

一种乘客信息显示器的 机器视觉检测系统

高 峰, 桂晟偲, 余志涛, 陈志漫, 张宏伟

(株洲中车时代电气股份有限公司, 湖南 株洲 412001)

摘 要: 由于传统人工测试方法强度高、效率低, 通过机器视觉方法对列车乘客信息显示器进行测试, 采用 LabView Vision 基于 USB 3.0 相机设计实现了机器视觉检测系统, 对该型显示器实现亮点、暗点、字符自动识别和自动检测。试验验证表明, 该检测系统提高了测试一致性, 保证了测试覆盖率, 并能够精确进行故障诊断。

关键词: 机器视觉; LabView Vision; 图像处理; NI 视觉; NI 视觉生成器

中图分类号: TN873; U270.38

文献标识码: A

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2018.05.024

Machine Vision Test for Passenger Information Interface

GAO Feng, GUI Shengsi, YU Zhitao, CHEN Zhiman, ZHANG Hongwei

(Zhuzhou CRRC Times Electric Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412001, China)

Abstract: Because of the high intensity and low efficiency of the traditional manual testing method, the train passenger information display should be tested by machine vision method. The machine vision testing system was designed and implemented by using LabView Vision based on USB 3.0 camera which could automatic recognition and automatic detection of high lights, dark spots and characters. The test results showed that the system improves test consistency, ensures test coverage, and could accurately diagnose faults.

Keywords: machine vision; LabView vision; image processing; NI vision; NI vision creator

0 引言

21 世纪以来, 国内动车和高铁快速发展, 对列车乘客信息显示器的需求越来越多, 可靠性和一致性要求也越来越高。目前, 乘客信息显示器主要以人工测试(目检)为主, 观察显示器的字符、亮度、亮点/暗点等, 调试员劳动强度大, 眼睛易疲劳, 并存在漏检的可能性。本文基于机器视觉, 论述对动车上的某型显示器的亮点、暗点、字符等自动测试的过程。

1 机器视觉需求分析

机器视觉主要基于摄像头采集外界信息, 通过总线将其传输到上位机/控制器, 然后将其转换为数字图像信号进行处理, 面对不同的外界环境和目的采用不

同的检测方法^[1-3]。本文方案采用 LabView Vision^[4-5], 包含 NI 视觉开发模块和用于自动检测的 NI 视觉生成器(NI Vision Builder for Automated Inspection), 方便在大规模变更软件的情况下升级硬件。

本文检测对象为动车某型号单色显示器, 由 32 块显示子板拼接形成, 其分辨率为 256×32, 尺寸为 700 mm×100 mm, 如图 1 所示, 主要对该型号显示器检查屏幕亮点、亮点/暗点、颜色、亮度和字符。



图 1 动车某型显示器

1.1 亮点和暗点检查

显示屏在生产制造过程中, 由于某些原因会导致存在常亮点/常灭点, 一般称之为坏点。这些坏点可能

收稿日期: 2017-11-18; 修回日期: 2018-02-05

有 1 个或多个像素点, 并且亮度受背景影响不大。该型显示器测试时首先进入全亮状态 (全亮状态持续时间约 3 s), 如图 2 所示, 检查显示屏是否存在暗点。然后进入全灭状态 (全灭状态持续时间约 1 s), 检查是否存在亮点。

