

适合 FPGA 硬件实时处理的车牌定位算法

王阿龙¹, 王忆文¹, 梁 巍¹, 韩 润²

(1 电子科技大学 微电子与固体电子学院, 四川 成都 610054; 2 电子科技大学 光电信息学院, 四川 成都 610054)

摘 要: 本文提出了用边缘检测、数学形态学、投影法、车牌的几何特征相结合的适合 FPGA 进行高速处理的车牌定位算法。通过对 500 幅车牌图像在 FPGA 上进行的实验表明, 本文提出的算法车牌定位准确率达 98.8%, 而每幅车牌的定位时间仅为 1.2ms。

关键词: 边缘检测; 数学形态学; 投影法; 牌的几何特征; FPGA 实时处理

中图分类号: TN402

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)05-0059-04

License Plate Location Algorithm for FPGA Hardware Real-Time Processing

WANG A-long¹, WANG Yi-yun¹, LIANG Wei¹, HAN Run²

(1 University of Electronic Science and Technology of China, School of Microelectronics and Solid-State Electronics, Chengdu 610054, China; 2 University of Electronic Science and Technology of China, School of Optoelectronic Information, Chengdu 610054, China)

Abstract: In this paper, a new algorithm of license plate location suitable for FPGA is proposed, which consists of edge detection, mathematical morphology, projection method, and utilization of the geometric characteristics of license plates. Experiments on 500 license plate images showed that its accuracy rate is as high as 98.8%, and the average processing time of each image is only 1.2ms.

Key words: Edge detection; mathematical morphology; projection method; geometric characteristics of the license plate; FPGA real-time processing

1 引言

车牌的定位是一个在复杂背景下提取目标的问题。车牌容易受污点等噪声的影响, 光照条件也可能变化比较大, 这些恶劣的条件都给车牌定位带来了很大的困难[1]。国内外专家提出了多种车牌定位算法, 如文献[2]提出的利用扫描行离差数据、有效谷峰点特征及先验知识定位的算法, 如文献[3]提出的基于自适应灰度形态学滤波的车牌图像分割^[4-5]。

由于在定位的过程中需要进行大量的运算, 上述算法不适合使用硬件进行高速处理, 所以在实时处理的应用中, 上述算法存在着性能方面的瓶颈。目前所有的车牌定位产品(如汉王公司的“汉王眼”)都是采用 DSP(汉王眼采用的 TI 的 C6000 DSP)或者

用计算机软件实现的, 这些产品存在着成本高, 定位速度比较慢, 可携带性差, 功耗大, 需要计算机辅助计算等缺点。

本文提出了在单 FPGA(现场可编程门阵列)芯片上实现的灰度化、边缘检测、二值化、数学形态学、投影法、车牌的几何特征相结合的高速车牌定位算法。

2 适合 FPGA 硬件实时处理的车牌定位算法

本文处理的车牌图像时 480×640 的彩色图像, 虽然现在有些专家提出了基于颜色分类的车牌定位算法, 但是由于我国的车牌颜色种类较多, 所以这种算法并不适合我国的车牌定位。并且灰度图的亮度

信息,已经足以用来对车牌进行定位了,所以我们将彩色的图像灰度化.

下面以中国牌照网提供的车牌为例来说明我们的算法.这张车牌来自实际拍摄的在公路上行驶的车辆车牌.原车牌图像如图 1 所示.从原图可以看出这张车牌的周围噪声比较大,有大小和车牌接近的明亮的车灯、车标、树本、楼房和前方行驶的车辆等噪声.



图 1 原车牌图像图

2.1 用改进的 Sobel 算子进行图像的边缘测试

对车牌区域定位需要运用车牌区域所特有的属性.我国的车牌有以下几种:蓝底字:普通小型车,黄底黑字:大型车,黑底白字:涉外车辆.通过以上对车牌背景颜色和字符颜色的分析可知,车牌背景颜色和字符颜色之间的颜色对比度比较明显,同时在车牌中几个字符连续出现,这样就在车牌的水平方向上形成了一系列明暗交替的边缘.因此本文算法的第一步就是通过车牌背景颜色和车牌字符颜色之间的丰富边缘信息滤除大部分的非目标区域.利用这一明显的边缘特征就可以在图像中对车牌所在的水平区域进行预定位.

在图像处理中常用的边缘检测的方法是求图像的梯度,根据车牌的水平边缘信息明显的特征,并且为了后续处理中对梯度图像的二值化时阈值更容易选择,本文提出了一种改进的 Sobel 算子.将原 Sobel 算子中 2 增大到了 7,用改进的 Sobel 算子求得的梯度图像比普通的 Sobel 算子求得梯度图像的对比度更大.普通的 Sobel 算子如表 1 所示.本文改进的 Sobel 算子如表 2 所示.将原车牌通过使用本文改进的 Sobel 算子进行求梯度后得到的梯度图像如图 2 所示.

