

基于物联网技术的医疗监测研究综述^{*}

管 华

漆 颢 吴劲芸

(1 湖北中医药大学信息工程学院 武汉 430065

(湖北中医药大学信息工程学院 武汉 430065)

2 针灸治未病湖北省创新协同中心 武汉 430065)

〔摘要〕 阐述医疗监测系统研究现状,包括移动医疗、生理指标检测设备、医疗机构级监护系统和家用监护系统几方面。对医疗监测系统研究热点进行分析,包括云健康监测平台、穿戴式医疗仪器及人体传感器网络 3 方面。指出基于物联网的医疗监测系统存在问题,预测其未来发展方向。

〔关键词〕 物联网; 医疗监测; 综述

〔中图分类号〕 R-056 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2017.11.001

Overview on Medical Monitoring Study Based on Internet of Things Technology GUAN Hua, 1College of Information Engineering, Hubei University of Chinese Medicine, Wuhan 430065, China; 2Hubei Provincial Collaborative Innovation Center of Preventive Treatment by Acupuncture and Moxibustion, Wuhan 430065, China; Qi hao, WU Jin-yun, College of Information Engineering, Hubei University of Chinese Medicine, Wuhan 430065, China

〔Abstract〕 The paper expatiates on the study situation of medical monitoring system from the aspects like mobile medical, physiological index detection equipment, monitoring system at medical institution level and household monitoring system. It analyzes study hotspots of medical monitoring system from the three aspects of cloud platform of health monitoring, wearable medical devices and body sensor network. It also points out problems in medical monitoring system based on Internet of things and predicts its future development.

〔Keywords〕 Internet of Things; Medical monitoring; Overview

1 引言

针对现代人慢性病、亚健康 and 老龄化日益严重

的问题,基于物联网技术的医疗监测为各种慢性病诊断提供重要的检测手段,通过医疗监测设备对亚健康指标的测量,可提早发现慢性病,有利于治疗,使现代意义下的远程监护更人性化、智能化和实时化。生命体征采集与健康监测是物联网在医疗应用领域一个十分重要的方面,它对早发现生命体征,提前预测疾病有重要作用。现在的家庭里或多或少都拥有一些家用医疗监测仪器(如血压计、血糖仪等),但测得的血压、血糖数据无法放到健康平台共享,医生不能及时获得第一手健康资料,而医疗监测系统的设计是为减少患者进医院和诊所的次数并能够实时、长期监测患者的一些生命体征信息,将这些生理信息共享给医疗机构,让医生根

〔修回日期〕 2017-11-18

〔作者简介〕 管华,高级实验师,硕士生导师,发表论文 21 篇。

〔基金项目〕 湖北省教育厅人文社科一般项目(项目编号:17Y059);针灸治未病湖北省创新协同中心开放性课题(项目编号:HBCIC-2016-011);湖北省交通厅交通运输科技项目(项目编号:2016-600-4-5)。

据监测结果对患者情况提出相应的医疗建议。一些客观性的护理信息（如体温、脉搏、呼吸、血压、血氧饱和度等生理参数），通过物联网技术在医疗监护中的应用，使医生和护士实时了解患者的生理信息，从而避免护士重复手工录入大量体征参数数据，降低医疗数据录入的差错率，减轻医护人员的工作强度。

