

# 基于图像的远程燃气表直读系统研究与实现

冯玉田 刁志蕙 李园辉 杨伟

(上海大学通信与信息工程学院 上海 200444)

**摘要:** 基于图像的燃气表远程直读系统设计了在燃气表上加装图像采集模块,通过 GPRS 方式将图像定时发送到远端服务器,由服务器通过图像处理和模式识别技术对燃气表的读数进行识别。在图像采集模块中,采用了分块迭代算法对图像进行二值化处理,使其具有更好的适应性,并在远程发送前对图像数据进行压缩,以减少数据量。服务器端通过对图像进行二次处理、图像分割等预处理后,采用模板匹配算法对字符进行识别。

**关键词:** 燃气表自动抄表; 图像处理; 分块迭代算法; 模板匹配

**中图分类号:** TN911.73    **文献标识码:** A    **国家标准学科分类代码:** 520.6040

## Research and implementation of remote gas meter direct reading based on image processing

Feng Yutian Diao Zhihui Li Yuanhui Yang Wei

(School of Communication and Information Engineering, Shanghai University, Shanghai 200444, China)

**Abstract:** A new remote direct reading gas meter system is designed. In the system, an image acquisition module is equipped on the gas meter. The meter image is collected and sent to a remote server by GPRS. The gas reading is read out on the server through image processing and pattern recognition technology. In the image acquisition module, the block iterative algorithm is adopted for image binarization processing. This makes it have better adaptability and the influence of the environment is reduced. The image data are compressed before remote transmission. In the server, the meter characters are recognized through secondary image processing, digital image segmentation and template matching algorithm.

**Keywords:** automatic meter reading of gas meter; image processing; block iterative algorithm; template matching

## 1 引言

燃气是人们生活和生产不可缺少的能源之一,传统的燃气抄表方式是人工方式。随着社会的发展,它的弊端日益突出。首先,燃气表用户的增多,导致人工抄表的成本越来越高,而且效率低下;人工抄表的数据实时性差,不能够及时反映用户使用燃气量的变化;每月抄表的数据统计对公司进行深层次的分析和决策远远达不到要求,且不能及时发现用户偷、盗气情况<sup>[1]</sup>。

目前国内外的智能化燃气计量收费模式主要包括以下4种<sup>[2]</sup>:智能 IC 卡燃气表、有线集中抄表、利用电力线载波通信抄表和无线集中抄表等。上述 4 种远程抄表技术,虽然以不同程度实现了智能化,但是存在很多不足。IC 卡燃气表技术受供电的影响,当断电的时候 IC 无法正常工作;有线集中抄表技术和电力线载波抄表技术,同样受供电和布线的影响,需要花费大量的电线电缆,且要对原有的燃气

用户进行改装,费时费力,成本较高;无线集中抄表采用无线的形式进行传输,但是中间采用了两次无线传输,容易导致数据发送的错误或者延迟而使企业遭受损失。

本文研究的远程燃气表直读系统直接获取燃气表的图像,通过模式识别方法得到燃气表的计数值,避免了现有智能抄表技术的缺点。系统由图像采集模块和服务器组成,图像采集模块将燃气表图像通过预处理后发送到后台服务器,利用服务器端的资源优势燃气表的读数进行识别、存储和分析。

## 2 图像采集模块

### 2.1 图像采集模块设计

图像采集模块的主要功能是对燃气表的图像进行采集、预处理和远程传输等,其组成如图 1 所示。模块采用锂电池供电,定时对燃气表的图像进行采集和发送,大部分时间处于休眠状态,以延长电池的工作时间。为降低功耗,在

电路设计中,尽可能减少硬件和选用低功耗器件。微处理器采用高性能低功耗的 Cortex-M3 ARM 微处理器 STM32F103,且不扩展外存贮器,仅用微处理器本身的资源实现控制功能。因燃气表数字的尺寸较小,同时为了降低功耗,图像传感器采用 30 万像素的 CMOS 微型摄像头,并工作在  $320 \times 80$  的模式,以节约存储空间。发光二极管(LED)用作补光灯,使模块在没有外界光线的情况下也能采集图像。

