

文章编号: 2095-2163(2019)05-0226-03

中图分类号: TP311

文献标志码: A

# 基于5G移动边缘计算的实验室火灾探测系统研究

孙海松

(南京科技职业学院 信息工程学院, 南京 210048)

**摘要:** 提出了一种高效的基于卷积神经网络(CNN)的火灾探测系统,用于在实验室的监控视频中进行火灾检测。本系统使用了轻量级的深度神经网络(DNN),该DNN没有密集的全连接层,因此具有极低的计算开销。实验评估结果表明,与现有技术相比,该系统具有更好的综合性能,适用于在资源受限的物联网环境中实施火灾探测。

**关键词:** 移动边缘计算; 5G; 实验室火灾检测

## Research on laboratory fire detection system based on 5G mobile edge computing

SUN Haisong

(School of Information Engineering, Nanjing Polytechnic Institute, Nanjing 210048, China)

**[Abstract]** This paper presents an efficient convolutional neural network (CNN)-based fire detection system for fire detection in laboratory surveillance video. The system uses a lightweight deep neural network (DNN) that has no dense fully connected layers and has very low computational overhead. The experimental evaluation results show that the system has better comprehensive performance than the prior art, which is suitable for implementing fire detection in a resource-constrained Internet of Things environment.

**[Key words]** mobile edge calculation; 5G; laboratory fire detection

### 0 引言

触觉互联网可以通过移动边缘计算和5G的数据传输实现智能化,并已应用于电子健康、智能监控等多种应用中<sup>[1-2]</sup>。在智能监控领域中,边缘智能在安全和灾难管理中发挥着重要作用,对于异常情况的快速预警有利于制定快速的应急响应行动。基于边缘智能的CNN火灾检测方法具有较高的准确性。然而现有的方法未能在不确定的物联网环境中准确地检测火灾,此外对于资源受限的设备而言,基于CNN的方法会带来巨大的开销,从而影响性能。本次研究探讨在实验室环境中的火灾检测系统,设计了轻量级的深度CNN,以实现高效的火灾检测。

### 1 系统框架

火灾探测是一项繁琐的工作,尤其是当监视环境有遮挡物或者火灾很小时。在这种情况下,传统的火灾探测系统会产生大量的错误警报。研究者们提出了基于CNN的火灾探测方法,但这些方法的运行时间、运算规模使得其不适用于资源受限的监控网络。因此,提出了基于CNN的有效改进方法,利

用监控视频进行火灾探测。使用轻量级的深度神经网络,没有密集的全连接层,系统架构如图1所示。

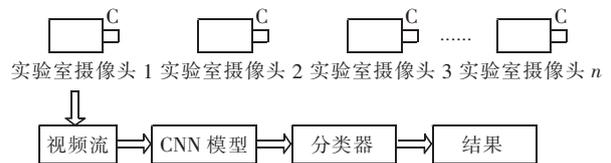


图1 系统架构

Fig. 1 System architecture

CNN能够很好地解决现实中的问题(如图像分类、物体检测、动作识别<sup>[3]</sup>)。通过卷积层、池化层和全连接层,CNN可以自动从数据集中学习到丰富的特征。对于火灾检测,CNN中的全连接层具有2个类别:火灾和非火灾。

经过大量实验,发现MobileNet比主流的CNN模型好(如AlexNet<sup>[4]</sup>和GoogleNet<sup>[5]</sup>)。因此,针对火灾探测问题,基于MobileNet进行改进。与AlexNet等模型类似,原始MobileNet模型在ImageNet数据集上进行训练,并将对象划分为1000类。为此,将原始MobileNet模型最后一层的神经元数量修改为2,以此区分火灾和非火灾场景。通过添加扩展层来对MobileNet的体系结构进行修改,修改后的结构如图2所示。

作者简介: 孙海松(1977-),男,硕士,实验师,主要研究方向:计算机软、硬件、云计算技术。

收稿日期: 2019-07-02

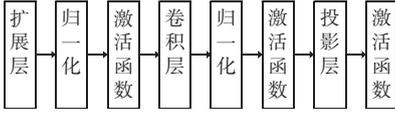


图 2 修改后 CNN 结构

Fig. 2 Modified CNN structure

在将输入数据传递到卷积层之前,扩展层会扩展输入数据中的通道数。扩展量可以通过扩展因子控制,其默认值为 6。第二个卷积层过滤输入,投影层会减少通道数。对于每一层的输出,采用线性整流函数 ReLU6 作为激活函数,对输出进行归一化。激活函数 ReLU6 在低精度的计算中具有鲁棒性。投影层后面没有任何激活函数,因为其输出是低维数据,并且使用激活函数可能影响输出结果。

