

# 车牌识别系统研究与实现

李 波, 曾致远, 周建中, 罗 勤

(华中科技大学 数字化工程与仿真中心, 湖北 武汉 430074)

**摘 要:** 车牌识别(LPR)系统是智能交通系统的重要组成部分, 该系统分为车牌定位、字符切分和字符识别3个模块。文中基于数学形态学方法和边缘特征分析来进行车牌定位, 接着进行二值化、引入多指标联合评价函数判断反色等处理, 然后基于连通体分析的方法切分字符。实验表明该系统设计方法是可行的。

**关键词:** 车牌识别; 数学形态学; 车牌定位; 字符切分; 图像处理

**中图分类号:** TP391.41

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2006)06-0010-02

## Study and Realization for License Plate Recognition System

LI Bo, ZENG Zhi-yuan, ZHOU Jian-zhong, LUO Qin

(Digital Eng. and Emulation Research Center, Huazhong Univ. of Sci. and Tech., Wuhan 430074, China)

**Abstract:** License plate recognition(LPR)system, the important part of the intelligent traffic system, is made up of three parts as license plate orientation, character segmentation and character recognition. In this paper, based on mathematical morphology and edge characteristic analysis, license plate orientation is conducted. After binarization and the adoption of multiple indexes evaluation function for color reverse, characters are segmented on the basis of connected component analysis. The experiment indicates that it is feasible to adopt this algorithm in LPR system.

**Key words:** license plate recognition; mathematical morphology; license plate orientation; character segmentation; image processing

### 0 引言

车牌自动识别系统作为现代社会智能交通系统的重要组成部分, 应用已经越来越普及。该系统主要分为车牌定位、字符切分和字符识别三部分, 系统性能主要可以用识别率、识别速度、适应性, 以及学习能力来衡量。

### 1 车牌图像预处理及定位

车牌定位方法一般有基于灰度图像车牌直观特征的定位方法<sup>[1]</sup>; 基于遗传算法、神经网络等数学工具的车牌定位方法<sup>[1]</sup>; 基于颜色信息的定位方法<sup>[1,2]</sup>。

文中设计了一种先利用数学形态学运算根据车牌整体特点(如矩形、长宽比)进行粗定位, 然后根据字符边缘特征进行精定位的车牌定位方法。

#### 1.1 数学形态学及基本运算

数学形态学<sup>[3]</sup>的基本思想是利用“结构元素”收集图像信息, 了解图像结构特征。

设  $B(x)$  代表结构元素, 对工作空间  $E$  (被处理的图像) 中每一点  $x$ , 形态学有以下定义:

(1) 腐蚀:  $E \ominus B = \bigcap \{E - b; b \in B\}$ , 能使目标缩小、空洞增大, 可以有效消除孤立噪声点。

(2) 膨胀:  $E \oplus B = \bigcup \{E + b; b \in B\}$ , 能使目标增大、空洞缩小, 可填补目标物体中空洞, 形成连通域。

(3) 开运算:  $E \circ B = (E \ominus B) \oplus B$ , 具有滤去小于结构元素的细节的功能。

(4) 闭运算:  $E \bullet B = (E \oplus B) \ominus B$ , 具有填补小于结构元素的细节的功能。

#### 1.2 车牌图像预处理

对视频俘获的车牌图像帧(彩色 BMP 图像)灰度化, 然后进行灰度拉伸和灰度均衡、中值滤波, 下一步进行 Sobel 纵向边缘检测, 即增强车牌纵向边缘。边缘检测后进行二值化(0 和 255 两种灰度), 这里采用 Ostu 算法<sup>[1]</sup>。

#### 1.3 基于数学形态学的车牌区域粗定位

形态学中的腐蚀运算具有使目标缩小、目标内孔增大<sup>[4]</sup>, 以及外部孤立噪声消除的效果。由于车牌区域内, 主要是一种纵向边缘, 因此, 对预处理后的图像  $E_1$ , 先采用基于垂直方向结构元素的腐蚀运算来进行滤波, 得  $E_2 = E_1 \ominus B_{a \times 1}$  ( $B_{a \times 1}$  为  $a \times 1$  的垂直结构元素), 由于闭运算具有填充物体影像内细小孔洞<sup>[3]</sup>, 连接邻近物体和平滑边界的作用; 接着采用闭运算来增强车牌区, 使车牌区域成为一个连通区域, 得  $E_3 = E_2 \bullet B_{m \times n} = (E_2 \oplus B_{m \times n}) \ominus B_{m \times n}$  ( $B_{m \times n}$  为  $m \times n$  的结构元素)。因为如果  $B = B_1 \oplus B_2$ , 则  $A \oplus B = (A \oplus B_1) \oplus B_2$ ,  $A \ominus B = (A \ominus B_1) \ominus B_2$ , 则  $A \oplus B = (A \oplus B_1) \oplus B_2$ ,  $A \ominus B = (A \ominus B_1) \ominus B_2$ 。

