

基于 SEED-DTK6437 的肤色检测系统设计*

徐升阳, 陈芬, 彭宗举, 赵江波, 杨敏华

(宁波大学 信息科学与工程学院, 浙江 宁波 315211)

摘要:本肤色检测系统采用基于 TMS320DM6437 处理器的 SEED-DEC6437 EVM 板作为主要硬件平台,在 DSP 集成开发环境 CCS3.3 中采用 C 语言和汇编语言混合编程实现肤色检测算法,并成功完成了将检测算法从软件到硬件平台的移植,搭建了一个应用于肤色检测的 DSP 系统,并实现了对肤色区域的实时性检测、定位与跟踪,提高了肤色识别精度。实验结果表明,该系统具有算法简单、性能稳定和实时性良好的特点。

关键词: 肤色检测; 数字信号处理器; TMS320DM6437

中图分类号: TN919.8

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)18-0035-03

Design of complexion detection system based on SEED-DTK6437

Xu Shengyang, Chen Fen, Peng Zongju, Zhao Jiangbo, Yang Minhua

(College of Information Science and Engineering, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: The complexion detection system uses SEED-DEC6437 EVM board based on TMS320DM6437 processor as the main hardware platform, and the complexion detection algorithms of the system are achieved by the use of C language and assembly language programming in the DSP integrated development environment CCS3.3. The detection algorithm from software to hardware platform is successfully transplanted, the complexion detection DSP system is set up and the real-time detecting, locating and tracking of skin regions have been realized and the accuracy of color recognition is improved. Experiment result shows that this system is featured by simple algorithm, stable performance and good real-time.

Key words: complexion detection; digital signal processor; TMS320DM6437

在当今的数字化时代背景下,随着数字图像处理技术和模式识别技术的蓬勃发展,人脸检测技术也正迅速崛起并广泛应用在诸如安检、身份识别、自动监控等相关领域。其中,人体的肤色信息是人体的一个重要特征,肤色检测技术在人脸识别与跟踪、敏感图像过滤、数据库中人物检索和医疗诊断^[1]等具体的视频应用中,肤色区域的检测与定位的准确程度直接影响到整个系统的检测和识别精度。近几年,各种数字信号处理器性能日益提高,TI 公司专门为数字视频应用而开发设计的 DaVinci 处理器系列具有运算速度快、运算精度高以及片内存储器容量大^[2]等特点,因此,采用 DaVinci 处理器进行相应的视频处理保证了系统良好的实时性以及稳定性,同时又有体积小、功耗低^[3]的优点。

1 肤色检测系统总体设计

本文设计的肤色检测系统主要是在所搭建的

SEED-DEC6437 开发板、摄像头和液晶显示器等硬件平台上,实现对实时视频图像检测出相应的肤色区域,并进行实时定位与跟踪,最后在彩色显示器上实时输出带肤色区域标记的视频图像,系统流程图如图 1 所示。

整个系统的数据流程为:首先从 CCD 摄像头采集 PAL 制式模拟视频信号,通过视频解码芯片 TVP5150 将模拟信号解码成 YCbCr422 格式的数字图像信号^[4],并通过数据总线将数据存储至 DDR2,DM6437 通过访问 DDR2 进行视频数据的相应处理。在本系统中,数据处理

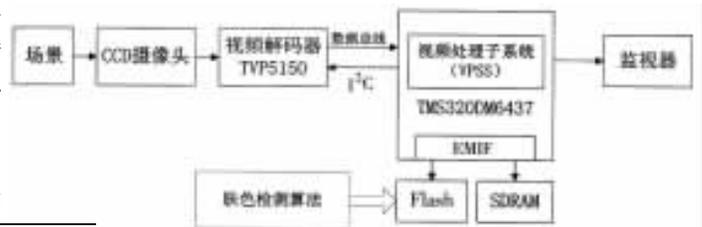


图 1 肤色检测系统整体设计图

* 基金项目:宁波市服务型重点建设专业资助项目(Sfwxzdzy200903);宁波市应用型专业人才培养基地项目(Jd100514);宁波大学教研重点项目(JYXMzxd201008)

