

文章编号:1001-9081(2009)03-0774-03

适用于嵌入式系统的 QR 码识别算法

何 伟, 黄丹灵, 张 玲, 易 明

(重庆大学 通信工程学院, 重庆 400030)

(hewei007@cqu.edu.cn)

摘 要:针对一般情况下采集到的条码图像,提出了一种适用于嵌入式系统的自动识别算法,并在 NIOS 嵌入式系统上进行了验证。实验表明,该算法能够快速准确地提取条码符号信息,效果良好。

关键词:二维条码;QR 码;自适应亮度均衡化;嵌入式系统

中图分类号:TP391.41 **文献标志码:**A

Recognition algorithm of QR code for embedded systems

HE Wei, HUANG Dan-ling, ZHANG Ling, YI Ming

(College of Communications Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: An algorithm to identify QR code for embedded systems was proposed, and verified on NIOS embedded system. The experimental results indicate that this algorithm can pick up the bar code mark information accurately and fast, and the effect is good.

Key words: two-dimensional bar code; QR code; adaptive light balancing; embedded system

条码技术是在计算机技术与信息技术基础上发展起来的一门集编码、印刷、识别、数据采集和处理于一体的新兴技术。随着信息化和全球化的进展,人们对条码技术的需求不断提高,尤其需要在有限的面积上表示更多的信息。这就要求条码具有密度高、容量大和可靠性高等特点,二维条码正是为了满足这一需求而出现的。其中 QR 码是日本 DENSOCORPORATION 公司设计的一种矩阵二维条码。

本文提出了一种 QR 码的自动识别算法,能够在不同光源、变形、旋转的情况下准确、快速、有效地识别 QR 码。

1 QR 码结构简介

每个 QR 码符号由名义上的正方形小模块^[1]构成,组成一个正方形阵列,它由编码区域和包括寻像图形、分隔符、定位图形和校正图形在内的功能图形组成(如图 1)。功能图形不能用于数据编码。符号的四周由空白区包围。寻像图形包括三个相同的位置探测图形,分别位于符号的左上角、右上角和左下角,用于确定 QR 码的位置。在每个位置探测图形和编码区域之间有宽度为 1 个模块的分隔符,它全部由浅色模块组成。定位图形的作用是确定符号的密度和版本,提供决定模块坐标的基准位置。

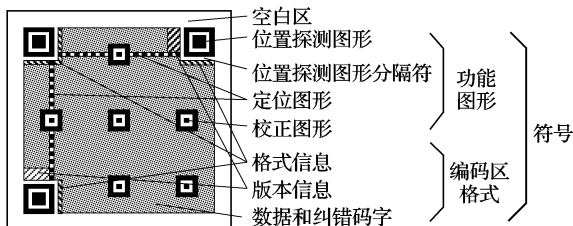


图 1 QR 码符号的结构

2 QR 码识别算法

在传统条码识别的文献^[3-4]中,绝大多数都采用了图像

边缘提取,Hough 变换求偏转角度,然后进行旋转水平,最后对图像进行双线性插值的方法。这样的方法将用到大量的浮点运算,导致在嵌入式运行时实时性很差。本文对识别算法进行了改进,算法流程如图 2。

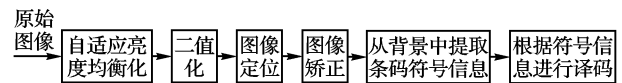


图 2 改进的识别算法

2.1 自适应亮度均衡化及二值化^[2]

因为在现实生活中采集到的条码图像是在光照不均的情况下进行的,这将导致拍摄到的 QR 码发生一定的扭曲,从而难以确定二值化的阈值大小,所以首先需要对拍摄到的图片进行自适应亮度均衡化^[2]处理,然后用 Otsu 算法将图像转换成黑白二值图。

首先,先处理图片的第一行像素,将其均等地分成 N 块(图 3),每块有 C 个像素,分别是 $P_{N1}, P_{N2}, P_{N3}, \dots, P_{NC}$,图像一行有 K 个像素,因此有 $K = N \times C$ 。算出每块的灰度等级 SL_N ,公式如下:

$$SL_N = \text{MAX}_M(P_{N1} \sim P_{NC}) / M \quad (1)$$

这里 $\text{MAX}_M(P_{N1} \sim P_{NC}) = \sum_{i=1}^{M-1} H_{pi}$, H_{pi} 为这个块中最大的 M 个像素点的灰度值,算出它们的平均值,来减小图像的噪声。

