

三端协作疲劳驾驶预警及处理系统

陈端 张亚茹 常青瑶 侯明威 王亚楠

河南理工大学 河南 焦作 454150

【摘要】：为有效防范疲劳驾驶，大幅减少由疲劳驾驶导致的人员伤亡和财产损失，本作品车载设备端对驾驶员的驾驶行为进行实时监测，并将监测数据反馈给阿里云处理端；阿里云处理端作为记录数据的数据库和处理平台，接收反馈信息并通过大数据计算处理，处理后的数据可反向反馈给手机反馈端和车载设备端，并在云端进行数据存储。车载设备端在实时分析驾驶员驾驶状态后，若存在疲劳驾驶状况，通过震动等方式立即提醒驾驶员，有效防止疲劳驾驶。手机反馈端基于北斗系统高精度定位系统，接收到云端疲劳驾驶信息后，将信息传送给家人，且该功能可实现“一键叫代驾”功能。本作品利用 MQTT 协议进行设备间信息传递。三端协作可高效、智能地判断疲劳驾驶状态，有效减低疲劳驾驶概率，减少由此导致的交通事故，为交通安全建设贡献力量。

【关键词】：三端协作；疲劳驾驶；图像识别；疲劳判断；预警及处理

1 研制背景及意义

1.1 研究背景

据研究报告显示，全球每年死亡人数中有 2.2% 由道路交通事故导致，而这其中 57% 的灾难性事故与驾驶员疲劳驾驶有关。伴随着我国经济的快速发展，汽车保有量急剧上升。而快节奏、高压力的工作和生活使得驾驶员得不到充分的休息。数据表明，我国近 3 年交通事故中 40% 由疲劳驾驶引起。因此，如何解决疲劳驾驶问题已刻不容缓。



图 1 处于疲劳驾驶状态的司机 图 2 疲劳驾驶引发车祸

1.2 作品研究的意义

国外同类产品有头戴式、腕表式防疲劳驾驶装置，但存在系统反应慢、判断率较低等问题，未能进行大规模推广应用。基于上述问题，本作品基于阿里云处理端、手机反馈端、车载设备端三大模块的三端协作，车载设备端可实时监测驾驶员驾驶状态，并将采集信息及时上传云端进行智能判断和存储，还可以在驾驶员疲劳驾驶时给予安全范围内的物理刺激提醒；手机反馈端基于北斗系统高精度定位系统，接收到云端疲劳驾驶信息后，立即将信息传送给家人，且该功能可实现“一键叫代驾”功能。

本作品可高效、智能地判断司机是否处于疲劳驾驶状态，有效降低疲劳驾驶概率，减少由此导致的交通事故，保

障司乘人员等的人身安全。

2 设计方案

本作品由车载设备端、阿里云处理端、手机反馈端三端协作实现防疲劳驾驶功能。作品具体设计思路如图 3 所示。

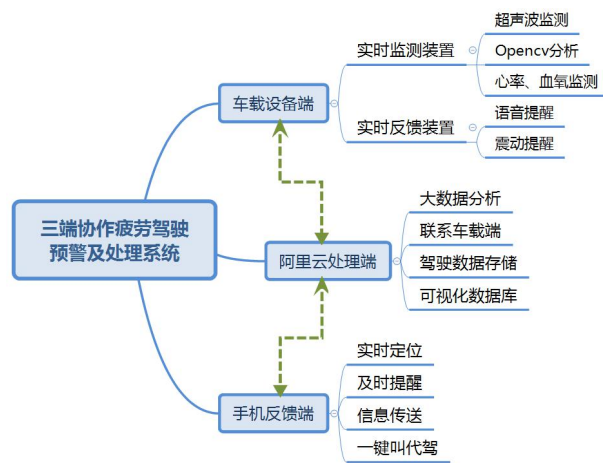


图 3 作品设计思路图

车载设备端基于树莓派和 Stm32 单片机，由 OpenCV、Dlib、超声波测距模块、心率血氧模块、语音提醒模块、以及震动模块组成。具体实现方式为：

(1) 利用 Vahid K 和 Joselin S 提出的 68 个驾驶员面部特征点获取眼睛和嘴巴状态。

(2) 超声波模块用于测定驾驶员头部偏移程度，方向盘两侧装有心率血氧模块，用于监测驾驶员心率及血氧浓度。

(3) 系统根据驾驶员的眨眼速率、头部偏移程度、心

率和血氧浓度进行综合分析从而判断驾驶员的疲劳程度。

(4) 驾驶员处于中度疲劳状态时, 进行语音提醒; 重度疲劳时, 进行方向盘震动提醒。

本作品对疲劳驾驶状态的判断, 是根据斯坦福嗜睡量表 (SSS) (表 1) 分为四个疲劳等级: 清醒 (0 级)、轻度疲劳 (1 级)、中度疲劳 (2 级)、重度疲劳 (3 级)。

