

穿戴式智能儿童体温监测预警装置的研究进展

辜盈盈 贺雯琪 胡亚南 张天凤 齐湘

西京学院，西安市，710000；

摘要：随着科技的发展和人们对儿童健康关注度的提高，穿戴式智能儿童体温监测预警装置逐渐成为研究热点。本文聚焦智能儿童穿戴式体温检测装置，从硬件与软件两大层面系统梳理其研究发展脉络，详述传感器技术革新、电路设计优化、数据处理算法精研及移动端应用拓展等关键维度演进轨迹，展现该领域技术逐步走向成熟、功能愈发完善的历程，凸显对提升儿童体温监测便捷性与精准度的重要价值。

关键词：智能儿童穿戴式；体温检测；硬件革新；软件优化

DOI:10.69979/3029-2808.24.9.023

引言

儿童免疫系统尚处于不断发育和完善进程，相较于成年人，更容易遭受病原体侵袭，致使体温频繁波动，而发热往往是诸多疾病的首发乃至关键症状。传统水银体温计量方式，虽测量精度久经考验，但其操作流程繁杂，需家长时刻留意测量时长、读数等细节，且易碎含汞存在安全隐患，难以实现对儿童体温的持续、动态监测。另外，虽然耳温枪、额温枪体温测量设备操作相对便捷，但使用时易受耳道清洁程度、额头出汗状况等因素干扰，其测量结果稳定性和准确性欠佳。在科技发展迅速的当下，物联网、传感器、微电子以及人工智能等前沿技术深度融合、迅猛发展，智能儿童穿戴式体温检测装置顺势而生，契合现代家庭育儿以及医疗场景对于儿童体温实时把控、精准监测、便捷管理的迫切诉求，为守护儿童健康筑牢前沿防线，相关研究也在跨学科协同推进下持续深入拓展。

1 硬件研究进展

1.1 传感器技术革新

早期的热敏电阻受限于材料性能与制造工艺，测量精度通常只能维持在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 左右，响应速度较为迟缓，难以满足对儿童体温即时、精准捕捉的需求，且因温漂现象突出，长期稳定性表现不佳。随着科技发展，新型医用级热敏电阻借助纳米材料合成技术与微纳米加工工艺的突破性进展，热敏系数得以精准调控，对体温细微变化展现出超高敏感度，能够敏锐察觉低至 0.01°C 的体温变动。Jakubas A 等开发出纺织传感器 BabyTex，能够远程监测婴幼儿的呼吸频率、湿度、体温和活动状

态；美国 Exmovere 生物医学工程公司研发了一款智能婴儿服装，内部装有体温计、心律监测器和动作传感器，能够判断婴儿的情绪状态，并将监测信息反馈到手机终端 APP；基于 DS18B20 温度传感器的婴幼儿体温监测，提出了一种以 Arduino 为中心，将温度传感器、WiFi 模块、能量供应装置等电子元器件与服装相结合的方法，实现对婴幼儿体温的实时监测。新型医用级热敏电阻的特殊封装结构巧妙融合防水、透气与电磁屏蔽等多重功能，内置的校准电路可依据环境温湿度实时对测量值进行补偿修正，测量精度由此跃升至 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 以内，足以应对各种复杂多变的使用场景，成为众多中高端产品的核心体温传感元件。遥想传统红外传感器，存在体积臃肿、功耗较高、极易受到外界环境红外辐射的干扰的问题，致使早期应用于体温检测领域时，测量精度波动幅度较大，稳定性堪忧。目前，新型红外传感器芯集成了信号放大、滤波、模数转换等多个功能模块，配合精光学透镜组，能够精准聚焦人体额头、手腕内侧等特定部位的红外辐射。

1.2 电路设计优化升级

传统的智能儿童穿戴式体温检测装置多选用通用型微处理器，存在设备算力与功耗间的平衡不足，续航能力制约着产品推广应用。随着科技发展，电路设计优化的关键方向主要为低功耗设计、无线通信模块的改进、传感器集成与优化、信号处理与数据处理电路几方面取得显著的成果。TI 公司的 CC2540 芯片设计蓝牙控制和射频收发模块，可以有效降低设备的能耗，使用高效的电源转换模块和合理的电源分配策略也具有较好的效果。哈尔滨工业大学许俊杰^[1]设计了一种婴幼儿体温监