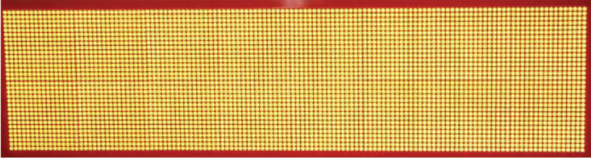


图 2 显示器全亮示意图

1.2 字符识别

该型显示器在测试过程中首先将字库写入到存储芯片中, 然后进行字符滚动测试, 测试过程中需要检查每个字符是否存在缺少笔画的现象。

2 测试系统设计

2.1 硬件设计

1) 硬件架构

系统硬件架构如图 3 所示。

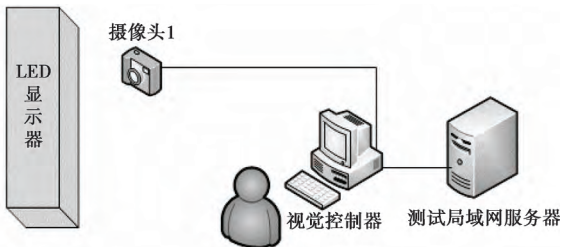


图 3 机器视觉系统架构设计

①该型号显示器亮度较高, 满足检测需求, 因此方案中不采用补光灯。

②视觉控制器由工控机及其附件组成, 工控机进行数据分析和处理, 通过工业接口实现对相机的控制, 相机总线参数见表 1。

③测试局域网服务器是利用已有的网络服务器来承担测试数据的存储和与 MES 数据交互的缓存。

④图像处理需求由 LabView Vision 软件来实现, 图像数据采集

由摄像头承担, 图像数据传输由相机总线承担。

2) 相机总线

相机总线的主要评价指标是传输速率、实际成本、线缆长度和 CPU 使用率。根据该型号显示器上的自检时的切换速度和工作时字符滚动速度, 采集照片速度不小于 5 张 /s (约 30 MB/s), 后期会提高到 10 张 /s (约 60 MB/s)。经过查找各项标准, 具体参数见表 1。

由综合成本、传输速率及 CPU 占用率分析得出, USB 3 Vision 和 GigE Vision 能够满足要求, 进一步对二者进行分析, USB 3 Vision 设备无需单独硬件支持, 而 GigE Vision 还需要配置解码硬件, 因此方案中选择 USB 3 Vision 方案。

3) 镜头选择

该型显示器的屏幕尺寸约 700 mm × 100 mm, 分辨率为 256 × 32。在 LabView Vision 软件中能够可靠地被检测到每个最小的特征点最少需要用 2 个像素来描述, 因此相机需要最小像素为 512 × 64, 预留 1 倍裕量, 则相机分辨率变为 1 024 × 128。查询常用相机资料, 大部分相机 (2/3 英寸 CMOS) 都能够满足要求。

根据焦距计算公式:

$$f = \frac{wL}{W} \tag{1}$$

式中: f 为焦距; w 为 CMOS 的长度 (CMOS 的长度为 8.8 mm, 宽度为 6.6 mm); L 为镜头到显示器的距离; W 为显示器的宽度。

理想镜头焦距 $f=(8.8 \times 500)/700=6.28$ mm, 如图 4 所示。

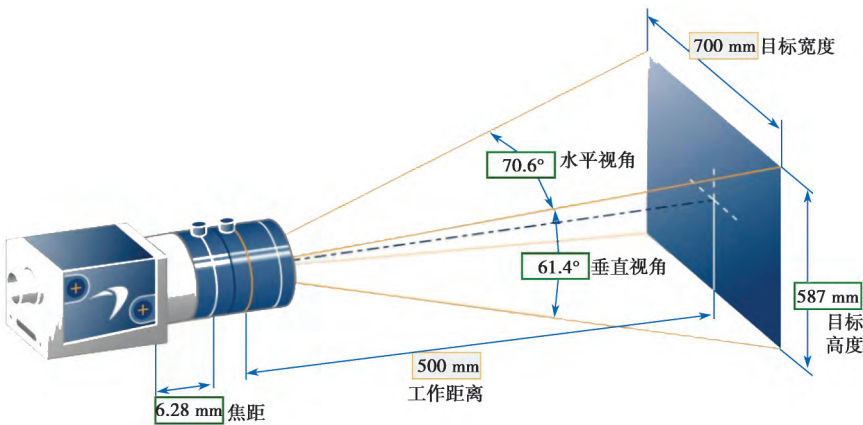


图 4 镜头计算示意图

表 1 相机总线参数

项目	USB 2.0	USB 3 Vision	FireWire A	FireWire B	GigE Vision	Camera Link
传输速率/(MB·s ⁻¹)	50	400	50	100	125	850
成本	低	低	中	中	中	高
线缆长度/m	3	3	4.5	10	100	10
总线标准	N/A	USB3 Vision	IIDC (DCAM)	IIDC (DCAM)	GigE Vision	Camera Link
总线电源	支持	支持	支持	支持	支持	支持
CPU 占用率	高	低	中等	中等	中等	低
I/O 同步	不支持	不支持	不支持	不支持	支持	支持