2 医疗监测系统研究现状

2.1 移动医疗

近年来移动医疗领域已取得一些飞速发展，产生一些广泛使用的产品。国外美国远程医疗公司开发“智能心脏”医疗设备，利用手机监测用户的心脏病问题，手机能在 30 秒内显示用户的心电图。苹果公司在 2009 年设计 iPhone 手机的生命体征检测功能，通过手机软件和 1 个外置医疗传感器相配合，了解患者的病情。复康 LifeWatch V 是以色列出品基于云服务的全功能移动健康终端。基于安卓平台，开发 7 种生理参数测试功能。芝加哥大学医院研究一种基于智能手机的移动监护系统，能 24 小时监控癫痫病患者脑功能活动。瑞典的 TASS 公司开发一种基于安卓平台的移动健康监护系统，实现心电、脑电等多种生理数据采集，能对生理数据进行分析与预警报警。国内已开展一些基于安卓和无线传感网的生理信息监护研究，郭志涛开发基于安卓平台的智能医疗系统。通过穿戴在人体上的配有无线网络模块的传感器节点监控人体的生命体征，包括血氧饱和度、体温和脉率等，通过网关将数据认无线网络传送到基于安卓手机操作系统的客户端进行展示与分析^[1]。曾繁斌提出一种多参数的移动健康监护系统，监测多种人体生理参数，包括心电、心率、脉搏、血氧饱和度和血压等^[2]。高原研制一种新型的生理参数监测系统，基于智能手机的穿戴式移动监测系统可实现体温、心电、体位/体动和呼吸等多种生理参数的采集^[3]。缪鹏程介绍一种基于 ZigBee 和 GPRS 技术的无线远程医疗健康监护系统的总体架构，设计对患者生理参数信息进行采集和基于无线传输的监护终端^[4]。曹博设计基

于蓝牙技术的多参数健康监护仪器，可对血氧饱和度、体温、心电和脉搏等参数进行实时监测，还可实时报警^[5]。

2.2 生理指标检测设备

2.2.1 生理指标检测 国内自主开发一系列生理指标检测软硬件系统。在胎心音检测方面，李锬设计一种远程胎心监护软件系统。选择基于心电方式的胎儿和（或）母体心率记录仪作为采集设备，其他硬件要素包括孕妇手持智能设备、服务器及中央监护站；结合基于心电方式的胎儿和（或）母体心率记录仪，可实现 24 小时远程实时监护、心率报警及生理参数分析^[6]。在血糖检测方面，史玉珍设计基于物联网技术的智能血糖监控系统，该系统实现患者无创检测血糖、数据实时传输、医生在线诊疗及自动预警等功能^[7]。在血压检测方面，江梅设计基于移动通信技术的远程妊娠高血压综合征监测系统。在血氧饱和度检测方面，江丽仪研制一种无线血氧饱和度检测模块，设计出基于 ZigBee 的无线血氧饱和度检测模块。该模块由光电容积脉搏波微型化检测模块、ZigBee 接入终端及上位机数据分析处理模块组成^[8]。在脉搏检测方面，杨易华介绍一种新型的基于 ZigBee 技术的穿戴式脉搏波检测模块。利用压力传感器提取出脉搏波信号，送至 CC2430 进行模数转换，对数据进行判断和处理，再利用 ZigBee 技术组成的无线传感器网络将数据包发送到 PC 机，然后由监护软件对数据进行处理、分析和显示^[9]。鲍贤亮使用 HK-2000B+脉搏传感器采集人体脉搏信号，以 TI 公司的 CC2530 为开发平台，信号经模数转换、无线传输和数据处理，构建一个实时的脉搏传感网络^[10]。蔡钰太利用单片机芯片 AT89S52 和蓝牙模块 HC-06 设计基于蓝牙技术与智能手机的脉搏无线监测系统^[11]。

2.2.2 心电检测 2010 年成立中国远程心电监测网络体系“厦门市远程心电监测分中心”，实现让患者随时监测心电图。叶彬浩设计一种基于安卓平台的心电监护系统，结合飞思卡尔单片机 9SXS128 和蓝牙模块设计，完成心电信号的获取、放大和滤波、A/D 转换和蓝牙发送的功能。可将数据发送至

手机界面, 显示心电波形和心率^[12]。李鸿强进行心电医疗监护物联网感知层传感器节点软硬件设计, 提出一种基于小波变换、希尔伯特变换和改进包络对心电信号进行变换的检测算法, 实现对 QRS 波群具体形态和位置的检测和识别^[13]。陈轶炜研制一种便携式心电监护仪, 可通过蓝牙进行无线传输^[14]。在跌倒检测方面, 余家宝提出一个能对跌倒远程报警的无线监控系统。通过戴在人体的监测终端, 实时采集运动时的加速度信号, 通过相应的跌倒检测算法对数据进行识别处理^[15]。李慧奇设计一个基于惯性传感器的防跌倒预警器, 设计基于“三轴陀螺仪+三轴加速度计+三轴磁力计”的多模态传感单元模块^[16]。石欣设计一种基于压力传感器的便携装置, 采用薄膜式压力传感器, 安置于鞋垫, 采用支持向量机算法与阈值分析相结合的方法, 判断人体是否跌倒^[17]。

