

# Development of Alarm System for Preventing Children from Being Locked in a Car

Danwen Zhu, Ming Liao, Linxiao Tian, Siqi Peng, Kehua Zhang\*

College of Engineering, Zhejiang Normal University, Jinhua Zhejiang  
Email: \*zhangkh207@outlook.com

Received: Feb. 4<sup>th</sup>, 2018; accepted: Feb. 20<sup>th</sup>, 2018; published: Feb. 28<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

In order to prevent children from being locked in the car to form a high temperature hazard, a warning system for preventing children from being locked in is designed. The system is based on Raspberry Pi3, and integrates various sensors, communication and execution modules to achieve real-time monitoring, accurate judgement, timely alarm, and even self-rescue function. The system first judges the vehicle motion through the GPS module and the triaxial accelerometer. Then the system will check whether children are trapped in the car or not through infrared sensors and the carbon dioxide sensors, and the wireless network card will send warning messages to guardians. Besides, in a dangerous situation, the system will automatically call the police and send position information, and the execution module can automatically open the window to achieve self-rescue. The system has carried out 50 experiments of simulating children trapped in the car. The results show that the rate of judging children trapped in the car correctly is 100%, while the rate of sending messages to guardians is also 100%. The device can effectively prevent the children from being locked in the car and can save children in dangerous conditions.

## Keywords

Locked in the Car, Multisensor, Remote Forgetting, Automatic Alarm

---

# 预防儿童被锁车内报警系统开发

朱旦文, 廖明, 田林晓, 彭思琪, 张克华\*

浙江师范大学工学院, 浙江 金华  
Email: \*zhangkh207@outlook.com

收稿日期: 2018年2月4日; 录用日期: 2018年2月20日; 发布日期: 2018年2月28日

\*通讯作者。

## 摘要

为了预防儿童被锁车内而危及生命安全,设计开发了一种预防儿童被锁车内的报警系统。该系统基于 Raspberry Pi3,集成了多种传感器、通信、执行模块,实现实时监测、准确判断、及时报警、安全自救的功能。系统通过GPS模块,同时结合三轴加速度计确定车辆运动状态,然后通过红外、二氧化碳传感器来检测车内是否有滞留儿童,并由无线网卡将危险警告短信发送至监护人手机。在危险情况下,系统会自动报警并发送位置信息,执行模块将自动打开车窗以实现自救。系统进行了50次模拟儿童滞留车内的实验,其结果表明:判断儿童滞留车内而形成高温危险的正确率为100%,同时通过短信向监护人手机发送信息100%。该装置可有效预防儿童滞留车内,并能在危险情况下实现自救。

## 关键词

被锁车内,多传感器,远程防遗忘,自动报警

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

目前汽车已经在世界范围内普及开来,它给人们带来极大的便利的同时也带来了许多的安全隐患。其中由于父母的疏忽导致儿童被锁车内致危的案例屡见不鲜。儿童滞留车内可能会脱水,中暑,体温过热,窒息甚至死亡[1]。有研究表明,当车门关闭并且环境温度超过 36.8°C (98.2°F)时,有 75%概率会使得车内温度在 5 分钟内发生最大升温,并在 15 分钟内升到 51°C 到 67°C [2],而在太阳暴晒的情况下,婴儿在 5 分钟内便会失去对体温的调控并在 15~55 分钟之内出现体温过高[3]。据统计,从 1999 年至 2007 年,美国有 231 名儿童被证实死于机动车内滞留高温致死(MVRCHF),其中超过 80%的儿童是由于父母将孩子遗留在车内[4]。另据美国儿童乘车安全组织 Kids and Cars 统计,在 2001~2010 期间,在所有美国儿童车内非交通死亡原因中,车内滞留得热辐射而死亡的人数占到 58%。由此可见儿童滞留车内的安全事故已经占到车内非交通死亡相当大的比例,解决儿童滞留车内的安全问题有重要的现实意义。

针对儿童滞留车内的安全问题,目前研究主要有以下几大类:

