

手机可识读的点阵编码与解码方法

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2018.02.011

郭倩¹ 陈广学²

1. 深圳市裕同包装科技股份有限公司
广东 深圳 518108
2. 华南理工大学
制浆造纸工程国家重点实验室
广东 广州 510640

摘要: 为了实现产品的防伪溯源,提出了一种手机可识读的点阵编码并给出了相应的解码方法。先生成与产品信息唯一对应的编码信息即每一个产品都有唯一的数字字符标识,再将产品的字符和数字序列进行编码,并采用二进制冗余编码算法进行加密,生成点阵编码。当利用智能手机对产品包装上的点阵编码进行扫描时,先对点阵编码进行去噪、二值化、轮廓提取等操作,再对其进行解码,以获取产品唯一的编码信息,使相应的产品信息在手机端显示。相比于现有技术,点阵图像通过可变数据的喷墨印刷方式被印刷于产品包装上,不需要专门的贴标印刷工艺,不需要配备专用的识读设备,可利用手机扫描识读。

关键词: 手机识读;点阵编码;防伪溯源

中图分类号: TP391.4

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2018)02-0068-05

0 引言

包装产业是与国计民生密切相关的服务型制造业,在国民经济与社会发展中具有举足轻重的地位。随着国民经济的快速发展,我国消费市场不断扩大,其对包装产品的需求大幅增长。与此同时,假冒伪劣商品和商品质量安全问题层出不穷。为此,我国建立了商品安全追溯制度,并将其不断完善,越来越多的生产企业选择通过产品包装的功能化来实现对产品生命周期的监管,以达到防伪溯源、防窜货的目的。另外,传统包装产业存在自主创新能力较弱、包装产品附加值不高、产能过剩等问题,且难以满足人们对产品包装的要求,包装行业面临着前所未有的转型升级压力。随着物联网、大数据、移动智能终端的高速发展,数字印刷技术的应用将推动包装向高端包装印刷发展,有望克服传统包装信息传播平面化、信息传播量有限且固定等劣势,实现商品数字化营销,全面

提升消费者对商品的体验感。数字印刷成为了印刷技术发展的主流^[1-3]。

通过采集产品的原材料获取、生产、仓储、物流、销售、消费等环节的信息,构建智慧物联大数据平台,有助于实现物流管理的可视化、高效化,优化企业生产库存;有助于实现产品生命周期的追溯,用最少的成本有效保护消费者的权益;有助于遏制假冒伪劣现象的发生,为企业减少经济损失,维护品牌的市场形象与声誉。然而,实现物联网的关键技术之一是物联网的入口标识技术。其中,二维码存在极易生成和复制的缺点,导致其不具有防伪功能^[4]。射频识别(radio frequency identification, RFID)标签存在成本高,且需要专用识读机的缺点。点阵编码技术是用特殊方式排列的点阵图像表示产品信息,具有信息储存量大、防伪、识读方便等优点。因此,点阵图像可被广泛应用于产品外包装中^[5]。

综上所述,本课题组对点阵编码技术进行了研究,

收稿日期: 2017-10-20

基金项目: 深圳宝安区2016年科技计划基金资助项目

作者简介: 郭倩(1990-),女,山东滨州人,华南理工大学硕士生,主要研究方向为数字水印防伪技术和图像识别技术,
E-mail: 1127571728@qq.com

设计了新的编码方案及其相应的解码方法, 以期产品的防伪溯源提供理论参考。

1 实验部分

1.1 点阵图像

点阵图像是由一系列微小的黑点排列组合形成的, 通过点与点之间的距离、点的大小、点的不同排列表示信息。它包含多个点阵单元, 每个点阵单元包含数字和字符的编码信息, 点阵单元的大小为 $0.3\text{ cm} \times 0.3\text{ cm}$, 而点阵图像的大小可以根据产品包装的要求设置。图 1 为点阵图像实例。

