

【自动化技术】

Sobel 算子边缘检测在 A 柱盲区消除系统中的应用

张俊,傅攀,涂年杰,张露,王晋,曹恩华

(西南交通大学 机械工程学院,成都 610031)

摘要:基于 TMS320DM642 的 A 柱盲区消除系统,实现了对汽车车内带红外 CCD 摄像头实时捕获的司机信息进行 Sobel 算子边缘检测,提取司机人脸轮廓,便于对司机脸部识别与定位,达到“影随人动”和“电子透明”的效果,从而完全地消除 A 柱盲区,提高汽车驾驶的安全性与舒适性。实验表明,该方法具有简单、快速、准确、稳定和抗噪性能好特点,满足系统需求。

关键词:Sobel 算子;A 柱盲区;TMS320DM642;边缘检测
中图分类号:TP751.1 **文献标识码:**A

文章编号:1006-0707(2011)08-0106-03

A 柱是汽车前挡风玻璃与前车门之间的柱子,需要满足苛刻的 NCAP 防撞实验,造成很多汽车 A 柱相对粗大,以至于严重影响视线。随着汽车工业的快速发展,以及汽车发展的智能化,汽车驾驶的安全性和舒适性越来越受到人们的重视。一般情况下,驾驶者通过前柱处的视线,双目重叠角总计为 $5^\circ \sim 6^\circ$ 。由于汽车 A 柱盲区的存在,在驾驶者驾驶车辆进入弯道以及在交叉路口时司机为了避免事故的发生通常需要左顾右盼,注意观察行人及车辆动向(特别是左前方)路况,影响其驾驶的舒适性与安全性。据了解,现有的关于汽车 A 柱盲区安全隐患的解决方法也都不能完全达到人们的要求,A 柱盲区安全隐患常常会造成车祸。因此,针对汽车 A 柱盲区问题提出了一个创新的概念“电子透明”这在目前是没有的。基于“电子透明”这个概念,设计了一种汽车 A 柱盲区消除系统,实现“影随人动”的效果,该系统可以完全消除 A 柱盲区,提高汽车驾驶的安全性与舒适度,具有重大的实际意义。

图像边缘检测一直是图像处理中的热点和难点,迄今已有许多边缘检测方法^[1-4],本文将基于 Sobel 算子边缘检测方法应用于 A 柱盲区消除系统中,对车内视频图像作边缘轮廓检测提取,有利于对司机人脸的识别定位与跟踪,准确定位司机视角的变化,正确获取 A 柱盲区图像,从而使得司机能透过贴于 A 柱内侧的液晶屏舒适的观察 A 柱盲区路况信息。实验表明,该方法简单,速度快,并且所取得的边缘光滑、连续。

1 边缘检测

图像的边缘是图像的最基本特征,所谓的边缘指其周围像素灰度有阶跃变化或屋顶变化的像素集合,广泛存在于物体与背景、目标与目标、区域与区域、基元与基元之间。物体的边缘是由灰度的不连续性来反映的。边缘具有方向和幅

度 2 个特征,沿边缘走向,像素值变化比较平缓;垂直于边缘走向,像素值变化则比较剧烈,并呈现出阶跃状或斜坡状^[5-6]。因此,边缘可分为 2 种:一种称为阶跃性边缘,边缘两边的像素灰度值有着明显的不同;另一种称为屋顶状边缘,它位于灰度值从增加到减少的变化转折点。对于前者,二阶方向导数在边缘处呈零交叉;而对于后者,二阶方向导数在边缘处取极值。

索贝尔算子(sobel operator)是图像处理中的算子之一,主要用作边缘检测。图像边缘检测大幅度地减少了数据量,并且剔除了可以认为不相关的信息,保留了图像重要的结构属性。Sobel 算子如图 1 是以一阶导数为基础的边缘检测算子,通过计算图像的梯度来检测图像边缘,由于计算简单、速度快而被广泛采用,它的工作原理就是利用垂直和水平两个方向的模板与图像进行邻域卷积,来分别检测垂直边缘和水平边缘。最后将两个卷积的最大值作为该点的输出,其计算结果就是一幅边缘幅度图像。

