

# 面向全景与目标识别的嵌入式实验系统设计

玄玉波<sup>1a</sup>, 黄红艳<sup>2</sup>, 陈玫玫<sup>1a</sup>, 赵增君<sup>1a</sup>, 姜岳辰<sup>1b</sup>

(1. 吉林大学 a. 通信工程学院; b. 机械与航空航天工程学院, 长春 130022;

2. 石家庄邮电职业技术学院 电信工程系, 石家庄 050031)



**摘 要:** 开发了一套具有目标识别、全景拼接等功能的实验系统。选用 NVIDIA 嵌入式开发板 Jetson TX2 和 e-CAM30\_HEXACUTX2 摄像头, 搭建了大视场、高分辨的多相机图像采集系统, 具有成本低、扩展性好、易使用维护、低功耗等特点。该系统已应用在我校开放实验中, 完成了图像全景拼接、目标识别、视频推送系统及关键点检测等实验内容设计。

**关键词:** 深度学习; 目标识别; 嵌入式开发板

**中图分类号:** TP 752 **文献标志码:** A

**文章编号:** 1006-7167(2020)09-0084-04

## Design of Embedded Experimental System for Panoramic and Target Recognition

XUAN Yubo<sup>1a</sup>, HUANG Hongyan<sup>2</sup>, CHEN Meimei<sup>1a</sup>, ZHAO Zengjun<sup>1a</sup>, JIANG Yuechen<sup>1b</sup>

(1a. College of Communication and Engineering; 1b. School of Mechanical and Aerospace, Jilin University, Changchun 130022, China; 2. Department of Telecommunications Engineering, Shijiazhuang Telecommunications Vocational and Technical College, Shijiazhuang 050031, China)

**Abstract:** In order to strengthen students' understanding of image processing techniques involved in artificial intelligence and virtual reality, it is very necessary to develop an experimental system with functions such as target recognition and panoramic stitching. The NVIDIA embedded development board Jetson TX2 and e-CAM30\_HEXACUTX2 camera are used to build a large field of view and high-resolution multi-camera image acquisition system, which has the characteristics of low cost, good scalability, easy to be used and maintained, and low power consumption. The system has been applied in the experiment of authors' school, and has completed the practical content design of image panorama stitching, target recognition, video push system and key point detection. The experimental system strengthens students' understanding of image processing technologies such as deep learning and panoramic stitching, and consolidates students ability to use hardware such as embedded development boards and cameras.

**Key words:** deep learning; target recognition; embedded development board

## 0 引言

随着 5G 时代的来临, 人工智能和虚拟现实技术

正在改变我们的世界。这些技术中的全景拼接以及图像深度学习是较为先进的图像处理技术<sup>[1-3]</sup>。然而, 当前的数字图像处理实践教学, 大多还处于传统的图像处理阶段, 如图像去噪、形态学处理、边缘检测等<sup>[4]</sup>, 学生对图像处理的全景拼接和深度学习理解和复现缺少认知<sup>[5]</sup>。本文开发了一款图像处理的嵌入式实验平台, 并将虚拟现实技术中的全景拼接、图像处理中的深度学习等应用到该平台中, 在开放实验等实践课程中增加学生对这些技术的直观认识, 培养学生

收稿日期: 2019-10-20

基金项目: 吉林省重点科技研发项目(20180201043GX)

作者简介: 玄玉波(1979-), 女, 黑龙江牡丹江人, 博士, 讲师, 研究方向为数字图像处理、并行加速等。

Tel.: 13596103291; E-mail: xuanyb@jlu.edu.cn

对当前图像处理的热点技术的兴趣和理解。

## 1 实验平台设计

实验平台的设计考虑到便携性、高效和低功耗,选用了 NVIDIA 嵌入式开发板 Jetson TX2 和 e-CAM30 高清相机设计多相机采集系统,如图 1 所示。Jetson TX2 是一台模块化 AI 超级计算机,采用新一代 NVIDIA Pascal™ 架构 GPU。它性能强大,但外形小巧,运算能力相当于顶级的 i7CPU,满足实验平台速度需求。e-CAM30\_HEXCU TX2 是由 e-con Systems 公司设计制作的一种新型 MIPI 相机板,支持多种分辨率:640 × 480、1 280 × 720、1 920 × 1 080、2 304 × 1 906,最高达到了 2 304 × 1 536。实验平台使用了 6 个相机使两两相机有图像重叠区域,满足全景图像拼接实验需求。