2.2 测试程序设计

1) 测试程序架构

检测程序主要包含图像采集、图像灰度处理、建立坐标系、亮点/暗点检查和 OCR 文字识别几个部分组成, 程序构架如图 5 所示。

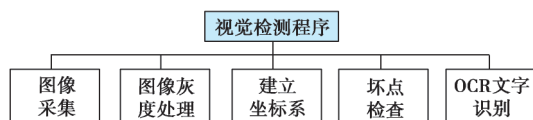


图5 程序架构图

①图像采集部分主要通过 USB 3 Vision 控制摄像头采集图像。

②图像灰度处理主要进行图形的视野校正、滤波、灰度化等操作。

③建立坐标系主要建立相对坐标系以便在指定坐标进行对应操作。

④亮点 / 暗点检查主要检查面板是否存在亮点 / 暗点。

⑤ OCR 文字识别主要识别指定区域的文字匹配与识别。

2) 亮点和暗点分析

在机器视觉中为了较为可靠地找到某一个点是否为亮点 / 暗点，通常会计算像素点与周围像素点的亮度平均值之差，这样做导致数据量比较大，效率比较低，测试时间也比较长，但是亮点 / 暗点定位精度非常高。为了满足测试速度、成本的要求，本文对于显示器亮点 / 暗点的分析，则采用了模板匹配的方法对亮点 / 暗点进行匹配。

①首先在显示器典型的暗点图像上，如图 6 所示，在图像中找到亮点 / 暗点。对亮点的处理方式与对暗点的处理方式类似，在图像中找到有问题的点。

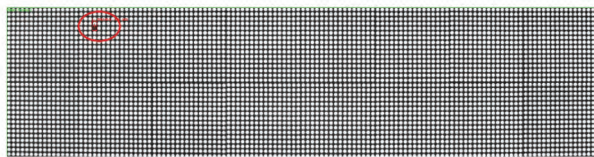


图6 显示器亮点 / 暗点示意图

②综合单个亮点 / 暗点的具体特征，建立亮点 / 暗点模板，如图 7 所示。



图7 亮点 / 暗点模板

③模板匹配算法研究。进行模板匹配时，Pattern Matching VI 默认选择的算法为 Grayscale Value Pyramid，得出结果如表 2 所示。在只有 1 个亮点 / 暗点的图像中找到 5 个可疑对象。分析 Grayscale Value Pyramid 算法，该算法使用灰度值作为特征，通过比较灰度值的阈值来得到相应的信息，不适用于结构信息的检查，适用于复杂的文字边缘检查，因此该算法并不适合进行亮点 / 暗点的模板匹配。亮点 / 暗点位置匹配度得分为 999.976 75，误报位置四

表2 Grayscale Value Pyramid 算法

对象	横坐标	纵坐标	角度	得分
1	305.000 00	61.999 13	0.000 76	999.976 75
2	1 979.000 00	511.000 00	6.000 00	957.217 83
3	99.000 00	511.000 00	354.000 00	952.319 03
4	35.725 38	510.738 34	350.253 20	951.120 12
5	1 991.706 20	510.786 32	350.242 58	946.122 74

配度得分最低为 946.122 74，在外界光线存在变化的情况下，很难区分是否存在误报。

模板匹配的另外一种算法为 Low Discrepancy Sampling (低偏差采样法)，通过寻找最多的特征信息来重构图片适用于模板尺寸非常小并且有非常高的像素对比情况或灰度信息类似的情况下使用，能够较好地找到目标点，并且能回避均匀随机点群集的发生，使计算结果稳定可靠。低偏差序列有多种，常用的如 Van Der Corput 序列、Niederreiter 的 (t, s) 序列、Halton 序列等。Low Discrepancy Sampling (低偏差采样法) 算法的核心就是用试验的方法逼近求问题的近似解。以 Van Der Corput 序列的扩展序列 Halton 序列为例，对于非负数 n 和素数基 p ，定义：

$$n = \alpha_j p^j + \alpha_{j-1} p^{j-1} + \cdots + \alpha_1 p + \alpha_0 \quad (2)$$

