

可穿戴健康监测设备现状和技术分析^{*}

张雨晨 金心宇

沈剑峰

(浙江大学信息与电子工程学系 杭州 310027)

(浙江省卫生信息中心 杭州 310006)

〔摘要〕 概述可穿戴健康监测设备的已有产品和研发中产品,比较其功能,介绍应用技术、试用技术、研究技术现状,指出现阶段可穿戴健康监测设备存在的问题并对发展进行展望。

〔关键词〕 可穿戴;健康监测设备;可穿戴检测技术

〔中图分类号〕 R-058 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2015.09.001

Current Status of Wearable Health Monitoring Equipment and Technical Analysis ZHANG Yu - chen, JIN Xin - yu, Department of Information Science and Electronic Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China; SHEN Jian - feng, Zhejiang Health Information Center, Hangzhou 310006, China

〔Abstract〕 The paper describes existing products of wearable health monitoring equipment and products in research and development, compares their functions and introduces the status quo of applied technology, technology on trial and research technology. It points out present problems in wearable health monitoring equipment and predicts its development.

〔Keywords〕 Wearable; Health monitoring equipment; Wearable monitoring technology

1 引言

在数字化信息时代,越来越多的人开始依赖智能手机等移动媒体设备,应接不暇的数码产品源源不断地涌入到人们的生活之中,其中可穿戴健康监测设备是近几年发展起来的智能设备形式,受到社会的广泛关注。在过去的几年中,许多厂家进行相关产品的研发和推广,这其中包含了众多创业公司,也不乏品牌响亮的大公司,使

得可穿戴健康监测设备得到快速发展。调研机构统计数据显示,2012 年全球可穿戴式医疗器械产品市场总销售额已达 20 亿美元,2013 年更暴增至 28 亿美元,预计到 2019 年这一数字将上升为 58 亿美元,平均年综合增长率高达 16.4%,远高于普通医疗器械产品的综合增长率。本文简要概括可穿戴健康监测设备的现状及发展方向,介绍其技术现状,指出现阶段可穿戴健康监测设备存在的问题,对可穿戴健康监测设备的发展进行展望。

2 产品概述

2.1 中外已有产品

目前智能穿戴产品市场主要分布在娱乐休闲以及健身、医疗健康领域,已有许多公司在穿戴式健康设备领域做出诸多探索和实践。国外公司对于运

〔修回日期〕 2015-07-24

〔作者简介〕 张雨晨,硕士研究生;金心宇,教授;通讯作者:沈剑峰,医学博士,研究员。

〔基金项目〕 国家高技术研究发展计划(863 计划)数字化医疗卫生区域示范(项目编号:2012AA02A614)。

动健康的关注较早，已经出现较多产品，如 2009 年 Fitbit 推出了第 1 款 Fitbit Tracker，至今已有 flex、zip、one 等多个系列；2011 年卓棒推出了 up 智能手环系列；2012 年耐克公司推出了 FuelBand 智能健身手环，Basis 公司推出了 Basis B1 Band 智能腕表；2014 年三星推出了 Gear Fit R350 智能手环，摩托罗拉公司推出了 Motoactv 智能手表，微软公司推出了 Microsoft Band 智能手环；2015 年苹果公司推出了 Apple Watch 智能手表等。这些公司大多在这一行业已有较长时间的积累，具有较为丰富的经验和技术储备，或是引进了大量相关研究人员，在数据检测及数据分析的准确性上均有不错的表现^[1]。国内在此方面的研究起步较晚，但目前也出现了不少能与国外相媲美的产品，如百度云推出咕咚手环、九安医疗公司推出 lhealth AM3 智能腕表、滕海视阳公司推出体记忆智能手环、果壳电子推出 GEAK Watch 智能手表、佳明推出 Vivofit 系列智能手环等。国内的产品普遍在近两年才起步，相对于国外的产品而言，在质量上参差不齐，部分产品的测试精确度并不高，有时会给用户造成误导。综合上述国内外可穿戴健康监测设备来看，产品主要以手环或者手表的形式出现，在主要功能上基本都围绕每日步数、距离的记录，卡路里消耗情况及相关数据的测算和夜间睡眠质量的跟踪记录，显得较为单一。