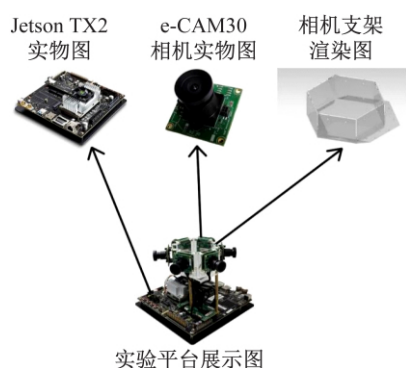


图 1 实验平台实物图

相机由 SCI 异步串行通信方式接入 Jetson TX2 主板,传输速率为 5 GB/s。同时,视场 360°,无论目标出现在何处,都会被相机采集到,不必考虑目标的镜头切换,可进行被识别的目标推送的实验设计。

## 2 全景拼接实验

基于特征的方法是全景图像拼接领域的主要算法,包括特征提取和图像融合 2 个步骤。该算法对于在光照变化、旋转变化、尺度缩放、几何变形、图像模

糊等情况处理效果较好。其中特征提取的方法主要包括 SIFT( Scale Invariant Feature Transform) 算法<sup>[6]</sup>、角点算法<sup>[7]</sup>、SURF( Speeded Up Robust Features) 算法<sup>[8]</sup>等。而图像融合算法主要有像素级、特征级和决策级。基于像素级的多分辨率融合是图像融合中最具潜力的方法,并且具有较高的精度。实验设计中采用了 SURF 算法进行特征匹配和多分辨率融合算法进行全景拼接,拼接效果如图 2 所示。



(a) 光照充足户外环境



(b) 光照充足室内环境



(c) 光照不均匀室内环境

图 2 不同光照条件下全景拼接结果

## 3 目标识别实验

本实验利用谷歌的开源 Object Detection TensorFlow 框架,使用了卷积网络 SSD( Single Shot Multibox Detector) 模型<sup>[9]</sup>。SSD 是一种基于卷积神经网络的目标检测算法,网络模型如图 3 所示。在硬件平台 Jetson TX2 板上使用 SSD 实现目标识别,得到良好的检测效果。实验设计完成 3 个功能:动态概率打分、坐标标注和智能存储。

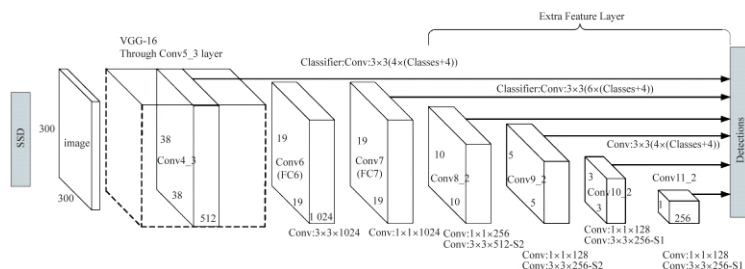


图 3 SSD 网络模型图

**功能 1** 对识别目标进行动态概率打分。如图 4 所示,对照片目标的识别,对瓶子和人识别概率进行打分,并给出了相应百分数。

**功能 2** 设计了行人坐标标注。图 5 示例了对于 person 的坐标实时标注,4 个坐标分别是检测框左、右

边线坐标和上、下边线坐标(278, 431, 302, 428)。

**功能 3** 节省存储空间。当视频画面中存在行人时,可自动记录行人的运动视频,不存在或者行人概率低于 50% 时不储存视频,如图 6 所示。



图 4 动态概率打分

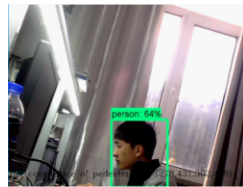


图 5 坐标标注

多次测试后,对于近距离行人的检测率超过了 98%;远距离行人也有超过 85% 的检测率。而对于非常规姿态的行人检测率保持在 70%;50% 遮挡的行人检测率维持在 60% 左右,基本满足日常需求。而坐标标注可以保证 100% 的行人标注率,对于智能存储上,50% 的行人判断阈值基本可以保证是否出现行人,这两点辅助功能很好地完成了任务。此外,在多个相机存在时,也可同时完成识别,如图 7 所示。

