

工业相机发展概述及其在烟厂中的应用

李普贤, 李敏, 李俊

红塔烟草(集团)有限责任公司玉溪卷烟厂, 云南 玉溪

收稿日期: 2021年11月6日; 录用日期: 2021年12月9日; 发布日期: 2021年12月17日

摘要

从CCD光电传感器的诞生, 到基于PC的机器视觉, 再到后PC时代的智能工业相机, 工业相机在50多年中得到了长足的进步。卷烟厂使用工业相机的例子也屡见不鲜, 并给烟厂带来了很大的经济效益。

关键词

电荷耦合器件, 机器视觉, 工业相机

Overview of the Development of Industrial Cameras and Their Applications in Cigarette Factories

Puxian Li, Min Li, Jun Li

Hongta Tobacco (Group) Co., Ltd. Yuxi Cigarette Factory, Yuxi Yunnan

Received: Nov. 6th, 2021; accepted: Dec. 9th, 2021; published: Dec. 17th, 2021

Abstract

From the birth of CCD photoelectric sensor, to PC-based machine vision, to the intelligent industrial camera in the post-PC era, industrial cameras have made great progress in more than 50 years. The use of industrial cameras in cigarette factories is not uncommon, and it has brought great economic benefits to cigarette factories.

Keywords

CCD, Machine Vision, Industrial Camera

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着电子信息技术的高速发展以及各类摄像头的广泛应用，全球图像视频数据爆炸式增长，人类社会正在进入视觉信息的大数据时代。工业相机可说是工业自动化系统的灵魂之窗。从物件辨识、产品检测、外观尺寸量测到传动设备定位等，工业相机都发挥了重要作用。

相对于家用相机，工业相机拥有结构紧凑，工作稳定，更快的快门时间，帧频更快，输出光谱宽和价格便宜等优点。因此，在产品的发展和应用发面也会把工业相机和数码相机、家用相机等做分开讨论。

2. 工业相机国内外发展

工业相机作为机器视觉的核心，伴随着机器视觉行业的产生和发展，工业相机也随之进入了人们的视线，这些年也在不断的进步和发展[1]。

在国外，从 20 世纪 50 年代开始，因为计算机和机器人的出现，便有了机器视觉的概念。到 20 世纪 60 到 80 年代，由于 CCD 图像传感器的面世[2]，真正意义上推动了机器视觉的发展。90 年代末，德国 Vision Components 公司生产出第一款工业相机，之后机器视觉进入高速发展期。进入到 21 世纪，随着嵌入式技术的发展，与工业相机的结合，使得机器视觉有了质的飞越。目前，全球最知名的工业相机供应商有德国的 The Imaging Source、Basler，加拿大的 DALSA、丹麦的 JAI 及美国 IDT 等。其中 DALSA 作为世界上唯一一家集半导体制造、芯片设计与制造、工业相机设计与制造于一体的企业，是机器视觉行业的先驱。

相对于国外，国内机器视觉的起步相对较晚，只有大概 20 年的时间。1990~1998 年，国内仅有一小批校内学者对机器视觉做研究，工业相机并未投入到工业领域。1998~2002 年国外半导体行业入住上海和广东，工业相机进入中国，此后，机器视觉和工业相机在国内得到了快速发展[3]。目前，国内知名的工业相机制造商主要有大恒图像、微视图像、汉王科技、图谱光电等。

3. 工业相机的主要框架及其发展

传统的机器视觉是基于 PC 的，其主要由工业相机和 PC 两个部分组成[4]。工业相机只是作为机器视觉前端实现数据的采集，后端数据的处理以及数据的传输由计算机来完成[5]。这种数据采集和处理分离的方式，使得机器视觉的体积庞大，结构复杂，价格昂贵，不利于在特殊工业环境下作业。另一方面，由于微处理器，DSP，FPGA，ARM 等的不断发展[6]，缩小了处理器的体积，可以集成前端数据采集和后端数据处理一体化，改善了安装难度，节约了成本，这种新型的机器视觉系统就是现今的智能工业相机[7] [8] [9]。

目前的工业相机相当于传统机器视觉系统，除了有图像采集功能，还集成了数据处理和通信功能。所以，智能相机和基于 PC 的机器视觉有相同的功能模块，主要包括图像采集、图像数据处理和通信三个模块[10]。

图像采集模块的作用是将光信号转化成电子信号，主要是通过光电传感器 CCD 和 CMOS 来完成。CCD 是 1969 年由美国贝尔实验室(Bell Labs)的维拉·波义耳(Willard S. Boyle)和乔治·史密斯(George E.