测器,通过臂环和报警器的组合,利用蓝牙模块将体温数据实时传输到报警器,并在液晶屏上显示,采用 ZigBee 技术优化无线通信协议提高数据传输的效率和可靠;上海电机学院张心雨基于物联网技术,采用 STC89C52RC 单片机和 DS18B20 温度传感器,实现了体温检测功能,并通过 Modbus-RTU 通信协议进行数据传输;在低功耗方面,罗胡铸基于 LoRa 通信模块方案通常由专用射频基带芯片和低功耗 MCU 组成,节点采用小型电池供电,具有良好的隐蔽性和易维护性;西南交通大学基于 ZigBee 技术的无线传感器网络可以实现对体温数据的实时监测和传输,且具有较好的稳定性和低功耗特性。

低功耗设计显著延长了设备的使用时间,使得智能儿童体温监测装置能够在不频繁更换电池的情况下持续工作,为用户提供了更便捷的使用体验。同时,无线通信模块的改进大幅提高了数据传输的稳定性和实时性,确保了体温数据能够及时、准确地传输到监护人的移动设备上,让家长能够实时掌握孩子的体温变化,及时采取相应措施。此外,传感器的集成与优化不仅增强了测量的准确性,拓展了设备的功能多样性,使其能够监测儿童的活动状态、睡眠姿势等多种健康指标,为全面评估儿童健康状况提供了更丰富的数据支持。

2 软件研究进展

近年来,国内在智能儿童体温监测装置的软件在数据采集与处理、用户界面与交互设计、数据分析与智能预警、功能拓展与集成等方面不断优化升级,极大地提升了设备的使用体验和监测效果,为儿童的健康监测提供了有力的技术支持。

2.1 数据采集与处理

数据采集与处理模块在数据处理算法、数据传输与存储技术等方面都取得了显著,能够提高数据的准确性和可靠性。赵晓伟基于蓝牙 BLE 的智能体温测量系统的设计与实现中采用高精度 NTC 温度传感器设计体温采集模块,实现高准确度的体温测量;梁盈春^[2]在幼童可穿戴式智能体温监测设备的设计中探索了柔性织物导电技术与 NFC 无线射频传感技术的融合,以实现快速精准的测温数据读取。赵宇佳^[3]在智能体温检测系统及其关键电路技术研究中基于阈值和机器学习相结合的方案,提高了系统预警的准确性;赵晓伟^[4]基于 OSAL 系统实现了高准确度测量的温度计服务和防丢器服务,基于 iOS

操作系统开发了智能手机个人健康服务终端,基于云服务器实现了具有数据存储、分析、分发等功能的服务器系统。

2.2 用户界面与交互设计

通过优化界面设计、丰富交互方式以及实现个性化与定制化,极大地提升了设备的用户体验和实用性,使得家长能够更加便捷、直观地获取儿童的健康信息,并及时采取相应的措施。哈尔滨工业大学设计的婴幼儿体温监测器,通过液晶显示屏和数码管实时显示婴儿当前的体温和睡眠姿势,家长可通过报警器的按键查询婴幼儿体温和睡眠姿势的历史记录;另外,界面布局清晰,色彩搭配合理,视觉舒适,各元素的布局和交互逻辑清晰明了,使用户可以自然地理解和探索,将体温数据以图表形式展示,便于家长直观地观察体温变化趋势。在交互方面,监测器在数据异常时会进行声光报警、语音提示、报警通知等方式提醒,同时将体温数据和睡眠姿态通过液晶屏显示出来。另外,触控体验良好,确保屏幕触控灵敏度高,手势操作流畅,让用户能快速准确地完成操作。

2.3 数据分析与智能预警

在数据分析方面,利用大数据分析技术,对分析儿童的历史体温数据、生活习惯、环境因素等,建立起体温变化与其他因素之间的关系模型,为后续的智能预警提供依据。北科大的柔性可穿戴多模态设备,集成的 esp32soc 模块可负责测量模式切换、信号无线传输和数据计算,能快速处理传感器采集到的体温等数据,精确捕捉体温变化趋势,具备实时数据分析能力的装置可在采集到数据后迅速进行处理和分析^[5]。在智能预警方面,主要体现在基于人工智能的预警、个性化预警阈值、多场景智能预警,通过对大量有标注的儿童健康数据进行训练,利用神经网络算法分析儿童的体温变化模式、心率波动等数据,模型可以学习到不同健康状态下的数据特征,从而实现对潜在健康风险的准确预警。考虑到每个儿童的生理特征和基础体温存在差异,对个体历史数据的分析和学习,为儿童设定专属的体温异常预警阈值,提高预警的准确性和针对性。根据不同的使用场景,提供相应的智能预警服务,美国东北大学的可穿戴设备能提前一分钟预测孤独症儿童的“侵略性爆发”,帮助护理人员及时做出应对。