图形、图像与多媒体

Image Processing and Multimedia Technology

过程主要在于实现肤色检测算法,其中主要包含图像二值化,肤色区域阈值判断和肤色区域定位、跟踪,然后将处理完成的图像数据通过 DM6437 的 DAC 输出,最终在显示器上呈现有肤色区域标记的视频图像。

2 基于 SEED-DEC6437 视频处理系统设计

在进行肤色检测之前,首先应在 SEED-DEC6437 开发板上搭建视频输入输出系统,一般的视频处理系统主要包括视频采集、图像处理和显示 3 个模块。SEED-DEC6437 开发板中,TMS320DM6437 处理器中集成的视频处理子系统(VPSS)包含视频处理前端^[5](VPFE)和视频处理后端^[6](VPBE)。VPFE 用于视频输入,可以连接 PAL 标准模拟视频输入信号,也可以连接数字视频输入信号。

2.1 系统的视频输入设计

系统视频输入是利用解码芯片 TVP5150 将模拟信号解码成 YCbCr422 格式的图像信号,再送入 TMS320DM6437 进行相应的图像处理。TVP5150 是一款高性能的视频解码芯片,可以将 PAL 制式的视频信号或 NTSC 制式的视频信号转换成 YCbCr422 格式的数字信号^[7],TMS320DM6437 与 TVP5150 的连接框图如图 2 所示,在 SEED-DEC6437 开发板上接一路复合视频输入。

TVP5150 实时输出的视频图像数据为符合 ITU-R BT.656 标准的 YCbCr 4:2:2 数字视频图像数据,其特点是,每个像素点具有自己单独的亮度信息 Y,但是每两个相邻的像素共用同一组色度数据 Cb 和 Cr,每行像素的数据在 DM6437 中存储格式如表 1 所示。

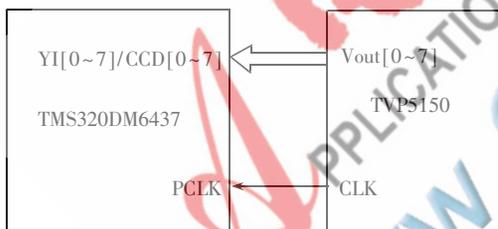


图 2 TVP5150 与 DM6437 连接示意图

表 1 YCbCr422 数据存储格式

内存地址	高半字[31:16]		低半字[15:0]	
N	Y1	Cr0	Y0	Cb0
N+1	Y3	Cr2	Y2	Cb2
N+2	Y5	Cr4	Y4	Cb4

2.2 系统的视频输出设计

TMS320DM6437 视频输出采用内置的 VPSS 的视频输出编码模块(VENC)中 4 路 10 bit 的 DAC 输出,实现 CVBS 与 VGA 的输出。其中,CVBS 输出接口使用了其中 1 路 DAC,VGA 输出接口使用了共 3 路的 DAC。本系统主要采用 composite 复合信号的形式进行最终实时图像的输出显示。其视频输出连接示意图如图 3 所示。

《微型机与应用》2012 年 第 31 卷 第 18 期

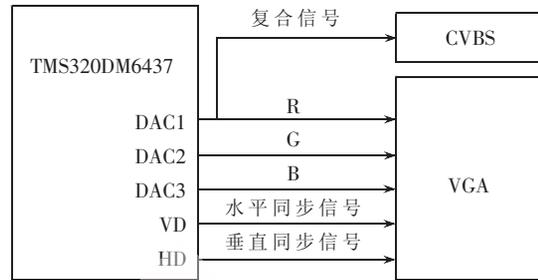


图 3 视频输出示意图

3 系统的肤色检测设计

系统的肤色检测是整个系统的核心部分,主要的图像处理过程包括基于肤色信息的阈值判断、图像二值化和肤色区域的定位与跟踪,最终实现从场景采集的实时视频中检测出有效的肤色区域,并对所检测到的肤色区域进行实时定位与跟踪,并在彩色显示器上实时输出已经对肤色区域完成框定标记的视频图像。图 4 为本肤色检测系统数据处理过程的算法流程图。