根据相关研究, 疲劳状态通过选取 2 个或 2 个以上监测指标均认为有效, 本作品通过对驾驶员的眼睛疲劳程度、打哈欠频率、头部偏移程度、心率及血氧浓度五个方面进行判断, 并分别赋以他们 30%、30%、20%、10%、10%的权重来综合分析驾驶员是否疲劳驾驶。

表 1 斯坦福嗜睡量表 (SSS)

评分	疲劳程度	疲劳等级
1	感觉非常振奋、充满生机与活力	0 级
2	身体机能处于较高水平, 不过不在峰值, 可以集中注意力	0 级
3	很清醒, 不过身体及思维都比较放松, 能及时反应但不灵敏	1 级
4	有些倦意、松懈	1 级
5	充满倦意, 不再想保持清醒, 非常松懈	2 级
6	开始打瞌睡, 头晕眼花, 不再与睡意作斗争, 只想躺下来休息	3 级
7	睡眠初期, 开始出现梦境	3 级
8	沉睡	3 级

(5) 阿里云处理端作为记录数据的数据库, 接收物理信息并通过大数据计算处理, 处理后的数据可反向反馈给手机反馈端和车载设备端, 并在云端进行数据存储。

(6) 手机反馈端基于北斗系统高精度定位系统, 接收到云端疲劳驾驶信息后, 立即将信息传送其家人, 且可实现一键叫代驾功能。

3 工作原理及性能分析

本作品结合机器视觉技术、北斗高精度定位系统、无线通信技术、以及多种传感器组成的监测装置制作出该作品。系统关键技术及解决途径如图 4 所示, 各关键内容分述如下。

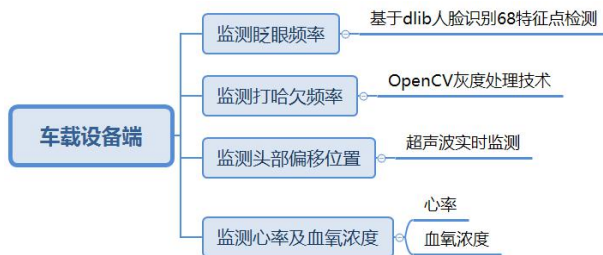


图 4 车载设备端工作原理

3.1 车载设备端

(1) 视觉疲劳监测

基于 Dlib 人脸识别 68 特征点监测 (图 5) 分别获取左右眼面部标志的索引, 通过 OpenCV 对视频流进行灰度化处理, 监测出人眼的位置信息。



图 5 面部特征分布

利用 EAR 来判断视觉疲劳: 眼睛纵横比 EAR 是指眼睛两侧点与其对应垂直点之间变动距离以及水平两点之间的横向变动距离之比, 如图 6、图 7 所示。当司机处于疲劳状态时, 可以从眼睛获得疲劳最直观的反应之一, 因此 EAR 是一种合适的疲劳监测指标。图 6 中的 P1 至 P6 点分别对应图 5 中 36 至 41 点, 右眼同理。

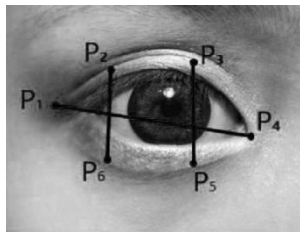


图 6 睁眼特征示意图

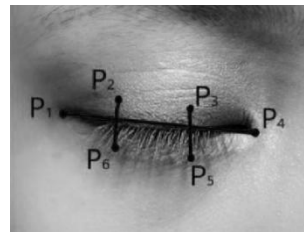


图 7 闭眼特征示意图

当前帧两双眼睛纵横比与前一帧的差值的绝对值 (EAR) 大于阈值 0.2 时, 则认为处于疲劳状态。计算视频中每帧图片眼睛长/宽的值是否大于 0.2, 连续超过 50 次则认为已经“睡着”。EAR 指标计算公式如下:

$$EAR = \frac{||P_2 - P_6|| + ||P_3 - P_5||}{||P_1 - P_4||}$$

(2) 打哈欠疲劳监测

基于 Dlib 人脸识别 68 特征点监测获取嘴部面部标志的索引, 通过 OpenCV 对视频流进行灰度化处理, 监测出人嘴的位置信息。

通过相应技术识别画面中人脸, 监测嘴部是否处于打哈欠状态。一段时间内打哈欠计数决定了司机的疲劳程度。根据打哈欠与说话过程的开闭口的区分, 说话时嘴部上下张开幅度小, 频率高, 嘴型持续时间短, 而打哈欠正好相反。因此利用嘴部的纵横比 MAR 判断司机的疲劳状态。同样利用 68 面部特征点监测算法, 得到 8 个嘴部特征点, 嘴部张开及闭合特征点如图 8、图 9 所示。