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

水平边缘Sobel算子

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

垂直边缘Sobel算子

图 1 Sobel 边缘检测算子模块

Sobel 算子包含两组的矩阵,分别为横向及纵向,将之与图像作平面卷积,即可分别得出横向及纵向的亮度差分近似值。对一个图像函数 $f(x,y)$,在 (x,y) 点的梯度幅值

$$G[f(x,y)] = (G_x^2 + G_y^2)^{\frac{1}{2}} = \left[\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

其方向:

$$\alpha(x,y) = \tan^{-1} \left(\frac{G_y}{G_x} \right) \text{ 或 } \alpha(x,y) = \tan^{-1} \left(\frac{\partial f / \partial y}{\partial f / \partial x} \right) \quad (2)$$

收稿日期:2011-05-30

作者简介:张俊(1982—),男,硕士研究生,主要从事智能监测和模式识别研究。

对于数字图像,可用一阶差分替代一阶微分,即有

$$G_x = \Delta x f(x, y) = f(x, y) - f(x - 1, y) \quad (3)$$

$$G_y = \Delta y f(x, y) = f(x, y) - f(x, y - 1) \quad (4)$$

根据梯度的定义,图像 $f(x, y)$ 的梯度幅值

$$G[f(x, y)] \approx \{[\Delta x f(x, y)]^2 + [\Delta y f(x, y)]^2\}^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

为了避免平方和运算及开方运算,可将幅度用2个分量的绝对值之和或最大绝对值来表示,即

$$G[f(x, y)] \approx | \Delta x f(x, y) | + | \Delta y f(x, y) | \quad (6)$$

或

$$G[f(x, y)] \approx \max[| \Delta x f(x, y) |, | \Delta y f(x, y) |] \quad (7)$$

这3种幅度表示方式之间有下述关系

$$\begin{aligned} \max[| \Delta x f(x, y) |, | \Delta y f(x, y) |] &\leq \\ \{ [\Delta x f(x, y)]^2 + [\Delta y f(x, y)]^2 \}^{\frac{1}{2}} &\leq \\ | \Delta x f(x, y) | + | \Delta y f(x, y) | & \end{aligned}$$

或

$$\begin{aligned} | \Delta x f(x, y) | + | \Delta y f(x, y) | / \sqrt{2} &\leq \\ \{ [\Delta x f(x, y)]^2 + [\Delta y f(x, y)]^2 \}^{\frac{1}{2}} &\leq \\ \sqrt{2} \max[| \Delta x f(x, y) |, | \Delta y f(x, y) |] & \end{aligned}$$

这表明,用绝对值相加表示的梯度比实际梯度大,用水平和垂直差分取最大值方法计算的梯度比实际梯度小。而对于检测水平方向和垂直方向上的边缘时,上述3种表示法是等价的。

对Sobel边缘检测算子,是先进行加权平均,再微分,然后求梯度。其数学表示式与式(6)相同。不过其中的差分方程为

$$\Delta x f(x, y) = f(x - 1, y + 1) + 2f(x, y + 1) + f(x + 1, y + 1) - f(x - 1, y - 1) - 2f(x, y - 1) - f(x + 1, y - 1) \quad (8)$$

$$\Delta y f(x, y) = f(x - 1, y - 1) + 2f(x - 1, y) + f(x - 1, y + 1) - f(x + 1, y - 1) - 2f(x + 1, y) - f(x + 1, y + 1) \quad (9)$$

式(8)、式(9)中各像素之间的关系如表1。

表1 像素之间的关系

$f(x - 1, y - 1)$	$f(x, y - 1)$	$f(x + 1, y - 1)$
$f(x - 1, y)$	$f(x, y)$	$f(x + 1, y)$
$f(x - 1, y + 1)$	$f(x, y + 1)$	$f(x + 1, y + 1)$