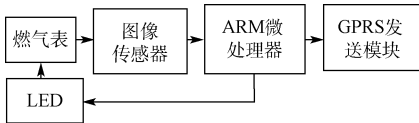


图1 图像采集模块组成

模块中固件的主要功能包括控制图像传感器采集图像、对图像进行预处理和控制 GPRS 模块将数据发送至远端服务器。为降低图像噪声,提高后续的图像识别效果,需对图像进行滤波。本文采用中值滤波的方法,以去除图像中的散粒噪声,中值滤波的结果如图 2 所示。为了大幅度减少远程发送的数据量,需将图像进行二值化和数据压缩处理。

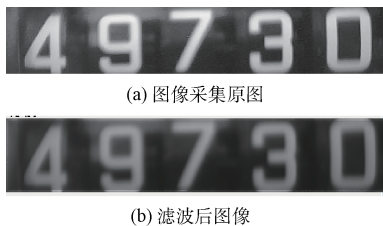


图2 中值滤波结果

## 2.2 图像二值化

二值化是图像预处理中的一个重要环节,它的目的在于将目标数字和背景分离,以便对数字进行分割和识别。图像传感器采集到的图像由于照明灯光不均等原因使其亮度不均,这给图像二值化带来困难。为了获得较好的二值化效果,本文采用分块迭代二值化方法。

图像二值化就是通过设定阈值,把图像像素点的灰度设为 0 或 255。设原始图像在  $(x, y)$  点的灰度值为  $g(x, y)$ ,按照一定的规则找到图像的阈值  $T$ ,二值化后的图像灰度为  $f(x, y)$ ,则:

$$\begin{cases} f(x, y) = a_0, g(x, y) < T \\ f(x, y) = b_0, g(x, y) \geq T \end{cases} \quad (1)$$

若取  $a_0$  为黑色(0)  $b_0$  为白色(255),即得到二值化的图像。阈值的确定是二值化的关键,一种简单的方法是全局阈值法,就是将整幅图像中的像素,根据灰度值  $0 \sim 255$  统计整幅图像的像素点,根据它的分布特点确定阈值。常用的是基于直方图的全局二值化,即当图像的直方图分布有明显的双峰图像的,则将两个波峰之间的波谷处的灰度值

定为图像的阈值  $T$ 。但在燃气表图像采集的过程中,由于受环境光(如现场环境、光照等)的影响,导致采集的图像不够清晰或者亮度不均匀,全局阈值法不适合。本文采用了一种新的方案—分块迭代算法。

### 1) 迭代法

迭代法<sup>[3-4]</sup>的基本思想是:首先选择一个阈值作为初始估计值,本文采用直方图双峰法确定阈值的初始值。然后按照下面的策略通过迭代不断地改变初始值,直到满足给定的准则为止,具体步骤如下。

(1)在一幅灰度范围为  $[0, L-1]$  的图像中,根据直方图双峰法确定初始阈值  $T_0$ ,其中图像中对应的像素灰度级为  $n_i$ 。

(2)利用阈值  $T_0$  把图像分割成 2 个区域:  $R_1$  和  $R_2$ ,用式(2)计算区域  $R_1$  和  $R_2$  的平均灰度值  $\mu_1$  和  $\mu_2$ 。

$$\mu_1 = \frac{\sum_{i=0}^{T_0} in_i}{\sum_{i=0}^{T_0} n_i} \quad \mu_2 = \frac{\sum_{i=T_0}^{L-1} in_i}{\sum_{i=T_0}^{L-1} n_i} \quad (2)$$