表 1 Sobel 算子

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

表 2 本文改进的 Sobel 算子

-1	0	-1
-7	0	7
-1	0	1



图 2 经过改进 Sobel 边缘检测后的梯度图像

2.2 梯度图像的二值化

经过第一步用改进的 sobel 算子进行边缘检测以后,图像中边缘信息已经比较明显了,这时可以对梯度图像二值化的阈值设得比较大.在本文中取梯度图像中最大灰度值的 0.9 倍为二值化的阈值.梯度图像中灰度值大于该阈值的设为 1,小于该阈值的设为 0.这种运算可以用 FPGA 中的比较器高速的并行处理.

2.3 二值图像的数学形态学运算

数学形态学(Mathematical Morphology)^[6]是分析几何形状和结构的数学方法,是建立在集合代数基础上,用集合论方法定量描述几何结构的科学.数学形态学是由一组形态学的代数算子组成的.最基本的形态学算子有:腐蚀、膨胀、开和闭.对于后两个,开是先腐蚀后膨胀,闭是先膨胀后腐蚀.

腐蚀的作用是消除物体边界点,使目标缩小,可以消除小于结构元素的噪声点;膨胀的作用是将与物体接触的所有背景点合并到物体中,使目标增大,可填补目标中的空洞.开运算是先腐蚀后膨胀的过程,可以消除图像上细小的噪声,并平滑物体边界.闭运算时先膨胀后腐蚀的过程,可以填充物体内部细小的空洞,并平滑物体边界.

本设计中,对于先前得到的二值化图像,先用一次闭运算,使车牌区域合并到一起,然后再对其进行一次开运算,去掉非车牌区域中的一些细小的干扰和粘连.

因为本设计中,需要加强水平和垂直方向的边缘,所以选择的闭运算的结构元素是 3×20 的矩阵,如图 3 所示.选择的开运算的结构元素是 3×5 的矩阵,如表 3 所示.

[illegible]

图 3 闭运算的结构元素

表 3 开运算的结构元素

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

经过第一次数学形态学闭运算后得到的图像如图 4 所示, 从图 4 可以看出车牌区域已经连成了一片, 经过第二次数学形态学开运算后得到的图像如图 5 所示, 从图 5 可以看出非车牌区域的一些细小干扰已经滤除了, 在 FPGA 中数学形态学实现时可以用与门和或门快速实现。



图 4 闭运算的结果图



图 5 开运算的结果图

2.4 用“投影法”和车牌的几何特性相结合来实现车牌定位

我国现行的九二式机动车号牌国标尺寸蓝牌和黑牌大小是 $440\text{mm} \times 140\text{mm}$, 大车牌(黄牌)前牌尺寸为 $440\text{mm} \times 140\text{mm}$. 也就是说车牌的宽高比大约是 $3.14 : 1$.

由前面对车牌图像的颜色边缘信息的分析可知^[7]:和列定位相比,由于车牌在水平方向的边缘信息丰富,所以水平方向的定位比较简单.可以先通过水平投影法定位出车牌的水平位置,然后可以直接

在车牌所在水平条中利用车牌的几何特征和垂直投影法相结合来定位车牌的列坐标,其中车牌的几何特征信息主要是利用车牌相对固定的长宽比:

文中车牌原图片像素的大小是 480×640 ,但是经过分析发现,车牌都是位于图像的下半部分.对数学形态学处理后的二值化图像的下半部分沿水平方向进行投影,以确定车牌所在区域的水平位置.投影值为每一行中像素值为 1 的点的累加值.然后对投影值进行分析,如果投影值有连续多行大过阈值时,认为可能是车牌所在区域;而当波峰的宽度不到车牌宽度的一半时,则这个波峰是一个无效的波峰.

经过水平投影后得到的投影值如图 6. 从图 6 可以看出, 水平投影值中的车牌区域和非车牌区域的投影值差距非常明显, 这样就很容易定位出车牌的水平位置. 定位出的车牌水平位置如图 7.