Smith)所发明,目前仍然广泛的应用在数码相机以及天文学和军工等领域。CMOS 主要是利用硅和锗两元素制成,使其共存着带负电的 N 极和带正电的 P 极,这两个一正一负互补效应所产生的电流即可被处理芯片纪录和转换成影像。比起 CCD, CMOS 具有读取信息的方式简单、输出信息速率快、耗电省(仅为 CCD 芯片的 1/10 左右)、体积小、重量轻、集成度高、价格低等特点。但是, CMOS 相比起 CCD 来说最大的致命伤就是画质,这是因为早期的 CMOS 有个明显的缺点,就是在电流变化时频率变快,因此不可避免的会产生热量,最终造成画面出现杂点影响成像质量[11]。目前,各大厂商对 CMOS 的投入,研发相对更高, CMOS 在画质上也在不断提高,其在市场也在据了重要的份额[12]。

图像数据处理模块由硬件和软件组成,硬件主要是指嵌入式处理器,软件则指嵌入式上的操作系统及集成的图像处理程序,国内外大量学者做了基于 FPGA, DSP, ARM 等的研究,各大厂商也将这些技术应用于工业现场[13]。ARM (Advanced RISC Machines),一类微处理器的通称,由 ARM 公司负责设计。ARM 的集成度高,外围电路全面,事务管理能力强,可以实现成熟的人机交互界面。但由于其主频只有几百兆赫兹,对于高频高分辨率的图像数据来说还是有些力不从心。DSP (Digital Signal Processing),即数字信号处理。DSP 是一种独特的微处理器,有自己的完整指令系统,是以数字信号来处理大量信息的器件。相对于 ARM 来说, DSP 设计了专门的硬件加速器来处理常用的数字信号运算,如此可以获得更快的数据处理能力。例如, DSP 包含多个硬件乘法器,可以在一条指令中实现数据的乘法加法运算,大大提高了运算能力。此外, DSP 采用了数据存储和指令存储分开的哈佛结构,使得在存储数据的同时执行指令,获得更高的指令执行效率。DSP 对数据信号处理的针对性较强,硬件相对来说比较固定,移植性较差,对于大多数数据没有有效的解决方法,因此在使用中需要配合其他处理器一起使用,形成多核系统。FPGA (Field Programmable Gate Array)是在 PAL、GAL 等可编程器件的基础上进一步发展的产物。它是制作专用集成电路领域中的一种半定制电路而出现的,既解决了定制电路的不足,又克服了原有可编程器件门电路数有限的缺点。FPGA 的硬件功能可以像软件编程一样实现,从而可以进行灵活的更新和开发,提高了系统设计的灵活性和通用性。图像处理的软件部分则跟选择的处理器类型紧密配合,在选择不同的处理器类型后,使用对应的开发软件来实现对图像数据的处理。

通信模块是工业相机的重要组成部分,一方面,它负责发送系统控制信息,另一方面它也负责传送图像数据。目前,工业相机的主要接口有 USB, 1394, GigE, CameraLink 四种。CameraLink 标准规范了数字摄像机和图像采集卡之间的接口,采用了统一的物理接插件和线缆定义,解决了高速传输的问题。基于千兆以太网通信协议开发的 GigE 接口标准,允许用户在很长距离上用廉价的标准线缆进行快速图像传输,它还能在不同厂商的软、硬件之间轻松实现互操作,将是未来发展和使用的主流[14] [15]。

4. 工业相机在烟厂中的相关应用

在卷烟工艺中,随着卷烟机器速度的不断提升,人眼观察已经远远不能满足对卷烟质量的检查和把控,需要引入智能工业相机来适应现代化的工业生产,做到更加快速、实时有效地检测产品质量。目前,红塔集团玉溪卷烟厂在 GDX6S/ZB28 包装机机型的烟包出口处,使用了 3 台工业相机,来对烟包底部、正面、侧面做一个全方位检测,如图 1 所示。在 GDX500、GDX1 和 GDX2 包装机机型烟包出口处,设置了 CCD 工业相机,对烟包做一个全面检测。在烟条入口处设置了工业相机,对烟条外观做全面检测。同时,杨彩虹,蔡培良等使用工业相机设计 C800 包装机烟包外观检测装置,来检测条盒胶点的有无[16],王晖,程小虎等使用工业相机设计了基于机器视觉的接装纸缺陷检测装置,检测接装纸的缺陷[17],汪冬冬,侯加文等使用工业相机做了基于阴影检测的传送带烟丝堵料视觉检测系统设计,检测烟丝是否正常传动[18],孙军,张振华等使用工业相机做了烟包喷码图像自动检测控制系统的设计与应用[19],检测烟包喷码的好坏。