(3)得到  $\mu_1$  和  $\mu_2$  后,用式(3)计算出新的阈值  $T_{i+1}$ 。

$$T_{i+1} = \frac{1}{2}(\mu_1 + \mu_2) \quad (3)$$

(4)重复步骤(2)和(3)的操作,直到  $T_{i+1}$  和  $T_i$  的差小于某个给定的值为止。

图 3(b)给出了经过迭代算法处理后的图像。从结果可以看出,由于原图的亮度不均,且较亮部分前景与背景差异较小,经过迭代算法后仍然没有将前景与背景区分,且第一个数字与第二个数字粘连在一起,不利于后面的定位识别。



图3 图像二值化处理结果

### 2) 分块迭代法

由于全局阈值(单一阈值)方法不能达到较好的二值化效果,为了克服其的缺点与不足,本文在迭代法的基础上采用分块迭代法来解决上述问题<sup>[5]</sup>。算法的主要步骤如下。

(1)将燃气表灰度图像分成 10 幅子图像,如图 4 所示。



图4 图像分割成子图像

(2)对每一幅子图像使用迭代法中介绍的迭代法进行二值化处理。

(3)通过这样的处理后,等同于一幅图中使用了10种阈值,从而使二值化的自适应能力大大提高。用这种方法进行处理的结果如图3(c)所示。

(4)比较图3(b)与(c)可知,用分块迭代算法的二值化效果比全局迭代算法有明显的改善。如图中的数字“8”边角的粘连完全去除,数字“4”和“6”完全分离,从而有利于后续字符识别。

### 2.3 图像压缩

经过二值化处理的图像要通过GPRS方式发送到远程服务器进行识别,为了减少发送的数据量,根据二值化图像的特点,对其进行数据压缩,以提高传输效率。

压缩时,将二值化图像中的白色像素定义为二进制1,黑色像素定义为二进制0,然后用1 bit表示一个像素点,8个像素点组成1 Byte,这样可将二值化图像进行无损压缩,压缩比例达到1/8。也就是说,将原来 $320 \times 60$ 图像,其数据量由19 200 Byte压缩成2 400 Byte,这样可有效地减少无线传输的数据量,降低远程数据通信的成本。

## 3 燃气表字符识别

### 3.1 服务器端图像处理

图像采集模块的主要功能是对燃气表的图像进行燃气表图像经过图像采集模块预处理后,发送至远程服务器进行识别。借助服务器丰富的资源,利用OpenCv、EmguCv等软件的功能,并结合数字图像处理技术,对图像进行二次处理和识别,过程如图5所示。

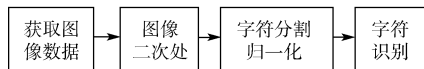


图5 服务器图像处理流程

服务器的识别过程包括:数据还原、图像二次处理(包括形态学—腐蚀滤波<sup>[6-7]</sup>、连通域查找<sup>[8]</sup>、形态学—膨胀滤波)、字符定位和分割、字符尺寸归一化、字符识别和上传数据库等。

### 3.2 字符分割和归一化

字符分割即确定字符的准确位置,这个过程可以通过投影法实现<sup>[9]</sup>。

#### 1)垂直投影

将整幅图像进行垂直投影,将白色像素点按水平方向进行叠加,计算出水平方向上白色像素点的分布,然后将水平方向上白色像素点的个数与给定的门限值比较,若小于门限表示字符边缘的“毛刺”,将其删除<sup>[10]</sup>。经过垂直方向投影处理后即可确定字符在水平方向上的位置,如图6(b)所示。



(a) 连通域算法处理的图像



(b) 垂直投影处理后



(c) 垂直与水平投影后的图像

图6 图像分割处理结果

#### 2)水平投影

为确定字符的垂直位置,将经过垂直方向投影处理后的各个字符位图,统计其水平方向的白色像素点的个数,再根据连续白色像素点的长度确定字符在垂直方向的位置,据此对图像进行分割,分割后的图像如图6(c)所示。

