

同行专家业内评价意见书编号：20240854197

附件1

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院） 同行专家业内评价意见书

姓名：王夏蕊

学号：22160587

申报工程师职称专业类别（领域）：电子信息

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）制

2024年03月22日

一、个人申报

(一) 基本情况【围绕《浙江工程师学院(浙江大学工程师学院)工程类专业学位研究生工程师职称评审参考指标》，结合该专业类别(领域)工程师职称评审相关标准，举例说明】

1. 对本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况

关于对本专业基础理论知识和专业技术知识，掌握了网络与通信、计算机安全以及信号处理等方面的基本理论、分析方法和工程实践技能，具有计算机应用和开发的能力；掌握了电子技术和计算机组成与体系结构的基本原理、分析方法和实验技能；掌握了数理基础知识、编程语言、操作系统以及软件设计方法和工程的基本理论、基本知识与基本技能，具有较强的程序设计能力，能从事系统软件和大型应用软件的开发与研制。

2. 工程实践的经历

本工程实践对光学ToF传感器接收到的数据进行算法设计与处理，实现动态手势识别。所使用的低像素飞行时间(ToF)传感器功耗低、体积小、成本低廉，应用在手势识别领域具有保护隐私、不受光照条件影响等的优点。目前提出的基于低像素ToF传感器的动态手势识别方案距离范围单一，具有很大局限性。本文针对 8×8 像素ToF传感器极低分辨率的特点与挑战，提出了一套信号处理流程和模型。首先，使用均值滤波预处理数据，将异常值校准为有效值，同时提出帧差滑动窗口法保证运动手势序列的完整性，接着使用拉格朗日插值法对帧序列定长化处理，最后，建立小型并联卷积网络(Tiny parallel convolutional networks, TPC-Net)实现动态手势的识别与分类。结果表明，基于本实践工作提出的信号处理流程和模型，对距离传感器30cm-60cm范围的6种动态手势达到了98.47%的识别准确率，识别效果和模型复杂度均优于现有基于低像素ToF传感器的方法。在实习过程中，所做的基于传感器的动态手势识别项目为企业带来了经济和社会效益。一方面，通过技术应用创新，企业开发出更高效、更准确的手势识别系统，为用户提供更好的体验，从而提升企业的产品竞争力。另一方面，动态手势识别的应用场景广泛，例如虚拟现实、智能家居等领域，可以为解决企业工程实际问题提供有效的解决方案，促进企业的发展和创新发展。

3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例(不少于1000字)

随着半导体工艺的不断进步，TI、ST等公司推出了多款广泛应用的ToF相机。早些年研究人员利用高像素(通常高于 176×144 像素)光学ToF传感器进行手势识别，该类型传感器不涉及用户隐私，通常具有低功耗、响应时间快速、宽视场角等的优点。利用高像素光学ToF传感器进行手势识别的研究证明了深度信息带来的好处，但由于分辨率和成本线性相关，这些具有较高分辨率的传感器成本高达千元。相比之下，低像素传感器能降低成本和功耗，同时生成的低维数据使得处理更加容易，计算量更小。近年来许多公司发布了低像素的光学ToF传感器。由于低像素传感器较低的分辨率，从用户体验角度出发，主要面临以下挑战：a. 数据有效性；b. 识别准确性；c. 算法复杂度；d. 应用可行性。本实践工作将专注解决这些挑战，以提高识别性能。

本实践工作提出了一套信号处理流程和模型。首先，由于深度图边缘处的像素点由于功率较低，像素点强度信息低于弱阈值，对应深度信息表现为“黑块”；而中心位置的像素点由于被测目标距离太近，像素点强度高于强阈值，对应深度信息表现为“ADC”或“SAT”，这两种异常状态会导致有效像素点减少。针对这一情况，考虑到像素矩阵在邻接点上所固有的空间相关性，考虑到选取几何邻域平均的思想使用均值滤波预处理数据，将异常值校准为有效

