

文章编号: 1006-2475(2007)06-0055-03

基于快速连通域标记的车牌字符分割

王 冠, 敖志刚, 刘永跃, 王真军

(解放军理工大学工程兵工程学院信息技术系, 江苏 南京 210007)

摘要: 对车牌图像的二值图进行连通域提取可以解决倾斜带来的问题。提出了一种基于快速连通域标记的字符分割方法。先用改进的 Otsu 法对车牌图像进行二值化分割, 之后基于快速连通域标记算法进行连通域标记, 最后对各个连通域进行后续处理提取出全部车牌字符连通域。实验表明, 改进的快速连通域标记算法克服了倾斜问题, 而且有效地提高了连通域提取的速度, 获得较好的字符分割的鲁棒性和实时性。

关键词: 车牌字符分割; Otsu 法; 快速连通域标记; Hough 变换

中图分类号: TP391.4

文献标识码: A

License Plate Character Segmentation Based on Quick Region Identification

WANG Guan, AO Zhigang, LIU Yong-yue, WANG Zhen-jun

(Department of Information Technology, Nanjing Engineering Institute, PLAUST, Nanjing 210007, China)

Abstract Region extraction from binary image of license plate can eliminate the problems brought by image slant. A method based on quick region identification is proposed to segment the characters. firstly, the license plate image is converted to a binary image with Otsu method; secondly, the regions in the binary image are identified with quick region identification algorithm; lastly, all the character regions are extracted by dealing with every region in the binary image. Experimental results indicate that quick region identification algorithm overcomes the image slant problem and speeds up region extraction. Better robustness and timeliness of characters segmentation are gained.

Key words license plate character segmentation; Otsu method; quick region identification; Hough transform

0 引 言

车牌的自动识别 (LPR) 是智能交通系统中的一个最基础的环节。字符分割是 LPR 必需的中间步骤, 其好坏直接影响识别结果的优劣。传统的车牌字符分割一般采用投影法^[1]。投影法最早应用于 OCR 中, 由于在 OCR 中待识别的字符都有显著的行间距以及字符间距, 倾斜度一般较小, 噪声干扰弱且对其影响不大, 是一种简单高效的字符分割方法, 然而 LPR 系统一般全天候室外工作, 采集得到的车牌图像存在光照不均、有噪声、车牌区域倾斜等情况, 将投影法延伸应用于 LPR, 其适应性大大降低。现有的图像分割技术中, 连通域标记算法可以有效克服车牌图像倾斜带来的影响, 但是传统的连通域标记算法运行速度较慢, 不能满足实时性要求。因此, 本文提出了基于快速连通域标记的车牌字符分割方法, 它对车牌图像倾斜不敏感, 并且不需要进行倾斜校正, 运行速度快, 保证了字符分割的鲁棒性和实时性, 其工作流程



图 1 本文的字符分割流程

如图 1 所示。

1 车牌图像二值化分割

1.1 Otsu 法二值分割

在对车牌图像进行二值化分割之前, 先对其进行中值滤波、对比度增强以提高分割效果。由于车牌字符区域占据同一个灰度级区域, 采用运算速度较快的

收稿日期: 2007-02-06

作者简介: 王冠 (1983-), 男, 江西上饶人, 解放军理工大学工程兵工程学院信息技术系硕士研究生, 研究方向: 人工智能、软件工程; 敖志刚 (1959-), 男, 教授, 研究方向: 指挥与控制、人工智能; 刘永跃 (1981-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 战场信息化、指挥自动化; 王真军 (1982-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 模式识别、无线网络。

单阈值分割是比较合适的。在图像分割技术中, O_{tsu} 法^[2]是一种单阈值分割方法, 它的实质是基于类间方差最大的分割, 虽然在很多情况下都不是最佳的分割, 但是分割效果通常都有一定的保障, 比较稳定。在此我们采用 O_{tsu} 法进行车牌图像二值化分割, 为加快计算速度, 我们对原始 O_{tsu} 法的计算过程进行了适当的改进。