#### 3)归一化

字符归一化是指将分割的字符像素放大或缩小为统一尺寸的图像,其目的在于便于与模板库中字符像素点进行比较,采用的算法为灰度插值法<sup>[11]</sup>。

### 3.3 燃气表字符识别

#### 1)网格特征匹配算法

将经过二值化、归一化处理后的图像分割成 $N$ 个网格,计算出每个网格的特征值,并将这些特征值组合起来作为一个字符的总体特征,通过对每个字符特征的比较,达到识别的目的,这种算法称为网格特征匹配算法<sup>[12]</sup>。

本文把归一化后的每个字符图像分成 $3 \times 2$ 个网格,然后依次统计每个网格中的目标像素数量,取每个网格内的目标像素点的个数占整个网格的比例作为整体特征。基于网格特征提取的步骤为:(1)把分割后的图像分成 $3 \times 2$ 个网格,如图7所示;(2)依次计算每个网格内的白色像素点的个数;(3)将计算的6个网格中的白色像素点组成一个具有总体特征值的特征向量;(4)经过统计得到字符的特征,再与标准的字符特征集合进行匹配。



图7 网格划分

通过上述步骤实现字符图像的识别。从该算法的实现过程可以发现,网格的大小影响字符的识别率。网格越小,字符特征的抗干扰能力越差;网格越大,特征向量的维数降低,使匹配的难度增大。因此,寻找适合的网格大小,是提高识别率的关键。另外,网格特征提取算法对于待识别图像中存在字符模糊、缺失、断裂时,常常无法准确识别出。因此,基于网格特征匹配的算法在实际应用中识别效果不够理想。

#### 2)模板匹配算法

基于模板匹配的字符识别算法是待识别的图像通过

滑动模板图像与待识别图像进行匹配<sup>[13-14]</sup>。例如待识别图像尺寸为 $80 \times 80$ 像素,模板图像 $M$ 尺寸为 $10 \times 10$ 像素,则识别过程如下。

(1)从待识别的图像坐标 $(0,0)$ 开始,获取一幅 $(0,0)$ 至 $(0,10)$ 的临时图像 $B$ 。

(2)临时图像 $B$ 与模板图像 $M$ 进行对比,对比结果设为 $S$ , $S$ 表示结果图像 $R$ 在 $(0,0)$ 处的像素值。

(3)切割待识别图像从 $(0,1)$ 至 $(10,11)$ 的临时图像进行对比,并记录到结果图像 $R$ 。

(4)重复步骤(1)~(3),直至待识别图像的右下角。

(5)根据相关算法,确定 $S$ 的大小,即可确定最佳匹配点所在的位置。

计算图像相似度的常用方法有:差的绝对值相关性、差的平方相关性、零均值差的绝对值相关性、零均值差的平方相关性和归一化相关性等。它们的相关性度量公式分别如下:

(1)差的绝对值

$$R(i,j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |S_{ij}(m,n) - T(m,n)| \quad (4)$$

(2)差的平方

$$R(i,j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [S_{ij}(m,n) - T(m,n)]^2 \quad (5)$$

(3)零均值差的绝对值

$$R(i,j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N | [S_{ij}(m,n) - S_{ij}] - [T(m,n) - T] | \quad (6)$$

(4)零均值差的平方

$$R(i,j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \{ | [S_{ij}(m,n) - S_{ij}] - [T(m,n) - T] | \}^2 \quad (7)$$

(5)归一化相关性度量公式

$$R(i,j) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N S_{ij}(m,n) \cdot T(m,n)}{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [S_{ij}(m,n)]^2 \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [T(m,n)]^2} \quad (8)$$

其中 $S_{ij}(m,n)$ 表示待识别图像 $S_{ij}$ 在点 $(j+m,i+n)$ 的像素值, $T(m,n)$ 是模板图像在点 $(m,n)$ 的像素值。 $R(i,j)$ 描述了待识别图像和模板图像之间的相似性或差异程度。上面的5个公式分别适应于不同的场合,式(4)和(5)适合一般性的场合,代码实现简单,计算复杂度较低;式(6)和(7)适合于灰度变化较大的图像;式(8)适用于各种图像,且抗干扰能力强,但计算量较大,对于一般性的简单图像不是首选。