表1的 3×3 大小的图像区域的第1行和第3行之差近似于式(8)所表示的 x 方向上的导数,第3列和第1列之差近似于式(9)所表示的 y 方向上的导数,权值2是增加中心点的重要性,实现某种程度的平滑效果。由式(8)、式(9)可以构成2个方向模板,然后与图像进行邻域卷积形成Sobel算子的边缘检测。这2个方向模板一个检验水平边缘,一个检验垂直边缘,如图1所示,模板中的元素表示式(8)、式(9)中相应像素的加权因子。对图像中的每一个像素都用这2个方向模板进行卷积运算,取其最大值作为输出,运算结果就是一幅体现所要检测边缘幅度的图像。

2 实验平台设计

2.1 A柱盲区消除系统

基于A柱盲区消除系统的需求,设计了基于TMS320DM642的系统结构框图,如图2所示,以满足实际的需要。

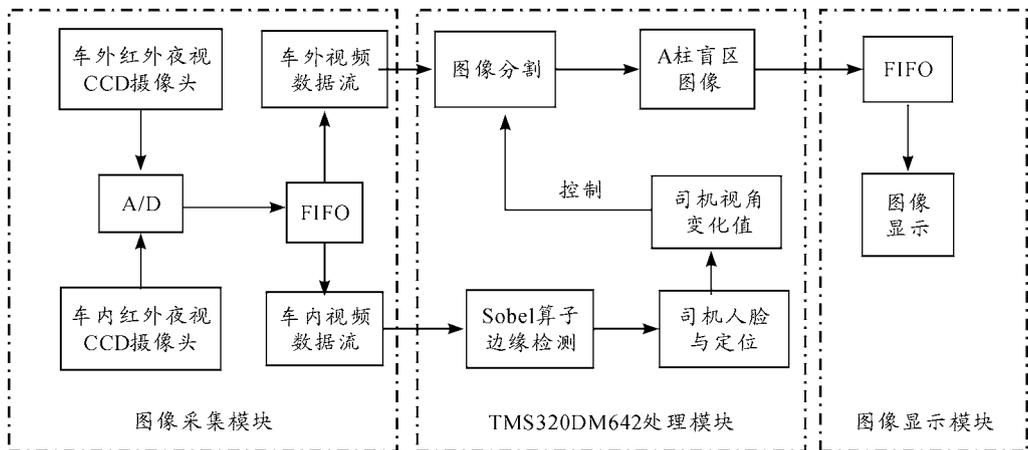


图2 系统结构框图

TMS320DM642是TI公司于2003年左右推出的一款32位定点DSP芯片^[7-8],属于C6000系列DSP芯片,保留了C64X原有的内核结构,具有极强的处理性能,高度的灵活性和可编程性,同时外围集成了非常完整的音频、视频和网络通信等设备及接口,特别适用于机器视觉、医学成像、网络视频监控、数字广播以及基于数字视频/图像处理的消费类电子产品等高速DSP应用领域。

2.2 实验硬件系统

实际条件下,先对设计好的硬件系统性能指标进行测试,以到达系统的要求,再将系统进行移植到汽车上进行使用,采用下图3所示硬件系统进行实验。本系统使用的是611C提供的基于TMS320DM642的4路视频图像处理平台,该平台主要由电源管理模块、复位电路、SDRAM存储器、时钟电路、CPLD、TMS320DM642、编码器和解码器组成。

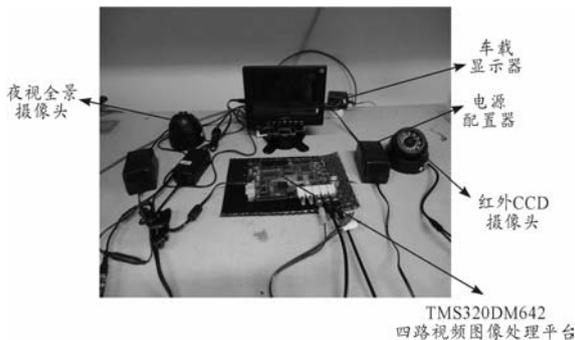


图3 实验硬件系统

TMS320DM642 工作频率在 600Mhz。夜视全景摄像头与红外夜视 CCD 摄像头的输出经数据转换器转换后分别与 TMS320DM642 4 路图像处理平台的视频输入口 J5、J6 相接,摄像头输出视频图像均为 25F/s PAL 制;车载显示器的视频输入端接 TMS320DM642 处理平台的输出端子 J9。