2.2 研发中产品

面对可穿戴健康监测设备功能少、形式单一、实用性和准确性欠佳的现状，很多公司进行了更为深入的研究和探索。如俄罗斯 Noviosense 公司正在研发的隐形眼镜，可以通过安装在眼镜中的葡萄糖传感器远程监控眼内的葡萄糖水平；美国谷歌公司正在研发的隐形眼镜内嵌柔性电子传感器和一个天线；传感器可以读取患者眼泪中的化学成分，通过分析眼泪中的电解质状况确定血糖含量；瑞士 Sensimed 公司研发的 Triggerfish 隐形眼镜，则可以 24 小时监测眼球曲度，从而帮助青光眼患者进行治疗；美国美信等公司研发的生命体征监测 fit 衫，则集成了干电极心电图测量技术以及相关信号的处理能力；法国 Kolibree 公司正在研发的同名牙刷，可通过嵌入传感器精确测量刷牙的时间位置以及清理状况，提出有效的建议。

3 功能比较

3.1 现阶段产品功能总结

对目前市场上部分主流可穿戴健康监测设备的功能进行总结和研究后，发现其功能主要集中在户外运动和睡眠监测，大部分产品都搭载了统计运动步数、运动状态分析、睡眠状态跟踪等有关技术，见表 1。

表 1 部分上市产品的功能分布

上市时间	产品	公司	计步	能量消耗测算	心率/脉搏	饮食跟踪	睡眠跟踪	体温测量
2011	jawbone up 智能手环	卓棒	√	√	—	√	√	—
2012	FuelBand 智能手环	耐克	√	√	—	—	√	—
2012	one 智能夹扣	fitbit	√	√	—	—	√	—
2012	zip 智能夹扣	fitbit	√	√	—	—	—	—
2013	Basis B1 Band	Basis	√	√	√	—	√	√
2013	flex 智能手环	fitbit	√	√	—	—	√	—
2013	GEAK Watch 智能手表	果壳电子	√	√	√	—	√	—
2013	iHealth AM3 智能腕表	九安医疗	√	√	—	√	√	—
2013	咕咚手环	百度云	√	√	—	—	√	—
2013	体记忆手环	体记忆	√	√	—	—	√	—
2014	Forerunner 智能手表	Garmin	√	√	√	—	√	—
2014	gear fit	三星	√	√	√	—	—	—
2014	Microsoft Band	微软	√	√	√	—	√	√
2014	MotoACTV 智能腕表	摩托罗拉	√	√	√	—	√	—
2014	Vivofit 智能手环	Garmin	√	√	√	—	√	—
2015	Apple Watch	苹果	√	√	√	—	—	—

3.2 功能延伸系统总结

为了增强设备功能的完整性和延展性,很多大品牌公司在推出可穿戴健康监测设备的同时也推出了适应于产品的相关系统。这些系统及相关应用程序主要实现了串联可穿戴设备和用户的功能,同时对设备所记录的数据通过海量数据处理技术^[2-3],使用户可以较为方便地得知由设备获取的相关健康数据和健康状况。其中比较主要的有卓棒的 up 系统为智能手环提供的随时蓝牙接入功能,通过数据同步在手机上显示手环所记录的用户相关信息,包括运动情况、饮食情况与睡眠状况,同时该系统还使得智能手环与用户的其他智能产品相关联,手环提供的数据将得到更有效的应用;Fitbit 的手机应用为用户提供了无限同步功能,除了能够记录用户的个人数据外,还提供了用户间的比赛排名功能,提高了用户运动的积极性;Basis B1 Band 的相关系统则充分利用了 Basis B1 在传感器方面的优势,通过设备获得的数据自动判断用户当前的状态,生成更为详尽的用户资料;Nike + 的 Running 应用程序重点关注用户的运动需求,为用户设定个人目标,寻找最佳的跑步路线并为用户提出更合理的运动意见,同时其独创的 NikeFuel 值使用户能与好友进行比赛,提高用户参与运动的积极性;苹果公司 Apple Watch 健身活动应用为用户每天的运动量提出规划并记录完成情况。各个厂家都为自己的可穿戴健康监测设备定制了拓展其应用的系统,其主要形式是将可穿戴健康监测设备与手机进行数据交互,通过手机应用及云端进行数据存储与分析,再将信息反馈给用户。随着可穿戴健康监测设备的发展,相关的应用系统也会变得越来越重要,而卓棒的 up 系统将智能穿戴健康监测设备与智能家居联系在一起,使其成为整个智能生态中的一部分,这种跨产品系统也可能成为未来智能系统发展的重要方向。未来的可穿戴健康监测设备在现有技术的基础上,有可能在医疗监测方面有诸多作用,尤其可能在无创血糖监测、体内电解质评估等方面获得进步。