在灾害管理等关键应用中,轻微的延迟都会造成巨大损失。因此,模型选择是一个关键问题。与其它 CNN 模型相比,MobileNet 适用于内存和带宽受限的硬件架构。例如, FPGA、智能传感器和树莓派(Raspberry Pi)。同时,MobileNet 适用于基于 5G 的移动边缘计算范式。

## 2 实验评估与结果分析

本节进行实验评估,将文中方法 MECFire、基于 CNN 的方法(即 CNNFire<sup>[6]</sup>、EFDFire<sup>[7]</sup>)进行比较,对系统的鲁棒性进行评估。从基准数据集<sup>[8]</sup>中构建了一个新数据集,其中的图像可以分为火灾和非火灾两个类别。新数据集包含了 20 885 张图像。为了训练和测试系统,使用 20% 的数据集数据进行训练,剩下的 80% 进行测试。表 1 列出了训练和测试数据的相关信息。由于篇幅所限,仅展示了数据集中的部分图像,如图 3 所示。

表 1 数据集信息

Tab. 1 The information of data set 张

图像总数	火灾图像		非火灾图像	
	确定环境	不确定环境	确定环境	不确定环境
16 064	3 208	480	9 614	2 762

实验选取的指标包括准确率(accuracy)、漏报率(False Negative, FN)和误报率(False Positive, FP),实验结果见表 2。准确率、漏报率和误报率的计算公式分别如下所示:

$$accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}, \quad (1)$$

$$FN = \frac{FN}{FN + TP}, \quad (2)$$

$$FP = \frac{FP}{FP + TN}, \quad (3)$$

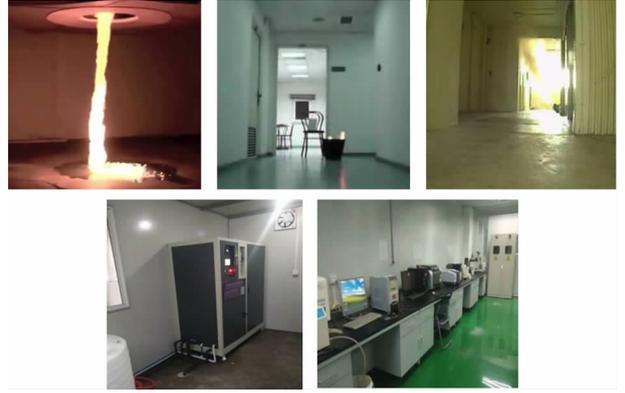


图 3 部分数据集图像

Fig. 3 Some images from dataset

EFDFire 具有最低的漏报率,但是其误报率很高,最终准确率为 94.72%。而 CNNFire 虽然具有较低的误报率,但是其漏报率较高。经对比可知,本文的方法 MECFire 有着最好的综合性能,实现了较高的准确率。

表 2 实验结果对比

Tab. 2 Comparison of experimental results

方法	误报率	漏报率	准确率
MECFire	0	0.02	97.85
CNNFire	0.06	1.42	93.16
EFDFire	5.78	0.11	94.72

为了进一步研究本文系统的性能,使用另一组评估指标,即精度(precision)、召回率(recall)和 F-measure,结果见表 3。精度、召回率和 F-measure 的计算公式分别表示为:

$$precision = \frac{TP}{TP + FP}, \quad (4)$$

$$recall = \frac{TP}{TP + FN}, \quad (5)$$

$$F - measure = \frac{2 \times TP}{2 \times TP + FP + FN} \quad (6)$$

由结果可知,EFDfire 的召回率是最好的,但是其精度和 F-measure 则是最差的。CNNFire 的表现一般,其精度和 F-measure 都比 EFDFire 低。总体来说,本系统 MECFire 具有较好的综合性能。

表 3 实验结果对比

Tab. 3 Comparison of experimental results

方法	精度	召回率	F-measure
MECFire	1	0.97	0.97
CNNFire	0.98	0.95	0.95
EFDFire	0.94	0.97	0.93

本系统是一个轻量级的体系结构,每秒百万浮点操作(MFLOPS)更少,模型的大小也更合理,对比

结果见表4。与其它模型相比,本系统处理一个图像所需的 *MFLOPS* 更少,因此在相同的时间内,本系统能处理更多的图像。同样,所采用的模型更小,易于在资源受限的设备上实施部署。本系统可以很容易地部署运行在诸如树莓派这样的设备上。综上所述,在总体性能评估指标、模型大小和 *MFLOPS* 等方面,与现有的火灾探测系统相比,本文研发的系统是早期火灾探测的最佳选择。

