

DOI: 10. 13475/j. fzx. 20171205305

可穿戴技术在人体健康监测中的应用进展

刘亚男, 丛 杉

(上海工程技术大学 服装学院, 上海 201620)

摘 要 针对目前可穿戴技术的实际应用、监测的安全性、服装的舒适性以及数据安全等问题,总结了健康监测设备的应用与发展现状。首先将监测对象分为老人、儿童、孕妇和病人 4 类,对其监测功能进行阐述,并对国内的可穿戴设备进行总结;其次对生物、运动、环境 3 类传感器、Arduino、STM32 类数据处理平台以及 BLE、ZigBee、RFID、NFC 4 类无线传输技术以及信息反馈技术的作用原理及应用领域进行了总结;最后从研究与实际相结合、柔性舒适的服装平台、监测对象的使用率反馈、设备本身的电源管理和个性化设计以及数据传输与反馈的保密性 5 个方面对可穿戴设备进行了展望。

关键词 可穿戴技术; 健康监测; 服装舒适性; 数据安全

中图分类号: TS 976. 2 文献标志码: A

Research progress of wearable technology in human health monitoring

LIU Ya'nan , CONG Shan

(Fashion College , Shanghai University of Engineering Science , Shanghai 201620 , China)

Abstract In view of the current practical application of wearable technology , the safety of monitoring , the comfort of clothing and the safety of data. The status of the application and development of health monitoring equipment were summarized. Firstly , the monitoring objects were divided into four categories including elderly , children , pregnant women and patients , and their monitoring functions were described respectively. Secondly , The principles and applications of three types of sensors (biological/motion/environmental sensors) , two types of data processing platforms (Arduino/STM32) and four types of wireless transmission technology (BLE/ZigBee/RFID/NFC) and information feedback technology were summarized. At last , the wearable devices were put forward from the combination of research and practice , flexible and comfortable clothing platform , feedback of the usage rate of monitoring objects , power management and personalized design of the equipment itself , and confidentiality of data transmission and feedback.

Keywords wearable technology; health monitoring; clothing comfort; data safety

可穿戴技术主要探索和创造能直接穿在身上,或是整合进用户衣服或配件设备的科学技术^[1]。1966 年美国麻省理工学院学生索普和香农等研制的用于轮盘赌的设备是历史上第 1 个智能可穿戴设备^[2]。从此可穿戴技术逐渐出现在人们的视野中,同时随着科学技术的飞速发展而日趋成熟,不仅为人们提供了更加便捷的生活娱乐方式,更在医疗、军事等领域颇有造诣。其受益对象更是涉及到了老人、儿童、孕妇以及病人等这些具有生理或心理障碍的人群,足以见得可穿戴技术在人体健康监测中变

得尤为重要。而就目前的可穿戴设备来看,在消费者对产品的需求度与接受度、服装的舒适度以及监测数据的可信度等方面仍存在局限性。

在这个智能的时代,可穿戴技术可谓引领服装市场迈入了一个新的发展方向。随着现代人们个性化需求以及对生活品质的提升,未来可穿戴设备将在材料、实用价值以及数据的提取与防护等方面继续发展,本文以监测对象为出发点,对健康监测领域的可穿戴设备及技术进行研究,重在突出不同消费者对可穿戴设备的个性化需求,从而实现更高的应

收稿日期: 2017 - 12 - 28 修回日期: 2018 - 07 - 20

第一作者简介: 刘亚男(1994—),女,硕士生。主要研究方向为服装舒适性及智能可穿戴技术。

通信作者: 丛杉, E-mail: congshan@sues.edu.cn。

用价值,让更多的消费者受益。

1 监测对象及主要功能

目前各类可穿戴设备已逐渐出现在人们的视野甚至生活中。下面将以监测对象分类介绍其主要产品形态及功能现状。

1.1 老年监测

随着我国人民生活水平的提高以及人口老龄化的速度在不断加快,作为相对弱势的群体,其健康状况越来越引起社会大众的关注^[3]。老年可穿戴健康监测设备如表 1 所示。目前国内市场上面向老年人健康监测的可穿戴产品主要有:智能手表/手环^[4-5]、智能拐杖、3G 定位吊坠^[6]、电子血压计、可穿戴式智能心电图监护仪^[7]、享睡智能纽扣、智能心率服、智能调温服等^[8]。