2.2.3 睡眠监护 美国 ZEO 公司开发的睡眠监护设备 ZEO [13] 采用 3 个导电织物电极组成的头带测量脑电信号, 通过无线传输装置将信号传输至床边的时钟单元或 iPhone 手机客户端, 分析使用者的睡眠质量, 监测睡眠状态。个人睡眠数据可上传至 MyZeo 网站, 供睡眠医生分析和诊断使用。2013 年我国第 1 个“睡眠呼吸疾病物联网管理技术平台”在上海中山医院由白春学教授牵头完成, 在睡眠呼吸暂停综合征患者群体中试行云端数据管理。

2.3 医疗机构级监护系统

在医院级监护系统方面, 出现一些代表性的产品和项目, 如医疗健康监测、手术室、ICU 健康监测、远程医疗保健系统、远程健康管理和远程医疗护理等。国外代表性研究有 Intel 的 Health Guide 项目, 它是一个全方面的远程医疗健康监护方案。北海道大学开发一个基于多种无线通信的远程医疗监护系统, 可长期地监测血压、心电和其他生理指标。L Atzori 设计一种基于无线传感网的监护系统, 利用医疗传感器对人体的一些生理信息进行采集, 发送到远程医疗监护中心, 实时地传送给相关医护人员。国内也研制一些医院级监护系统, 如中国移动江苏公司和东南大学开发的智能实时健康监测系

统, 已应用到东南大学附属中大医院和南京长江社区卫生服务中心。2009 年香港研发成功扁鹊飞救远程健康救助系统。它是一个集十二导联心电图、血氧和肌钙蛋白等生理参数数据的采集和传输系统、院前急救电子病历系统、远程急救与质控等系统于一体的急救管理平台。第三军医大学在“863”项目“家庭数字化医疗监护系统”中, 设计一个基于 PAD 的多生理参数监护系统。中国中医科学院与希盟科技有限公司开发 CIM 实时智能健康监护系统, 开通 19 个通道能同时监测 19 个生理数据, 将数据实时传输到网络中心进行信息存储和处理, 反馈给相关医疗机构(社区、医院或急救中心), 通过医护人员的手持终端器及时准确地显示被监护者的相关信息。中国联通开发移动医疗急救信息系统, 与 120 急救中心结合, 基于无线技术, 将需要急救患者的生理参数远程传送到医院急救中心, 让医生进行无线诊断并指导远程抢救。

2.4 家用监护系统

家用监护系统采用便携式监护检测模块, 对人的安全情况和身体健康状况(生理体征数据如心电图、血氧、血压、体温和脉搏等)进行实时跟踪监测。通过监测体温、心跳等一些生命体征, 可为医院、研究院提供科研数据。常用产品有多动症儿童监控、老年生命体征家庭监控和老年痴呆患者家庭保健等。家用的监护系统要求体积小、成本低、精度适中, 可在不影响人正常活动的情况下长时间监护, 能够将信息与社区或医院及时共享。家庭用户监护端主要由电脑、ZigBee 无线模块和医疗传感器组成。利用 ZigBee 无线技术将生理参数监测数据发送至监护网关中心, 通过该监护网关中心将数据传至家用 PC, 再通过互联网将数据远程传输至医疗监护中心, 由医疗人员对数据进行分析 and 观察。这种系统整体解决方案整合穿戴体域网, 将系统分为 ZigBee 无线传感网络和监护软件两个部分。国外, 英特尔公司开发基于无线传感器网的家庭健康护理技术, 是在应对老龄化社会的技术项目(CAST)的一个子项目基础上所开发。罗彻斯特大学的教授使用无线传感网设计一个智能医疗房间, 利用微尘