Figure 1. Inspection of cigarette pack outlet of GDX6S/ZB28 packaging machine model
图 1. GDX6S/ZB28 包装机机型的烟包出口处检测

总之,工业相机在烟厂从烟丝传送,到烟支成型,再到烟包外观的各个工序都已被广泛使用,今后,还会在其他方面得到推广。工业相机的发展和应用不仅给工厂节省了劳动成本,解放了劳动力,提升了效率,还提高了产品质量,降低了废品率,节省了原料,从多个方面给工厂带来了效益。

5. 总结

工业相机从诞生到现在半个多世纪,其技术在不断地改善和提高,在工业领域的应用也在不断地扩大。在之后智慧化工厂的建设中,工业相机也将会发挥着重要的作用。

参考文献

- [1] 李树杰. 中国机器视觉的发展趋势[J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2010, 26(1): 161-162.
- [2] 米本和也. CCD/CMOS 图像传感器基础与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 1-144, 109-225.
- [3] 姚鹏. 中国工业相机的春天[EB/OL]. 中国视觉网, 2007-05-10.
- [4] Thorp, K.R. and Dierig, D.A. (2011) Color Image Segmentation Approach to Monitor Flowering in Lesquerella. *Industrial Crops and Products*, **34**, 1150-1159. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.04.002>
- [5] 王海滨. 基于 ARM9 和 linux 移动通讯信息平台软硬件设计[D]: [硕士学位论文]. 吉林: 长春工业大学, 2007.
- [6] 吴瑜儒. ARM 架构体系微处理器发展历史及其在人工智能领域的应用[J]. 数码世界, 2020(11): 13-14.
- [7] 陈洋. 基于 ARM 和嵌入式 Linux 系统的多功能工业相机的设计和实现[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆邮电大学, 2016.
- [8] Khan, T.H. and Wahid, K. (2011) Design of a DVP Compatible Bridge to Randomly Access Pixels of High Speed Image Sensors. *Proceedings of IEEE International Conference on Consumer Electronics*, Las Vegas, NV, USA, 9-12 January 2011, 911-912. <https://doi.org/10.1109/ICCE.2011.5722933>
- [9] 马牙川. 基于 FPGA 的智能工业相机系统的研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2016.
- [10] 许晓. 嵌入式智能工业相机的研究与实现[D]: [硕士学位论文]. 山东: 烟台大学, 2019.
- [11] 李碧波, 汪海帆. CMOS 图像传感器芯片后端设计与实现[J]. 电子技术与软件工程, 2015(3): 103-104.
- [12] 王世和, 陈远金, 刘彬. CCD 与 CMOS 国内外技术发展综述[J]. 内燃机与配件, 2017(13): 112-114.
- [13] 蔡金. 嵌入式高清工业相机研究与实现[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2013.
- [14] 黄钉劲, 李飞, 杨爽, 马莎莎. 高速 Camera Link 工业相机视频采集研究[J]. 价值工程, 2015(4): 43-44.
- [15] 周磊. 通过以太网控制工业相机的系统设计[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2016(10): 5854-5854.
- [16] 杨彩虹, 蔡培良, 罗勇, 等. C800 包装机烟包外观检测装置的设计[J]. 包装工程, 2020, 41(5): 201-208.
- [17] 王晖, 程小虎, 赵淑华, 赵举峰. 基于机器视觉的接装纸缺陷检测装置[J]. 烟草科技, 2015(8): 88-92.
- [18] 汪冬冬, 侯加文, 李帆, 李小福. 基于阴影检测的传送带烟丝堵料视觉检测系统设计[J]. 轻工学报, 2020, 35(5): 41-47.
- [19] 孙军, 张振华. 烟包喷码图像自动检测控制系统的设计与应用[J]. 烟草科技, 2010(5): 17-18+33.