文章编号:1001 - 893X(2012)10 - 1670 - 05

基于 CCD 的二维条形码检测系统*

熊 川,嵇建波

(桂林航天工业学院 电子工程系,广西 桂林 541004)

摘 要:为解决条形码污损的产品流入市场的问题,提出了在产品包装前对条形码进行检测、比对和排除问题的系统方案,采用高速 CCD 读码,以 JAVA 实现译码,用 Excel-VBA 完成信息比对和问题处理。以 QR 二维条形码为检测对象,详细阐述了系统的硬件架构和软件开发过程。测试结果表明,系统具有投入低、实用性强的特点。

关键词:信息检测;CCD;2D 码;QR 码;硬件架构;软件设计

中图分类号:TN957.52 **文献标志码:**A doi:10.3969/j.issn.1001 - 893x.2012.10.022

A 2D Bar Code Detection System Based on CCD

XIONG Chuan, *JI Jian-bo*

(Department of Electronic Engineering, Guilin University of Aerospace Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: In order to solve the problem of bar code defaced products reaching market, a system development program is proposed in this paper, which is composed of high-speed CCD, JAVA software decoding, and information contrast and processing with Excel-VBA. The architecture of hardware and software development based on QR 2D bar code decoding are discussed. Test result demonstrates that the system possesses the characteristic of cheap investment and high practicability.

Key words: information detection; CCD; 2D bar code; QR code; hardware architecture; software design

1 引 言

以前,产品制造、产品信息检测与录入等环节主要是手工操作,条形码的应用,使其自动化程度大幅提高。条形码相当于给每个产品或零部件赋予一张身份证,但往往因打印纸张缺损、打印机故障或粘贴折损等原因造成产品身份信息误读或无法识别的问题。目前,生产线上只在打印处才做条形码抽检,因此产品极可能贴上不良条形码出货。而且大部分产品采用一维条形码,该码种占用面积大,对弯曲和皱折的纠错性能不好。如果产品贴条形码的面不够平整,则客户端需调用产品信息时,很容易出现误读或无法识别条形码的情况,产品信息无法正常获得,严重影响生产管理的效率与质量。

2 条形码制选择

一维条形码信息容量有限,仅能容纳 13 位(EAN - 13 码)阿拉伯数字,更多信息只能依赖于商品数据库的支持。与一维条形码相比,二维条形码具有庞大的信息容量,能把文字、图片、指纹等多种内容包含于条形码中。相同信息量的情况下二维条形码比一维条形码占用面积小很多,同时具备纠错

* **收稿日期:**2012 - 04 - 26;**修回日期:**2012 - 05 - 18
基金项目:国家自然科学基金资助项目(60972031);广西教育厅资助项目(200103YB149)
Foundation Item: The National Natural Science Foundation of China (No. 60972031); The Scientific Research Program of the Education Department of Guangxi Zhuang Autonomous Region(200103YB149)

和防伪功能,安全性极高。因此,为保障系统性能,产品标识均采用二维条形码。

二维条形码(也称 2D 条形码,以下简称 2D 码)常见码制有 Data Matrix、Maxi Code、Aztec、QR Code、PDF417、Code 49、Vericode、Ultracode、Code 16K 等,主要分为堆叠式(行排式)2D 码和矩阵式 2D 码两大类。本系统兼容以上主流的 2D 码码制,下面以 QR Code 为检测对象来介绍系统的开发。

QR Code[1](Quick Response Code 的缩写,以下简称 QR)是 1994 年由日本 Denso-Wave 公司发明的一种矩阵 2D 码符号。该码制除具有其他 2D 码的信息容量大、可靠性高、可表示汉字、图像信息、保密防伪性强等优点外,QR 码配有 3 个位置探测图形块[2],CCD 图像设备[3]无需考虑方向及倾斜程度,译码软件通过位置探测图形块可迅速定位 QR 码的位置、大小、倾斜角度、包括弯曲程度等加校正后解码,实现 360°高速识读,QR 码组成示意如图 1 所示。