从上述过程可以看出,直接通过模板与待识别图像进行匹配,计算时间较长,而且识别效率比较低。为了提高字符识别的准确率和效率,本文在此基础上进行了改进。首先对整幅图像进行切割,去除大量没用的信息,保留有效字符信息。对分割后的图像进行归一化,使其尺寸与原模板

图像的大小一致。模板匹配识别是模式识别中比较常用且识别率较高的识别方法,图8所示是通过模板匹配法的识别结果。

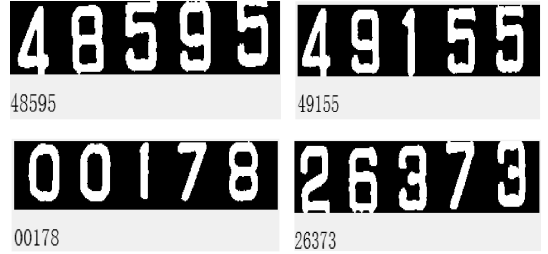


图8 模板匹配识别结果示例

通过大量实验对模板匹配算法和网格特征匹配算<sup>[15]</sup>对两种算法的性能进行了分析与比较,结果如表1所示。表中的抗干扰性是指识别算法对功于待识别字符图像出现缺损、污迹等噪声干扰的抵抗能力;容错能力是指即使当系统中的一些组件不能正常工作,系统也能继续正常执行其功能的能力,这里是指当识别系统中的某些参数异常或者某个组成部分出现异常时,系统能否正常运行。

在综合上述各种因素,模板匹配算法更适合本文的燃气表数字识别。

表1 字符识别算法性能比较

识别算法名称	模板匹配算法	网格特征匹配算法
算法复杂度	低	中
抗干扰性	高	低
容错能力	中	低
识别时间	短	中
识别率	高	较低

## 4 结 论

基于图像的燃气表直读系统的识别准确度在很大程度上取决于采集图像的质量,由于在图像采集过程中,容易受到环境光和仪表表面不清洁等因素的影响,使其识别率达不到100%。但在实际使用中可以根据燃气表数字的变化规律,利用计算机软件对识别结果进行判断和校正,以弥补字符识别的不足,实现无差错的燃气表直读。本文设计的远程燃气表直读系统经过一段时间的实际试运行,系统运行稳定,数据准确。该燃气表远程直读系统可以在不改变原有燃气表结构的情况下,通过外置摄像和图像处理技术完成对燃气表数字的读取,对原仪表没有任何影响,且安装调试方便,易于大规模推广应用。