图 4 肤色检测算法流程图

3.1 肤色区域检测

目前有许多颜色空间,陶霖密将颜色空间分为五类^[8],其中 YCbCr 空间是感知均匀的色彩空间,可以方便地将数字图像的色度和亮度互相分离,而且在 YCbCr 色彩空间中肤色具有较好的聚类特性,易于实现聚类算法。

本系统采用阈值方法对肤色区域进行判断,对视频图像中的每一个像素 (i, j) 逐一进行判断,主要通过 Cb 和 Cr 色度信息的限制提取出肤色区域。

$$M(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{Cb}(i, j) \in [77, 177] \text{ 且 } \text{Cr}(i, j) \in [133, 156] \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

在阈值判断方法的基础上对图像进行基于肤色图像二值化处理,将属于肤色区域的像素点的亮度信息置为 0xff,即为最亮,同时将非肤色区域的亮度信息置为 0,得到二值化图像,因此限制出肤色区域,图 5 给出了基于肤色信息的阈值判断对图像进行二值化处理的前后对比效果,可见,其具有轮廓清晰度高、良好的实时性的特点。

3.2 二值化图像中肤色区域定位与跟踪

肤色区域定位与跟踪算法主要采用扫描连通区域的形式确定肤色区域,并采用卡尔曼(Kalman)滤波还原

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 41



(a) 图像二值化前 (b) 图像二值化后

图5 基于肤色信息的图像二值化

出不清晰图像信息,将获取的起始行、结束行、起始列、结束列数据与图像数据起始地址一起作为实参再调用勾画外接矩形函数,更加直观地体现出肤色区域的具体方位。

肤色区域边沿定位时采用卡尔曼滤波,其利用最小平方的预测迭代算法,对目标在阴暗处、遮挡处做出预测。首先根据当前时刻状态进行预判,由此引入预测观测数据,然后根据预测观测数据更新当前状态。因为在肤色定位过程中能较精准地统计目标位置的坐标 (P_{xk}, P_{yk}) ,所以近似认为:在目标动作变化速度不快的前提下,下一状态的速度范围在当前速度邻域内。系统的观测方程和状态方程对不准确的肤色信息做出预测:

$$Z_k = HX_k + V_k \quad (2)$$

$$X_k = AX_{k+1} + BU_k + W_k \quad (3)$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

其中, $U_k, X_k = (P_{xk}, P_{yk}, V_{xk}, V_{yk})$ 和 $Z_k = (P_{xk}, P_{yk})^T$ 分别为 k 时刻的输入变量、状态变量和测量变量; A 和 H 矩阵分别为状态转换矩阵和观测转换矩阵。

由于考虑噪声影响,将噪声优化为加性高斯白噪声进行处理,其中 $(-)$ 表示从 $k-1 \sim k$ 时刻的预测值, $(+)$ 表示 $k-1$ 时刻的更新值, P_k 为 k 时刻的预测误差。更新方程为:

$$\bar{K}_k = P_k(-)H^T(HP_k(-)S_k^T)^{-1} \quad (4)$$

$$\hat{X}_k^{(+)} = \hat{X}_k^{(-)} + \bar{K}_k(Z_k - H\hat{X}_k^{(-)}) \quad (5)$$

$$P_k^{(+)} = (I - \bar{K}_k H)P_k^{(-)} \quad (6)$$

其中, K_k 是卡尔曼增益^[9]。

跟踪原则:为进入镜头的目标肤色检测输入建立一个卡尔曼滤波器。利用上述预方程测试和现有帧的测量值比对,且满足如下公式:

$$\left| \hat{P}_{xk} - P_{xk} \right| < dx \quad (7)$$

$$\left| \hat{P}_{yk} - P_{yk} \right| < dy \quad (8)$$

其中, dx, dy 分别是 x 和 y 方向允许的最大位置误差,则预测肤色和测量肤色信息可建立匹配关系;如果在 k 帧找不到测量肤色信息与之匹配,且点 $(\hat{P}_{xk}, \hat{P}_{yk})$ 位置在场景中,则认为目标肤色在检测时丢失,用预测值估计目标位置,这解决了肤色在不同环境下实现系统的自动检测。