1) 基于点火开关的检测,如田瑜基[5]等通过检测汽车钥匙是否在钥匙孔内来判断车辆是否停止,同时结合座椅上压力、温度传感器进一步判断是否有儿童被滞留车内,但由于该设计涉及汽车内部结构,极不利于普及,此外,座椅上的杂物也很可能引起系统误判。2) 基于车门锁的检测,如杨波[6]等通过检测车门是否被锁,同时结合座椅压力传感器判断车内是否有儿童滞留车内,但该专利并不具备远程报警防遗忘功能,且涉及较为复杂的中控门锁,实现难度较大。3) 基于多种传感器的检测,如蓝芳芳[7]等通过二氧化碳、红外传感器等检测儿童是否被滞留车内,并通过报警模块实现报警功能;鞠昊[8]等通过手机 APP 实现远程防遗忘功能;赵雷[9]等将二氧化碳、压力、温度等传感器等集成于一体,通过传感器检测儿童滞留,通风控制器实现自救功能。

综上所述,各种研究中基于多种传感器的检测,同时具备远程防遗忘和自救功能是研究的热点。因此,本文开发了基于 GPS 模块、加速度计、二氧化碳等传感器检测儿童滞留车内,并通过通信、执行等

模块,从而实现预防儿童被锁车内的功能。系统解决了以往同类设计功能不全这一重大缺陷,即无法兼具检测、报警、自救功能;充分利用了汽车电控车窗的配置,能够在不改变汽车原有结构的情况下,通过汽车遥控钥匙开启车窗实现自救,大大降低了应用普及的难度;采用多种传感器检测,获取的数据结合不同的算法处理,达到软硬兼顾的目的,提高了系统整体的可靠性;采用无线网卡发送报警短信,解决了网络实时性较差这一缺陷,提高了求救信息收发双方的处理效率;此外系统可在车窗开启后向警方提供救援目标位置信息,极大地降低了车窗开启后儿童受到二次伤害的可能性。系统结构简单、检测准确、使用方便,为该领域提供了一种新的、可行的解决方案。

## 2. 预防儿童被锁车内报警系统的构成与工作原理

### 2.1. 系统的硬件构成

系统主要由数据采集模块、通信模块、执行模块、移动电源、微机等组成,如图1所示。数据采集模块包括GPS模块、三轴加速度计ADXL345、人体红外传感器HC-SR501、二氧化碳传感器MH-Z19、温度传感器DS18B20。通信模块主要由无线网卡模块(USB接口)和SIM卡组成。执行模块由电磁继电器与汽车遥控钥匙组成,移动电源为带USB接口的电池,微机为Raspberry Pi3。

### 2.2. 系统的工作原理

该系统的基本工作原理为:通过GPS模块、三轴加速度计、人体红外传感器、二氧化碳传感器采集的数据来判断是否有人员被锁车内,温度传感器获取温度数据以判断车内是否有高温危险,通信模块发送关键信息到监护人手机,执行模块在极端危险情况下开启车窗实现自动救援。其工作流程如图2,首先传感器进行初始化过程,即通电使GPS模块搜寻卫星信号,其他传感器进行预热,确保各个传感器已进入正常工作状态,持续时间为3分钟。初始化过程完成后,传感器进行数据采集,采集的数据将传输到微机,由微机处理、分析、判断,并根据判断结果发送相应的指令。系统会先向监护人发送短信警告,在监护人没有回复或者极端危险的情况下,微机会发送危险指令,以打开车窗自救并向警方报警。