式中 $a \in [0, p-1]$ ，则 Van Der Corput 序列可以表示为

$$\varphi_p(n) = \frac{a_j}{p^{j+1}} + \frac{a_{j-1}}{p^j} + \cdots + \frac{a_1}{p^2} + \frac{a_0}{p} \quad (3)$$

由式 (2)、(3) 可知， $\varphi_{pd}(n) \in [0-1]$ ，则 d 维 Halton 序列可以表示为

$$x_n = (\varphi_{p1}(n), \varphi_{p2}(n), \cdots, \varphi_{pd}(n)) \quad (4)$$

采用 Low Discrepancy Sampling 算法后，得到信息如表 3 所示。实际匹配的效果要好于 Grayscale Value Pyramid (匹配度得分 999.999 90，大于 Grayscale Value Pyramid 算法的得分 999.976 75)，并且能够消除 4 个误报。

表3 Low Discrepancy Sampling 算法

对象	横坐标	纵坐标	角度	得分
1	305	62	0	999.999 90

3) OCR 文字识别

①根据工装定位选定字符识别区。采用 Image Mask VI 的 Create from ROI (Region Of Interest, 感兴趣区域) 功能，选定文字识别区域，利用 Mask 算法 (即将非 ROI 区域设置成 0 或 1，降低图片处理数据量，提高处理速度) 将 ROI 区域范围外的像素全部设置为 0，即可得到字符识别区域，如图 8 所示。



图8 文字识别区域

②设置合适阈值，以便提取字符。通过 Threshold 设置灰度值，将灰度值低于字符灰度值的像素消除，以便将字符分开。Threshold 中设置了几种算法，如 Niblack (通过计算选定区域外的静态像素平均灰度值移除低于该值的像素)、Background Correction (根据设定的背景灰度值消除类似灰度值的像素) 等，均不能有效地去除背景将分开字体。因此使用了 Manual

Threshold 方式, 通过人工调整像素的灰度值来提取字符, 通过多次尝试, 灰度值设置为 229 即可有效提取字符, 过低会导致部分字符(“使”和“用”)连接在一起, 无法分开; 过高会导致部分字符(如“用”)中间不完整, 不利于字符识别。经过调试, 得到图像如图 9 所示。

请您爱护使用车

图 9 设置阈值提取字符

③优化图片, 采用 Lookuptable 功能的“Equalize”设置(在 8 bit 图像中设置灰度最小值和最大值), 将图片的目标物(字符)与背景的动态对比最大化, 方便识别, 如图 10 所示。

请您爱护使用车

图 10 增强图片对比度

④通过 Gray Morphology 加粗提取的目标, 以提高识别准确度。在 Gray Morphology(灰度选项卡)通过 Erode(腐蚀功能)处理粗字体, 利用边缘像素采用 3×3 矩阵方式计算字体加粗方式。最开始采用的计算矩阵如图 11 所示, 中心的像素为处理前的像素, 将与该像素相邻的点均设置成当前像素的灰度值, 导致在该图像中字体加粗, 间隙减少, 不利于字体的识别。因此将像素的计算矩阵改为如图 12 的方式, 将与中心像素直接相连的像素设置成当前像素的灰度值, 计算得出图像如图 12 所示, 这样所得到图像的清晰度、间隙均明显改善。

1 1 1
1 1 1
1 1 1

请您爱护使用车

图 11 加粗字体方法 1

0 1 0
1 1 1
0 1 0

请您爱护使用车

图 12 加粗字体方法 2

⑤通过 Filter(滤波)滤除噪点和颗粒, 降低图像的锯齿, 提高图像的平滑度, 如图 13 中标注出来的两处对比点(红框内为滤波前的状态)。

请不要触摸按 请不要触摸按

图 13 滤波对比图

⑥通过 OCR/OCV 实现字符识别。将字符识别方式设置为“Auto: Non Linear”, 将字符特征设置为“Dark on Light”, 将目标区域内的不与背景字符整体(非背景颜色的字符)提取出来, 并将读取策略设置