4 主要技术

4.1 概述

随着对穿戴式医疗监测设备的关注越来越多,对于相关移动监测技术的要求也越来越高。可穿戴健康监测设备可实现的功能主要依赖于传感器^[4-5],可以划分为基础功能和应用功能两大类,其中基础功能大致包括运动步数及距离的监测、卡路里及相关运动消耗的计算、睡眠监测及信息反馈、GPS 定位等功能,而这些功能在目前上市的可穿戴健康监测设备中已应用得十分广泛,其中大部分功能都是利用了三轴加速度传感器和三轴陀螺仪进行直接或间接的数据测定,对于加速度传感器及陀螺仪的研究目前已经比较成熟^[6]。

4.2 应用技术

应用功能主要使得穿戴式健康监测设备具有相关的医疗作用,包括心率、脉搏、心电图、体温、血压、血糖及血脂的测定,其中对于心率、脉搏和体温的测定主要采用直接测定的方法,较为常见的有利用心率带来进行心率的监测(上述产品中佳明的 Vivofit 系列智能手环即可以配合心率带进行心率监测,利用光学传感器测量腕部血液流动情况测定脉搏,但是精度并不是很高)以及使用敏感度较高的温度传感器来进行体温的测量(已有部分设备开始搭载此类传感器及相关技术,如 Basis 公司的 Basis B1 Band 智能腕表使用此技术进行相关心率和体温监测)。在血糖监测方面,目前利用植入皮下的传感器进行血糖水平监测已达到了较为准确的程度^[11],美敦力公司通过将探头植入患者皮下的方式,实现了血糖长时间动态采集。对于心电数据的采集已有较为成熟的传感设备,如 Clearbridge Vital-Signs 公司的 CBVS1202 可以超低的功耗实现长时间的三导联心电图的采集。

4.3 试用技术

面对可穿戴健康监测设备对于动态数据监测的需求,已经有多家公司进行了探索。如谷歌公司正

在研发的产品谷歌隐形眼镜中包含一个电生物传感器, 它会检测眼泪当中的葡萄糖水平, 由此推测出用户当前的血糖状况, 其原理主要是通过安置在隐形眼镜表面的传感器将电流信号实时传输给生物传感模块进行分析, 通过微型天线将信号输出出来^[35-39]。而同样在对隐形眼镜进行研究的 Noviosense 公司的生物传感器, 则拥有中空的环形结构, 其中包含了相互平行的多个环形线圈以及电子电路模块, 这些线圈包含了至少 1 个工作电极、1 个反向电极以及参考电极, 可以将眼部的电信号传输到电子电路模块中, 使整个系统被生物适应性较好的树脂包裹, 在使用时不会对眼部造成危害^[40]。

