

ARM 子系统采用 ARM926EJ-STM 内核, 最高主频为 297 MHz; DSP 子系统采用 C64x+TM 内核, 最高主频为 594 MHz, DSP 每秒可处理的 4 752 个百万级的机器语言指令数; 视频处理子系统包括视频前端^[9]和视频后端, 支持图像缩放、自动聚焦/曝光/白平衡、颜色滤波阵列 (CFA) 插值、隔行逐行转换、画中画和屏幕显示 (OSD) 数据混合等一系列图像处理功能.

2.2 视频输入模块

视频输入系统的核心器件为 TVP5146. 它是美国 TI 公司的高质量、单芯片的数字视频解码器^[10], 可以将现在流行 7684NTSC, PAL, SECAM 及 S-video 模拟视频信号转换为 YCbCr 视频信号, 并分别经并口和 I²C 口输出^[11]. TMS320DM6446 与 TVP5146 的连接方式, 如图 3 所示.

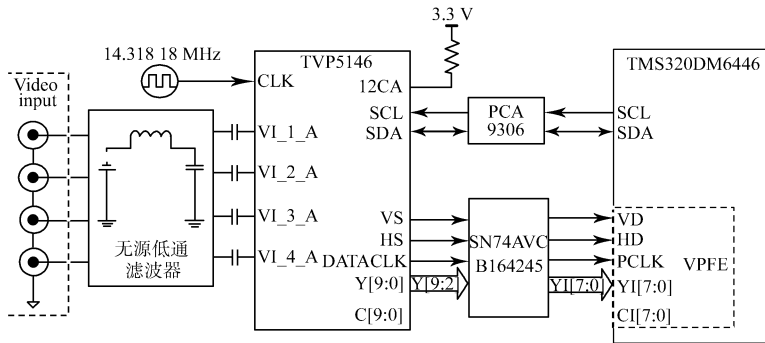


图 3 TMS320DM6446 与 TVP5146 连接图

Fig. 3 Connection diagram of TVP5146 with TMS320DM6446

2.3 网络接口模块

TMS320DM6446 的网络控制模块, 主要包含 1 个以太网媒体访问控制器 (EMAC) 和物理层数据输入输出管理模块 (MDIO)^[12]. EMAC 控制模块内部集成了 8 kB 的 RAM, 用于控制系统与物理层 (PHY) 之间的数据包; MDIO 模块用于对物理层芯片进行配置与状态的监测等工作. EMAC/MDIO 模块通过 1 片物理层收发器与外部网络连接, 因此, 选用 Intel LXT971ALE 单芯片 ($10 \sim 100 \text{ Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$)

以太网物理收发器. LXT971ALE 的引脚及内部功能,如图 4 所示.

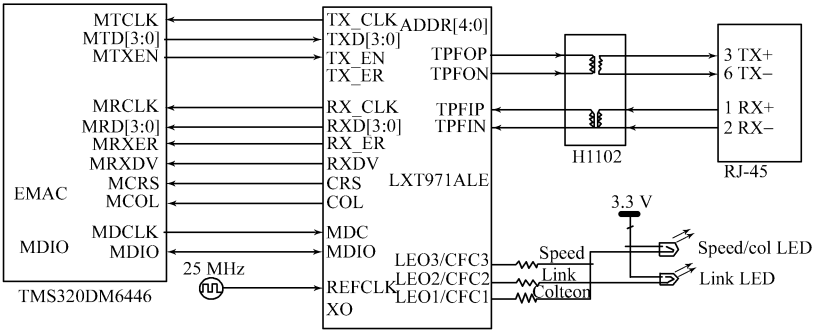


图 4 LXT971ALE 的引脚及内部功能

Fig. 4 Pin ard internal features of LXT971ALE

3 软件设计

3.1 服务器端系统

3.1.1 ARM 子系统 ARM 子系统负责整个 TMS320DM6446 系统,包括 DSP 子系统、视频处理 (VPSS)子系统及大多数的外设和外部存储器的配置和控制^[6].同 DSP 相比,ARM 有更大的程序存储空间和更强的现场切换能力来完成这些功能,更适合用于复杂的多任务控制.设计中,ARM 端的运行是基于 MontaVista 2.6.10 版本的 Linux 操作系统,负责整个系统的初始化、硬件驱动、资源分配、内存管理、多任务调度和用户交互等任务.