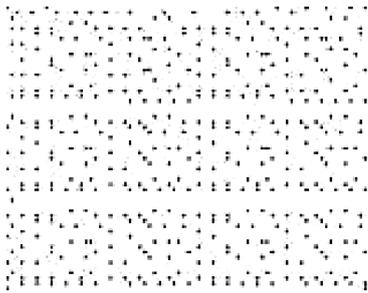


图 1 点阵图像

Fig. 1 Dot matrix image

点阵图像的左上角、右上角、左下角分别由 3 个定位排布区域组成, 中间部分为内容数据、纠错码和防伪数据。内容数据为产品编码信息, 与服务器上的产品信息 (包括功效说明、使用方法、真伪信息、流通渠道、来源、品牌信息等) 对应, 以便在手机端显示产品信息; 纠错码主要是检测内容数据中可能出现的错误; 防伪数据位于内容数据和纠错码的中间, 主要用来辨别产品的真假, 用于防伪验证。内容数据、纠错码和防伪数据通过混合编码得到点阵图像。

点阵图像具有不可复制性的特点。其原理^[6-8]如下: 点阵图像第 1 次打印时, 点阵信号会减弱, 但满足快速识别所需的信号强度; 点阵图像第 2 次打印时, 需先通过扫描仪获得电子图像, 此时点阵信号会经历第 2 次信号减弱, 随后调整电子图像的清晰度, 有效点阵信息会经历第 3 次信号减弱, 当将处理后的图像打印输出时, 点阵图像会经历第 4 次信号减弱, 最后用手机对点阵图像进行识读, 点阵信息会经历第 5 次信号减弱, 此时点阵图像的防伪信息和产品编码信息能够被正确提取的概率很小。

点阵图像打印在产品外包装上, 用手机进行识读的优点: 一方面, 点阵图像能做到一物一码即 1 个产

品信息对应唯一的产品编码信息, 实现产品的追踪溯源; 另一方面, 点阵图像极难复制, 达到防伪的目的。

1.2 点阵编码原理

产品编码信息包括代表产品品牌的字符序列和唯一的数字序列。因此, 本课题组将产品编码信息分为数字信息和字符信息 2 类, 分别对其进行编码。

1.2.1 数字编码原理

将产品的数字信息转换为二进制数, 即为数字编码。首先, 将数字信息划分为 3 位一组, 最后 3 位被分成 2 组, 即 2 位一组和 1 位一组, 3 位一组的转换为 10 位二进制, 2 位一组的转换为 7 位二进制数, 1 位一组的转换为 3 位二进制数; 然后, 将数字信息的长度转换为 8 位二进制数; 最后, 用“01”表示数字格式信息, 将代表数据格式信息、数字信息及其长度的二进制数进行组合, 得到二进制序列, 用于点阵编码。同一批次产品的数字编码是在原始生成的数字序列的基础上逐次增加^[9-12]。

1.2.2 字符编码原理

将产品的字符信息转换为二进制数, 即为字符编码。首先, 将字符序列划分为 3 个一组, 且每一个字符与一个数字对应, 如 sfd 转换为 (13, 57, 45); 全部字符转换完成之后, 将数字序列划分为 2 个一组, 每组数据转换为 8 位二进制数; 然后, 将字符信息的长度转换为 36 位二进制数; 最后, 用“00”表示字符格式信息, 将代表字符格式信息、字符信息及其长度的二进制数进行组合, 得到二进制序列, 用于点阵编码。同一批次的产品生成相同的字符信息^[9-12]。

1.2.3 点阵编码生成流程

将产品信息与点阵编码的对应关系存储于服务器端, 以便手机显示产品信息。生成点阵编码的具体流程如下:

- 1) 先按照数字和字符的编码原理生成相应的“01”字符串, 再将 2 个“01”字符串随机组合得到点阵的产品编码字符串。

- 2) 采用二进制冗余编码算法对产品编码字符串进行加密, 并按照 36 位的点阵单元排列方式生成点阵单元。

- 3) 将 36 位点阵编码序列进行反编码, 即将原始编码序列进行倒排序, 并生成相应的点阵单元, 与步骤 2 生成的点阵单元进行排列组合, 生成待印刷的点阵图像。

- 4) 根据产品包装的预设编码区域, 设定点阵图

像的大小,即按照预设位置选取 K 个 $m \times n$ 的点阵,其中 m 表示正编码的点阵单元个数, n 表示反编码的点阵单元个数, K 为点阵编码数据的位数。

5) 将步骤 4 生成的点阵图像,通过喷墨印刷的方式打印在产品外包装上。

1.3 点阵解码原理

利用手机 APP 软件扫描产品外包装的点阵图像,得到点阵中点的位置及其排列顺序,再进行解码,以获取产品的相关信息。点阵图像的解码方法如下:

1) 点阵图像先进行预处理,如白平衡、图像锐化、去除噪声等,再采用自适应二值化算法得到点阵图像的二值化图像。

2) 除去二值化点阵图像中的干扰点。根据点与点的距离和位置、点的大小,删除干扰点,以提高图像识别准确率。

3) 在二值化点阵图像中寻找定位点,以确定点阵图像的旋转变换角度和仿射变换范围,再对其进行矫正。

4) 对二值化点阵图像的防伪数据进行解码,得到点阵隐含的防伪编码数据,以判断产品的真假。

5) 对二值化点阵图像的内容数据进行解码。先得到点阵图像中 2 点之间距离最近的多个点对,计算点间的像素距离,以判断相邻 8 个点的位置信息,最后将点阵信息转化为“01”字符串,以获取点阵编码的字符和数字信息。

6) 将得到的产品编码序列上传至服务器,获得与之相应的产品信息(语音、视频、文字、图像、3D 模型、动画特效等)。在手机端展示时,消费者还可以与商家互动,及时获得产品活动信息。

点阵图像的编码和解码流程如图 2 所示。

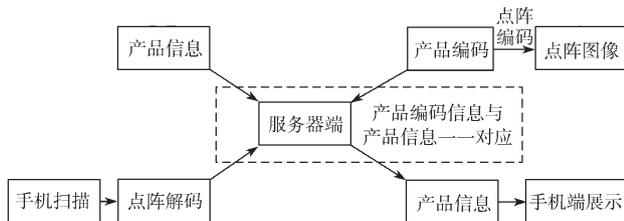


图 2 点阵图像识读流程图

Fig. 2 Dot matrix images readable chart

2 测试结果与分析

2.1 点阵编码的性能测试

为验证点阵编码应用于产品外包装的可行性,本课题组测试了点阵编码的性能。性能测试主要包

括如下 3 项^[13-15]: 1) 验证点阵编码中防伪信息的准确性,即测试点阵编码的防伪信息能否被手机正确识读,以判别产品的真假; 2) 验证点阵编码的抗攻击性,即当点阵编码受到各种攻击(模糊 30%、旋转 $0^\circ \sim 180^\circ$ 、剪切 1/4、污损 1/4) 时,测试手机能否正确识读该点阵编码; 3) 验证点阵编码的抗复制性,即先用分辨率为 600 dpi 的扫描仪扫描点阵编码,再用高精度的数码印刷机打印扫描后的点阵编码,最后测试手机能否正确识读二次打印的点阵编码。本课题组对多组点阵编码的性能进行测试,结果如表 1 所示。

表 1 点阵编码的性能测试结果

| Table 1 Ladder encoding performance results % | | |
|---|----------|--------|
| 测试条件 | 防伪信息的提取率 | 图像的识别率 |
| 模糊 30% | 100 | 100 |
| 旋转 $0^\circ \sim 180^\circ$ | 100 | 100 |
| 剪切 1/4 | 100 | 98 |
| 污损 1/4 | 100 | 98 |
| 二次扫描印刷 | 20 | 30 |

由表 1 可知: 1) 当点阵编码受到各种攻击时,点阵编码的防伪信息能被手机正确读取,能判别产品的真假,且防伪信息的提取率为 100%; 2) 当点阵编码受到各种攻击时,手机仍然能够正确识别点阵编码,且识别率在 97% 以上; 3) 手机对二次打印的点阵编码进行识读时,防伪信息的提取率为 20%,可认定该产品为假冒伪劣产品,并且图像的识别率仅为 30%,无法提取点阵编码信息,这证明了本文的点阵编码具有抗复制性,且算法鲁棒性较好。

2.2 点阵编码打印在不同纸张上的识读测试

本文将字符信息“bzx”和数字信息“628958247”进行点阵编码,生成不同格式、不同放大倍数的点阵编码,即大小为 $2.00 \text{ cm} \times 1.58 \text{ cm}$ 的 PDF 格式图像,大小为 $2.00 \text{ cm} \times 1.58 \text{ cm}$ 、分辨率为 91 dpi 的 JPG 格式图像,大小为 $1.50 \text{ cm} \times 1.18 \text{ cm}$ 、分辨率为 91 dpi 的 BMP 格式图像,大小为 $1.00 \text{ cm} \times 0.80 \text{ cm}$ 、分辨率为 91 dpi 的 PNG 格式图像。将不同图像格式的点阵编码打印在不同类型的纸张上,再测试不同环境(自然光、日光灯)下手机识读点阵编码的时间,测试结果如表 2 所示^[16]。由表可知:本课题组所设计的点阵编码能够适应不同的纸张;手机识读点阵编码的时间较短,在书纸、白卡纸、双铜纸上点阵编码的平均识别时间约为 1 s,满足实时识读的要求,但是条纹特种纸和灰板纸由于表面具有丰富的纹理,