3 Sobel 算子边缘检测

实验在 TI 公司发布的 DSP 集成开发环境 CCS V2.20 下完成代码的编写、编译、调试与烧写。该系统流程为:视频图像先经过视频采集部分将视频图像信号存储于帧缓存器中,采集完成后可编程逻辑器 CPLD 向 DSP 芯片发送接收信号,DSP 芯片接收到“图像采集完成”信号后,利用 DMA 方式将信号传送到片外存储器中。同时,DSP 芯片将按照相应的软件算法对图像进行处理,处理完成后,处理结果被送到视频显示部分,经过视频显示器将处理结果进行实时显示。Sobel 算子边缘检测的软件流程如图 4 所示。

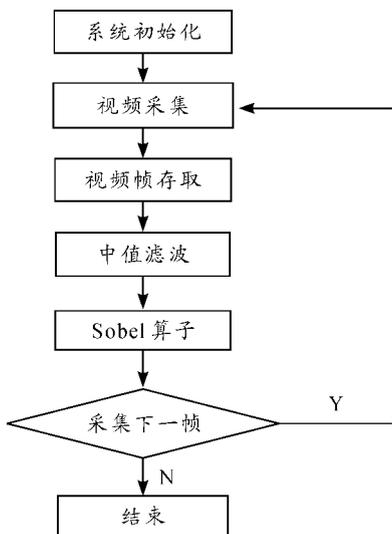


图4 Sobel 算子流程

图 5 为原始图像与 Sobel 算子在 A 柱盲区消除系统中实现的边缘检测结果的对比图,左图为原始图像,右图为 Sobel 算子边缘检测图,实验结果表明,经 Sobel 算子处理后得到的边缘图像,能清晰的检测出人的脸部轮廓信息,有利于后续

的人脸特征提取和人脸定位。Sobel 算子对噪声具有平滑作用,提供较为精确的边缘方向信息,是一种较为常用的边缘检测方法。



图5 实时采集处理中的任意一帧对比图像

4 结束语

边缘检测在目标识别与跟踪中有着广泛的应用,如人脸识别定位、智能监控、智能交通、医学影像、模式识别、计算机视觉、军事制导等领域,提取良好的边缘可以提高图像处理的效果和目标识别的效率。本文将 Sobel 算子应用在基于 TMS320DM642 的 A 柱盲区消除系统中对实时采集的视频图像进行边缘检测处理,对噪声具有平滑作用和一定的抑制能力,产生了较好的边缘效果,作为司机人脸识别定位的特征提取基础。实验表明,该方法简单、快速、有效,满足系统需求,具有很好应用性。

参考文献:

- [1] 谢敏. 视频序列图像中运动目标的分割和识别的研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2002.
- [2] 赵慧民, 朱立. 基于 DSPCCS2.2 实现指纹识别预处理系统[EB/OL]. [2008-08-03]. <http://www.61ic.com>.
- [3] Hongo H, Ohya M, Yasumoto M. Focus of Attention for Face and Hand Gesture Recognition Using Multiple Cameras[C]//In: pro 4th IEEE Inter Conf on AFGR. [S. l.]: [s. n.], 2000.
- [4] 冈萨雷斯. 数字图像处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [5] 喻夏琼, 陈向宁. 动态背景中基于特征点引导的动目标快速检测方法[J]. 兵工自动化, 2011(1): 60-65.
- [6] 喻钧, 王璨, 胡志毅, 等. 一种改进的迷彩设计中背景图像分割方法[J]. 兵工自动化, 2010(10): 64-65.
- [7] 王跃宗, 刘京会. TMS320DM642 DSP 应用系统设计与开发[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2009.
- [8] 彭启琮, 管庆. DSP 集成开发环境——CCS 及 DSP/BIOS 的原理与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004: 69-103.