表 1 老年健康监测

Tab. 1 Health monitoring for elderly

产品形态	监测位置及功能
纽扣型	摔倒监测装置,正检率可达 94.8%
腕带式	通过 Shimmer 节点采集数据,在线处理,节约能耗
惯性器件	佩戴于大腿和胸部等多个部位,准确率可达 92%
远程心电图监测仪	采集心电图、呼吸、血压、血氧、脉搏五大参数,并实现医生远程诊断分析功能
运动背心	蓝牙连接,心电图实时显示,手机 APP 监测数据共享

1.2 儿童监测

儿童作为一个家庭和民族的希望,其健康问题不容忽视,为此大量研究人员针对儿童安全监测、姿势监测等方面进行了相关研究^[9-10],如表 2 所示。目前,国内市场上面向儿童健康监测的可穿戴产品主要有:智能手表/手环/腕带、可穿戴式婴幼儿测温计、可穿戴式儿童物理退热仪、可穿戴式蓝牙版脑波头带、云+智能眼镜等^[11-12]。

表 2 儿童健康监测

Tab. 2 Health monitoring for child

产品形态	监测位置及功能
童装	定位元件,蓝牙近场实时监测及报警
童裤	裆部的感应线圈,ZigBee 发送接收信号,可拆洗
童装	利用音频信号收集心脏速率,有助于加强儿童安全
智能袜	脚踝,监测婴儿心率、体温和血氧等睡眠数据及姿势

1.3 孕妇监测

相比老人和儿童来说,孕妇的健康监测主要体现在胎心宫缩监测方面。多普勒超声监测^[13]应用多普勒原理监测胎儿心脏的运动,从而计算其胎心率;美国 Mind Child 公司开发的 MERIDIAN^[14]可穿戴胎儿心率监视器,可监测胎儿心率、孕妇心率以及

子宫活动。使孕妇及胎儿的身体指标及健康状况得到及时有效的监测,避免意外事故的发生。目前,国内市场上面向孕妇健康监测的可穿戴产品主要是可穿戴式胎心监测设备、可穿戴式胎心胎动仪、防孕吐手环。

1.4 病人监测

病人的健康监测是这几类监测对象中最主要的一类,其研究主要包含术后监控与恢复、糖尿病监测、帕金森症患者引导 3 个方面^[15-17],如表 3 所示。目前,国内市场上面向病人健康监测的可穿戴产品主要有:智能防抖动、便携式智能肺呼吸仪、智能袜子、助视器等^[18]。

表 3 病人健康监测

Tab. 3 Health monitoring for patient

产品形态	监测位置及功能
耳带式	e-AR 活动辨识传感器,微创手术后的移动恢复能力
脚穿式	脚踝,通过移动状态信息,反映神经系统恢复情况
电子鼻	糖尿病患者,无痛非侵入式监测系统,探测人体发出的气体,用于早期诊断与自我监测
脚穿式	光线引导,加强行走练习,可改善帕金森病冻结步态

2 相关技术应用

可穿戴技术为人体健康监测提供了许多安全有效的设备,而这些设备的运行与实现都依赖于各种可穿戴技术的应用,其中包括传感器技术、数据传输与处理技术以及信息反馈技术 3 个主要的方面。

2.1 传感器技术

传感器是用于人体感知和数据收集的设备,目前用于人体健康监测的传感器技术主要包括生物传感器、运动传感器和环境传感器 3 类。

2.1.1 生物传感器

生物传感器通过提取具有感知作用的生物材料,将其转换为电信号进行检测。在人体健康监测中用于采集人体的生命体征信号,是人体生理指标的重要数据来源。PPG 传感器^[19]通过反射光来监测血流量和心脏跳动计算心率,目前广泛应用于个人、家庭及大规模人群的生理健康监测;用石墨烯制作的柔性力学传感器准确度达到医疗级,对血压实时监测;电化学生物传感器^[20-21]实现非侵入式的葡萄糖检测设备,对血糖有控制与改善效果。

2.1.2 运动传感器

运动传感器是通过获取人体的动作,将人体运动时所产生的加速度变化转化为电信号,反馈给计算机。运动处理传感器 MPU6050^[22]是集加速度计和陀螺仪于一体的三轴加速度传感器,在胸部监测

人体的姿态信号,获取加速度特征值;MEMS 惯性运动传感器用于对患者运动数据的采集^[23];NTMotion 可穿戴传感器穿戴于患者小腿、大腿和腰背处,结合智能手机实现冻结步态的在线检测^[24]。

2.1.3 环境传感器

环境传感器主要用来感应周围环境的变化,通过敏感元件阻值的变化改变输出电信号的电压值。DHT11 温湿度传感器包括 1 个电阻式感湿元件和 1 个 NTC 测温元件,功耗极低,信号传输距离可达 20 m 以上^[25];气敏传感器主要应用于电子鼻技术^[26],对气味识别以及糖尿病监测有较大的贡献。