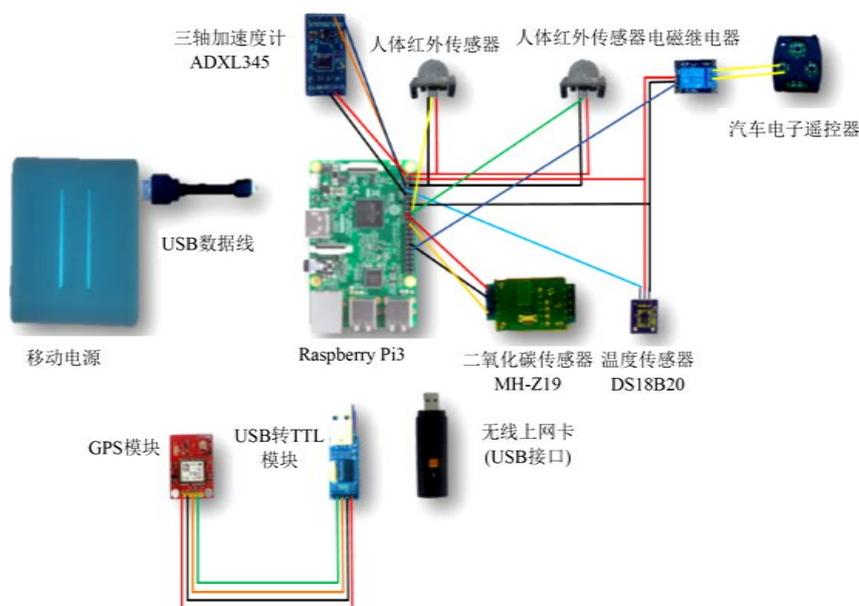


Figure 1. System structure schematic  
图1. 系统结构示意图

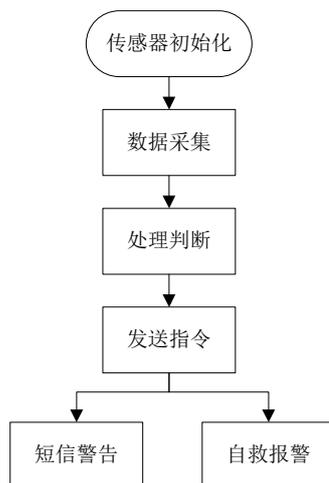


Figure 2. System flow chart  
图 2. 系统工作流程图

### 3. 预防儿童被锁车内报警系统的数据采集和分析处理

#### 3.1. 儿童被锁车内情形分析

通常，儿童被锁车内是指监护人由于疏忽将儿童锁在相对封闭的乘客舱内。判断儿童是否已被锁车内并对其构成危险情况，需要检测以下几个关键量：1) 车辆行驶状态；2) 车内有无滞留人员；3) 车内温度情况。而当儿童被锁车内时，车辆又往往具有以下特征：1) 车辆速度为 0 km/h；2) 车内二氧化碳浓度会明显上升；3) 车内温度会急剧上升，特别是在高温天气下。另外还有其他一些可供分析的特征，如车辆的加速度，人体发射的红外线等，这些特征被用作辅助检测。

#### 3.2. 数据检测和分析处理

##### 3.2.1. 车辆行驶状态数据检测

针对以上特征采用相应的传感器进行数据的采集处理。GPS 模块可接收车辆的地理位置信息，速度信息等，因此通过 GPS 模块来检测车辆的速度，从而基本判断出车辆是否处于静止状态。实验在实车上搭载了 GPS 模块，分别记录了 3 段不同行驶时段的速度数据样本，并以静止测得的数据样本为对照，得到图 3 实验结果。由图可得出，当车速  $v$  低于 5 km/h 时基本可以判断车辆处于静止状态。但由于车辆位于建筑群中，特别是地下停车库内时，GPS 信号接收困难，出现无法判断的情况，因此采用数据融合的处理方法，即辅以三轴加速度计 ADXL345，帮助判断车辆的行驶状态。当以空间中某一维度作为加速度的测量方向时，加速度值容易受车辆行驶的坡度影响，难以得到真实的车辆行驶状况，因此对 X、Y、Z 三个维度进行矢量合成，形成与重力加速度方向一致的矢量合  $a$ 。矢量合  $a$  会受行驶车辆加速度的影响产生波动，而静止的车辆则不会，据此判断出车辆行驶状况。实验在实车上进行 ADXL345 模块相关数据的测量，分别记录了 3 段不同行驶时段的数据样本，同样以静止测得的数据样本为对照，经处理后得到图 4。由数据可得出，当加速度矢量合  $a$  大于 1.00 小于 1.10 个重力加速度时即可判断出车辆处于静止状态。