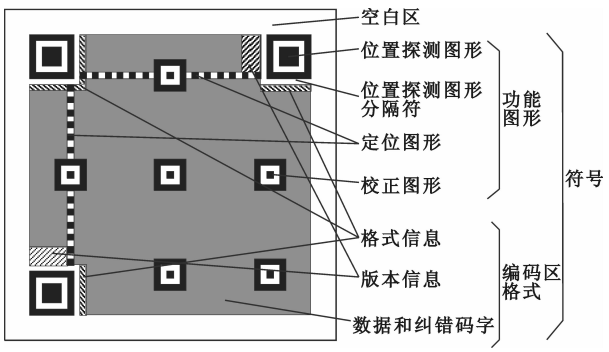

图 1　QR 组成示意图

Fig.1 The schematic diagram of QR system

3　智能检测系统设计方案

目前的生产线是在产品装配结束时打印和粘贴条形码,然后流往生产线末端进行包装。整个生产过程中,只有打印处才抽样检查条形码,使得极有可能存在不良的条形码流入生产线并最终跟随产品出货。这样,在客户端如果出现条形码不能被识别的情况,将会严重影响企业的生产与管理。

针对上述问题,设计了一种智能检测系统,在包装的上一工站对全部产品的条形码[4]进行采集、译码,然后将识别出的信息与原始信息比对,从而排除有问题的产品条码。其硬件组成示意如图 2 所示。

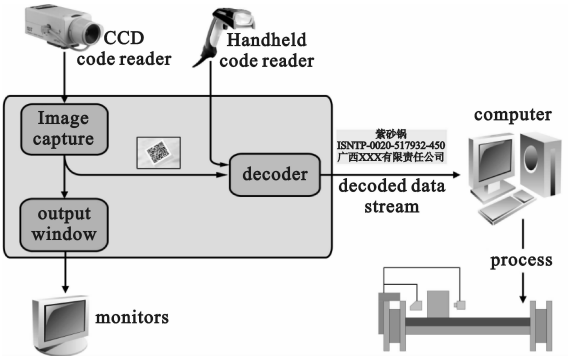

图 2　系统硬件组成方案示意图

Fig.2 The schematic diagram of system hardware

CCD 读码器扫描产品条形码,形成图像信息,再通过译码软件识别获取条码内容,然后将其送往条码检测软件系统进行比对,如条码因过度畸变而无法识别,或读取的条码信息与原始信息不一致等情况,则报警,并做出相应处理。本方案考虑产品中的问题条码比例毕竟很小,故系统仍保留手持式读码器,有问题的产品条码经处理之后可直接用手持式读码器完成检测。产品条码在出厂前全部经过系统检测和排除问题,确保条码标签 100%完好、可读与准确,从而实现高效率、自动化、智能化的生产与管理。

4　CCD 系统硬件架构

4.1　读码器件选取

美国 Cognex 公司的 DataMan300 读码器,体积小,速度快,具备每秒 45 个零件的读取速度,但价格相对居高。考虑该系统是用于生产流水线上,对读码速度要求相对偏低,为节约成本该方案选用基于 CCD 的高速摄像头,在摄像头附近安装补光光源,可取得较好的读码效果。

4.2　智能检测系统总体设计

本系统由 PLC 控制系统实现 CCD 读码器、PC 和生产线传送装置等设备间的相互通信与控制,其实物之间的通信关系如图 3 所示。

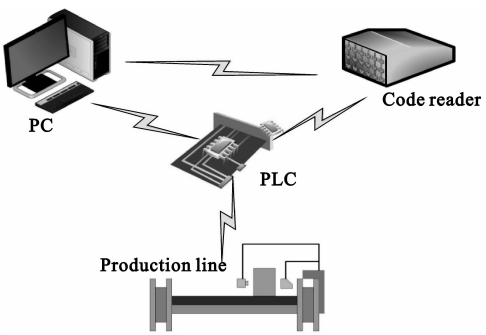

图 3　设备实物通信示意图

Fig.3 The schematic diagram of equipment communication

系统各硬件间主要由 PLC 协调控制,准确执行各个检测步骤。即当工件到达光电开关时触发 PLC 命令,启动读码器抓取条码图像,然后送往 PC 联机译码程序,译码所得到的条码信息直接在条码检测软件系统与样本进行比对,比对结果正常,则将信息收入到数据库中,并反馈正常信号给 PLC,由 PLC 发出命令将产品顺利流入生产线末进入包装环节,同时执行下一产品的检测动作。当 PLC 命令触发后,PC 上的条码检测软件没有接收到破译的条码信息,或者信息与样本不相符,则判断条形码异常,发出警报并亮灯,同时反馈信息给 PLC,由 PLC 发出命令,控制生产线上推杆将问题产品取出,重新换贴条形码,然后继续检测下一产品。