表4 模型大小、*MFLOPS* 对比Tab. 4 Model size, *MFLOPS* comparison

方法	MFLOPS	模型大小/MB
MECFire	288	12.1
CNNFire	954	33.6
EFDFire	833	212.0

### 3 结束语

众所皆知,CNN 近年来在众多问题的求解上取得了可观进步,故而研究人员将其应用于火灾等异常事件检测。早期发现火灾对于灾害管理系统非常重要。本文提出了一种基于 CNN 的高效方法,用于实验室监控视频中的火灾探测。与现有的方法相比,本系统具有更小的模型结构,并表现出较好的综合性能。未来的研究工作将监控视频与传感器探测(如烟雾探测器)相结合,开发出混合检测系统。后期则将本系统与工业系统物联网相结合,以实现更

高效的自动化检测。

### 参考文献

- [1] MAIER M, CHOWDHURY M, RIMAL B P, et al. The tactile internet: vision, recent progress, and open challenges[J]. IEEE Communications Magazine, 2016, 54(5): 138-145.
- [2] SIMSEK M, AIJAZ A, DOHLER M, et al. 5G-enabled tactile internet[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2016, 34(3): 460-473.
- [3] ULLAH A, AHMAD J, MUHAMMAD K, et al. Action recognition in video sequences using deep bi-directional LSTM with CNN features[J]. IEEE Access, 2018, 6: 1155-1166.
- [4] KRIZHEVSKY A, SUTSKEVER I, HINTON G E. Image Net classification with deep convolutional neural networks [J]. Communications of the ACM, 2017, 60(6): 84-90.
- [5] SZEGEDY C, LIU Wei, JIA Yangqing, et al. Going deeper with convolutions [C]//Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Boston, MA, USA: IEEE, 2015: 1-12.
- [6] MUHAMMAD K, AHMAD J, LV Zhihan, et al. Efficient deep CNN-based fire detection and localization in video surveillance applications [J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 2018 (99): 1-16.
- [7] MUHAMMAD K, AHMAD J, BAIK S W. Early fire detection using convolutional neural networks during surveillance for effective disaster management[J]. Neurocomputing, 2018, 288: 30-42.
- [8] FOGGIA P, SAGGESE A, VENTO M. Real-time fire detection for video-surveillance applications using a combination of experts based on color, shape, and motion [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2015, 25(9): 1545-1556.

(上接第225页)

离跨平台的系统,研究中将选用 React Native 技术来解决 Android 与 IOS 系统不兼容的问题,后台则可以将 MongoDB 作为后台数据库来实现主页模块、咨询模块、订单查询模块以及账户模块等功能操作<sup>[4]</sup>。

### 3 结束语

对于失能的老人而言,康复器具对于克服多种身体障碍起到了关键作用。共享经济下的今天就是需要把好东西互相分享。这种分享方式并不仅仅是局限在物质资源方面的分享,而且也包括爱心、知识和生产资料等方面的共享<sup>[5]</sup>。共享老年康复器具 App 致力于为医疗康复器具制造企业、爱心企业或媒体以及家中存有闲置的康复器械的个人搭建一个快捷的租赁平台,为家中、社区、甚至是机构中的老年行动不便者提供一个高效、便捷的线上咨询和先进的租赁平台。如此则不仅会大大降低供需双方的

交易费用,本平台也将成为康复器具营销模式改变的新开端。

### 参考文献

- [1] 国家统计局. 老龄化程度加深,劳动年龄人口数量连降7年 [EB/OL]. [2019-03-07]. <http://www.cncaprc.gov.cn/contents/2/188549.html>.
- [2] 全国老龄办. 第四次中国城乡老年人生活状况抽样调查成果 [EB/OL]. [2016-10-24]. <http://www.cncaprc.gov.cn/contents/2/177118.html>.
- [3] 焦开山. 中国老年人健康预期寿命的不平等问题研究[J]. 社会学研究, 2018, 33(1): 116-141, 244, 245.
- [4] 孙一帆,潘杨杨,魏婷婷,等. 共享图书 APP 的设计与开发[J]. 价值工程, 2018, 37(30): 217-218.
- [5] 李昊宗. 共享图书 APP 的开发与研究[J]. 自动化技术与应用, 2019, 38(4): 49-53.
- [6] 张海,袁顺波,段荟. 基于 S-O-R 理论的移动政务 APP 用户使用意愿影响因素研究[J]. 情报科学, 2019, 37(6): 126-132.
- [7] 刘畅,李严. “互联网+共享经济”背景下跨高校图书借阅平台的设计开发[J]. 辽宁经济, 2019(5): 44-45.
- [8] 沈旭,胡炜健,孟巍. 智慧校园 APP 设计与实现[J]. 智能计算机与应用, 2019, 9(1): 224-228.