##### 3.2.2. 滞留人员数据检测

为确保能够检测到车内是否有滞留人员，采用二氧化碳和人体红外传感器同时检测，即先由装置两侧的人体红外传感器进行检测，当没有检测到人员时，二氧化碳传感器进行检测。二氧化碳检测采用

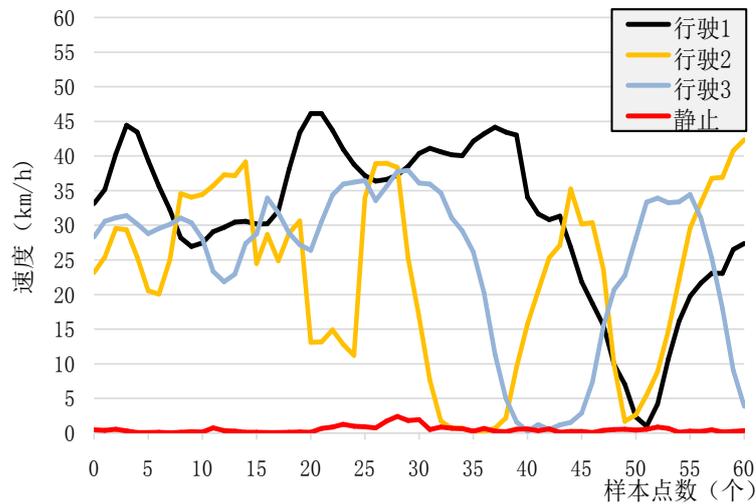


Figure 3. GPS module speed data diagram  
图 3. GPS 模块车速数据图

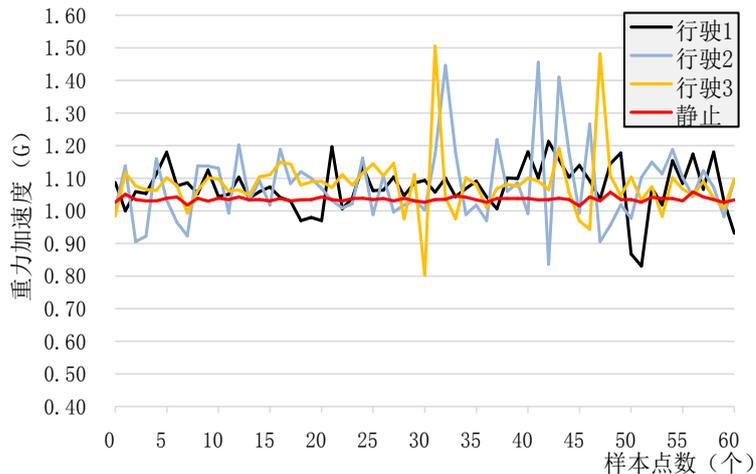


Figure 4. ADXL345 acceleration vector composite diagram  
图 4. ADXL345 加速度矢量合成图

MH-19 二氧化碳传感器, 该传感器利用非色散红外(NDIR)原理对空气中存在的  $\text{CO}_2$  进行探测, 具有高选择性, 无氧气依赖性, 寿命长的特点。内置温度补偿, 具有良好的线性输出特性, 降低了环境温度对其精度的影响。此外具备数字输出与波形输出模式, 提供了 UART、PWM 波形等多种输出方式。该传感器将成熟的红外吸收气体检测技术通过精良的电路设计来进一步优化, 使其具备体积小、灵敏度高、抗干扰强的优点, 为二氧化碳的检测提供了可靠的基础。当车内有三位人员, 且通风系统处于内循环时, 车内的二氧化碳含量能在 15 分钟内上升至 2500 ppm [10]。为测量密闭车内二氧化碳含量变化的具体数据, 分别设置了一位滞留人员和无滞留人员进行对比实验, 并用 MH-19 传感器对乘客舱内二氧化碳含量进行数据样本的获取。由于传感器本身会受到一定的环境因素的影响, 使得数据出现一定的波动, 因此采用中位值平均滤波算法处理, 以增加数据的可靠性。数据经处理后最终得到图 5。二氧化碳含量上升情况与 GD Mathur [11]实验所得结果图 6 基本一致。当车内无滞留人员时二氧化碳正常值波动为  $\pm 13$  ppm, 为提高检测的可靠性, 设置阈值为当车内二氧化碳含量  $n$  在 3 分钟内上升超过 80 ppm 时即可判断出车内有人员。