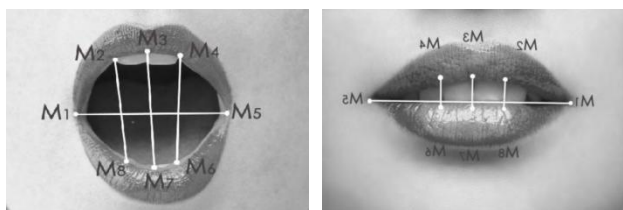


图 8 嘴巴张开特征点示意图 图 9 嘴巴闭合特征点示意图

当前帧嘴巴纵横比与前一帧的差值的绝对值 (MAR) 大于阈值 0.7, 且一分钟内频次超过 20 时, 则认为处于疲劳状态。MAR 指标计算公式如下:

$$MAR = \frac{||M_2 - M_8|| + ||M_3 - M_7|| + ||M_4 - M_6||}{3||M_1 - M_5||}$$

(3) 头部偏移量疲劳监测

通常情况下当司机处于疲劳状态时, 头部会不自觉的产生偏移, 包括点头、歪头及摇晃。司机处于疲劳状态时头部垂的更低, 点头动作增多, 幅度增大。通过传感器监测一段时间内司机头部位置变化情况可以判断司机是否疲劳驾驶。

超声波测距模块通过发送和接收超声波, 利用时间差和声音传播速度, 计算出模块到前方障碍物的距离, 从多方向多角度对驾驶员的具体位置进行监测。根据实验数据表明, 正常情况下驾驶员在行车过程中头部的相对位置总是保持在 9~10cm 的范围内。若驾驶员在行车过程中头部的相对位置处于 8.5~8.99cm 的范围内, 则判断驾驶员的状态为微困; 若驾驶员在行车过程中头部的相对位置处于 8~8.49cm 的范围内, 则判断驾驶员的状态为疲劳。

(4) 心率血氧疲劳监测

以 MAX30100 芯片为内核, 只需要将手指紧贴在传感器

上, 就能估计脉搏血氧饱和度 (SpO₂) 及脉搏 (相当于心跳)。根据科学研究表明, 正常情况下成年男性的心率在 70~80 次/分钟, 成年女性的心率为 70~90 次/分钟。在疲劳状态下, 成年男性的心率在 55~65 次/分钟, 成年女性的心率为 60~65 次/分钟, 最低的可达到 45 次/分钟。

3.2 阿里云处理端

阿里云处理端通过接收 STM32 单片机的信息, 对信息进行处理和储存。同时阿里云端与手机反馈端互通互信, 对家属和本人提到警醒作用。阿里云处理端界面如图 10 所示。



图 10 阿里云处理端界面

3.3 手机反馈端

手机反馈端通过北斗系统实时定位, 接收云端疲劳驾驶信息后, 立即将信息传送其家人, 且可实现一键叫代驾功能, 家人可查看定位、行驶轨迹和驾驶员驾驶状态。手机反馈端界面如图 11 所示。

3.4 三端协作机制

作品车载设备端对驾驶员的驾驶行为进行实时监测并反馈给阿里云处理端; 阿里云处理端作为记录数据的数据库, 接收物理信息并通过大数据计算处理, 处理后的数据可反向反馈给手机反馈端和车载设备端, 并在云端进行数据存储。手机反馈端基于北斗系统高精度定位系统, 接收到云端疲劳驾驶信息后, 立即将信息传送给家人, 且该功能可实现一键叫代驾功能。利用 MQTT 协议进行三端之间的信息传递。三端协作可高效、智能地判断是否疲劳驾驶, 有效减低疲劳驾驶概率。



图 11 手机反馈端 (无人状态时)

4 创新与特色之处

(1) 三端高效协作,保障系统稳定可靠

系统采用阿里云处理端与手机反馈端互通互信,配合车载设备端进行相关监测模块的高效工作,三端协作确保系统工作高效、系统稳定,确保在驾驶员疲劳驾驶时及时发出提醒信号,保障驾驶员生命安全。