4.3 系统控制流程

启动系统后,如果设备自检正常,生产线开始作业,所有产品的条码标签均经过读码和校对,如遇问题条码则报警并取出 NG 产品,重新打印条码,如此循环执行这样的检测动作,从而确保条形码 100% 的完好、可读和唯一性。系统控制流程如图 4 所示。

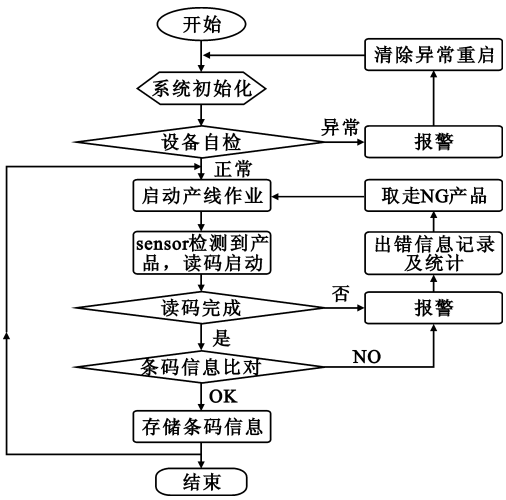

图 4 系统控制流程

Fig.4 System control flowchart

5 译码软件开发

由于高速摄像头在采集 2D 码图像时,存在倾斜、不平行,光照不均等情况,致使图像发生畸变。故在译码前,应先进行灰度化、二值化等图像处理,然后再检测分析出图形的 4 个顶点,对其进行旋转与校正、异或消模、恢复数据及纠错字、纠错,最后按照使用的模式译码输出信息数据。

5.1 图像校正[5-8]

5.1.1 图像灰度化与二值化

按照灰度转换算法 $W=0.30R+0.59G+0.11B$ 将原来的图像转换为灰度图像,然后再进行二值化处理,设原灰度图像为 $f(a,b)$,取一个特征阈值 T,将图像转换成非黑即白的两部分,转换后的图像为

$$g(a,b)=\begin{cases}C_0, & f(a,b)<T\\ C_1, & f(a,b)\geqslant T\end{cases} \tag{1}$$

其中,C_0为黑,C_1为白,在 QR 图像二值化处理中,一般取 $C_0=1$,$C_1=0$,则:

$$g(a,b)=\begin{cases}1, & f(a,b)<T\\ 0, & f(a,b)\geqslant T\end{cases} \tag{2}$$

阀值 T 可采用分水岭法、Ostu 法等,由于条形码色块亮度相差很大,本文直接取灰度等级为 128。

5.1.2 图形校正

当软件探测到预选区时,图像中一行像素与位置探测图形外边缘相交于 A 和 B 点(如图 5),并反复探测,直到识别完 X 方向穿过位置探测图形中心块的所有像素行。同时,在 Y 方向也进行同样的探测识别。

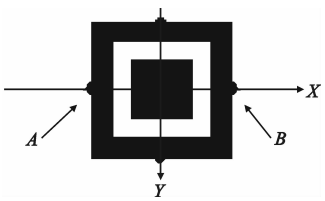

图 5 位置探测图形扫描

Fig.5 The scanning of location detection graphics

把 X 方向像素行上 A、B 两点连成直线,同样在垂直方向也连成直线,其交点就是位置探测图形的中心,用相同方法探测另外两个位置探测图形的中心。通过分析 3 个中心的坐标值,确定出图形的 4 个顶点,并计算需要旋转的角度。利用 Sobel 算子对 QR 码进行边缘检测,Sobel 算子分为水平算子和垂直算子,分别为