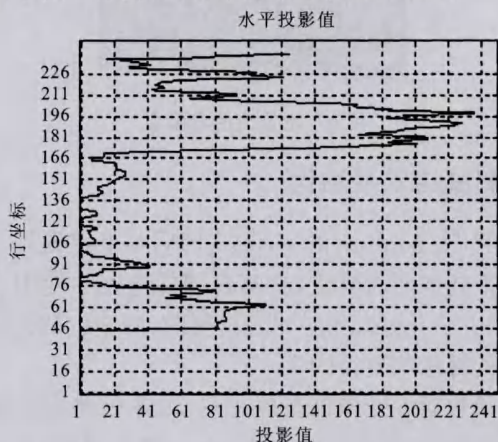


图 6 水平投影值图



图 7 定位出的车牌水平位置

通过水平投影法,已经得到了很精确的车牌所在区域的水平条,如图 7 所示. 在下面的对车牌进行垂直定位中,只取已经得到的水平条,这样就可以减小其他非车牌区域中的噪声对垂直定位的影响. 由前面介绍可知,车牌的长宽比是 $3.14:1$. 在垂直投影图中,只有投影值大于阈值的列数大于 3 倍的车牌宽,小于 3.5 倍的车牌宽的区域才是有效的车牌区域.

对已经成功定位出车牌水平位置的水平条进行按照垂直方向进行投影,投影后的灰度分布图如图 8 所示.从图 8 可以看出车牌区域(大约在 300 到 420 之间)的投影值明显比非车牌区域的投影值要大,并且分布的比较平整.所以这时我们可以利用车牌的先验知识,主要是车牌的长宽比就可以很好的

定位出车牌的位置,最后通过本文的算法定位出的车牌如图 9 所示.

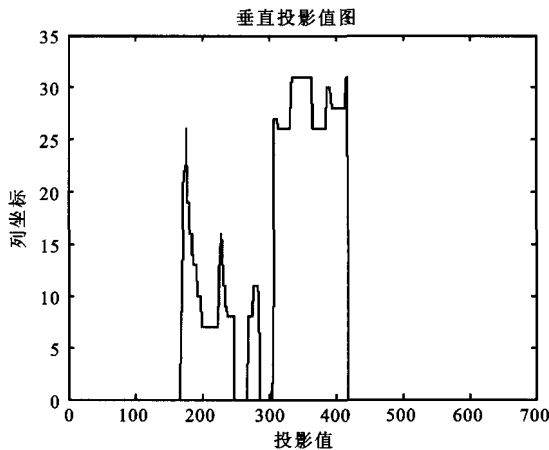


图 8 垂直投影值图



图 9 定位出的车牌享

3 测试结果及结论

我们在 Xilinx 的 virtex5 FPGA 上用硬件^[8]实现了上述的所有算法,在实现硬件电路中使用了流水线、并行化处理等技术,这样使车牌定位的速度比以前的算法都要快的多.

通过对 500 幅来自停车场、高速公路上高速行驶的车辆的车牌图像在 FPGA 上进行测试,本文提出的车牌定位算法定位的准确率达 98.8%,而每幅车牌的定位时间仅为 1.2ms.

本文算法和文献[1-3]提出的算法的比较如表 4 所示.从表 4 可以看出,本文提出的算法定位精度较高,同时定位速度提高了 100 倍以上.所以,本文提出的算法完全可以用于高速公路等需要进行对车牌实时处理的场合.

表 4 本文算法跟其他算法的比较

算法	定位 准确率	实现方式	算法所需时间 (ms)
文献[1]	96%	DSP C6414	141
文献[2]	97.1%	不详	600
文献[3]	98.73%	不详	不详
本文算法	98.8%	Xilinx virtex5 FPGA	1.2

参考文献:

[1] Arth C, Leistner C, Bischof H. TRICam: an embedded platform for remote traffic surveillance[C]// THE IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, New York, 2006: 125-125.

[2] 富煜清. 汽车牌照的提取方法研究[J]. 模式识别与人工智能, 2000(3): 345-348.

[3] 黄豪杰, 李榕, 常鸿森. 基于自适应灰度形态学滤波的车牌图像分割[J]. 微电子学与计算机, 2007, 24(4): 95-98.

[4] Shridhar M, Miller J W, Zoule G, et al: Recognition of license plate image: Issues and perspectives[C]// Proceedings of International Conference on Document Analysis and Recognition, Bangalore, 1999: 17-20.

[5] Rafael C Gonzalez, Richard E. Woods: Digital image processing[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.

[6] 崔屹. 图象处理与分析数学形态学方法及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2006.

[7] 中国牌照网. 全国“888”车牌大集合[EB/OL]. (2010-09-08). [2012-04-15]. <http://www.paizhao.com.cn/中国牌照网>.

[8] 云创工作室, 高展宏, 王强. 多媒体处理 FPGA 实现[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010.

作者简介:

王阿龙 男, (1988-), 硕士研究生. 研究方向为数字图像处理算法及其软硬件实现.

王忆文 男, (1966-), 博士, 教授. 研究方向为数字图像处理算法及其软硬件实现.

梁 巍 男, (1990-). 研究方向为数字图像处理算法及软硬件实现.

韩 润 男, (1990-). 研究方向为数字图像处理算法及软硬件实现.