收稿日期: 2005-09-24

基金项目: 教育部跨世纪优秀人才培养计划基金资助项目(2003714)

作者简介: 李 波(1975-), 男, 湖北宜昌人, 硕士研究生, 研究方向为图像处理和模式识别。

$B_2$ , 考虑运算效率, 将二维结构元素  $B_{m \times n}$  拆为水平和垂直方向的两个一维元素来运算。

接着进行连通区域搜索, 这里采用了一种简便的基于行扫描的搜索方法。设车牌高度、宽度分别为  $plateH$ ,  $plateW$ , 图像自底向上, 每隔  $plateH/3$  的高度进行一次行扫描, 判断是否经过满足车牌长、宽和外形特征的连通区域, 如找到一个候选车牌区, 则保存相应值, 结束。否则继续搜索。如果一次未找到目标区域, 则放宽阈值, 重新再搜索一次。

对获得区域适当向四周放宽若干像素, 作为精定位的输入。为提高车牌定位速度, 可根据图像统计规律, 进行分区优选搜索, 如可设图像下半部为优选区域, 当发现目标后搜索停止。

#### 1.4 基于字符边缘特征的车牌区精定位

车牌区域内, 由于字符纵向排列的规律性, 经边缘检测后则纵向边缘在车牌宽度范围内, 按一定间距呈紧密排列。设车牌宽度为  $plateW$ , 字符纵向边缘平均间距为  $Jianju$ , 粗定位确定的区域内, 自底向上扫描, 只要找到某一行, 满足车牌边缘间距分布特征, 即可确定车牌左右精确范围。

精定位可以对粗定位起到一定检验和修正作用, 当精定位无相应特征区域找到时, 可认为粗定位区域错误, 则重新转向粗定位, 寻求下一候选区域。这样也收到了将车牌宏观整体特征与微观纹理特征相结合的效果。

## 2 字符切分

### 2.1 车牌字符切分前预处理

字符切分前主要有去除边框及离散噪声、反色操作、二值化等预处理操作。

车牌区域二值化的方法很多, 如结合边缘检测的二值化方法<sup>[5]</sup>, 文中根据车牌区域的特点, 受 P 片法启示, 采用了一种简便方法, 首先将车牌定位的输入结果进行一次粗略二值化, 即将灰度值前 20% 的像素点赋值 255, 其它点赋值为 0。中国车牌分为蓝底白字、黄底黑字等 4 种, 经实验发现, 这种粗略的二值化方法均可以将上述车牌图像较粗略地二值化, 即将车牌区域字符和背景基本区分开 (见图 1、图 2)。



图 1 黑底白字车牌



图 2 白底黑字车牌

为统一为白底黑字车牌, 接着进行反色判断。文中依据 4 个指标联合判断, 引入评价函数  $f(t1, t2, t3, t4)$ :

(1) 车牌上、下边界处的像素变化过渡情况 ( $t1$ ): 分为由黑-白 (见图 1), 黑-白-黑两种变化情况 (见图 2)。如果为黑-白过渡, 则为白底黑字车牌,  $t1 = 0$ ; 否则为黑底白字车牌,  $t1 = 1$ 。

(2) 车牌上边框的下一行黑点像素占该行像素总数比值 ( $t2$ ): 如果统计值  $\geq 60\%$ ,  $t2 = 1$ ; 否则  $t2 = 0$ 。

(3) 车牌下边框的上一行黑点像素占该行像素总数比值 ( $t3$ ): 如果统计值  $\geq 60\%$ ,  $t3 = 1$ ; 否则  $t3 = 0$ 。