1.2 算法描述

记 T 为前景与背景的分割阈值, 前景像素总数占图像像素总数为 N_f , 前景的平均灰度为 G_f , 背景像素总数占图像像素总数为 N_b , 背景的平均灰度为 G_b , 车牌图像的灰度均值为 G 。算法从车牌图像的最小灰度值 G_{min} 到最大灰度值 G_{max} 遍历 T , 当 T 使得类间方差

$$\sigma = \frac{N_f}{N} \cdot (\bar{G}_f - \bar{G})^2 + \frac{N_b}{N} \cdot (\bar{G}_b - \bar{G})^2$$

最大时, T 即为车牌图像的最终分割阈值。为加快运算速度, 本文先对车牌图像像素的所有灰度进行快速排序^[3], 并在此基础上将求类间方差的最大值等价于求

$$\hat{\sigma} = \frac{N_f}{N - N_f} \cdot |\bar{G}_f - \bar{G}| \quad (\text{其中 } N_f < N)$$

的最大值。图 2 是两幅车牌灰度图像经过 O_{tsu} 二值化分割的效果图。



图 2 O_{tsu} 二值化分割的效果图。阈值 $T_a = 169$ $T_b = 106$

2 连通域分离

2.1 快速连通域标记算法

车牌灰度图经过二值化分割之后形成若干连通域, 需要将这些连通域分离出来以进行后续分析。实验表明, 通过 LPR 系统捕获的车牌图像中有 64% 以上经过灰度预处理以及二值化分割后, 各个字符已经属于单独的连通域 (见表 1)。因此如果先快速将各个连通域分离出来, 只针对需要去除边框的车牌进行 Hough 变换及其他后续处理, 这样可以大大提高智能交通系统的效率及其实时性。连通域标记算法可以有效地分离二值图中的各个连通域, 完全不受车牌倾角的影响。常用的标记法有游程扫描标号法和递归搜索法, 但运算速度都较慢, 而且都无法直接对连通区域作进一步的几何特征分析^[4], 这是难以满足实时性要求的。本文提出快速连通域标记算法来解决这个问题, 这个算法的优点是: 采用了双层链表数据结构, 两个连通域合并成同一连通域无需移动内存, 合并耗时为常数; 运算速度较快; 最后得到的结果就

是分离开的连通域链表 (RegionList), 可以直接访问各个连通域 (List) 进行几何特征分析。以下是本算法采用的双层链表数据结构以及连通域合并过程的伪代码描述:

```
struct RegionNode //同一连通域节点
{
    POINT p //节点(像素)坐标
    RegionNode* pNext //指向下一个节点的指针
};
struct List //同一连通域节点链表
{
    int nLabel //本连通域标号
    RegionNode* pHead //本连通域节点链表表头指针
    RegionNode* pRear //本连通域节点链表表尾指针
    List* pNext //指向下一连通域节点链表的指针
    List* pPrev //指向上一连通域节点链表的指针
};
struct RegionList //互异连通域链表
{
    RegionNode* pHead //本连通域节点链表表头指针
    RegionNode* pRear //本连通域节点链表表尾指针
    List* pNext //指向下一连通域节点链表的指针
    List* pPrev //指向上一连通域节点链表的指针
};
struct RegionList //互异连通域链表
{
    int nMaxLabel //全局最大连通域标号值
    List* pHead //互异连通域链表表头指针
    List* pRear //互异连通域链表表尾指针
    void Merge( int n1, int n2)
    { //标号为 n1 和 n2 的两连通域节点链表的合并过程的伪代码描述
        在本链表 RL 中查找 List 链表 p1 和 p2 使
        p1 -> nLabel = n1 p2 -> nLabel = n2
        p2 -> pPrev -> pNext = p2 -> pNext
        p2 -> pNext -> pPrev = p2 -> pPrev
        p1 -> pRear -> pNext = p2 -> pHead
        p1 -> pRear = p2 -> pRear
        从 RL 中删除 p2
        //以上语句将两连通域中的节点合并成标号为 n1 的连通域
    }
    ... //其他相关操作函数在此省略
};
```