使手机容易将该纹理识读为点阵编码的特征点, 从而导致点阵解码时间延长, 或者纹理掩盖了点阵编码的特征点, 使手机无法正确识读点阵图像。由此可知, 点阵编码具有识读速度较快、识别准确率较高、攻击性较好的特点, 能被广泛应用于产品的外包装, 以达到追踪溯源和防伪的目的。

表 2 点阵图像在不同纸张上的识别时间
Table 2 Image recognition time on different paper

| 类 型 | 2.00 cm × 1.58 cm | | | 1.50 cm × 1.18 cm | | | 1.00 cm × 0.80 cm | | |
|-------------|----------------------|-----|-----|----------------------|-----|-----|----------------------|-----|-----|
| | 1 s | 2 s | 3 s | 1 s | 2 s | 3 s | 1 s | 2 s | 3 s |
| 100 g 书纸 | √ | | | √ | | | | | √ |
| 200 g 白卡纸 | √ | | | √ | | | | | √ |
| 250 g 白卡纸 | √ | | | √ | | | | | √ |
| 300 g 白卡纸 | √ | | | √ | | | | | √ |
| 350 g 白卡纸 | √ | | | √ | | | | | √ |
| 200 g 条纹特种纸 | | √ | | | √ | | | | √ |
| 250 g 粉灰纸 | √ | | | √ | | | | | √ |
| 300 g 粉灰纸 | √ | | | √ | | | | | √ |
| 300 g 哑粉纸 | √ | | | √ | | | | | √ |
| 500 g 哑粉纸 | √ | | | | √ | | | | √ |
| 120 g 白牛皮纸 | √ | | | | √ | | | | √ |
| 157 g 白牛皮纸 | √ | | | √ | | | | | √ |
| 128 g 双铜纸 | | √ | | | √ | | | | √ |
| 150 g 双铜纸 | √ | | | √ | | | | | √ |
| 230 g 双铜纸 | √ | | | √ | | | | √ | |
| 1 100 g 灰板纸 | | √ | | √ | | | | | √ |

3 结 语

一物一码的设计能够实现产品的防伪溯源。因此本课题组提出了一种可用手机进行识读的点阵编码。先将产品信息中的字符和数字信息进行编码, 再采用二进制冗余编码算法对其进行加密, 生成点阵编码。点阵编码通过可变数据的喷墨印刷方式被应用于产品包装中。手机扫描点阵编码时, 先对其进行二值化处理, 再对其进行解码, 获取产品唯一的编码信息, 并上传至传服务器, 产品的相关信息会在手机端显示, 以达到防伪查询、追踪溯源的目的。相比于现有技术, 点阵编码不需要专门的贴标印刷工艺, 不需要配备专用的识读设备, 而是通过手机扫描识读, 且其识别速度快, 编码范围广, 安全性高。因此点阵编码作为物联网的入口, 将推动包装行业物联网的发展。

参考文献:

[1] 周劲松. 点阵防伪码的设计与实现 [D]. 杭州: 浙江大

学, 2016.

ZHOU Jinsong. Design and Implementation of a Secure Matrix Code[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2016.

[2] 刘 斌. 量子密码协议中信息编码方式研究及应用 [D]. 北京: 北京邮电大学, 2011.

LIU Bin. Researchs and Applications of Quantum Information Coding in Quantum Cryptography[D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2011.

[3] 朱李红, 顾泽苍, 许文才, 等. 一种新型物联网入口标识: 印刷网点阵编码 [J]. 中国包装工业, 2015(17): 84-85, 87.

ZHU Lihong, GU Zecang, XU Wencai, et al. A New Internet of Things Entry Labeling: Dotted Dot Matrix Printing[J]. China Packaging Industry, 2015(17): 84-85, 87.

[4] 黄鹤南. 一种基于信息隐藏的图像二维码设计 [D]. 成都: 西南交通大学, 2015.