(4) 利用对前二值图进行差分求得的边缘图 (见图 3(g)) 判断底色 ( $t4$ ): 对差分边缘图, 去掉左右两端 (因为两端图像可能受干扰较大), 计算黑点像素数目与像素总数比值, 若该比值  $\geq 60\%$ , 则  $t4 = 1$ ; 否则  $t4 = 0$ 。

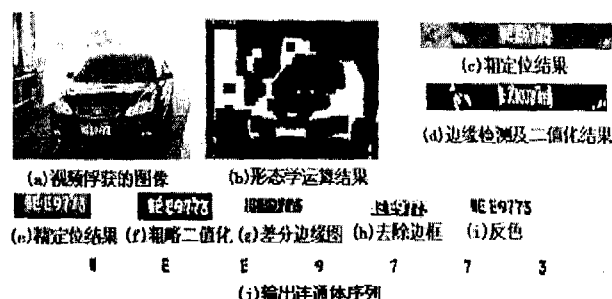


图 3 系统算法流程实例图

令  $f(t1, t2, t3, t4) = a * t1 + b * t2 + c * t3 + d * t4$ , 其中  $a + b + c + d = 1$  ( $a, b, c, d$  为权值, 可根据  $t1, t2, t3, t4$  参数的重要程度调节)。如果  $f(t1, t2, t3, t4) \geq 3$ , 则需要反色, 统一为白底黑字。用一变量先记下车牌图像是否要反色, 反色操作放到后面进行。

接着去除车牌上下左右边框, 这一步可以通过逐行和逐列扫描, 利用车牌区字符的纹理和灰度跳变特点来实现。在原灰度图像基础上保存去除边框后的车牌区域图像  $G$ , 在此基础上进行第二次二值化, 并实现反色。

分析车牌区域发现, 虽然受外界条件影响, 车牌图像的明暗程度可能会有变化, 但字符和车牌区背景的平均灰度差是始终存在的。当将车牌边框和边框与字符间背景区域去除后, 车牌字符区域面积大约占整个车牌区域的 35%~40%, 因此, 如果上一步判断结果车牌图像需要反色, 则将图像  $G$  的灰度值较高 35% 范围的像素赋值为 0, 其余为 255; 否则将灰度值较低 35% 范围的像素赋值为 0, 其余为 255。由此得到图像  $G1$ 。

### 2.2 字符切分

在图像  $G1$  的基础上, 采用连通体判断的方法来切分字符。可以通过递归方法找出各个连通体, 并记下每个连通体的边界和像素总数。由于采用递归法, 判断并输出的连通体需要根据左边界排序, 这样就可以得出正确的字符连通体序列。同时, 由于车牌字符可能有部分粘连情况, 这时需要根据连通体的左右宽度来判断是否需要拆分连通体, 得到单个字符。

当完成字符切分后, 还需要进行字符归一化, 文中采用插值法进行。归一化后, 即将字符送入识别模块了。识别的方法一般有神经网络、模板匹配等方法。

## 3 实验结果及结论

为了验证算法效果, 从实际收费站不同条件下汽车通过的视频中获 125 张、大小为  $320 \times 240$  的车牌图像。

(下转第 14 页)