2.2 算法描述

(1) 建立可以存放两行车牌图像像素的标号矩阵;

(2) 逐行扫描, 为每一像素标号, 标号存放于标号矩阵第二行相应的位置。若当前像素值为 Q 为其标号为 Q , 扫描下一个像素; 若为 1, 则根据邻域关系进行标号。如果四个邻域像素的标号都为 Q 为当前像素标号为 $nMaxLabel + 1$; 如果四个邻域像素的标号有所不同, 则赋予当前像素其中最小的标号 (0 标号只表示此像素属于背景, 不作最小标号考虑), 并进行连通域合并, 合并原则是大标号对应的连通域并入

小标号对应的连通域(此时只是将并入关系有序对加入转换表);

(3) 一行扫描完之后,对转换表进行等价运算,并根据新转换表对本行的每个像素的标号进行刷新,之后以其坐标生成一个同一连通域链表节点加入该标号对应的连通域链表中。跟踪记录当前全局最大标号值 nM axLabel清空转换表,将当前行的标号保存在标号矩阵的第一行中,同时将标号矩阵的第二行置 0 进行下一行扫描;

(4) 标号举例说明。图 3 中的黑点表示当前点 M (像素值为 1), L, TL, T, TR 分别表示左邻域像素,左上方邻域像素,正上方邻域像素,右上方邻域像素, nM, nL, nTL, nT, nTR 分别表示它们的标号值。 $nL = Q, nTL = 1, nT = Q, nTR = 2$ 则 $nM = \min(nTL, nTR)$; 由于当前像素 M 使标号为 2 的连通域与标号为 1 的连通域同属一个连通域,应该合并,并入关系记为有序对 $\langle 2, 1 \rangle$, 放入转换表 ($\langle n1, n2 \rangle, \langle n3, n4 \rangle, \dots$) 中。当一行扫描结束时,对转换表进行等价运算,例如 ($\langle 4, 2 \rangle, \langle 2, 1 \rangle, \langle 5, 3 \rangle, \dots$) 等价于 ($\langle 4, 1 \rangle, \langle 2, 1 \rangle, \langle 5, 3 \rangle, \dots$), 根据此转换表更新该行的标号,标号 4 更新为标号 1, 标号 2 更新为标号 1, 标号 5 更新为标号 3, ……

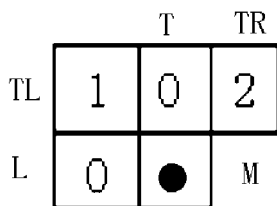


图 3 像素邻域示意图

3 后续处理

经过快速连通域标记并分离出来的连通域集合 S 中往往含有冗余的连通域以及字符粘连的连通域(如图 1 所示),还需后续处理才能提取出 7 个车牌字符单独连通域。后续处理主要包括期望连通域子集 A 的提取和字符粘连处理。

3.1 期望连通域子集提取

根据以下依据从连通域集合 S 中提取出含有车牌字符的期望连通域子集 A。

提取依据:一、连通域的高和宽的比例。根据经验值,单个字符外接矩形的高宽比例大约为 2 但是由于倾斜、噪声的原因,经试验表明,这个比例的大致区间是 (1.6, 3.2),主要集中在 2 左右。对于边框,高宽比例大于 0.3;二、外接矩形的面积与整个定位车牌区域面积的比例。对于车牌字符,这个比例大于 0.07;三、外接矩形中心位置。字符的中心位置在垂直位置上处于车牌图像中间三分之一的区间内。注:(1)字符‘1’的连通域不符合前两个依据,其他车牌字符同时符合以上三个依据。对于含有字符‘1’的车牌,提取出的期望连通域子集 A 中必然不包含其连通域,那么经过最后处理得到的