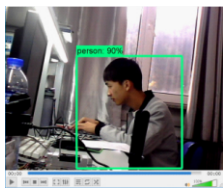


图 6 智能存储

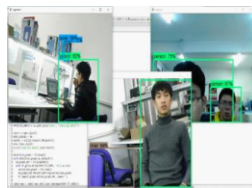


图 7 多相机同时识别

#### 4 远程推送实验

视频远程推送由推流端、服务器、拉流端构成。推流端用 ffmpeg 完成;服务器由 NGINX + RTMP 模块完成;拉流端使用网页 Flashplayer 或 VLC 软件完成,如图 8 所示<sup>[10]</sup>。Jetson TX2 为推流服务器,只需使终端处于同一局域网内,输入 rtmp 拉流地址,即可实现识别的视频在不同终端的远程观看<sup>[11]</sup>。PC 端 VLC 拉流播放如图 9 所示,手机端 VLC 拉流播放如图 10 所示。在此基础上,添加短信提醒功能,当监控区域存在行人时,立即向手机发送短信提醒监控者,如图 11 所示。



图 8 网页端播放

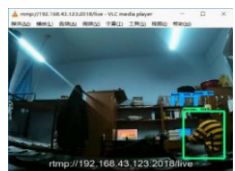


图 9 PC 端 VLC 播放

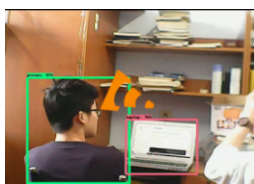


图 10 手机端 VLC 播放

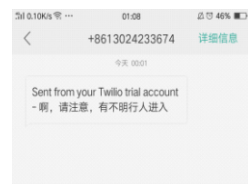


图 11 短信提醒

#### 5 关键点检测实验

关键点检测由单元模板定位关键点和模板关系连

接关键点组成。通过定位人体关节,姿态分析,对出现在视频中的人进行实时监测,如果有异常或者危险行为,可以及时告知后台,立刻处理,对看护老人和孩子能起到重要作用。

模板定位由基于 darknet 框架的 yolov3 关键点检测实现<sup>[12-13]</sup>;检测人体关节的地方包括人体的头、左肘和右肘、左腕和右腕、腰、左肩和右肩、左膝和右膝、左踝和右踝等。在 Jetson TX2 上下载好各关节部位的 FLIC 数据集,训练出模型参数后,测试效果如图 12 所示。模板关系取各模板检测框中心位置画出人体骨架,如图 13 所示。



图 12 模板定位

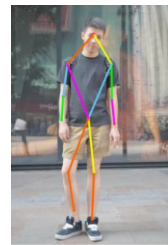


图 13 模板连接

本实验采用连线间夹角的方法判断骨架姿态。计算左右肩关节和左右肘关节、左右肘关节和左右腕关节与水平  $x$  轴的 4 个角度,如果小于所设阈值角度  $10^\circ$ ,则被判定为 T 姿势,如图 14 所示。关键点识别后的连线效果如图 15 所示。

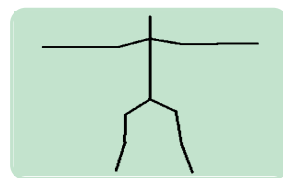


图 14 T 姿势



图 15 T 姿势识别

若定义一个测试者站马步的姿势,计算左右臀关节和左右膝关节、左右膝关节和左右脚踝关节与水平  $x$  轴的 4 个角度,从而能够算出膝盖弯曲角度,如果在所设阈值角度范围  $85^\circ \sim 100^\circ$  之间,则被判定为马步姿势。与此类似,可定义出其他姿势的判别办法。马步姿势识别与比心姿势识别效果分别如图 16、17 所示。



图 16 马步姿势识别

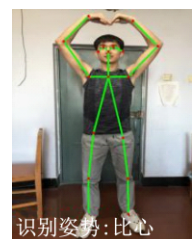


图 17 比心姿势识别

#### 6 结 语

本文设计了一套新颖的数字图像处理实验平台,



该平台能完成4个实验内容,分别是全景拼接、行人检测、目标推送和关键点检测。全景拼接得到全景视频图像,使用VR眼镜可以体验虚拟现实技术,具有较好的沉浸感。行人监测和目标推送可以进行智能监控,当该场所出现行人时,能及时识别。进而通过开发远程推送使得监控者能够在远程的终端随时随地观看,不必限制于区域因素。最后一个实验则是人体不同姿态的判别。该实验平台在我校的开放实验课程中已经投入使用了2个学年,具有图像分辨率高、画质优良、功耗低等优点。学生参与的热情极高,利用这些功能设计了一些实际应用的项目,例如:无人机搜救、无人区监控等。通过这些实验,学生们加深了对当前热点的深度学习、全景拼接技术的理解,切实体会到了这些图像处理技术在实际工程中的应用。伴随着以培养创新为导向教育理念,该开放实验平台的应用体现了对学生创新思维的锻炼,充实和开拓了数字图像实验的教学内容。