前后两块的差值为:

$$\text{Diff}_N = |SL_N - SL_{N+1}| \quad (2)$$

同时,采用下面的算法来保证图像的质量:如果差值 Diff_N 大于某一个阈值(D_{th}),将这个块再分为均等的两块,直到 Diff_N 小于阈值或者块的大小不大于 M ,如图 4 所示。

然后在相邻的两个块间用下列公式来计算每个像素点的灰度等级:

$$S_{Ni} = \frac{SL_N \times (C - i) + SL_{N+1} \times i}{C}; 0 < i < C \quad (3)$$

收稿日期:2008-09-18;修回日期:2008-10-28。

作者简介:何伟(1964-),男,重庆人,副教授,主要研究方向:电子系统设计、图像处理;黄丹灵(1983-),男,重庆人,硕士研究生,主要研究方向:模式识别、图像压缩。

得到 S_{Ni} 后, 就可以根据它的大小来自适应地调整每个像素点的增益。如果 S_{Ni} 值小, 意味着图像的颜色较暗, 可以适当增加增益, 反之可以适当减小增益, 从而达到控制图像对比度的效果。自适应增益控制因子 (AGC) 可以由下式来确定:

$$AGC_{Ni} = BC/S_{Ni}; 0 < i < C \quad (4)$$

这里的 AGC_{Ni} 为第 N 块第 i 个像素的增益, BC 是由用户自定义设置来控制整个图像亮度的系数值, 为了增加图像的对比度, 通常取得较大。很容易看出每个像素点的 AGC_{Ni} 增益都不一样, 可由下式来得到处理后的灰度值:

$$\hat{P}_{Ni} = P_{Ni} \times AGC_{Ni} \quad (5)$$

这里 \hat{P}_{Ni} 为通过自适应增益控制后的灰度值, P_{Ni} 为原始灰度值。同时, 要注意如果 SL_N 和 SL_{N+1} 的值都超过了某一个阈值 (B_{th}), 就不能对该像素进行增益处理。在完成了对整个图像的亮度均衡化后, 就可以采用 Otsu 算法进行图像的二值化。

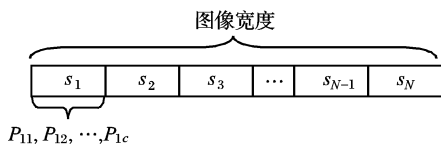


图3 将一行数据分为 N 块

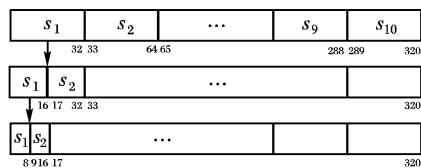


图4 块分裂算法

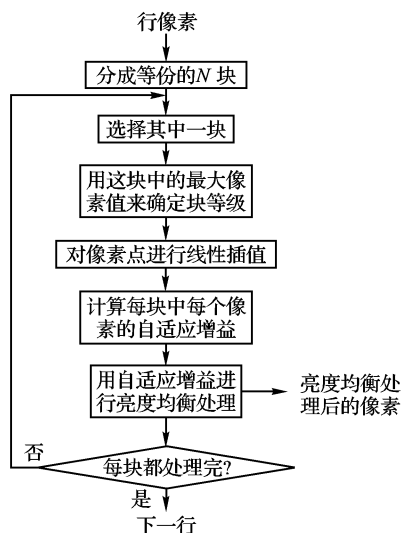


图5 自适应亮度均衡化算法流程

Otsu 二值化算法依据的原理是利用类别方差作为判据, 选取使类间方差最大和类内方差最小的图像灰度值作为最佳阈值。在亮度均衡化之后, 用 Otsu 算法自动选取阈值进行二值化处理, 从而达到理想的效果。

2.2 寻像图像定位及图像矫正

QR 码的寻像图像由位于符号 3 个顶角的 3 个相同的位置探测图形组成, 分别位于符号的左上角、右上角和左下角, 如图 1 所示。每个位置探测图形可以看作是由 3 个重叠的同心的正方形组成, 宽度比为 1:1:3:1:1。符号中其他地方遇到类似的图形可能性极小, 因此可以通过在拍摄图像中寻找比例线条的方式, 快速地找到 QR 码中 3 个寻像图像的中心

坐标点, 从而快速准确地定位整个条码在图像中的位置

摄像头抓拍到的图像往往都是倾斜的, 为了提取条码中的信息, 就要对图像进行倾斜矫正。在图像中寻找比例的过程中, 可以得到寻像图像和条码中心 (图 6 中的 A, B, C, D 四个点) 的坐标和小模块的大致长度 d 。利用 A, B, C, D 这四个点的位置关系很容易得到 $\cos \alpha$ 和 $\sin \alpha$, 然后用旋转公式进行旋转。