(2) 多模块综合精准监测,降低疲劳驾驶概率

本作品采用 OpenCV、Dlib、超声波测距、心率血氧监测等多模式综合监测,赋以不同的权重判断驾驶员的疲劳程度,确保监测结果更加准确合理,保证对驾驶员疲劳驾驶的判断结果及时、有效、精准,有效降低驾驶员疲劳驾驶的概率,从根本上保障司乘人员的安全。

(3) 提醒方式及时有效,适合多场景应用

作品基于树莓派和 Stm32 单片机,自动进行信息的接收整合处理和发送,可根据驾驶员的疲劳程度选择不同的提醒

方式,如语音提醒、方向盘震动等,保证疲劳驾驶提醒及时、有效;同时,在驾驶员疲劳驾驶、遇到危险等情况时,可实现“一键叫代驾”等功能,适合多场景应用,拓展了作品的推广应用范围。

5 推广应用前景

本作品中监测驾驶员的头部运动、眼皮运动、眼睛闭合频率、打哈欠频率、心率血氧浓度等信息,并进行监控与数据分析,实时为司机提供本地提示和警告,为运营单位及监管部门提供远程监控与报警信息,为主管部门提供了预防疲劳驾驶的有效管理手段,从而保障司机安全,有效避免因疲劳驾驶而造成的危险,可广泛应用于各种机动车辆。

基于前期调查,受访者中有 93%的支持和看好本产品,可以确信本作品未来有广阔的市场前景。

本作品可以不单单应用到驾驶领域,未来还可推广到监控员、巡查保安等其他易疲劳的岗位,适用范围极广。

参考文献:

- [1] 陈孝英,杨济民.基于 STM32 血氧心率检测仪的研制[J].电脑知识与技术:学术版,2017(5X):3.
- [2] 陆仲达,王丽婧,韩运起.基于 ARM 的防疲劳驾驶监测系统[J].电视技术,2015,039(015):136-139,147.
- [3] 冯军,陈文波,杨民生,等.基于单片机的汽车防疲劳驾驶系统的研究[J].科技视界,2015,000(009):18,20.
- [4] 韦洪喜.司机防疲劳驾驶系统研究[D].安徽理工大学,2016.
- [5] 陈诗礼.防瞌睡与疲劳驾驶监测技术研究[D].西华大学,2015.
- [6] 周国瑞.Android 平台 Java 和 C++混合编程实现[J].电脑编程技巧与维护,2015,000(014):53,63.
- [7] 张铮,王艳平,薛桂香.数字图像处理与机器视觉:Visual C++与 Matlab 实现[M]//数字图像处理与机器视觉:Visual C++与 Matlab 实现.北京:人民邮电出版社,2010.
- [8] 窦元杰.基于汽车驾驶员的疲劳驾驶监测系统的研究[D].沈阳工业大学,2010.
- [9] 宋晓慧.基于 Java Web 的数据分析系统的设计与实现[D].北京邮电大学,2019.
- [10] 赵跃华,刘佳.安卓 APP 安全加固系统的分析与设计[J].计算机工程,2018,44(002):187-192.
- [11] 冯军,陈文波,杨民生,等.基于单片机的汽车防疲劳驾驶系统的研究[J].科技视界,2015,(9):18,20.
- [12] 张博轩.基于 STC12C5A60S2 单片机的汽车防疲劳驾驶系统研究[J].中国高新技术企业(中旬刊),2016,(4):26-27.
- [13] 胡兴军.瞌睡:交通安全的大敌[J].湖南农机,2004,(2):24.
- [14] 尤鸿霞,王寿兵.虹膜识别技术中瞳孔特征参数分析[J].苏州大学学报:自然科学版,2006(03):63-67.
- [15] 傅天宇,冯国红,张猛猛,等.防疲劳驾驶系统的设计[J].森林工程,2014(2):114-115.
- [16] 毕海涛.可穿戴式单芯片心率血氧智能采集的设计[D].东北大学,2014.

- [17] 李明峰,冯宝红,刘三枝.GPS 定位技术及其应用[M].北京:国防工业出版社,2006.
- [18] 张巨,陈宏盛,刘雨.车辆 GPS 定位的一般性问题研究[J].国防科技大学学报,2000,022(001):31-35.
- [19] 雷映明,刘星宇,刘全越.基于超声波模块的测速与弯道超速预警装置[J].中国电子商务,2013,000(018):71.
- [20] 张婷.超声波定位系统的设计[D].长安大学,2014.
- [21] 吕静.脑力疲劳状态下注意特征及情绪变化的 ERP 研究[D].第四军医大学,2008.
- [22] 刘佳兴.基于多参数融合的疲劳驾驶监测及预警系统[J].2013.

基金项目：2021 年河南省本科高校省级大学生创新创业计划（项目编号：S202110460002）