车牌字符连通域的数目为 6 因此可以推断出车牌号中含字符‘1’,根据其他字符连通域的位置及高度信息,可以重新将其连通域从补集 $S-A$ 中提取出来。(2)中文字符由几个连通域组成,反映其主要特征的字符部件的连通域都符合以上三个依据,都包含于 A,最后处理时需要做的工作是根据它们的位置信息进行空间上的组合,对于丢失的次要部件的连通域不作处理,对字符识别没有影响。

3.2 字符与边框粘连处理

车牌边框有些时候在灰度上和牌号字符相近,或者因为光照、污染,照成部分字符和边框经过二值化、连通域标记之后同属一个连通域(也就是字符和边框粘连,如图 4 所示)。

示例图 4 中字符‘4’、‘5’以及中文字符和边框粘连。由于照成字符和边框粘连的主要原因是字符与边框的内边界粘连,所以只要检测出内边界就可以消除字符和边框的粘连。本文利用 Hough 变换^[5]检测出边框的内边界并将其上的像素置为 0 这样就断开了字符与边框的粘连。再次利用快速连通域标记算法,此时提取出的连通域就是各个字符完整的连通域。



图 4 字符与边框粘连的连通域的处理过程示例。(a) 字符和边框粘连的连通域,(b)对粘连连通域进行边缘提取,(c)边框内边界检测,(d)粘连断开后的字符连通域提取

3.3 字符与字符粘连处理

部分车牌图像会出现字符互相粘连的情况,以图 5 示例来说明处理过程。字符‘U’、‘3’和‘4’粘连,字符‘9’和‘6’粘连。处理方法:根据已分割出的字符‘A’以及‘苏’字的下半部分,可计算出在此图像中字符的宽度范围,因此可以判断出“U34”连通域中含 3 个字符,“96”连通域中含有 2 个字符。对这两个连通域在水平方向上分别进行 3 等分和 2 等分,即可将每个字符分割出来,如图 5 所示。

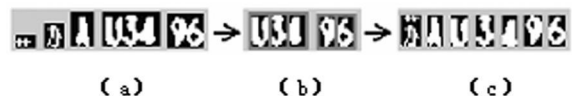


图 5 字符与字符粘连的连通域的处理过程示例。(a) 字符与字符粘连的连通域,(b)对粘连连通域等分分割,(c)粘连断开后的字符连通域提取

4 实验结果和分析

我们采用了一个包含有 331 幅车牌图像的车牌图像库(这些车牌图像是由车牌定位程序从原图像中定位得到的)作为实验数据库。表 1 是通过实验统计得到的,它是本文提出的分割方法的可行性基础。实验表明,本文提出的分割方法的适应性强,对有噪声、倾斜等的车牌图像都能有效分割,见图 6 (下转第 61 页)

(DCT), 重叠变换 (LT), 子带变换 (ST), 小波包变换 (WPT), 快速傅立叶变换, 正交镜像滤波器 (quadrature mirror filter QMF), 自适应时频去噪器 (ATF)^[9] 等变换域干扰抑制技术, 在时域复杂的滤波过程就可以在变换域通过简单的相乘来完成, 而且变换域处理的速度更快。

5 结束语

对于无线局域网来说, 抗干扰性和保密性的好坏应该是最主要衡量指标。扩频通信抗干扰性和保密性好的特点使其在无线局域网中的应用前景十分广阔, 值得进一步深入研究。而直扩通信系统具有更强的抗干扰能力, 要对其实施有效的干扰, 从目前来看有相当的难度。如果在上述各种有利于系统提高抗干扰能力方法的研究上取得突破并加以利用, 那么直扩通信系统将会更加完善, 该系统在军用领域的作用将会更加突出, 并进一步扩展到民用领域。

参考文献:

- [1] 朱近康. CDMA 通信技术 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2001.
- [2] 王宏霞, 虞厥邦. Logistic-Map混沌扩频序列的有限精度实现新方法 [J]. 系统工程与电子技术, 2002, 24(2): 89~92.
- [3] Vijayan R, Poor H V. Nonlinear technique for interference suppression in spread-spectrum systems [J]. IEEE Trans Commun, 1990, 38(7): 1060-1065.
- [4] Rusch L A, Poor H V. Narrow band interference suppression in CDMA spread spectrum communications [J]. IEEE Trans Commun, 1994, 42(2/3/4): 1969-1979.