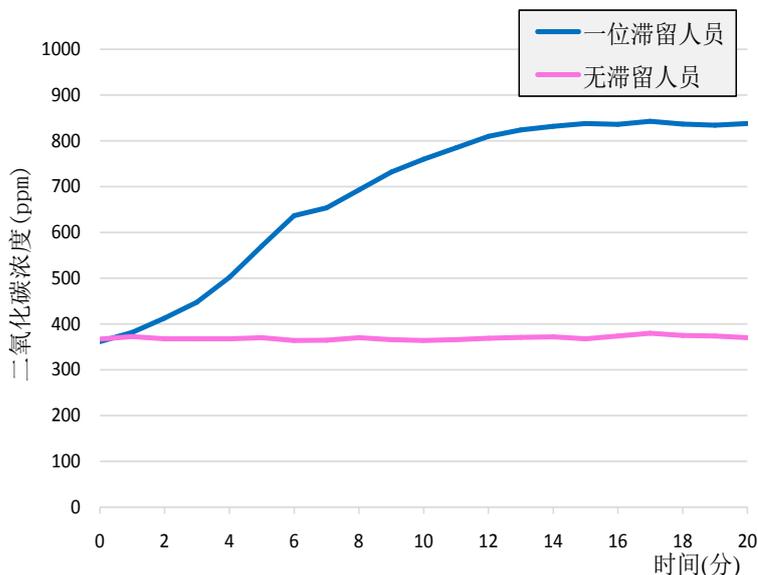


Figure 5. Change of carbon dioxide concentration in passenger compartment  
图 5. 乘客舱二氧化碳浓度变化图

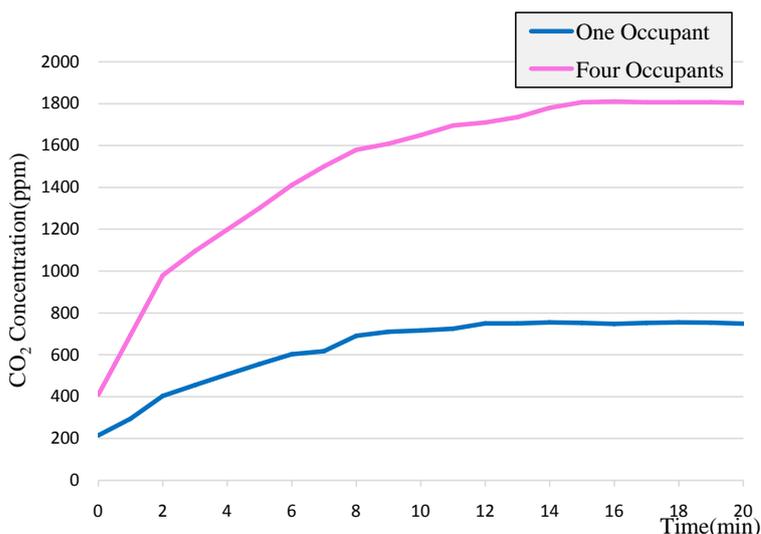


Figure 6. Change of carbon dioxide concentration in passenger compartment by GD Mathu  
图 6. GD Mathu 的乘客舱二氧化碳浓度变化图