服务器端系统程序框图,如图 5 所示.智能监控系统的服务器端是基于 Linux 的多线程程序,包括主线程、控制线程、云台控制线程、视频处理线程和网络传输线程.主线程执行必要的初始化操作并产生其他线程,最后转化成控制线程.控制线程对视频处理性能数据进行分析及 OSD 窗口显示,便于对实验结果进行评估.视频处理线程负责捕获视频信号,调用 DSP 端的人脸检测与跟踪算法和基于 H.264 编码算法,实现智能处理.云台控制线程通过 PELCO-D 协议来控制云台,方便获取更大范围的监控区域.网络传输线程通过网络 TCP/IP 协议,将压缩后的视频数据传输到 PC 客户端,实现远距离监控.

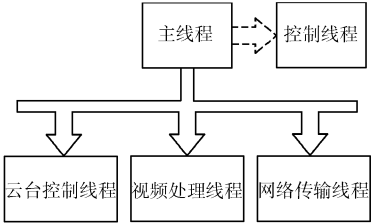


图 5 服务器端系统程序框图

Fig. 5 Block diagram of server system

3.1.2 DSP 子系统 DSP 子系统负责实现人脸检测、人脸跟踪及 H.264 视频压缩.人脸检测算法采用基于 AdaBoost 的多特征融合的快速算法,即先采用运动特征和肤色特征提取候选的人脸区域,再采用类 Haar 特征及边缘特征多层级联分类器定位人脸^[13].

由于使用 Mean Shift 人脸跟踪算法在跟踪的目标运动速度较高时所确定的目标起始位置不够理想,容易引起目标丢失的问题,因此,系统采用卡尔曼滤波器和 Mean Shift 算法相结合的方法,有效地解决了快速运动目标跟踪的鲁棒性问题^[14].视频压缩采用美国 TI 提供的 H.264 算法.该算法已开发脸好,只要调用 Codec Engine 编解码引擎^[6]接口就可直接使用,省去大量移植 H.264 算法的时间.需要解决的问题是,要把人检测、人脸跟踪与视频压缩算法用 xDM 标准封装成 1 个 Code Server^[5],使其可以在 DSP 上运行,并供 ARM 子系统调用.

3.2 客户端系统

客户端系统包括远程控制与传输、实时解码与播放 2 个部分,其流程图如图 6 所示.远程控制与传输分别与 ARM 子系统的云台控制和网络传输线程相对应,2 个线程用不同的端口区别开来.使用 Linux 提供的 Socket 套接字接口来进行网络编程,客户端只要进行请求连接、发送控制命令或接收视频信号就可以了.实时解码与播放部分

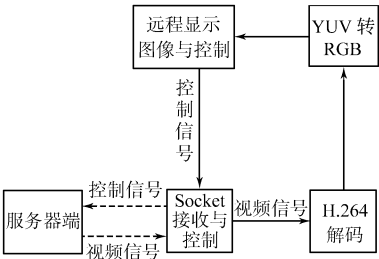


图 6 客户端流程图

Fig. 6 Flow chart of client

是基于 Direct Show 播放器的开发,对来自服务器的 H. 264 码流进行解码、播放.

4 系统测试

图 7 为服务端本地显示和客户端远程的实时显示结果;图 8 为系统跟踪测试结果. 从图 8 中可知,系统可以准确定位人脸并获取正面人脸图像,客户端不仅可以控制服务端的云台,而且画面显示清晰.设计的压缩视频在局域网内的传输延迟为毫秒级,几乎感觉不到延迟,能满足实时性的要求.从图 8 可以看出,系统可以准确地跟踪人脸,即使是跟踪侧面人脸也是如此.



图 7 实时显示结果
Fig. 7 Result of local real-time display



图 8 系统跟踪测试
Fig. 8 System tracking test

Codec Engine 编解码引擎提供了许多核心的 API,用于访问系统的内存使用状况和 CPU 的负载信息,方便测试分析系统的资源使用情况.采用编解码引擎提供的工具对系统资源使用情况进行监控,结果表明,ARM 的 CPU 平均使用率为 14%.算法经过优化后,DSP 的 CPU 平均使用率为 75%,系统平均帧率为 18 帧 · s⁻¹.

