

Design Research of Embedded Human Fall Video Electronic Detection System

Zhao Zhang Zhikai Jiang

College of Mechanical and Electrical Engineering, Wuyi University, Wuyishan, Fujian, 354300, China

Abstract

Based on the development of electronic technology, this paper puts forward the research results of electronic detection when human body falls. Due to the use of embedded processor and camera, the system has a small volume and power consumption, which can be easily integrated into various environments, such as home, medical institutions or public places. Using the deep learning algorithm to analyze video streaming in real time, the system can efficiently capture human posture and movement characteristics, so as to accurately detect fall events and improve the efficiency and timeliness of rescue. Moreover, by classifying features with pre-trained models, the system can make judgments quickly, avoiding the subjectivity and latency of artificial judgments. After judging the fall event, the system can immediately take corresponding measures, such as issuing an alarm to inform the family members or medical staff, or automatically triggering the emergency rescue system to help the fall person get help as soon as possible.

Keywords

AX620A; AI; HRNet neural network; human body pose

嵌入式人体跌倒视频电子检测系统设计研究

张昭 蒋志凯

武夷学院机电工程学院, 中国 · 福建 武夷山 354300

摘 要

论文基于现在电子技术的发展, 提出了人体跌倒时的电子检测研究成果。本系统由于采用了嵌入式处理器和摄像头, 系统具有较小的体积和功耗, 可以方便地集成到各种环境中, 如家庭、医疗机构或公共场所。利用深度学习算法实时分析视频流, 系统能够高效地捕捉人体姿势和动作特征, 从而准确地检测跌倒事件, 提高了救援的效率和及时性。此外, 通过预先训练好的模型对特征进行分类, 系统可以快速做出判断, 避免了人为判断的主观性和延迟性。在判断出跌倒事件后, 系统可以立即采取相应的措施, 如发出警报通知家人或医护人员, 或者自动触发紧急救援系统, 帮助跌倒者尽快得到帮助。

关键词

AX620A; 人工智能; HRNet神经网络; 人体姿态

1 引言

随着人工智能技术的迅猛发展, 嵌入式人工智能技术在各个领域得到了广泛应用。其中, 人体跌倒视频检测是一项关键的研究方向, 对于保障人类健康和安全具有重要意义。老年人和行动不便的人群常常面临着跌倒的风险, 而及时发现和处理跌倒事件可以极大地减少其带来的不良后果^[1]。

【基金项目】福建省中青年教师教育科研项目(项目编号: JAT220378); 大学生创新创业训练计划项目(项目编号: 202210397013)。

【作者简介】张昭(1982-), 男, 中国福建建阳人, 硕士, 副教授, 从事机器视觉研究。

2 系统程序设计

2.1 姿态识别程序设计

本系统是一个基于神经网络算法的嵌入式系统。系统首先通过摄像头 GC4653 采集图像, 然后对图像进行处理。处理过程包括图像增强、去噪等步骤, 以提高后续算法的准确性。为后续的姿态关键点识别提供准确的输入。然后, 系统将提取出的人体图像送入设计好的 HRNet 神经网络进行人体姿态关键点识别^[2]。HRNet 是一种高分辨率网络结构, 能够有效地捕捉人体姿态的细节信息, 提高姿态识别的准确性和稳定性。识别出的人体姿态关键点会通过 MIPI 屏进行显示, 使用户能够实时观察到识别结果。同时, 系统还会将结果通过蓝牙发送到 STM32 单片机。单片机通过控制 GMS 模块将结果发送到手机, 用户可以通过手机查看姿态识别结果。具体的程序流程图如图 1 所示。

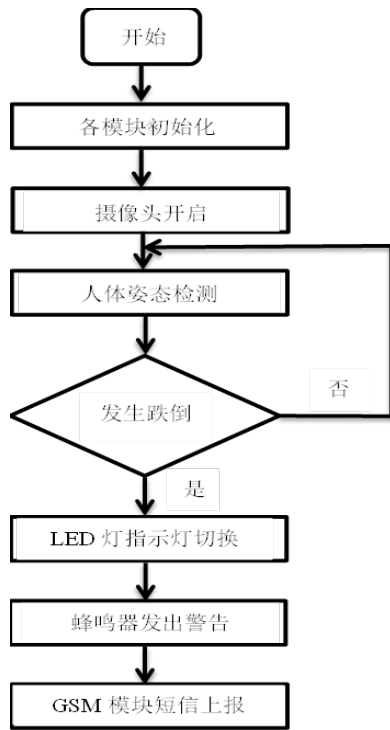


图1 程序流程图

2.2 人体姿态解算

人体姿态估计的任务是确定图像人体关键点位置坐标,通常包括 17 个关键点。17 个关键点分别是: 1—鼻子; 2—左眼; 3—右眼; 4—左耳; 5—右耳; 6—左肩; 7—右肩; 8—左肘; 9—右肘; 10—左腕; 11—右腕; 12—左胯; 13—右胯; 14—左膝; 15—右膝; 16—左踝; 17—右踝。人体姿态关键节点图如图 2 所示^[3]。