2.2 数据传输与处理技术

可穿戴设备得以运行的一项关键技术就是数据传输与处理技术,应用于可穿戴设备的电子平台有 Arduino、STM32 等,在可穿戴技术的人机交互方面发挥了重要的作用。

2.2.1 Arduino 平台

Arduino 作为一种开源电子原型平台,具有 IDE 集成开发环境,用户可以通过 USB 接口直接进行编程和通信^[27]。Arduino 在国外已广泛应用到各类服饰化妆技术、LED 信号灯、环境监测和电子艺术品开发等方面,是一种开放式的人机互动产品软硬件平台^[28-29]。由此可见,Arduino 可较好地应用到可穿戴技术中,通过其开放式特点进行个性化或者专业化的设计。

2.2.2 STM32 控制器

STM32 是一款功能较全、成本较低、高性能、低功耗的微控制器应用产品,其在可穿戴技术、医疗电子、物联网、汽车电子以及无人机领域都有广泛的应用。其中 STM32F429 应用于人体运动监测中记步和手势控制以及心率监测;STM32L476 医学级智能手表,结合脉搏波测量方案对人体血压、睡眠以及运动等进行监测。STM32F411 可对中短途相对位置进行辅助定位,用于儿童安全定位监测。随着 STM32 的不断优化升级,其在人体健康监测领域将做出更多的贡献。

2.3 无线通信技术

作为可穿戴设备,为满足携带方便、穿脱方便、操作灵活、安全性高以及低功耗等特点,无线通信设备起到至关重要的作用。无线通信技术主要包括 BLE、ZigBee、RFID、NFC 等。

2.3.1 BLE 蓝牙低功耗技术

BLE 蓝牙低功耗技术是使小型供电设备通过蓝牙无线链接及数据传输,并具备低功耗、低成本、控制范围广、使用灵活等特点。其应用于 HID 设备、智能家电设备以及医疗保健设备等,并在智能手

环手表、可穿戴式脉搏血氧仪、心率带等可穿戴设备中为其提供了一个超低功耗的无线传输方案。

2.3.2 ZigBee 低速短距离通信

ZigBee 是一种自组织低速短距离无线通信技术,由多个无线数据传输模块构成,且可进行相互通信,所以 ZigBee 不仅可以通过所连接的传感器直接进行数据的采集和监控,还可以接收到其他数传模块中的资料,大大提高了数据容量和传输效率。

2.3.3 无线射频识别

无线射频识别(RFID)通信技术的原理是通过监测无线电信号对目标进行识别与数据读取。RFID 具有小型多样化、可重复利用率较强、容量大、效率高等特点,可满足可穿戴设备重复利用率的问题,因此,RFID 技术将在可穿戴设备中广泛应用。

2.3.4 近场私密通信

近距离无线通信技术(NFC)可实现与设备之间自动而迅速、轻松而私密的通信,目前其主要应用于刷卡支付、门禁、带有个性化信息的 NFC 标签等,其特有的私密通讯方式正是可穿戴设备所需要的,因此,NFC 技术与可穿戴技术相结合,提高健康监测数据的安全性及私密性。

2.4 信息反馈技术

信息反馈技术作为可穿戴设备与人体之间的通讯工具对监测状态起到及时的预防与治疗的作用,其主要包括预警和报警装置、LED、手机 APP 实时在线装置、短信求助装置、yeelink 平台实时监测等,可以及时的将监测结果反馈给用户。目前应用较为广泛的则是与手机 APP 结合的实时在线反馈技术,但在老年人或病人等方面应用还存在缺陷。

3 可穿戴技术面临的问题

综上所述,当前可穿戴技术面临的问题主要有 4 点:1) 目前市场上可穿戴设备种类繁多,但其监测性能、产品形态大同小异,许多研究成果都仅限于实验研究,而并未实际应用;2) 大多数用于健康监测的可穿戴设备还局限在服装配饰中,对于老人、儿童、孕妇以及病人等群体在诸多情况下并不适合佩戴配饰,且配饰作为硬件物体在一定程度上都会对人体产生不舒适感,降低了监测的准确性;3) 可穿戴设备多数需依附于智能手机等设备,给部分老年、儿童等的使用增加负担,增加电磁辐射总量;4) 人们对于可穿戴设备的需求度及接受度还有待提高,大部分消费者对可穿戴设备还存有疑虑。