值。在手势运动期间，系统如果不能准确定位手势的开始帧和结束帧，会导致提取的序列与真实序列之间产生较大的偏差，最终影响分类器的识别精度。因此，精准捕捉手势的开始和结束是保证识别准确率的前提。本实践工作进一步提出帧差滑动窗口法保证运动手势序列的完整性。接着，由于用户的动作差异会导致帧数不同，而不规整数据不能直接作为深度学习的输入，根据动态手势连续帧数据的时间相关性，在不减少信息损失的前提下，采用了拉格朗日插值法使帧数据定长，以得到规整输入。最后，建立了小型并联卷积网络（Tiny parallel convolutional networks, TPC-Net）实现动态手势的识别与分类。TPC-Net主体为并联结构的二维卷积神经网络（2D-CNN），Conv2和Conv3使用不同尺寸的卷积核，以提取不同尺寸的特征，保留更多的信息。TPC-Net模型包含三层卷积层和两层全连接层，激活函数选用整流线性单元（ReLU）。输入层经过卷积核大小为 1×1 的Conv1进行降维，输出通道由10减少到8。然后，进行Conv2的 1×1 卷积操作和Conv3的 3×3 卷积操作（通过padding实现输出特征大小一致），选择 1×1 卷积代替部分 3×3 卷积有助于减少参数量。同时，将特征通道数减少为4，进一步减少了参数和计算量。Conv1、Conv2、Conv3后使用批归一化层（Batch Normalization, BN）加速网络收敛。接着，将并行卷积后的输出在channel维拼接，展开后依次连接到输入维度为512的FC1、输入维度为128的FC2，最后使用Softmax函数进行归一化操作，以得到分类结果。结果表明，基于本实践工作提出的信号处理流程和网络模型，对距离传感器30cm-60cm范围的6种动态手势达到了98.47%的识别准确率，识别效果和模型复杂度均优于现有基于低像素ToF传感器的方法。

(二) 取得的业绩(代表作)【限填3项, 须提交证明原件(包括发表的论文、出版的著作、专利证书、获奖证书、科技项目立项文件或合同、企业证明等)供核实, 并提供复印件一份】

1. 公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技成果获奖、学位论文等】

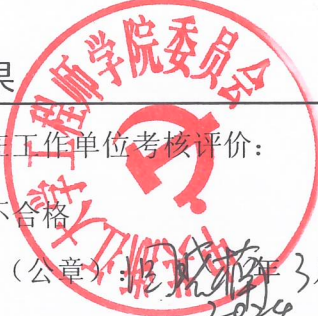
成果名称	成果类别 [含论文、授权专利(含发明专利申请)、软件著作权、标准、工法、著作、获奖、学位论文等]	发表时间/授权或申请时间等	刊物名称/专利授权或申请号等	本人排名/总人数	备注
Research on Dynamic Gesture Recognition with Low-pixel ToF Sensors	会议论文	2023年07月20日	UCOM2023	1/4	EI会议收录

2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效益等】

(三) 在校期间课程、专业实践训练及学位论文相关情况	
课程成绩情况	按课程学分核算的平均成绩： 86 分
专业实践训练时间及考核情况(具有三年及以上工作经历的不作要求)	累计时间： 1.1 年(要求1年及以上) 考核成绩： 86 分(要求80分及以上)
本人承诺	
<p>个人声明：本人上述所填资料均为真实有效，如有虚假，愿承担一切责任，特此声明！</p> <p style="text-align: right;">申报人签名： 王夏莲</p>	

22160587

二、日常表现考核评价及申报材料审核公示结果

日常表现 考核评价	非定向生由德育导师考核评价、定向生由所在工作单位考核评价： <input checked="" type="checkbox"/> 优秀 <input type="checkbox"/> 良好 <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格 德育导师/定向生所在工作单位分管领导签字（公章）：  2024年3月22日
申报材料 审核公示	根据评审条件，工程师学院已对申报人员进行材料审核（学位课程成绩、专业实践训练时间及考核、学位论文、代表作等情况），并将符合要求的申报材料在学院网站公示不少于5个工作日，具体公示结果如下： <input type="checkbox"/> 通过 <input type="checkbox"/> 不通过（具体原因： ） 工程师学院教学管理办公室审核签字（公章）： 年 月 日