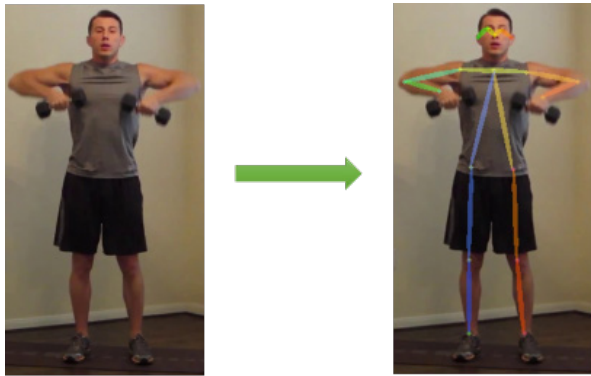


图2 人体姿态关键节点图

HRNet (High-Resolution Net) 是针对 2D 人体姿态估计 (Human Pose Estimation 或 Keypoint Detection) 任务提出的,并且该网络主要是针对单个体的姿态评估(即输入网络的图像中应该只有一个人目标)。人体姿态估计在现今的应用场景也比较多,比如说人体行为动作识别,人机交互(比如人作出某种动作可以触发系统执行某些任务),动画制作(比如根据人体的关键点信息生成对应卡通人物的动作)等^[4]。

2.3 COCO 人体姿态数据集

COCO 数据集包含 200000 幅图像和 250000 个带有 17 个关键点的 person 实例。我们在 COCO train2017 数据集上训练人体姿态 Hrnet 神经网络模型,包括 57K 图像和 150K person 实例。我们在 val2017 和 test-dev2017 上评估我们的方法,这两个集合分别包含 5000 幅图像和 20K 幅图像^[5]。

2.4 人体姿态识别算法

通过上面所介绍 HRnet 神经网络和 COCO 人体姿态数据集得出来的关于人体的 17 个关键点以及这 17 个关键点的相对的 X 和 Y 坐标。识别出人体骨骼中的关键点,并将这些关键点的三维空间信息转变成二维像素坐标,以便进行空间维度的分析。经过对不同动作的数据进行归纳后,影响摔倒行为的识别与人体关键点组成的向量角度、模长有关,因此数学模型中需要进行两个部分的工作:向量计算、模长计算。首先对人体骨骼关键点躯干向量进行计算和模长比率的计算,分别判断两种比率是否在阈值范围内,从而来判断当前人体的姿态^[5]。

2.4.1 向量计算

以向量为例选取人体关键点编号为 15,16 的中点坐标为向量的起点关键点标号为 0 为向量的终点得到向量的坐标表示为:

$$\vec{a} \left(x_0 - \frac{(x_{15} + x_{16})}{2}, y_0 - \frac{(y_{15} + y_{16})}{2} \right) \quad (1)$$

其中, x_0 、 y_0 为人体关键点鼻子编号为 0 的坐标; x_{15} 、 y_{15} 为人体关键点左脚脚踝处编号为 15 的坐标; x_{16} 、 y_{16} 为人体关键点右脚脚踝处编号为 16 的坐标。

2.4.2 模长计算

当人体摔倒倾向与摄像机拍摄的方向同向或反向时,通过摄像头很难通过人体倾斜角度来判断人体是否摔倒在地。当摄像机与身体摔倒方向同向时,识别到的人体关键点在转换为二维图像坐标时的表示人体的特定向量的模长会发生大幅度的变化。采用计算模长比率的方式来解决,计算方式如下:

$$\eta = \frac{|\vec{a}_1|}{|\vec{a}_2|} \quad (2)$$

通过向量计算和模长计算我们得出“站”“坐”“躺”三个静态动作的相关数据,“站”的数值基本上保持在 0.6 范围,“坐”的数值基本上保持在 0.4 的范围,“躺”的数值基本上保持在 0.2 的范围。我们将“站”“坐”“躺”分别标记 1、2、3 来表示三种不同的状态。摄像头每隔 1s 识别一种状态,并记录当前的状态值,当人体从一种状态切换到另外一种的时候,触发动态动作发生的条件,从而实现在很短的时间内,当人体的姿态发生变化能够及时被摄像头检测到及发出警告。同样的道理,当人体从“站”的状态或“坐”的状态突然变成“躺”的状态就可以认为人体发生了摔倒的情况。通过扩展和优化以上方法,我们可以更精确地识别人体的姿态和摔倒情况,提高监测的准确性和实时性^[6]。