### 3.2.3. 车内温度数据

车内温度用 DS18B20 传感器进行检测，测量基本条件为将汽车通风系统调为内循环，关闭门窗，并停在露天下让太阳暴晒，时间为中午 11 点到 12 点。对异常数据采用滤波处理后，得到数据样本图 7。这一实验数据图与 Andrew Grundstein [12] 等人的数据图基本相同，并得出温度在最初 5 分钟内将平均上升 4 摄氏度，为确保安全性，将危险阈值设置为 3 摄氏度，即在温度传感器进入工作 5 分钟后，若测得的温度上升值大于 3 摄氏度，则认定为车内温度将处于危险状况。当外界环境气温高于 37℃ 时，散热困难，外环境热转移到体内，机体主要靠蒸发散热，这将对机体调节能力较弱的儿童产生直接的威胁[13]。因此当车内温度大于 37 摄氏度时也认定为危险状况。

### 3.3. 系统算法设计

结合以上实验数据结果和文献资料，设计系统算法，如图 8 所示。在系统完成初始化之后，GPS 模

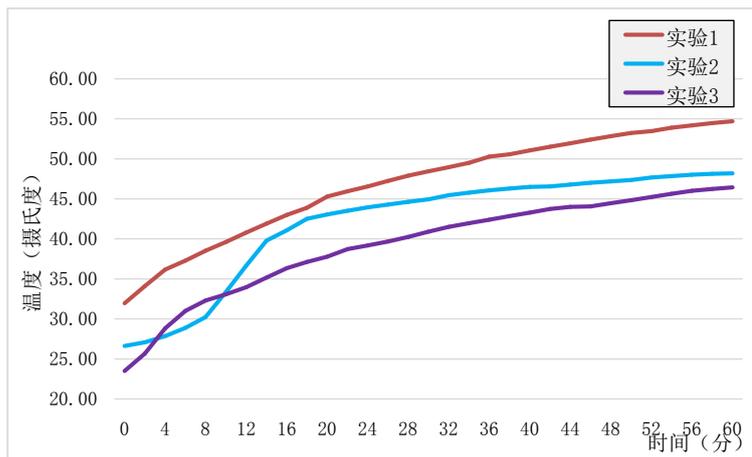


Figure 7. Change of temperature in passenger compartment  
图 7. 乘客舱温度变化图

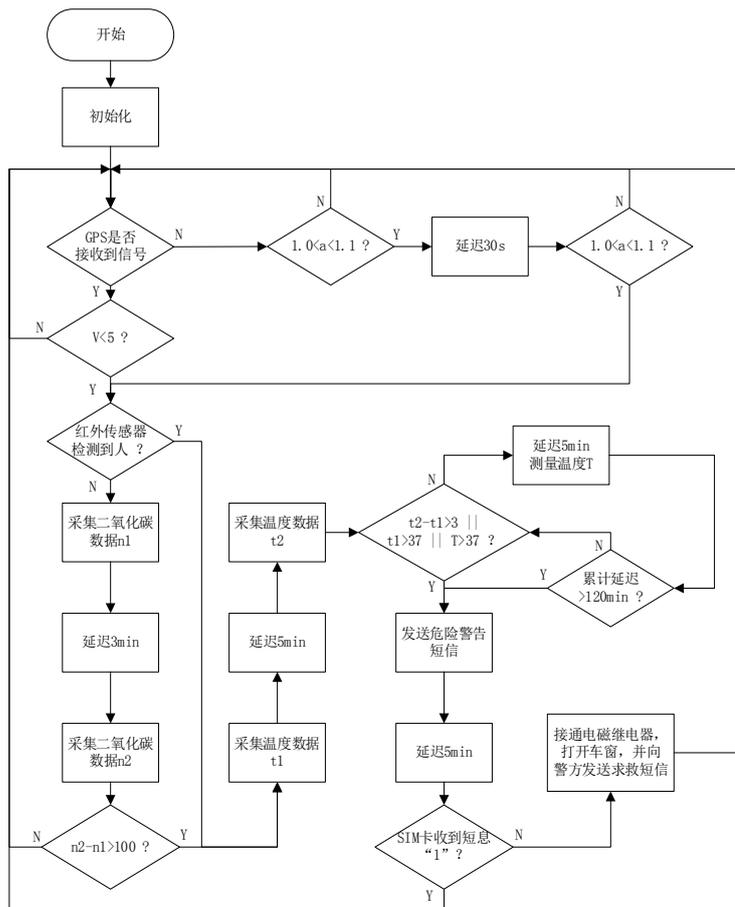


Figure 8. System algorithm flow chart  
图 8. 系统算法流程图

块采集车速数据，并结合三轴加速度计的数据得出车辆状态信息；人体红外传感器将直接检测车内是否有滞留人员，若没有检测到人员，则二氧化碳传感器会通过检测乘员舱内的二氧化碳含量来间接判断车内人员状况；温度传感器检测乘员舱内的温度，若温度正常则每隔一段时间发送短信以告知监护人，若处于危险情况下则立即发送危险警告短信，并在随后时间内起动车辆报警程序。监护人可通过回复“1”来告知系统已接收到警告并解除报警相关程序，若无回复，系统则会发送含时间、温度、车辆信息、地理位置、监护人联系方式等相关信息给警方，同时接通电磁继电器，控制汽车遥控钥匙打开电动车窗，达到自救的目的。

#### 4. 试验与结果

本次试验分为 5 组，分别根据有无滞留人员、车辆行驶状况、车内的温度高低、以及收到警告短信后有无短信回复，设置各个组别，测试的数据包括检测到车辆静止，有人员滞留车内，能够正常发送警告短信以及打开车窗并报警，车辆每组试验 10 次共计 50 次。图 9 为其中一个测试现场照片及收到的报警短信，短信内容能够提供警方救援所需的基本信息。试验结果：表 1 为所测试数据的统计结果，表中各个情况的正确率达到 100%，因此该装置能够有效辨别多种情况，预防儿童被锁车内。