4 结束语

目前可穿戴技术的发展方向主要包括研究与实际相结合,设计更具特色的可穿戴监测设备;将服装作为监测的平台,设计开发柔性且满足监测对象舒适性需求的产品;从监测对象角度需增强加大可穿戴技术的功能性传播,加大设备的使用率以及效果反馈,从而改变消费者传统的思想观念;从监测设备角度应在其电源管理与附属电子产品的使用各方面进行改进,以低功耗、便捷实用性为原则对用户进行个性化设计;最后应在数据传输及信息反馈中加强信息的保密性,给用户提供一个更加健康、安全的监测环境。

FZXB

参考文献:

- [1] 颜延, 邹昊, 周林, 等. 可穿戴技术的发展[J]. 中国生物医学工程学报, 2015, 34(6): 645.
YAN Yan, ZOU Hao, ZHOU Lin, et al. The development of wearable technology [J]. Chinese Journal of Biomedicine Engineering, 2015, 34(6): 645.
- [2] 陈根. 智能穿戴改变世界: 下一轮商业浪潮[M]. 北京: 电子工业出版社, 2014: 8.
CHEN Gen. Smart Wear Changes the World: Next Wave of Business Wave [M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2014: 8.
- [3] 罗启华. 以用户为中心的老年人可穿戴运动健康监护产品设计研究[D]. 广州: 广东工业大学, 2015: 1.
LUO Qihua. Design of wearable sports health monitoring products for the elderly centered on users [D]. Guangzhou: Guangdong University of Technology, 2015: 1.
- [4] 孙祥. 面向摔倒监测的纽扣型可穿戴式节点系统[J]. 电子器件, 2016, 39(6): 1482-1486.
SUN Xiang. Button-type wearable node system for fall-down monitoring [J]. Electronic Devices, 2016, 39(6): 1482-1486.
- [5] 周生强. 腕带式跌倒检测系统研究[D]. 南京: 南京邮电大学, 2016: 68.
ZHOU Shengqiang. The wrist strap type fall detection system was studied [D]. Nanjing: Nanjing University of Posts and Telecommunications, 2016: 68.
- [6] 陈炜, 佟丽娜, 宋全军, 等. 基于惯性传感器的跌倒检测系统设计[J]. 传感器与微系统, 2010, 29(8): 117-125.
CHEN Wei, TONG Lina, SONG Quanjun, et al. Design of fall detection system based on inertial sensor [J]. Sensors and Microsystems, 2010, 29(8): 117-125.
- [7] 张梅奎, 彭芳, 胡建明, 等. 远程心电监测在居家养老中的应用[J]. 中国数字医学, 2016, 11(9): 94-96.
ZHANG Meikui, PENG Fang, HU Jianming, et al. Application of long-distance ECG monitoring in the home-based pension insurance [J]. Chinese Digital Medicine, 2016, 11(9): 94-96.
- [8] 张海军, 陈宇刚. 心电监测老年服装的设计与开发[J]. 上海纺织科技, 2018, 46(6): 18-21.
ZHANG Haijun, CHEN Yugang. Design and development of ECG monitoring for elderly garment [J]. Shanghai Textile Science and Technology, 2018, 46(6): 18-21.
- [9] 洪文进. 面向智能化的儿童近场定位安全服装研究[D]. 无锡: 江南大学, 2014: 25.
HONG Wenjin. Research on children's near-field location safety clothing facing Intelligence [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2014: 25.
- [10] 沈雷, 谢展, 朱美云. 一种新型的智能尿湿感应童裤: 105231515A [P]. 2016-01-13.
SHEN Lei, XIE Zhan, ZHU Meiyun. A novel intelligent diaper for urine and wet induction is provided: 105231515A [P]. 2016-01-13.
- [11] CHOI Yerim, WANG Lin. A biological signal-based-stress monitoring framework for children using wearable devices [J]. Sensors, 2017, 17(9): 1936.
- [12] 宫瑾, 沈小键, 贾磊, 等. 婴儿欲望与状态识别系统[J]. 物联网技术, 2018, 8(2): 7-12.
GONG Jin, SHEN Xiaojian, JIA Lei, et al. Infant desire and state recognition system [J]. Internet of Things Technology, 2018, 8(2): 7-12.
- [13] JONE Webster. Medical Instrumentation: Application and Design [M]. 4th ed. New Jersey: WILEY, 2009: 2-136.
- [14] MARIA G S, ANDREA F, GIOVANNI M, et al. Monitoring fetal heart rate during pregnancy: contributions from advanced signal processing and wearable technology [J]. Computational and Mathematical Methods in Medicine, 2014, 30: 1-10.
- [15] 匡绍龙, 房银芳, 周瑞, 等. 可穿戴技术应用于术后监控和康复的现状分析[J]. 科技导报, 2017, 35(2): 55-59.
KUANG Shaolong, FANG Yinfang, ZHOU Rui, et al. Application of wearable technology in postoperative monitoring and rehabilitation [J]. Science and Technology Guide, 2017, 35(2): 55-59.
- [16] APPELBOOM G, TAYLOR B, BRUCE E, et al. Mobile phone-connected wearable motion sensors to assess postoperative mobilization [J]. Journal of Medical Internet Research, 2015, 17(7): 78.
- [17] HELEN S. Design preferences on wearable-nose systems for diabetes [J]. Imperial College of Science and Technology, 2016, 28(2): 216-232.
- [18] 丁航, 沈林勇, 吴曦, 等. 用于改善帕金森病冻结步态的可穿戴技术[J]. 传感技术学报, 2017, 30(6): 807-813.