为“Conservative(保守策略)”以便能够应用多种特征标准来匹配目标模板, 以便能够准确识别字符, 在字符匹配度上设置阈值为 900, 经过多次测试, 均能够有效识别字符, 如图 14 所示。

请您爱护使用车

图 14 字符识别

识别出来的字符匹配度, 如表 4 所示。

表 4 字符匹配度

字符	分类平分	左方	右方	宽度	高度
请	978	148	219	63	61
您	966	215	220	63	63
爱	967	288	221	60	62
护	976	354	221	63	62
使	923	424	222	66	65
用	948	493	223	59	62
车	959	565	224	60	63

2.3 系统应用

经过 100 次试验结果显示, 50 次连续测试时共有 49 次试验结果与实际一致, 50 次微动被测显示屏相对位置时共计 41 次试验结果与实际一致。根据试验结果分析表明, 该 LED 显示屏视觉检测系统在连续测试时准确率为 98%, 在随机移动被测显示屏相对位置时准确率只有 82%。连续分析时受相机实时曝光的影响, 导致外界光源对采集质量产生影响, 对相机参数可进一步优化调节; 微动被测显示屏相对位置主要影响图像处理参考系统的定位及图像校正程序, 参数有待于优化, 而该产品采用工装定位显示器位置可避免微动带来的影响。

3 结语

通过 LED 显示屏视觉检测系统的设计与实现, 利用该系统替代该型号显示器显示板在调试过程中的人工目检, 完成 LED 显示板亮点/暗点、颜色、文字等信息的识别。该系统在识别的准确性、一致性上达到设定目标, 能够满足产品正常的生产和调试需求。在该系统后续的应用中需要通过优化图像算法、改善光源环境等方式进一步提高检测一致性, 降低重复测试, 为产品提供质量保证。

随着 VR、AR 等人工智能机器视觉技术的发展^[6-7], 大数据技术、神经网络等的应用, 通过优化算法、改善图像处理方法, 其准确度及效率进一步提升, 机器视觉系统代替人眼能够完成的作业也必将越来越多, 其在生产调试过程中的运用亦将日益广泛。

参考文献:

- [1] 张宁, 徐熙平. LabView 平台下 USB 图像采集与处理系统设计[J]. 工业仪表与自动化装置, 2013(6): 80-82.

(下转第 117 页)

管理。

③分析结果为系统升级换代提供有效的理论指导。对 E1 至 E8, E44 至 E47 等对系统性能产生重要影响的关键少数基本事件的产生原因进行进一步分析, 并对相应器件进行重点改良, 提升系统性能。

通过合理选取组成器件失效模型和系统故障树, 该方法可推广到其他领域复杂电子系统的故障预测中。

参考文献:

- [1] 许丽, 苏思琦, 旷文珍. 全电子计算机联锁系统的通信协议设计及安全性分析[J]. 中国铁道科学, 2012, 33(6): 83-87.
- [2] CENELEC. Railway applications: safety related electronic systems for signaling: BS EN 50129: 2003[S]. Britain: European Committee for Electrotechnical Standardization, 2003.
- [3] CHEN X X, ZHOU G SH, YANG Y, et al. A newly developed safety critical computer system for China metro[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2013, 14(2): 709-719.
- [4] 张本宏, 陆阳, 韩江洪, 等. “二乘二取二”冗余系统的可靠性和安全性分析[J]. 系统仿真报, 2009, 21(1): 256-261.
- [5] 陈建译. 基于故障预测与健康管理的铁路信号设备维护技术研究[J]. 中国铁路, 2015(3): 16-20.
- [6] 王圯, 何正友, 林圣, 等. 高铁牵引供电系统 PHM 与主动维护研究[J]. 西南交通大学学报, 2015, 50(5): 942-952.
- [7] 何正友, 程宏波. 高铁铁路牵引供电系统健康管理及故障预警体系研究[J]. 电网技术, 2012, 36(10): 259-264.
- [8] 彭宇, 刘大同. 数据驱动故障预测和健康管理综述[J]. 仪器仪表学报, 2014, 35(3): 481-495.
- [9] 旷文珍. 铁路车站分布式计算机联锁系统[J]. 中国铁道科学, 2012, 33(5): 139-143.
- [10] 陈光武, 范多旺, 魏宗寿, 等. 基于二乘二取二的全电子计算机联锁系统[J]. 中国铁道科学, 2010, 31(4): 138-144.
- [11] 冯雪, 王喜富. 基于动态故障树的计算机联锁系统可靠性及性能分析研究[J]. 铁道学报, 2011, 33(12): 78-82.
- [12] 陶勇剑, 董德存, 任鹏. 故障树分析的二元决策图方法[J]. 铁路计算机应用, 2009, 18(9): 4-7.
- [13] 米根锁, 张凤霞, 魏蕾. 基于剩余寿命的铁路轨道电路调整型维修方法研究[J]. 铁道学报, 2015, 37(4): 69-74.
- [14] 曹利锋, 邹树梁, 唐德文. 基于 VC++ 与 MATLAB 的故障树分析系统[J]. 计算机技术与发展, 2014, 24(1): 77-84.