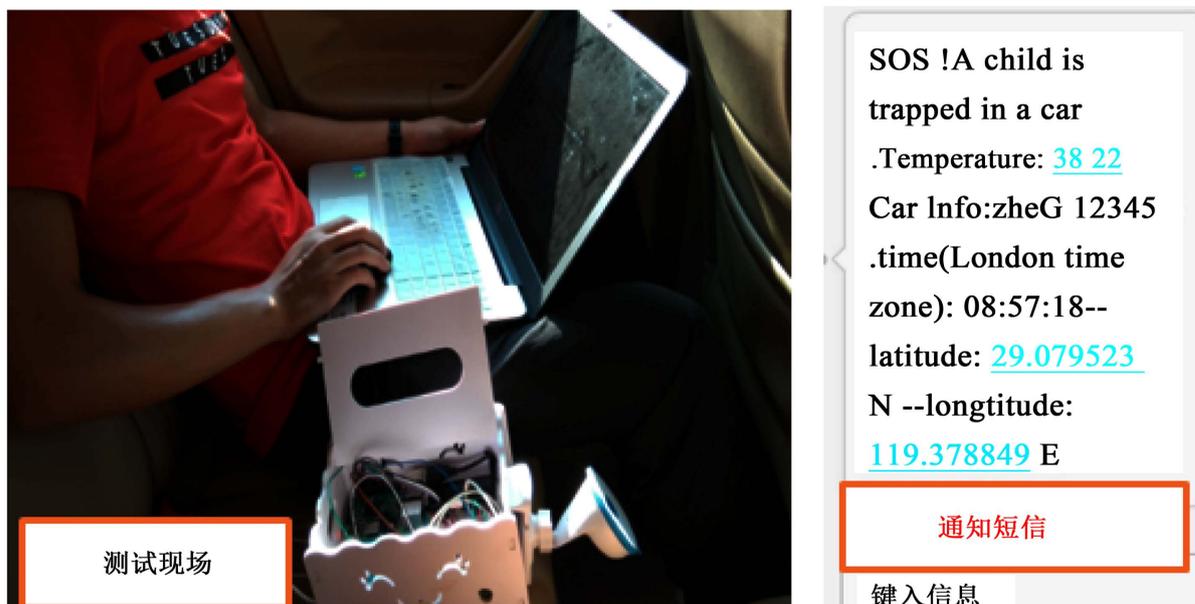


Figure 9. Test site  
图 9. 测试现场图

Table 1. Statistical table of test results  
表 1. 试验结果统计表

试验结果(次数)	车辆静止	人员滞留	短信警告	开窗报警	正确率
有人行驶的常温车	0	0	0	0	100%
无人静止的常温车	10	0	0	0	100%
有人静止的常温车	10	10	0	0	100%
有人静止的高温车(无回复)	10	10	10	10	100%
有人静止的高温车(有回复)	10	10	10	0	100%

## 5. 结论

本文设计了一种预防儿童被锁车内的系统。该系统主要由传感器模块、通信模块、执行模块、移动电源、微机等组成，采集的数据经算法处理后能够检测儿童被锁车内，并通过短信实现远程防止儿童被锁车内，在危险情况下还会自动打开车窗并报警。通过试验评估该系统的正确性和可靠性，试验结果证明，该系统能够准确检测车内的情况，同时能够在实现远程防遗忘以及自动救援，正确率达 100%。该系统装置成本低、结构简单、工作可靠、适用性强，对保障车载儿童的生命安全有重要意义。

## 致 谢

本文获得 2017 国家级大学生创新创业训练计划资助。

## 参考文献 (References)

- [1] Roberts, K.B. and Roberts, E.C. (1976) The Automobile and Heat Stress. *Pediatrics*, **58**, 101-104.
- [2] King, K., Negus, K. and Vance, J.C. (1981) Heat Stress in Motor Vehicles: A Problem Infancy. *Pediatrics*, **68**, 579-582
- [3] Grundstein, A., Duzinski, S. and Null, J. (2015) Impacts of Dangerous Microclimate Conditions within an Enclosed Vehicle on Pediatric Thermoregulation. *Theoretical and Applied Climatology*, **127**, 103-110. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1636-2>
- [4] Booth, J.N., Davis, G.G., Waterbor, J. and McGwin, G. (2010) Hyperthermia Deaths among Children in Parked Vehicles: An Analysis of 231 Fatalities in the United States, 1999-2007. *Forensic Science, Medicine and Pathology*, **6**, 99-105. <https://doi.org/10.1007/s12024-010-9149-x>