络通信的基础就是套接字(socket)。

TCP 数据收发流程如图 5 所示。

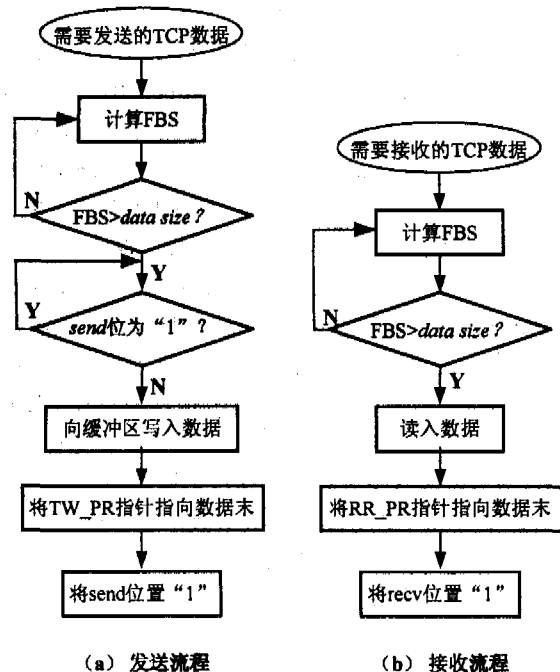


图 5 TCP 数据收发流程

TCP 数据发送建立在 TCP 连接的基础上,所以其起始状态为“TCP 连接建立”。该状态通过执行 sockinit 命令即可建立。在 TCP 数据发送初始化时,TW-PR 和 TA-PR 被赋予相同的值,都指向将被发送的数据段的起始地址。发送数据之前,首先检查可用的数据缓冲区(FBS)的大小。如果 FBS 大于将要发送的数据段大小(data size),则进一步检查寄存器中 send 位是否为“1”。若为“1”,则上次的发送尚未结束,转入等待状态,直到上次发送结束。当 send 位为“0”时,就向数据缓冲区写入需要发送的数据,并在原来 TW-PR 指针的基础上加上指针偏移量,使之指向所要发送的数据段的末尾。指针偏移量数值等于所要发送的数据段的长度。上述工作完成后,再将 send 位置“1”就可发送数据。如图 5(a)所示。

与数据发送过程类似,每次接收 TCP 数据之前,都要

计算 FBS 的大小,并使指针 RW-PR 和 RR-PR 指向接收数据段的首端。只有 FBS 大于要接受的数据时,才能接收数据。当有数据接收时,RW-PR 指针会自动增加,每接收 1 个字节就会加 1。当数据接收完以后,RW-PR 就会指向缓冲区中接收到的数据段的尾端,然后指针 RR-PR 增加,并读出其所指向的单元的内容,即所接收到的数据。完成上述工作后,将 recv 位置“1”,表示数据接收结束。如图 5(b)所示。

## 5 系统测试

系统测试采用 Windows 自带的超级终端软件,以 PC 机模拟监测服务器和 UPS。PC 串口向 SNMP 卡发送数据,SNMP 卡通过局域网向 PC 机的网卡回发串口收到的数据。

经过测试,SNMP 卡硬件能正确接收 PC 串口发送的数据,通过网卡接口将该数据回发给 PC 并显示。

## 6 总结

该 UPS 监测方案通过 Internet 实现监控数据的交换,能保证其实时性和可靠性,组成复杂的 UPS 监控网络,实现了对 UPS 的网络化管理。系统成本较低、体积较小、应用灵活,具有良好的通用性和可靠性。

## 参考文献:

- [1] 邹恩铁. 嵌入式 Linux 设计与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [2] 王学龙. 嵌入式 Linux 系统设计与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2001.
- [3] 王 锋,王 滔,季晓勇. 一种嵌入式 Linux 平台的软硬件设计[J]. 计算机应用,2003(2):13-15.
- [4] Samsung Limited. S3C4510B user's manual[Z]. 2001.
- [5] ARM Limited. ARM7TDMI(Rev4) Technical Reference Manual[Z]. 2001.
- [6] 陈晓明,滕 达. TCP/IP 在通信电源监控系统中的应用研究[J]. 通信世界,2001(24):40-41.

(上接第 11 页)

采用 VC++6.0 编程(微机主频 CIV 1.7G,256M 内存),形态学腐蚀运算采用  $3 \times 1$  结构元素,闭运算采用  $19 \times 17$  结构元素(拆为  $19 \times 1, 1 \times 17$  两个结构元素,转为先膨胀后腐蚀运算)。粗定位区域搜索时 plateH 取 4,plateW 取 50,精定位时 Jianju 取 5。

经测试,准确定位 123 张,定位率 98.4%,字符切分成功 112 张,成功率 89.6%。平均每张图像处理时间约 150ms。绝大多数图像经一次粗定位搜索和一次精定位均可比较准确地确定车牌区域。系统算法处理流程如图 3 所示。实验表明,文中算法在实际应用中是可行的。

## 参考文献:

- [1] 严宝民,于万波,魏小鹏. 汽车牌照定位研究综述[J]. 大连大学学报,2002,23(2):6-10.
- [2] 赵雪春,戚飞虎. 基于彩色分割的汽车自动识别技术[J]. 上海交通大学学报,1998,32(10):4-9.
- [3] 崔 屹. 图像处理与分析—数学形态学方法及应用[M]. 北京:科学出版社,2000.1-50.
- [4] Otsu N. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms[J]. IEEE Transactions Systems, Man and Cybernetics, 1979,9(1):62-66.
- [5] 周妮娜,王 敏,黄心汉,等. 车牌字符识别的预处理算法[J]. 计算机工程与应用,2003,15:220-221.