4.4 研究技术

很多技术仍在实验室研究阶段, 尚未运用到实际的产品中。目前对于长时间动态血压监测的研究, 其中一类方式是通过沿动脉配备的传感器来测量脉波的传播速度, 从而计算出血压值^[8]; 另一类是光电式无损微型血压计, 可以对动脉血压实现持续测量, 其原理是通过计算两个肢体固定点处由血流引起的体积变化、该两点间动脉段的电阻变化以及两者之间的时延以得到血压值^[9]。对于血糖的监测, 可穿戴健康监测设备希望搭载实时动态血糖监测功能, 以及减轻糖尿病患者血糖监测时的疼痛, 对于无创血糖监测的研究必不可少^[12]。光学检测法由于其无痛性和准确性, 成为目前血糖研究的主要方向^[13-14], 较为常见的包括光声光谱法、拉曼光谱法、荧光法、偏振光旋光法、光学相干层析成像法、近红外光谱法和中红外光谱法等^[15-19], 这些方法主要通过光学传感器在体外获得相关血液的光学信息, 通过一定的数学模型计算获得血糖含量。由于血糖和细胞间液糖之间存在滞后性, 使得单纯以血糖为参考进行校准的光谱分析法面临一些特殊的困难, 为了克服这些困难, 许多研究小组已经开始使用类似动态浓度校正或偏最小二乘法的技术^[20-21]。目前国外对于此方面已进行了较为深入的研究, 有多种较为成熟的方案, 通过分析眼泪、汗液或唾液^[22-25]中的相关成分, 确定血糖情况的测定方式。心电监测方面, 由于电噪声混入心电信

号会对心电监测造成较大的影响, 所以专家学者在数 10 年中对于噪声来源的研究做出了巨大的努力^[26], 例如对于低电压心电传感器系统间相互作用而产生噪声干扰的研究^[27]、对于无线短距离心电信号传输的研究^[28-30]、对于原始心电数据压缩的研究^[31]以及对于运用模式匹配算法实现实时异常心率监测的研究^[32-34], 但是目前对于心电图的分析算法尚存在较多欠缺, 很难从获得的心电图中获取满足用户需求的内容。

5 主要问题及改进方向

5.1 主要问题

目前的穿戴式健康监测设备已经有了一定的发展, 几大品牌的运动手环及相关系列产品在运动健身群体中也有了一定的受欢迎度和认可度, 但产品目前存在的问题不容忽视。某移动市场研究公司最近对美国可穿戴市场进行的研究表明, 消费者对可穿戴设备的依赖性并不强, 其原因一是产品本身的质量有待提高, 电池续航能力不足, 云端数据同步困难, 穿戴不舒适等问题影响了消费者的体验, 即使是 Fitbit 这类知名品牌也发生过因为腕带造成的皮肤过敏而召回产品的事件; 二是产品的功能限制依然比较大, 大部分产品仍然停留在计步和卡路里消耗的计算上, 不能为用户带来他们所需要的数据, 同时对于其他智能设备如智能手机的过度依赖, 加之当下越来越多的运动健身类应用的出现使得运动健康类穿戴式设备显得并不必要, 而且许多产品仍然需要不少的手动操作, 使用起来并不便捷; 三是从产品的医疗价值与实用性角度考虑, 大多数智能手表和智能手环仍然停留在初级监测的阶段, 提供的医疗健康数据的数据量和准确度都有待提高, 并非医学所需的关键指标, 在医疗角度很难得到广泛应用。

5.2 改进方向

可穿戴健康监测设备想要发展, 还有许多需要研究和改进的地方。首先, 新产品应搭载更先进的移动传感技术, 用以提高数据监测的广度和准确

度, 准确而有效的数据能够帮助医生动态追踪评价药物的治疗效果, 及时了解病人康复情况, 以及对于糖尿病一类暂时无法痊愈的病情实时监控; 其次, 新产品应对数据管理提出更高要求, 长时间用户个人数据采集会产生极为庞大的数据量, 而成熟的穿戴式健康监测设备应该具有一定的数据分析能力, 为用户提出有益的建议; 与此同时, 用户将个人健康数据保存在云端, 恶意软件的数量和严重性都会不断上升, 如何有效防止隐私泄露、保护数据安全也是值得考虑的问题。总而言之, 未来的穿戴式健康监测设备, 应更好地满足用户在健康管理甚至医疗卫生方面的需求, 提高产品价值和智能程度, 以适应市场的需求。