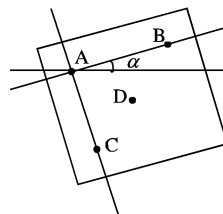


图6 图像倾斜夹角

旋转后利用 QR 码图像为正方形, 在二值化后只有 0 和 255 两种灰度值的特征, 取图像中的每一点相邻上、下、左、右四个点, 统计五个点中两种灰度值的数量, 取数量较多的灰度值作为当前点的灰度值, 从而达到修补条码图像^[5]的目的。

2.3 从背景中提取条码符号信息

在将条码旋转至水平后, 需要通过建立采样网络来将条码从背景中提取出来, 主要步骤如下。

1) 根据小模块长度 d 和相邻两个寻像图像中心距离 k , 估算出条码的版本和每边小模块的个数 M :

$$\text{版本} = [(k/d) - 10] / 4$$

2) 取条码的中心坐标点为取样网络的中心, 同时选取上、下、左、右任一方向进行延伸, 记当前模块长度为 $D = 0$ (块中含有未知的 Num 个小模块), 如果下一个像素的灰度值和当前像素相同, 则 D 加 1, 直到遇到不同的像素点, D 即为当前块的长度。

3) 当前块中小模块个数可以用 $Num = D/d$ (四舍五入) 来得到, 再算出当前小模块的长度: $\hat{d} = D/Num$, 就可以通过中心点坐标和 \hat{d} 来计算出当前小模块中心点坐标, 记录并作为取样网络坐标, 然后向选取的方向继续延伸, 直到采样个数为 $N/2$ 。

4) 在其他 3 个方向寻找取样点。这样, 就共取了 $2M - 1$ 个取样点, 这些取样点全分布在以中心点为基点建立的垂直坐标系上, X 坐标轴上有 M 个, Y 坐标轴上有 M 个, 然后通过这 $2M - 1$ 个采样点的坐标建立整个条码的取样网络。

这样建立的采样点都落在了正方形小模块的中心点附近, 从而在将条码从背景中提取出来的同时, 将由于摄像头采集导致小模块间的像素个数差异带来的误差降到最低 (图 7), 提高了采样准确率。图 8 即为对条码采样后的结果。

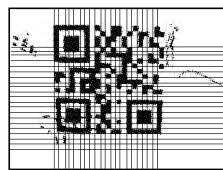


图7 对旋转后条码的网格采样图

至此就得到了 QR 码的符号信息, 从而可以很容易地利用 QR 码标准上的译码流程, 准确地得到 QR 码所携带的原始信息。图 8 显示了条码最终译码结果为 01234567 和程序运行的时间。



图 8 QR 码符号信息和译码结果

3 实验与分析

根据此算法并利用 Altera 公司的 DE2 开发板,结合 NIOS 嵌入式处理器,我们做出了完整的二维条码识别系统,系统频率为 80 MHz,采样分辨率为 320×240 ,使用普通 CCD 摄像头进行图像采集。识别系统通过三次分别对 50 个不同强弱光源下的条码进行了识别,分别用 Otsu 算法、本文二值化算法进行了比较,如图 9 所示。

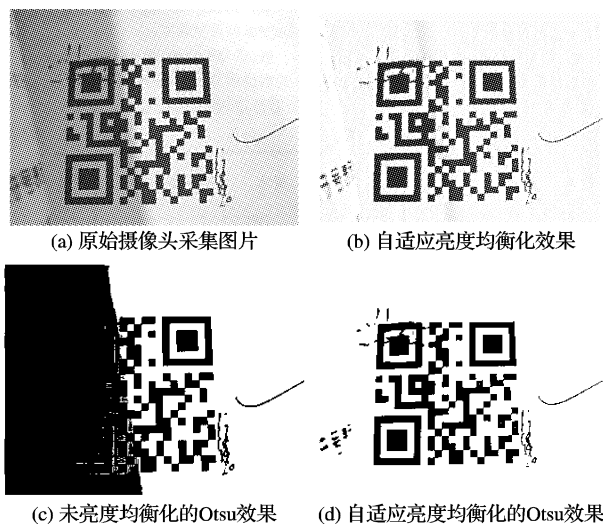


图 9 实验结果

(上接第 724 页)