作者简介: 冯浩楠(1984-), 男, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为城市轨道交通系统研究与故障识别。

(上接第 111 页)

- [2] 李逆. 基于虚拟仪器的 PCBA 智能视觉检测技术研究[D]. 桂林: 桂林电子科技大学, 2009.
- [3] 李汉国, 何星, 阎晓娜. 印制电路板的自动光学检测[J]. 无损检测, 2004, 26(4): 307-309.
- [4] 陈锡辉, 张银鸿. LabVIEW 8.20 程序设计从入门到精通[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [5] 杨乐平, 李海涛, 赵勇, 等. LabVIEW 高级程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [6] 吕军. 基于虚拟仪器技术的工业视觉检测系统[D]. 广州: 暨南大学, 2003.
- [7] 刘波. 表面贴装 LED 全自动编带机视觉监测系统研制[D]. 西安: 西安工业大学, 2013.

作者简介: 高峰(1985-), 男, 工程师, 主要从事电路板 DFT/DFM, 边界扫描测试、在线测试、机器视觉等测试技术研究。

广告索引

深圳市宝创科技有限公司(封 2-前插 1)
株洲中车时代电气股份有限公司(前插 2)
广州金升阳科技有限公司(前插 3)
三菱电机机电(上海)有限公司(前插 4)
北京赛为达科技有限公司(前插 5)
咸阳亚华电子电器有限公司(前插 6)
湖南中车时代电动汽车股份有限公司(前插 7-8)
湖北平安电工材料有限公司(前插 9)
南通江海电容器股份有限公司(前插 10)
雷莫电子(上海)有限公司(前插 11)
株洲时代新材料科技股份有限公司(前插 12)
株洲庆云电力机车配件工厂有限公司(前插 13)
河谷(佛山)智能装备股份有限公司(前插 14)
汕头华兴冶金设备股份有限公司(前插 15)
宁夏银利电气股份有限公司(前插 16)
世模科技股份有限公司(中插 1)

湖南中车时代通信信号有限公司(中插 2)
株洲中车时代电气股份有限公司半导体事业部(中插 3)
株洲变流技术国家工程研究中心有限公司(中插 4-5)
襄阳中车电机技术有限公司(中插 6-7)
宝鸡中车时代工程机械有限公司(中插 8)
上海意兰可电力电子设备有限公司(后插 1)
深圳通业科技股份有限公司(后插 2)
舟山市庆丰铁路仪表有限公司(后插 3)
温州市龙电绝缘材料有限公司(后插 4)
湖南省宁乡县中南散热器有限公司(后插 5)
2018 第十三届上海国际轨道交通展览会(后插 6)
珠海金电电源工业有限公司(后插 7)
中铁检验认证株洲牵引电气设备检验站有限公司(后插 8-9)
宁波市江北九方和荣电气有限公司(后插 10)
中车威墅堰机车车辆工艺研究所有限公司(后插 11)
安徽省康利亚股份有限公司(后插 12)
无锡东电化兰达电子有限公司(封 3)
深圳市中电华星电子技术有限公司(封 4)