3 系统功能测试

测试本系统能否准确且及时地在居家室内环境下区分出正常行为状态和跌倒行为状态。选用五男五女,两个年龄在21岁的志愿者模拟老人摔倒,每个志愿者分别进行五组不同的测试,分别是人在不同距离,不同光照,不同角度,不同性别以及摄像头的不同角度识别的准确率^[7]。

①本次测试记录人在不同距离的实验次数、识别正确次数和错误次数。对于不同距离检测人体跌倒,在人体距离摄像头为3m的时候,识别效果最好,识别跌倒行为的准确率为100%,当人体距离摄像头2m和4m的时候,识别效果较好,识别跌倒行为的准确率为90%,当人体距离摄像头1m和5m的时候,识别效果一般,识别跌倒行为的准确率为80%,发现当人体距离摄像头较近或者较远的时候,系统识别的效果就会降低。

②本次测试记录人在不同光照的实验次数、识别正确次数和错误次数。对于不同光照条件下检测人体跌倒,在正常光源和近光源的时候,识别效果最好,识别跌倒行为的准确率为100%,在远光源时候,识别效果较好,识别跌倒行为的准确率为90%。

③本次测试记录人在不同角度的实验次数、识别正确次数和错误次数。对于不同角度条件下检测人体跌倒,在向前跌倒和侧边识别跌倒行为的准确率为90%,在向前跌倒的情况下,跌倒行为的准确率为80%。

④本次测试记录摄像头在不同水平角度(5m以内)的实验次数、识别正确次数和错误次数。将摄像头平时设置为0°,向左移动为负数,向右移动为正数。对于摄像头在不同水平角度检测人体跌倒,摄像头的水平转动角度在±45°的范围之内,检测效果的准确度都是比较高的。

⑤本次测试记录摄像头在不同垂直角度(5m以内)的实验次数、识别正确次数和错误次数。将摄像头平视设置为0°,向下俯视为负数,向上仰视为正数。对于摄像头不同角度条件下检测人体跌倒,摄像头处于0°的时候,人体的各个关节关键点都显示正常,识别的准确率高。但是当摄像

头的角度往上时候,人体的下半身的关键点会逐渐消失,识别的准确率依旧很高。当摄像头处于20°以上的时候,人体将会从摄像头内消失,识别不到人体。摄像头角度往下的时候,人体上半部分的关键点会逐渐消失,准确率也会逐渐降低。

4 结语

嵌入式人工智能技术的人体跌倒视频检测系统的设计,摄像头选用AX620A为主要控制芯片,选用MIPI屏为显示模块,通过蓝牙模块传递姿态信息,用STM32F103RCT6来处理摄像头传递过来的姿态信息,SIM900A型号的GSM模块发送短信,LED指示灯显示当前模块的工作状态,再加上蜂鸣器报警。经过多次实验证明该系统已经实现了人体跌倒识别和警告的功能,在5m以内水平角度30°垂直角30°范围内准确率达到80%以上。此设计的优点是在终端就可以实现跌倒判断,不需要上传图像到云端判断,节省了通信资源,保护了用户隐私。缺点是在嵌入式系统中跌倒识别模型有所简化,准确率比电脑端模型会有所下降。

参考文献

- [1] 吉承文,马超,张铁钢,等.基于视觉识别的人体跌倒检测研究[J].数字通信世界,2020(3):7-8.
- [2] 钱庆庆.基于混合方式的室内老人跌倒检测系统的方法实现[D].南京:南京邮电大学,2023.
- [3] 卫伟.基于FPGA的人体跌倒检测系统的设计及实现[D].呼和浩特:内蒙古大学,2023.
- [4] 伏娜娜.基于嵌入式人工智能的人体姿态识别研究与实现[D].银川:宁夏大学,2022.
- [5] 徐思成.基于改进Openpose网络的多特征跌倒识别系统[D].南京:南京邮电大学,2022.
- [6] 卫金金.基于单目摄像头的室内老人跌倒识别研究[D].南京:南京邮电大学,2022.
- [7] 汪晨灿.基于卷积神经网络的人体跌倒检测方法的研究[D].合肥:安徽理工大学,2023.