- [5] 田瑜基, 柏鹤, 陈云. 一种儿童被锁车内报警系统[P]. 中国专利, CN201620461701.X.
- [6] 杨波, 郑文锋, 刘珊. 一种识别儿童误锁车内的预警系统[P]. 中国专利, CN201510962829.4.
- [7] 蓝芳芳, 杨玲玲, 李景相. 儿童被锁车内报警器及其检测方法[P]. 中国专利, CN201610361810.9.
- [8] 鞠昊, 孙瑞泽, 延超. 基于儿童安全座椅的智能防遗忘安全系统(Safe+) [J]. 科技展望, 2017, 27(12).
- [9] 赵雷. 防滞留智能报警儿童安全座椅[P]. 中国专利, CN201510920091.5.
- [10] Fouzi, M.S.M., Othoman, M.A. and Sulaiman, S.A. (2014). Effect of Recirculation on Air Quality in a Car Compartment. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, **8**, 466-470.
- [11] Mathur, G.D. (2009) Field Monitoring of Carbon Dioxide in Vehicle Cabin to Monitor Indoor Air Quality and Safety in Foot and Defrost Modes. SAE Technical Paper 2009-01-3080. <https://doi.org/10.4271/2009-01-3080>
- [12] Grundstein, A., Dowd, J. and Meentemeyer, V. (2010) Quantifying the Heat-Related Hazard for Children in Motor Vehicles. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **91**, 1183-1191. <https://doi.org/10.1175/2010BAMS2912.1>
- [13] 祝惠民. 中暑的诊疗和预防[J]. 中国临床医生杂志, 1989(6): 46-48.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2161-8801, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [csa@hanspub.org](mailto:csa@hanspub.org)