2.4 功能拓展与集成

在功能拓展方面,主要集中在多生理参数监测、环境参数监测、活动与睡眠监测。先进的智能儿童体温监测装置,除去基础体温监测还集成了心率、呼吸频率、血氧饱和度等生理参数的监测功能。倚澜科技与特步儿童携手研发 AI 智能检测仪,采用高级算法和多传感器集成,能够实时监测儿童的身体指标,如心率、体温、血氧饱和度等^[6]。Ha UK Chung 将情绪监测功能集成到体温监测装置,通过分析儿童的哭声大小和哭泣频率等指标,设备可以初步判断儿童的情绪状态。美国的密西根大学 Khan T3 研发了具有人工智能图像处理和报警功能智能婴儿监测设备,利用 Jetson Nano 微控制器,配备夜视摄像头和 WiFi 连接技术,能够自动检测婴儿睡眠姿势,不同场景下的测试实验证明该设备监测数据精确,当婴儿睡眠姿势出现异常时能够自动报警。Jakubas A 等开发出纺织传感器 BabyTex,能够远程监测婴幼儿的呼吸频率、湿度、体温和活动状态。美国加州大学 Koo H 等将柔性压力传感器、光学传感器、运动传感器、声控传感器等负载到服装上,为儿童自闭症谱系障碍(ASD)

患者开发出智能服装“TellMe”,具有改善 ASD 的功能,只要朝着 TellMe 上的麦克风发出指令就能激活交互功能,以提升患者的交流能力和语言能力。韩国学者对婴幼儿智能穿戴设备中传感器位置合理性进行研究,分别对心率传感器、温度传感器、睡眠监测传感器的附着位置进行测试,实验发现:通过改进算法和优化程序性能,能够避免传感器的安装位置误差。

3 结论

本文综述了智能儿童体温监测装置在硬件和软件方面的最新研究进展,重点探讨了传感器技术革新、电路设计优化、数据采集与处理、用户界面与交互设计、数据分析与智能预警以及功能拓展与集成等方面的发

展情况。在硬件方面,新型医用级热敏电阻和红外传感器的应用及电路设计的优化,极大提升了体温监测的精度和响应速度,增强了数据传输的稳定性和实时性。在软件方面,通过用户界面与交互设计的优化,极大提升了用户体验;通过大数据与人工智能技术,数据分析与智能预警功能得到增强,实现了对儿童健康状况的全面评估与预警。此外,穿戴式智能儿童体温监测装置实现了心率、呼吸频率等生理参数监测,甚至融入环境监测、活动与睡眠监测等功能,为儿童健康管理提供了全方位解决方案。未来,随着技术的持续创新,智能儿童体温监测装置将更加智能化、精准化,为儿童健康成长提供有力保障。

参考文献

- [1] 许俊杰,林木泉,李智敏,等. 婴幼儿体温监测器设计[J]. 智能计算机与应用,2019,9(04):194-197.
 - [2] 梁盈春. 儿童智能可穿戴体温监测产品改良设计[J]. 天津纺织科技,2023,(04):5-7.
 - [3] 赵宇佳,姜汉钧,张羊,等. 一种超低功耗高精度温度传感器芯片设计[J]. 微电子学与计算机,2015,32(12):40-43.
 - [4] 赵晓伟. 基于蓝牙 BLE 的智能体温测量系统的设计与实现[D]. 南京邮电大学,2015.
 - [5] 袁蒙. 可穿戴儿童体温监测服装的设计与研究[D]. 西安工程大学,2018.
 - [6] 袁蒙,张辉,田伟. 可穿戴体温监测设备的研究现状与发展趋势[J]. 合成纤维,2017,46(06):36-40+44.
- 基金项目: 西京学院大学生创新创业训练计划项目: 穿戴式智能儿童体温监测预警装置(项目编号: X2024 12715110)
- 作者简介: 辜盈盈(2004-),女,陕西安康市人,本科,从事医学影像技术研究。