6 结语

不可否认的是可穿戴式健康监测设备具有巨大的发展潜力, 对于健康越来越多的关注和对于智能设备更加频繁的使用, 使得该领域有着良好的前景, 有望在未来的医疗健康领域占据十分重要的地位; 但现阶段对于此类设备的探索尚且处在初级阶段, 不管从技术角度还是从用户服务角度都还有很多不足之处, 相信在各大品牌投入开发的情况下, 可穿戴健康监测设备可以取得更大的发展。

参考文献

- 1 李建功, 唐雄燕. 智慧医疗应用技术特点及发展趋势 [J]. 医学信息学杂志, 2013, 34 (6): 2-7, 17.
- 2 郑西川, 孙宇, 于广军, 等. 基于物联网的智慧医疗信息化 10 大关键技术研究 [J]. 医学信息学杂志, 2013, 34 (1): 10-14, 34.
- 3 代涛. 医学信息学的发展与思考 [J]. 医学信息学杂志, 2011, 32 (6): 2-16.
- 4 马森. 物联网模式下如何实现智能医疗 [J]. 医学信息学杂志, 2012, 33 (4): 8-11.
- 5 吴民. 移动医疗的应用 [J]. 医学信息学杂志, 2012, 33 (11): 2-5.
- 6 唐富荣, 薛大同. 静电悬浮式三轴加速度传感器的初步设计 [J]. 传感器技术, 2001, 20 (7): 30-32.
- 7 鲍淑娣, 张元亨. 远程医疗: 穿戴式生物医疗仪器 [J]. 中国医疗器械信息, 2004, 10 (5): 1-3.
- 8 Poon C C Y, Wong N Y M, Zhang Y T. M - Health: the development of cuff - less and wearable blood pressure meters for use in body sensor networks [J]. Life Science Systems and Applications Workshop, 2006, (7): 1-2.
- 9 鲍淑娣, 张元亨. 远程医疗: 穿戴式生物医疗仪器 [J]. 中国医疗器械信息, 2004, 10 (5): 1-3.
- 10 钱莺. 血糖监测方法的研究进展 [J]. 护理研究: 上旬版, 2006, 20 (8): 1988-1989.
- 11 Mortellaro M, DeHennis A. Performance Characterization of an Abiotic and Fluorescent - based Continuous Glucose Monitoring System in Patients with Type 1 Diabetes [J]. Biosensors and Bioelectronics, 2014, (61): 227-231.
- 12 Koschinsky T, Heinemann L. Sensors for Glucose Monitoring: Technical and Clinical Aspects [J]. Diabetes/Metabolism Research & Reviews, 2001, 17 (2): 113-123.
- 13 McNichols R J, Cote G L. Optical Glucose Sensing in Biological Fluids: an overview [J]. Journal of Biomedical Optics, 2000, 5 (1): 5-16.
- 14 Oliver N S, Toumazou C, Cass A E G, et al. Glucose Sensors: a review of current and emerging technology [J]. Diabetic Medicine, 2009, 26 (3): 197-210.
- 15 石小巍, 肖啸. 基于光声效应的无创血糖检测仪的研究 [J]. 红外, 2009, 30 (1): 20-23.
- 16 李刚, 周梅, 吴红杰. 无创人体血糖检测光学方法的研究现状与发展 [J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30 (10): 2744-2747.
- 17 王伟, 卞正中, 张大龙. 红外多波长无创人体血糖检测阵列模型的研究 [J]. 生物医学工程学杂志, 2004, 20 (4): 716-719.
- 18 陈星旦, 高静, 丁海泉. 论无创血糖监测的红外光谱方法 [J]. 中国光学, 2012, 5 (4): 317-326.
- 19 Chuah Z M, Paramesran R, Thambiratnam K, et al. A Two - level Partial Least Squares System for Non - invasive Blood Glucose Concentration Prediction [J]. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 2010, 104 (2): 347-351.
- 20 Barman I, Kong C R, Singh G P, et al. Accurate Spectroscopic Calibration for Noninvasive Glucose Monitoring by Modeling the Physiological Glucose Dynamics [J]. Analytical Chemistry, 2010, 82 (14): 6104-6114.
- 21 Lam S C H, Chung J W Y, Fan K L, et al. Non - invasive Blood Glucose Measurement by Near Infrared Spectroscopy:

- machine drift, time drift and physiological effect [J]. Journal of Spectroscopy, 2010, 24 (6): 629 – 639.
- 22 Jessen T E, H? skuldsson A T, Bjerrum P J, et al. Simultaneous Determination of Glucose, Triglycerides, Urea, Cholesterol, Albumin and Total Protein in Human Plasma by Fourier Transform Infrared Spectroscopy: direct clinical biochemistry without reagents [J]. Clinical Biochemistry, 2014, (47): 1306 – 1312.
- 23 Shao J, Lin M, Li Y, et al. In vivo Blood Glucose Quantification Using Raman Spectroscopy [J]. PloS One, 2012, 7 (10): e48127.
- 24 Dutt – Ballerstadt R, Evans C, Pillai A P, et al. A Label – free Fiber – optic Turbidity Affinity Sensor (TAS) for Continuous Glucose Monitoring [J]. Biosensors and Bioelectronics, 2014, (61): 280 – 284.
- 25 罗曼, 宣文洋, 陈文西. 基于健康人群唾液葡萄糖检测体系的构建 [J]. 检验医学, 2012, 7 (8): 4.
- 26 Patel S I, Souter M J. Equipment – related Electrocardiographic Artifacts: causes, characteristics, consequences, and correction [J]. Anesthesiology, 2008, 108 (1): 138 – 148.
- 27 Freeman D K, Gatzke R D, Mallas G, et al. Saturation of The Right – Leg Drive Amplifier in Low – Voltage ECG Monitors [J]. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 2015, 62 (1): 323 – 330.
- 28 Gupta R, Mitra M. Wireless Electrocardiogram Transmission in ISM Band: an approach towards Telecardiology [J]. Journal of Medical Systems, 2014, 38 (10): 1 – 14.
- 29 Cao H, Liang X, Balasingham I, et al. Performance Analysis of ZigBee Technology for Wireless Body Area Sensor Networks. Lec. Notes Institute Comput [J]. Sci Soc Inform Telecommun Eng, 2009, (28): 747 – 761.
- 30 Alemdar H, Ersoy C. Wireless Sensor Networks for Healthcare: a survey [J]. Computer Networks, 2010, 54 (15): 2688 – 2710.
- 31 Mukhopadhyay S K, Mitra S, Mitra M. An ECG Signal Compression Technique Using ASCII Character Encoding [J]. Measurement, 2012, 45 (6): 1651 – 1660.
- 32 Noh Y H, Jeong D U. Implementation of a Data Packet Generator Using Pattern Matching for Wearable ECG Monitoring Systems [J]. Sensors, 2014, 14 (7): 12623 – 12639.
- 33 Pachauri A, Bhuyan M. Wavelet and Energy Based Approach for PVC Detection [C]. Emerging Trends in Electronic and Photonic Devices & Systems, International Conference on IEEE, 2009: 258 – 261.
- 34 Nasiri J A, Sabzekar M, Yazdi H S, et al. Intelligent Arrhythmia Detection Using Genetic Algorithm and Emphatic SVM (ESVM) [C]. Third UKSim European Symposium on IEEE, 2009: 112 – 117.

关于《医学信息学杂志》启用 “科技期刊学术不端文献检测系统”的启事

为了提高编辑部对于学术不端文献的辨别能力, 端正学风, 维护作者权益, 《医学信息学杂志》已正式启用“科技期刊学术不端文献检测系统”, 对来稿进行逐篇检查。该系统以《中国学术文献网络出版总库》为全文比对数据库, 可检测抄袭与剽窃、伪造、篡改、不当署名、一稿多投等学术不端文献。如查出作者所投稿件存在上述学术不端行为, 本刊将立即做退稿处理并予以警告。希望广大作者在论文撰写中保持严谨、谨慎、端正的态度, 自觉抵制任何有损学术声誉的行为。

《医学信息学杂志》编辑部