- [5] Wu Wenrong Yu Fufang. New nonlinear algorithms for estimating and suppressing narrowband interference in DS spread-spectrum systems [J]. IEEE Trans Commun, 1996, 44(4): 508-515.
- [6] Kun-Jie Wang Yan-Yao. New nonlinear algorithms for narrow band interference suppression in CDMA spread-spectrum systems [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Comm, 1999, 17(12): 2148-2153.
- [7] Cha I Kassam S A. Interference cancellation using radial basis function networks [J]. Signal Processing, 1995, 47(3): 247-268.
- [8] Leigh A Johnston, V kran Krishnamurthy. Hidden Markov model algorithms for narrowband interference suppression in CDMA spread spectrum systems [A]. 1998 International Conference on Communications Proceedings [C]. 1998, 733-737.
- [9] M V Tazebay, A N Akansu. Adaptive subband transforms in time-frequency excisers for DSSS communications systems [J]. IEEE Trans on Signal Processing, Nov 1995, 43(11): 2776-2782.
- [10] 沈允春. 扩谱技术 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1995.
- [11] 樊昌信, 等. 通信原理 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2001.
- [12] [美]西恩帕. 无线局域网设计与实现 [M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [13] 吴凡. 扩频通信在无线局域网中的应用 [J]. 浙江树人大学学报, 2005, 5(4).

(上接第 57 页)

(a)、(b)、(c)。但是对于对比度很低的车牌图像, 本分割方法还不能有效工作。分析其原因, 主要是由于在 Otsu 分割环节, 车牌图像的低对比度使二值分割之后字符和背景同属一个连通域 (在本文实验的 331 幅车牌图像中, 有 6 幅图像二值化分割后无法提取期望字符连通域)。

表 1 Otsu 二值化分割之后单个字符连通域的数目分布

0	1	2	3	4	5	6	7
18%	07%	13%	21%	59%	152%	83%	647%



图 6 本文提出的字符分割方法的实验结果。(a)含噪声车牌图像的最后字符连通域提取结果, (b)倾斜车牌图像的最后字符连通域提取结果, (c)普通车牌图像的最后字符连通域提取结果。

5 结束语

本文主要介绍了一种基于快速连通域标记的车牌字符分割方法, 并且基于现有方法提出一个综合方案以完成完整的分割。在 P4/2.4G 的 PC 上对本文的字符分割方法进行测试, 取得了较好的测试效果: 本文的车牌字符分割方法平均耗时 0.13s, 成功分割率为 91.3%。但是对于由于光照严重不足等原因获得的对比度很低的车牌图像, 本方案还不能有效分割, 有待进一步研究改进。

参考文献:

- [1] 张引. 面向车辆牌照字符识别的预处理算法 [J]. 计算机应用研究, 1999(7): 85~87.
- [2] 谷口庆治. 数字图像处理: 基础篇 [M]. 朱虹, 廖学成, 乐静译. 北京: 科学出版社, 2002, 81~83.
- [3] William Ford William Topp. Data Structures C++ (数据结构 C++ 语言描述) [M]. 刘卫东, 沈官林译. 北京: 清华大学出版社, 1999, 624~630.
- [4] 陈锻生, 谢志鹏, 刘政凯. 复杂背景下彩色图像车牌提取与字符分割 [J]. 小型微型计算机系统, 2002(9): 1145~1149.
- [5] 王绍霖. Hough 变换边缘提取算法 [J]. 同济大学学报 (自然科学版), 1996(2): 471~474.