- DING Hang , SHEN Linyong , WU Xi , et al. The wearable technique used to improve the frozen gait of parkinson's disease [J]. *Journal of Sensing Technology* , 2017 , 30 (6) : 807 - 813.
- [19] JONG G , ARIPRIHARTA J. The PPG physiological signal for heart rate variability analysis [J]. *Web of Science* 2017 97: 5229 - 5276.
- [20] DONG E. Design on ear photoplethysmography sensor with movement interference cancellation [J]. *Transducer and Microsystem Technology* 2012 31(8) : 119 - 122.
- [21] JUSHUA Raywindmiller , JOSEPH Wang. Wearable electrochemical sensors and biosensors: a review [J]. *Wiley Online Library* 2012(7) : 29 - 46.
- [22] 陈炜峰 , 席万强 , 周峰 , 等. 基于物联网技术的山体滑坡监测及预警系统设计 [J]. *电子器件* 2014 37(2) : 279 - 282.
- CHEN Weifeng , XI Wanqiang , ZHOU Feng , et al. Design of landslide monitoring and early warning system based on Internet of things [J]. *Electronic Devices* , 2014 37(2) : 279 - 282.
- [23] 汪丰 , 邹亚 , 乔子晏 , 等. 帕金森患者步行运动的定量分析 [J]. *东南大学学报(自然科学版)* 2015 45(2) : 266 - 269.
- WANG Feng , ZOU Ya , QIAO Ziyan , et al. Quantitative analysis of walking exercise in Parkinson's patients [J]. *Journal of Southeast University (Natural Science Edition)* 2015 45(2) : 266 - 269.
- [24] AHLRICHS C , SAMA A , LAWOW M , et al. Detecting freezing of gait with a tri-axial accelerometer in parkinson's disease patients [J]. *Medical and Biological Engineering and Computing* , 2016 54(1) : 223 - 233.
- [25] 倪天龙. 单总线传感器 DHT11 在温湿度测控中的应用 [J]. *单片机与嵌入式系统应用* 2010(6) : 60 - 62.
- NI Tianlong. Application of single bus sensor DHT11 in temperature and humidity measurement and control [J]. *Single Chip and Embedded System Application* , 2010(6) : 60 - 62.
- [26] 方圆 , 詹诗画 , 邹奉元. 电子鼻技术及其在服装领域的应用 [J]. *现代纺织技术* 2017 25(2) : 76 - 80.
- FANG Yuan , ZHAN Shihua , ZOU Fengyuan. Electronic nose technique and its application in garment field [J]. *Advanced Textile Technology* , 2017 , 25(2) : 76 - 80.
- [27] 郑昊 , 钟志峰 , 郭昊 , 等. 基于 Arduino/Android 的蓝牙通信系统设计 [J]. *物联网技术* 2012(5) : 50 - 51.
- ZHENG Hao , ZHONG Zhifeng , GUO Hao , et al. The bluetooth communication system based on arduino/android is designed according to the technology of internet of things [J]. *Internet of Things Technology* , 2012(5) : 50 - 51.
- [28] LIM Poon , LAU Khai. Smarthome and location positioning system (SLOPS) : an ambient intelligences service [C] // *Proceedings of the 6th International Conference on Computing & Informatics*. Kuala Lumpur: Universiti Utara Malaysia 2017: 675 - 682.
- [29] 张国平 , 夏建文 , 刘强 , 等. 面向超薄柔性器件加工的激光解键合方案 [J]. *纺织学报* 2018 39(5) : 155 - 159.
- ZHANG Guoping , XIA Jianwen , LIU Qiang , et al. Laser de-bonding solution for ultra-thin flexible device handling [J]. *Journal of Textile Research* , 2018 39(5) : 155 - 159.