$$N_H=\begin{bmatrix}-1 & -2 & -1\\ 0 & 0 & 0\\ 1 & 2 & 1\end{bmatrix}$$

$$N_V=\begin{bmatrix}-1 & 0 & 1\\ -2 & 0 & 2\\ -1 & 0 & 1\end{bmatrix}$$

用 Sobel 算子对图像的各个点进行总卷积,由此

变换出两个矩阵 M_h 和 M_v,然后取模值为 2 计算出幅度矩阵 $\boldsymbol{G}$,再通过阈值处理最后获得边缘图像,其处理过程可表示为

$$E = ((M_{\otimes} P_V)^2 + M_{\otimes} P_H)^2) > Thresh^2$$

检测到图像边缘,则可根据计算的旋转角度,对图像进行旋转校正,如果因不平行拍摄使图像发生透视变形,则在确定图形的 4 个顶点后,进行反透视变换[9]对图形加以校正。

5.1.3　译码[5]软件

译码时需检测 2D 码的版本,然后确定译码模式,再进行译码。由图 6 得出名义模块宽度为

$$X = (W_{UL} + W_{UR})/14$$

初步确定图形符号的版本为

$$V = [(D/X) - 10]/4$$

如果 $V < 7$,则 V 就是版本号。$V \geqslant 7$,则由 3 个位置探测图形中心导向线的一系列平行线构成的网格,对图形进行二进值采样来确定版本。

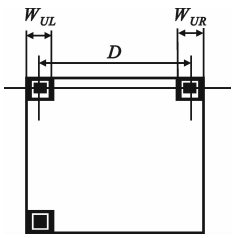

图 6　位置探测图形的宽度

Fig.6 The width of location detection graphics

版本号确定后,译码模式也随之确定,然后进行消模、恢复数据及纠错等一系列译码操作。具体功能以 Java 代码开发的应用软件来实现,界面如图 7 所示。以下为部分源程序:

```
public class QRCodeDecoder {
int internalScale;
QRCodeSymbol symbol;
DebugCanvas canvas;
public QRCodeDecoder() {
internalScale = 2;
canvas = DebugCanvas.getCanvas();
}
public String decode(int[][] image) throws DecodingFailedException{
canvas.println("Decoding started.");
try {
symbol = getQRCodeSymbol(image);
} catch (SymbolNotFoundException e) {
e.printStackTrace();
throw new DecodingFailedException();
```

图 7　译码软件界面

Fig.7 The software interface of decoding

5.2　条码信息比对软件开发

本方案中我们以 Excel-Visual Basic For Applications(简称 Excel-VBA)为开发环境,自行开发信息比对软件,主要用于条码信息比对环节。Excel-VBA 开发环境方便快捷、无需打包运行,而且程序的可移植性好,该软件操作界面如图 8 所示。

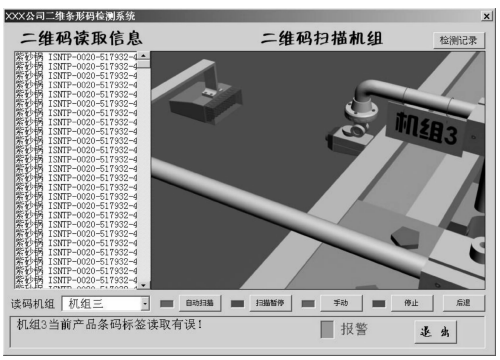

图 8　信息比对软件界面

Fig.8 The software interface of information contrast

软件对当前译码的条码信息和样本信息进行比对,统计出错率、出错类别等数据,并将检测结果存入数据库,所有检测记录均可分类查询。

6　测试结果

将条形码智能检测系统在模拟生产线实验装置上测试运行,共测试样品 137 件,设置错误条码 3 件,该系统准确检测出 3 件有问题的样品条码,完整记录检测信息,统计出相应数据,并做出相应的处理。

所有的检测信息记录都可以查询,如图 9 为检测信息查询界面。

图 9 条码检测信息查询界面

Fig.9 The query interface of detection information

7 结束语

在自动化生产与管理中,条形码智能检测系统可从根本上解决由于条形码打印质量不佳、标签折皱折损、粘贴表面弯曲等因素造成无法读取或信息错误的一系列问题,有效避免自动化生产中因机器无法识别产品部件而降低效率和产出废品的缺陷,从而提高生产管理的质量与效率。经测试,该系统检测准确无误,运行稳定可靠,可以广泛应用于自动化生产与管理中。