浙江大学研究生院

攻读硕士学位研究生成绩单

学号: 22160587	姓名: 王夏蕊	性别: 女	学院: 信息与电子工程学院	专业: 电子信息	学制: 2.5年						
毕业时最低应获: 24.0学分	已获得: 24.0学分	入学年月: 2021-09			毕业年月: 2024-03						
学位证书号: 1033532024312023	毕业证书号: 103351202402310079				授予学位: 电子信息硕士						
学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质	学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质
2021-2022学年秋季学期	数值计算方法		2.0	85	专业选修课	2021-2022学年秋季学期	研究生论文写作指导		1.0	91	跨专业课
2021-2022学年秋季学期	电子信息工程中数学模型与方法		2.0	88	专业学位课	2021-2022学年秋季学期	大数据基础与应用		2.0	91	专业选修课
2021-2022学年秋季学期	人工智能算法与系统		2.0	92	专业学位课	2021-2022学年春季学期	科学研究与写作指导		1.0	87	专业学位课
2021-2022学年冬季学期	电子与信息工程技术管理		2.0	93	专业学位课	2021-2022学年春季学期	电子与通信工程领域前沿讲座		2.0	89	专业选修课
2021-2022学年冬季学期	中国特色社会主义理论与实践研究		2.0	91	公共学位课	2021-2022学年夏季学期	研究生英语		2.0	免修	公共学位课
2021-2022学年冬季学期	工程伦理		2.0	87	公共学位课	2021-2022学年夏季学期	自然辩证法概论		1.0	89	公共学位课
2021-2022学年冬季学期	工程前沿技术讲座		2.0	82	专业学位课	2021-2022学年夏季学期	研究生英语基础技能		1.0	免修	公共学位课

说明: 1. 研究生课程按三种方法计分: 百分制, 两级制 (通过、不通过), 五级制 (优、良、中、及格、不及格)。

2. 备注中“*”表示重修课程。

学院成绩校核章:

成绩校核人: 张梦依

打印日期: 2024-04-02

Research on Dynamic Gesture Recognition with Low-pixel ToF-Sensors

Xiating Wang¹, Weiwei Feng¹, Zhiguo Shi^{1,*}, Yong Wang^{1,2,*}

¹College of Information Science and Electronic Engineering, Zhejiang University, Zhejiang, China

²Key Laboratory of Collaborative Sensing and Autonomous Unmanned Systems of Zhejiang Province, Zhejiang, China
wangxtt@zju.edu.cn, fengvv@zju.edu.cn, shizg@zju.edu.cn, wangy@zju.edu.cn

Abstract—Low-pixel time-of-flight (ToF) sensors offer advantages in low power consumption, small size, and low cost. For gesture recognition, there are two advantages. Firstly, they are robust to changes in lighting conditions. Secondly, they could protect privacy. This paper addresses the challenge of utilizing an 8x8 pixel ToF sensor with extremely low resolution by proposing a signal processing system. The system includes pre-processing the data through non-global mean filtering to calibrate outliers. Additionally, we design a frames difference sliding window to ensure the integrity of gesture sequences and use Lagrangian interpolation to norm the fixed length. Finally, we design a tiny parallel convolutional network (TPC-Net) to recognize dynamic gestures. Experimental results demonstrate that the proposed system achieves an average accuracy of 98.47% over 6 dynamic gestures. Furthermore, our system achieves better performance with less model complexity compared to existing methods using low-pixel ToF sensors. These results illustrate the effectiveness of our system.

Keywords—ToF sensor, low-pixel, signal processing, dynamic gesture recognition

I. INTRODUCTION

With the rapid development of computer technology, the demand for human-computer interaction has become increasingly widespread. Non-contact gesture recognition is an essential component of human-computer interaction, enabling users to operate smart devices through a series of finger and hand movements, eliminating the need for physical contact. This technology is widely used in smart homes, virtual reality, and other applications.

Existing gesture recognition works have primarily focused on visual solutions, which typically use monocular cameras to capture gestures and achieve recognition through gesture detection, action tracking, and classification [1]. However, visual solutions are susceptible to lighting changes, and raise concerns regarding user privacy.

Sensor-related applications are currently in full swing [2]–[4]. Compared to visual solutions, ToF sensors offer advantages for gesture recognition, providing depth information for each pixel without compromising user privacy. Early research using ToF sensors for gesture recognition focused on high-pixel sensors, typically with resolutions higher than 144 × 176 pixels. For static gesture recognition, Breuer et al. were the first to use a ToF sensor with a resolution of 144 × 176 pixels to extract hand regions using depth information and achieved an accuracy of 93.3% on 9 static gestures [5]. For dynamic gestures, Jiang et al. investigated the use of a 320 × 240

pixel ToF sensor to determine the boundaries of dynamic gestures through thresholding and sliding windows to achieve segmentation between sequences [6]. Additionally, Molina et al. implemented a gesture recognition system for control window applications using a 144 × 176 pixel ToF sensor and achieved 93.9% accuracy on 13 dynamic gestures [7].