HUANG Henan. The Design of Two-Dimension Image Code Based on Information Hiding[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2015.

[5] 赵立龙, 顾泽苍, 方志良, 等. 一种基于视觉特性及形态网屏编码的纸介质信息防伪方法 [J]. 光电子激光, 2008, 19(11): 1526-1529.

ZHAO Lilong, GU Zecang, FANG Zhiliang, et al. An Anti-Fake Method Based on Visual Characteristics and Morphology Screen Coding[J]. Journal of Optoelectronics · Laser, 2008, 19(11): 1526-1529.

[6] 周福成. 基于新一代移动智能终端图像隐写术研究 [D]. 宁波: 宁波大学, 2013.

ZHOU Fucheng. Research on Image Steganography Based on New Generation Mobile Intelligent Terminal[D]. Ningbo: Ningbo University, 2013.

[7] 郭建辉. 基于点阵的数码纸编码及识别研究 [D]. 上海: 华东师范大学, 2016.

GUO Jianhui. Research of the Dot Array Based Coding and Recognition Method for Digital Paper[D]. Shanghai: East China Normal University, 2016.

[8] Anoto AB. Development Guide for Services Enabled by Anoto Functionality[EB/OL]. [2017-11-10]. <http://www.anoto.com>.

[9] MALIK M I, AHMED S, DENGEL A, et al. A Signature Verification Framework for Digital Pen Applications[C]//2012 10th IAPR International Workshop on Document Analysis Systems. Gold Cost: IEEE, 2012: 419-423.

[10] GERPOTT T J, THOMAS S, WEICHERT M. Characteristics and Mobile Internet Use Intensity of

- Consumers with Different Types of Advanced Handsets: An Exploratory Empirical Study of iPhone, Android and Other Web-Enabled Mobile Users in Germany[J]. Telecommunications Policy, 2013, 37(4/5): 357-371.
- [11] ZHOU G F. Study on Mobile Internet in the Integration of Tourism Industrial Chain[C]//Proceedings of the 2nd International Conference on Green Communications and Networks. [S. l.]: Springer, 2012, 1: 59-65.
- [12] MANSOR S, DIN R, SAMSUDIN A. Analysis of Natural Language Steganography[J]. International Journal of Computer Science and Security, 2009, 3(2): 113-125.
- [13] ZANDER S, ARMITAGE G, BRANCH P. Reliable Transmission Over Covert Channels in First Person Shooter Multiplayer Games[C]//IEEE 34th Conference on Local Computer Networks. Zurich: IEEE, 2009: 169-176.
- [14] MATOS V, GRASSER R. Building Applications for the Android OS Mobile Platform: A Primer and Course Materials[J]. Journal of Computing Sciences in Colleges, 2012, 26(1): 23-29.
- [15] CHAO R M, WU H C, LEE C C, et al. A Novel Image Data Hiding Scheme with Diamond Encoding[J]. EURASIP Journal on Information Security, 2009: 658047.
- [16] 刘俊澧. 多种感官体验下的智能化包装设计研究 [D]. 株洲: 湖南工业大学, 2016.
- LIU Junli. Research on Intelligent Packaging Design Under Various Sense Experiences[J]. Zhuzhou: Hunan University of Technology, 2016.

Dot Matrix Coding and Decoding Method Readable for Mobile Phones

GUO Qian¹, CHEN Guangxue²

(1. Shenzhen YUTO Packaging Technology Co., Ltd., Shenzhen Guangdong 518108, China;

2. State Key Laboratory of Pulp and Paper Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: A dot matrix coding and decoding method readable for mobile phones for product information was presented in order to realize anti-fake tracing of products. First, the product information was encoded correspondingly to generate unique identification information, as product information and dot matrix identification information were exclusively matched. Then, the information of the unique character or the digital sequence of the product was encoded to get the dot matrix image. On this basis, by scanning the bitmap image on the product packaging with the smart phone camera, combined with the technology of image processing including the image filtering denoising, binarization, contour extraction and other processing, the unique product coding information was obtained through decoding algorithm, with corresponding product information illustrated on smart phones. Compared with the existing technology, dot matrix images were painted on product packaging with variable data ink jet printing, which required no special labeling printing process and reading without one dedicated reading equipment and could realize mobile scanning.

Keywords: mobile phone reading; dot matrix coding; anti-counterfeiting and traceability