参考文献:

[1] 王鹰,王勇,杨灵敏. QR 码在电厂物资管理系统中的应用[J]. 电网技术,2008(S1):77 – 81.
WANG Ying, WANG Yong, YANG Ling-min. Application of QR Code in power plant materials management system[J]. Power System Technology, 2008(S1): 77 – 81. (in Chinese)

[2] 王文豪,张亚红,朱全银,等. QR Code 二维条形码的图像识别[J]. 计算机技术与发展,2009(10):123 – 126.
WANG Wen-hao, ZHANG Ya-hong, ZHU Quan-yin, et al. image recognition of QR Code 2D bar code[J]. Computer Technology and Development, 2009(10):123 – 126. (in Chinese)

[3] 蔡方凯,陈永彬. 高速面阵 CCD 图像采集系统的设计[J]. 电讯技术,2009,49(8):32 – 35.
CAI Fang-kai, CHEN Yong-bin. Design of an Area CCD High Speed Image Acquisition System[J]. Telecommunication Engineering, 2009,49(8):32 – 35. (in Chinese)

[4] 邹沿新,杨高波. Data Matrix 二维条形码解码器图像预处理研究[J]. 计算机工程与应用,2009,45(34):183 – 185.
ZOU Yan-xin, YANG Gao-bo. Research of Data Matrix 2D bar code decoder Image preprocessing[J]. Computer Engineering and Applications, 2009,45(34):183 – 185. (in Chinese)

[5] 罗仁泽,冉瑞生,王汝言. 基于奇异值分解的基图像的人脸识别[J]. 电讯技术,2008,48(2):25 – 28.
LUO Ren-ze, RAN Rui-sheng, WANG Ru-yan. Face Recognition Based on the Basic Images of Singular Value Decomposition (SVD)[J]. Telecommunication Engineering, 2008, 48(2):25 – 28. (in Chinese)

[6] 卫杨勇,徐世友,辛玉林,等. 基于分辨力增益的综合识别传感器管理方法[J]. 电讯技术,2011,51(11):11 – 15.
WEI Yang-yong, XU Shi-you, XIN Yu-lin, et al. Integrated identification sensor management based on discrimination gain[J]. Telecommunication Engineering, 2011, 51(11): 11 – 15. (in Chinese)

[7] 刘杰,陈怀新. 分布式压缩的图像关联重建方法[J]. 电讯技术,2011,51(8):41 – 45.
LIU Jie, CHEN Huai-xin. A Correlative Image Reconstruction Method Based on Distributed Compression[J]. Telecommunication Engineering, 2011,51(8):41 – 45. (in Chinese)

[8] 苏礼坤,陈怀新. 光学遥感图像大气校正的算法设计[J]. 电讯技术,2009,49(1):8 – 12.
SU Li-kun, CHEN Huai-xin. Algorithm Design of Atmospheric Correction for Optical Remote Sensing Images[J]. Telecommunication Engineering, 2009,49(1):8 – 12. (in Chinese)

[9] 牛彦. 关于透视变换的研究[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2001(6):549 – 551.
NIU Yan. Research on the perspective transformation[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2001(6):549 – 551. (in Chinese)

作者简介:

熊 川(1978—),男,四川巴中人,讲师,工学硕士,主要研究方向为 EDA 设计、通信技术;

XIONG Chuan was born in Bazhong, Sichuan Province, in 1978. He is now a lecturer with the M.S. degree. His research concerns EDA design and communication technology.

Email:xch788771@126.com

嵇建波(1974—),男,江西东乡人,副教授、博士研究生,主要研究方向为认知无线电、协作通信及网络编码。

JI Jian-bo was born in Dongxiang, Jiangxi Province, in 1974. He is now an associate professor and currently working toward the Ph.D. degree. His research interests include cognitive radio, cooperative communication and network coding.

Email:jijianbo@sjtu.edu.cn