4 结语

本文提出了一种重建小凸多面物体面形的新方法,该方法原理与普适性较强的基于投影轮廓的视觉外壳技术不同。首先,在采集小凸多面物体投影轮廓图像的同时,提取对应旋转角度的轮廓序列以及生成横截面切片投影长度曲线集,采集结束后,针对小凸多面体特点,由投影长度曲线集获得所有疑似的被测物体表面平面的信息,将该信息集合对照投影轮廓集进行筛选,进一步计算筛选结果得到被测小凸多面体的所有表面参数,实现面形快速重建。实验表明,本文方法在保证适当精度的前提下,能够快速重建被测小凸多面物体的面形,且设备精简,成本低,可用于工程环境下批量凸多面体型微小工件的外形公差检测,及其特征尺寸的测量等应用。

本文叙述的方法仅利用了每帧轮廓图像的半幅,若利用全幅轮廓图像,预期会使轮廓图像采集时间减少一倍。另外,由文中可知投影长度曲线的精确度极大地影响重建精度,采样角度越细密,则生成的投影长度曲线越精确,重建精度就越高,但速度就越慢。因此,通过调整采样角度间隔能够协调速度与精度。

在传统识别算法中,边缘提取、Hough变换、图像旋转、双线性插值等算法都含有大量的浮点运算,对于采集的 320×240 图片,每进行一次图像处理都要进行 $n \times 76800$ 次浮点运算,在嵌入式中将耗费大量的时间。而本文提出的算法中只有少量处理中用到浮点运算,在提高系统速度的同时,更利于我们利用 FPGA 对算法进行硬件化,从而进一步提升系统性能。

表 1 三次实验结果

方法	成功次数			平均识别时间/ms
	第一次	第二次	第三次	
传统识别算法	50	49	50	8360
本文识别算法	49	49	49	750
本文算法部分硬件化后	48	49	48	80

4 结语

本文对 QR 码的整个识读过程进行了研究,包括二值化、定位和译码,提出了一种浮点运算少、利于在嵌入式中运行的算法,并用 NIOS 嵌入式实现了整个系统。对传统算法和本文算法进行了实验比较,发现本文算法通过三次实验平均识别率达到了 98%,而且在运算速度上得到了大大提高,完全能满足嵌入式设备在社会应用中的需要。

参考文献:

- [1] 中国物品编码中心. GB/T 18284-2000 中华人民共和国国家标准快速响应矩阵码 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [2] HSIA S-C, CHEN M-H, CHEN T-M. A cost-effective line-based light-balancing technique using adaptive processing [J]. Proceedings of IEEE Transactions on Image Processing, 2006, 19(5): 2719-2729.
- [3] 董强. QR 码识别技术及在手机中的应用 [D]. 青岛: 青岛大学, 2006.
- [4] 祁晓莉. 矩阵式二维条码的生成与解码技术的研究及应用 [D]. 重庆: 重庆大学通信学院, 2007.
- [5] 胡孝鹏, 董强. 基于图像处理的 QR 码识别 [J]. 航空计算技术, 2007, 37(2): 99-101.

参考文献:

- [1] 韦巍, 王国荣, 姜立军. 医学 X 射线图像三维重建技术 [J]. 北京生物医学工程, 2004, 23(3): 236-238.
- [2] 金天弘, 刘振宅. 医学图像三维重建的研究 [J]. 医疗卫生装备, 2008, 29(2): 34-36.
- [3] 翟鸣. 基于结构光的三维数据测量方法研究 [D]. 合肥: 安徽大学电子工程与信息科学学院, 2005.
- [4] 徐东平, 张怵. 基于 SFS 方法的三维表面重建算法研究 [J]. 计算机与数字工程, 2008, 36(2): 7-9.
- [5] 李海军, 王洪丰, 沙焕滨. 平行双目视觉系统的三维重建研究 [J]. 自动化技术与应用, 2007, 26(6): 56-58.
- [6] 邓宝松, 高宇, 杨冰, 等. 序列图像中三维空间点的精确重建方法 [J]. 计算机工程, 2007, 33(11): 18-20.
- [7] 刘钢, 王章野, 彭群生. 自由拍摄视点下的可见外壳生成算法 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2004, 16(11): 1501-1504.
- [8] LAURENTINI A. The visual hull concept for silhouette-based image understanding [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1994, 16(2): 150-162.
- [9] 邱茂林, 马颂德, 李毅. 计算机视觉中摄像机定标综述 [J]. 自动化学报, 2000, 26(1): 43-55.
- [10] 周富强, 郝继贵, 杨学友, 等. CCD 摄像机快速标定技术 [J]. 光学精密工程, 2000, 8(1): 96-100.