图6展示了在二值化图像中采用Kalman滤波后进行肤色区域定位与跟踪的效果。



(a) 肤色区域未定位之前 (b) 肤色区域定位之后

图6 肤色区域定位前后对比图

3.3 彩色图像中肤色区域定位与跟踪

由于在对图像进行二值化过程中,破坏了原来YCbCr颜色空间的数据值,即改变了原色彩图像中的亮度信息,经过数据处理得到的肤色检测效果图只存在0xff和0,即显示的图像为黑白图像,为了最终显示效果能达到模拟人眼的色彩图像^[10],要求在设计过程中尽量保持原有的亮度信息和色度信息,以确保输出图像更好地模拟场景。

为实现在彩色图像中进行区域定位,就应当保持图像原有的亮度信息和色度信息,因此在肤色区域判断阈值时,直接在Cb、Cr色度信息属于肤色范围的图像数据中运用阈值法进行肤色区域判断,并在彩色图像中采用肤色区域外接矩形的形式来达到肤色区域的定位与跟踪,使得整个肤色系统在效果上做到最大程度地模拟实际场景,具有更好的人机交互功能。系统测试以真实场景为测试对象进行测试,在远场景和近场景均可获得较好的检测效果,而且整个系统具有良好的实时性和稳定性。图7为系统最终输出的肤色检测效果。



(a) 近场景肤色检测效果 (b) 远场景肤色检测效果

图7 肤色检测系统效果图

本文以SEED-DEC6437开发板为核心硬件,构造了一个实时肤色检测系统。首先在DSP/BIOS环境下实现了视频采集驱动程序,进而成功地在SEED-DEC6437开发板上搭建了视频输入输出系统,该系统具有良好的实时性及稳定性。其次,在程序代码中利用了TI提供的图像处理库并调用相应的函数,用二值化图像中有效检测到的肤色区域进行实时跟踪。最后,为了获得更好的人机交互效果,实现了在彩色图像中进行有效的肤色检测、定位与跟踪,并且整个视频处理系统具有算法简单、实时性好以及性能稳定等优点。

参考文献

- [1] DENIZ O, CASTRILLON M, HERNANDEZ M. Face recognition using independent component analysis and support

- vector machiners[J]. Pattern Recognition Letters, 2003(24): 2153-2157.
- [2] 彭启琮. 达芬奇技术——数字图像/视频信号处理新平台[M]. 北京:电子工业出版社,2008.
- [3] 邹彦.DSP原理及运用[M].北京:电子工业出版社,2007.
- [4] Texas Instruments Incorporated. TMS320DM6437 evaluation module(EVM) quick start installation guide[Z]. Dalls:Texas Instruments Incorporated,2006.
- [5] Texas Instruments Incorporated.TMS320DM643x DMP video processing front end(VPFE)user's guide[Z]. Dalls:Texas Instruments Incorporated,2008,SPRU977A:14-18.
- [6] Texas Instruments Incorporated.TMS320DM643x DMP video processing back end(VPBE)user's guide[Z]. Dalls:Texas Instruments Incorporated,2008,SPRU952A:13-17.
- [7] 周金模. 基于达芬奇技术的嵌入式实时视频研究[D]. 武汉:华中师范大学,2008.
- [8] 陶霖密,彭振云,徐光佑.人体的肤色特征[J].软件学报, 2001,12(7):1032-1047.
- [9] 毛爽,方颖,陈曙,等.基于多人遮挡的定位跟踪算法[J]. 计算机工程,2009,35(8):226-227,230.
- [10] 张翠平,苏光大.人脸识别技术综述[J].中国图像图形学报,2000,5(11):885-894.

(收稿日期:2012-06-28)

作者简介:

徐升阳,男,1991年生,本科生,主要研究方向:嵌入式系统设计、视频信号处理。

陈芬,女,1973年生,副教授,主要研究方向:数字信号处理、光通信技术。

彭宗举,男,1973年生,教授,主要研究方向:多媒体技术、数字信号处理。

电子技术应用
APPLICATION OF ELECTRONIC TECHNIQUE
www.ChinaAET.com