## 参考文献

- [1] 邓凯,樊倩,陆伟祥,等.民用燃气表无线抄表技术的

- 应用研究[J], 煤气与热力, 2013, 33(4):28-32.
- [2] 赵振中, 廖红春. 智能燃气表现状及发展方向[J]. 煤气与热力, 2014, 34(7):29-31.
- [3] 刘纯, 康志伟, 何怡刚. 一种迭代滤波快速图像修复算法[J]. 电子测量与仪器学报, 2012, 26(3):248-254.
- [4] 莫胜撼, 喻宁娜, 戴建树. 迭代法在焊缝图像阈值分割中的应用[J]. 电焊机, 2015, 45(2):53-56.
- [5] 胡正平, 刘文, 许成谦, 等. 局部自适应学习基稀疏约束结合信息优先权选择扩散的迭代图像修复算法研究[J]. 仪器仪表学报, 2010, 31(3):600-605.
- [6] 刘亚洁. 基于数学形态学膨胀和腐蚀的医学磁共振图像的边缘检测[J]. 生物医学工程与临床, 2012, 16(1):11-13.
- [7] 黄海龙, 王宏, 郭幡, 等. 一种基于数学形态学的多形状多尺度边缘检测算法[J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2010, 31(10):1483-1486.
- [8] 孟庆远, 白艳菊, 胡红萍. 基于字符连通域特征的车牌汉字字符识别技术[J]. 测试技术学报, 2011, 25(1):87-92.
- [9] 安红新, 蒋建国, 齐美彬, 等. 基于三值图像的车牌定位算法[J]. 电子测量与仪器学报, 2012, 26(1):67-71.
- [10] 冉令峰. 基于垂直投影的车牌字符分割方法. 通信技术, 2012, 45(4):89-91.
- [11] 杨丽雯, 曾朝阳, 张永继. 一种基于数学形态学的灰度图像边缘检测方法[J]. 国外电子测量技术, 2012, 31(2):27-30.
- [12] KORMAN S, REICHMA D, TSUR G, et al. FAsT-Match: Fast affine template matching [J]. IEEE Conference on Computer Vision & Pattern Recognition, 2013, 9(4):2331-2338.
- [13] KOUR A. Face recognition using template matching [J]. International Journal of Computer Applications. 2015, 6(6):10-13.
- [14] WU X, ZOU G. High performance template matching algorithm based on edge geometric features [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2013, 34(7):1462-1469.
- [15] ALSAADE F. Fast and accurate template matching algorithm based on image pyramid and sum of absolute difference similarity measure [J]. Research Journal of Information Technology, 2012, 16(4):204-211.

### 作者简介

冯玉田, 工学博士, 副教授, 主要研究方向为信号处理、信号检测与控制等。

E-mail: fengyt01@163.com

刁志蕙, 硕士研究生, 主要研究方向为信号检测与处理。

E-mail: 18321732316@163.com

## 使用罗德与施瓦茨公司的 R&S SFD 信号发生器实时产生 DOCSIS 3.1 信号

罗德与施瓦茨公司的 R&S SFD DOCSIS 信号发生器扩大了其 DOCSIS 产品线, 它提供了符合 DOCSIS 3.1 传输标准的实时信号。有了它, 有线电视网络运营商和设备制造商即可以快速方便地检查自己的网络和设备是否满足 DOCSIS 3.1 的要求。得益于采用了软件选件的方式, 这台单通道信号发生器结构非常紧凑, 并且高度可定制, 是用户处理各种测量任务的既经济又可靠的解决方案。

2016年6月7日, 慕尼黑-有线电视数据服务接口规范 DOCSIS 3.1 使有线电视网络可以快速地传输数据。网络运营商和设备制造商目前正面临如何实施和整合这个标准, 以保持竞争优势的挑战。随同电视业务一起, 高数据率的数据流必须可靠地传输。罗德与施瓦茨公司的 R&S SFD 信号发生器可以帮助用户进行 DOCSIS 网络和设备的标准一致性测试。

R&S SFD 信号发生器实时产生高质量的符合 DOCSIS 3.1, DOCSIS 3.0 和 J. 83/A/B/C 标准的上行和

下行信号。同时, 它还支持有线模拟电视标准。根据不同的标准, 信号采用 OFDM, A-TDMA, S-CDMA 或模拟调制。电平、频率、前向纠错(FEC)和星座均可以进行设置。R&S SFD 支持电视业务和数据业务的传输。数据可以由内部生成, 或由外部信号源通过 IP 馈入。

得益于其数字信号的生成能力, R&S SFD 是研发和生产中测试调谐器、有线调制解调器和上行 CMTS 接收机, 以及在实际网络中仿真 DOCSIS 3.1 信号的理想工具。为仿真实际的网络环境, 信号发生器还可以产生诸如噪声、相位噪声、哼声、斜率, 甚至是一个预设的比特误码率等干扰。它内置了一个 ARB 发生器, 可以产生高达 200 MHz 带宽的信号。

R&S SFD 仅有 19" 机架的一半宽, 2U 高。通过电脑上的图形用户界面, 可以方便地进行配置, 生成各类信号。通过 SCPI 命令远程控制, 信号发生器可用于自动测试系统。得益于其软件选件的方式, R&S SFD 可以满足不同的应用要求。