#### 参考文献(References):

- [1] 赵沁平.从虚拟现实技术管窥新兴工科人才培养[J].中国大学教学,2019(9):7-9.
- [2] 王永亮,王晨,余世水.全景视频处理技术分析[J].传播力研究,2019,22(3):287-288.
- [3] 殷琪林,王金伟.深度学习在图像处理领域中的应用综述[J].高教学刊,2018(9):72-74.
- [4] 李郑冬.数字图像处理技术发展探究[J].信息记录材料,2019,20(2):99-100.
- [5] 孙智鑫.人工智能的应用情况与发展概述[J].科技传播,2019,11(2):153-154.
- [6] David G L. Distinctive image features from scale-invariant keypoints[J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2): 91-110.
- [7] 梁飞,尹秋霞.视频引伸计中Harris角点算法的改进[J].工具技术,2018(3):157-159.
- [8] Bay H, Ess A, Tuytelaars T, et al. Speeded-up robust features (SURF)[J]. Computer Vision and Image Understanding, 2008, 110(3): 346-359.
- [9] 李小宁,雷涛,钟剑丹,等.基于改进SSD的车辆小目标检测方法[J].应用光学,2020,41(1):20-25.
- [10] 胡国强,周兆永,信朝霞.基于SRS的开源直播系统的设计与实现[J].现代电子技术,2016,39(16):36-39.
- [11] 冯勋.基于RTMP协议的轻量级视频服务器的设计与实现[D].成都:电子科技大学,2015.
- [12] 袁鹏程.基于卷积神经网络的人体姿态识别算法研究[D].西安:西安石油大学,2019.
- [13] 肖澳文,刘军,张苏沛,等.基于CNN的三维人体姿态估计方法[J].武汉工程大学学报,2019,41(2):168-172.
- [14] FANUC M4iA 0.5A type selecting robot and implementation of iRVision picture-recognizing procedure[C]//Annual Session of Scientific Papers IMT ORADEA 2018. [s. l.]: MATEC Web of Conferences 2018, 184, 02022: 1-6.
- [15] 张利敏,梅江平,赵学满,等.一种二平动自由度并联机械手动力尺度综合[J].天津大学学报,2010,43(8):661-666.
- [16] 史晓静,张冬花.安装轴承用压装机设计[J].汽车齿轮,2013(3):16-20.
- [17] 张华栋,杨立洁,王桂梅.陶瓷托辊专用轴承压装机虚拟设计与仿真[J].组合机床与自动化加工技术,2019(3):139-142.
- [18] 付贵,刘莉雯,郭湘川.基于机器视觉的轴承座分类识别系统研究[J].机电工程,2019,36(10):1115-1118.
- [19] 郝大孝,舒志兵,孙学.基于机器视觉的Delta机器人分拣与跟踪系统设计[J].机床与液压,2019,47(17):36-42.
- [20] 盛华军,胡国清.视觉图像技术与机器人工件抓取的协作应用[J].自动化与仪表,2020,35(2):37-40,46.
- [21] 乔景慧,李岭.基于机器视觉的电视机背板检测及自适应抓取研究[J].工程设计学报,2019,26(4):452-460.
- [22] Gyula K, Géza H, Timotei I E. The maintenance, commissioning of

(上接第65页)

提高了系统的稳定性和可靠性,具有一定的推广价值。

#### 参考文献(References):

- [1] 夏阳,龚朝克.基于汽车启动机轴承的伺服压装机设计[J].组合机床与自动化加工技术,2019(9):135-138.
- [2] 肖石辉,王建生.智能压装机的设计与研究[J].机电信息,2018(33):132-133,135.
- [3] 姚宝天,李彤,乔森.城轨车辆轮对轴箱轴承智能装配线设计[J].铁道车辆,2020,58(2):19-22,5.
- [4] Clavel R. Device for displacing and positioning an element in space, Europe: EP0250470 B1[P]. 1991.07.17.
- [5] Torgny Brogårdh. Present and future robot control development-An industrial perspective[J]. Annual Reviews in Control 2007, 31(1): 69-79.
- [6] ABB 全套机器人自动化系统亮相 2015 中国工博会[J].金属加工(热加工),2015(22):2-2.
- [7] Gyula K, Géza H, Timotei I E. The maintenance, commissioning of

· 名人名言 ·

一切推理都必须从观察与实验中得来。

——伽利略