These earlier studies using high-pixel ToF sensors for gesture recognition demonstrated the effectiveness of depth information. However, the linear relationship between resolution and cost means that sensors with higher resolution can cost up to a thousand dollars. In contrast, low-pixel sensors reduce cost and power consumption while generating low-dimensional data, making processing easier and requiring less computation. Currently, researchers had used sensors with lower resolution on studying gesture recognition. Stephan Boner et al. developed a small tandem temporal convolutional network (Tiny TCN) that, for the first time, used a low-pixel ToF sensor (VL53L5CX) with a 4x4 pixel resolution for dynamic gesture recognition at 20 cm, achieving 96.05% accuracy and running on an embedded, low-power ARM Cortex-M4 processor [2]. As sensors' resolution decrease, the accuracy of proximity and X/Y direction also decreases, making it impossible to infer gesture categories directly from depth data. Therefore, research on gesture recognition using low-pixel ToF sensors is currently on the rise.

We investigate dynamic gesture recognition using a low-pixel, low-cost 8x8 ToF sensor within a range of 30–60 cm. Since the sensor contains only 64 pixels, less information is available, posing higher demands on the signal processing task.

Given the characteristics and challenges of extremely low resolution, we have developed a signal processing system that includes acquisition, processing, and classification. For acquisition, we first proposed non-global mean filter to calibrate outliers. To address the influence of incomplete gesture sequences on recognition accuracy, we proposed a frames difference sliding window to extract effective frames between the start and end of gestures. Then, we utilized the Lagrange interpolation to fix different lengths frames to the same length. Additionally, we established a TPC-Net model for gesture classification, achieving an average accuracy of 98.47% with several parameters of 66.87k. This is a significant improvement compared to existing methods that use low-pixel ToF sensors. During real-time testing, the system achieved an accuracy of 89%, with a response time of less than 30ms,

《Ei Compendex》收录证明

经检索“Engineering Village”，下述论文被《Ei Compendex》收录。（检索时间：2023年12月25日）。

<RECORD 1>

Accession number:20234214925081

Title:Research on Dynamic Gesture Recognition with Low-Pixel ToF-Sensors

Authors:Wang, Xiating (1); Feng, Weiwei (1); Shi, Zhiguo (1); Wang, Yong (1, 2)

Author affiliation:(1) College of Information Science and Electronic Engineering, Zhejiang University, Zhejiang, China; (2) Key Laboratory of Collaborative Sensing and Autonomous Unmanned Systems of Zhejiang Province, Zhejiang, China

Corresponding authors:Shi, Zhiguo(shizg@zju.edu.cn); Wang, Yong(wangy@zju.edu.cn)

Source title:2023 International Conference on Ubiquitous Communication, Ucom 2023

Abbreviated source title:Int. Conf. Ubiquitous Commun., Ucom

Part number:1 of 1

Issue title:2023 International Conference on Ubiquitous Communication, Ucom 2023

Issue date:2023

Publication year:2023

Pages:150-155

Language:English

ISBN-13:9798350340433

Document type:Conference article (CA)

Conference name:2023 International Conference on Ubiquitous Communication, Ucom 2023

Conference date:July 7, 2023 - July 9, 2023

Conference location:Xi'an, China

Conference code:192971

Publisher:Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.

Number of references:19

Main heading:Gesture recognition

Controlled terms:Data handling - Pixels

Uncontrolled terms:Dynamic gesture recognition - Gestures recognition - Lighting conditions - Low-costs - Low-pixel - Low-power consumption - Lower-power consumption - ON dynamics - Signal-processing - Time-of-flight sensor

Classification code:723.2 Data Processing and Image Processing

Numerical data indexing:Percentage 9.847E+01%

DOI:10.1109/Ucom59132.2023.10257656

Funding details: Number: 2022C01028, Acronym: -, Sponsor: Key Research and Development Program of Zhejiang Province; Number: 2022YFE0112600, Acronym: NKRDPC, Sponsor: National Key Research and Development Program of China; Number: 226-2023-00111, Acronym: -, Sponsor: Fundamental Research Funds for the Central Universities;

Funding text:ACKNOWLEDGMENT This work is supported National Key Research and Development Program (Grant Number: 2022YFE0112600), the Fundamental Research Funds for the Central Universities 226-2023-00111, and the Key R&D Program of Zhejiang Province (No.2022C01028).

Database:Compendex

Compilation and indexing terms, Copyright 2023 Elsevier Inc.

注:

1. 以上检索结果来自 CALIS 查收查引系统。
2. 以上检索结果均得到委托人及被检索作者的确认。