5 结束语

在分析现有视频监控系统的不足的基础上,提出并实现一个新的智能监控系统.实验结果表明:本

系统能够充分利用双核的资源优势,合理分配系统资源,不仅能对正常目标进行快速的人脸检测与跟踪,而且能够控制控制云台、镜头跟踪检测,直到获取正面人像. 它的客户端系统能够通过互联网获得实时监控画面,实时性更好,画面清晰,使得其应用范围更广阔. 提出的网络化智能监控可以广泛应用到银行、机场、超市、学校等公共场所的安全监控.

参考文献:

[1] 陈晓,张学杰. 基于 DaVinci 双核芯片的网络视频服务器的设计技术研究[J]. 云南大学学报:自然科学版,2009,31(S1):122-127.

[2] 丁锐,袁誉乐,赵勇. 基于达芬奇平台的视频监控系统的的设计[J]. 微计算机信息,2007,23(11/12):44-45.

[3] 侯建华,蓝发财. 基于 DaVinci DM6446 处理器的 DVS 的设计与实现[J]. 中南民族大学学报:自然科学版,2009,28(1):72-74.

[4] 鲁达,张文军,杨华. 基于达芬奇平台的智能视频监控算法设计[J]. 嵌入式系统应用,2009,25(2):5-7.

[5] TI. Codec engine algorithm creator user's guide[DB/OL]. [2007-09-01]. <http://focus.ti.com/lit/ug/sprued6c/sprued6c.pdf>.

[6] TI. Codec engine application developer's guide[DB/OL]. [2007-09-01]. <http://focus.ti.com/lit/ug/sprue67d/sprue67d.pdf>.

[7] TI. TVP5146 data sheet[DB/CD]. Chicago:Texas Instruments Incorporated,2007.

[8] TI. TMS320DM644x DMSoC ARM subsystem reference guide[DB/OL]. [2007-04-15] <http://focus.ti.com/lit/ug/spruel4c/spruel4c.pdf>.

[9] TI. TMS320DM644x DMSoC video processing front end (VPFE) user's guide[DB/OL]. [2007-11-15]. <http://focus.ti.com/lit/ug/sprue38c/sprue38c.pdf>.

[10] Intel. LXT971A single-port 10/100 Mbps PHY transceiver datasheet[DB/OL]. [2005-10-15]. <http://www.michael.x0.ath.cx/static/projects/sbx2tips/datasheet/Intel/LXT971A.pdf>.

[11] 骆张强. 基于 Davinc 技术的智能家庭[D]. 成都:电子科技大学,2007.

[12] TI. TMS320DM644x DMSoC EMAC/MDIO module user's guide[DB/CD]. Chicago: Texas Instruments Incorporated, 2007.

[13] 徐显日,戴在平,蔡灿辉. 新型人脸检测算法在视频监控系统中的应用[J]. 电视技术,2008,32(4):89-90.

[14] 张涛,蔡灿辉. 一种改进的 Mean Shift 实时多人脸跟踪算法[J]. 计算机应用,2009,29(3):781-784.

Design and Implementation of the Intelligent Surveillance System Based on DaVinci

ZHOU Chun-hui, ZHU Jian-qing, CAI Can-hui

(College of Information Science and Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

Abstract: An intelligent surveillance system with the features of face detection and tracking based on DaVinci technology is proposed. To exploit the resources of dual-core structure of DM6446, multiple applications, including video recording and playback, user interface control, video signals transmitted over the network, the external device control and so on run in the ARM-side, and those high computational complexity routines, such as AdaBoost-based face detection, face tracking algorithm using Kalman filter combined with Mean-Shift algorithm, and H. 264 video codec, are executed in DSP-side. Experiment results show that the system can meet demand of real-time video monitoring, and it can accurately detect and trace the faces, and the data can be transmitted over the network with the client program for the implementation of remote surveillance.

Keywords: intelligent surveillance; face detection; face tracking; DaVinci technology; TMS320DM6446