器件监测人的重要生理参数、睡觉和活动状况。意大利电信推出 Nuvola It Home Docto 系统, 可在都灵大学 Molinette 医院的慢性病患者通过手机在家中监测生理参数。国内王凯旋设计一种基于安卓系统和 MSP430 单片机工作原理的老年人生理信息采集监护系统。以 MSP430 为核心, 配以血氧、体温等传感器模块对老年人生理信息进行采集^[18]。秦秀真也设计一个基于 MSP430 单片机的老人实时生理监护终端。采用织物式三维加速度传感器、心电传感器和蓝牙技术, 有效检测老人跌倒或心率不正常等意外^[19]。乔建滨研制一种具有蓝牙传输功能的便携式老年健康监测系统, 实现老年人的远程健康监护^[20]。目前国内健康监测系统普及度不高, 仅在小范围内进行试点, 已实现生命体征数据的自动采集和无线传输, 但在便携化、智能化、人性化和可靠性等方面存在一定不足。

3 医疗监测系统研究热点

3.1 云健康监测平台

在云健康监测平台方面, 已有一些机构搭建医疗云健康服务平台, 实时采集健康档案数据进行云存储和分析应用, 对被监测者的生理数据进行分析, 针对异常健康情况进行预警和求救。江苏华康信息技术有限公司的云联健康 APP 是一款全方位的健康管理移动客户端应用程序。利用蓝牙无线连接智能医疗设备, 采集用户血压、血糖、睡眠、体脂和体温等数据, 能够存储数据, 对其进行报告分析, 实时监测健康状况。“小云健康”监测平台是由天创聚合推出的创新家居健康服务平台, 是集合在线检测、智能分析、健康问诊、健康治疗和医疗服务等模块的人性化多智能终端应用平台。深圳云安智慧医疗公司的云安健康监测平台是通过个人穿戴式、居家健康套装和社区集成式岗亭等健康安全监测设备, 实时采集健康档案数据进行云存储和分析应用, 为个人和家庭的日常健康管理提供健康资讯和个性化的药品配送服务, 针对异常健康预警情况, 云服务平台可结合第 3 方的医疗资源提供远程诊疗和重症直通车的绿色通道服务。“心云”是浙

江铭众医疗器械有限公司旗下的移动健康物联网平台, 通过移动互联网通信技术和智能传感器检测技术的深度融合, 提供基于用户自测数据的精准服务。目前云健康监测平台普及应不高, 大多以厂家的平台为基础, 缺乏行业引导, 需建立个人、厂家和医疗机构间的互动, 同时需要更多积累数据, 建立更智能、更精确的人体诊断模型。

3.2 穿戴式医疗仪器

3.2.1 可穿戴设备 慢性病、亚健康 and 老龄化问题, 催生可穿戴设备的市场需求, 出现了一大批商业化产品。在国外, 新加坡一个研究单位研发基于 MEMS 的穿戴生理监测系统, 可实现血氧、心电等生理参数的实时采集, 同时可发短信至医生的掌上电脑上^[21]。意大利 Milior of Prado 公司发布 Wealthy System, 在衣内集成压力传感器、心电电极等, 对呼吸、心电信号进行采集处理。日本的 WIN Human Recorder 公司设计一个仅 7 克的生理信号采集系统 (HRS-I), 包括体温信号、两电极心电及三轴加速度信号采集, 可固定在胸部。国内有孙广维提出一种基于蓝牙技术的无线可穿戴式环境参数获取系统, 采用智能手持终端 (如手机), 实现将个人用户周边环境信息的实时采集。系统集成多种传感器, 可检测温湿度、光照、气压及 PM2.5 等^[22]。吴丹基于人体传感网和数字呼吸感应体积描记技术, 将生理传感器放置在衣服中, 开发穿戴式的睡眠呼吸监测系统, 可实时监测胸、腹呼吸^[23]。李健探讨应用可穿戴式健康数据采集设备和智能手机微信互动平台构建妊娠期女性健康管理系统的策略^[24]。姚容提出穿戴式生理参数检测系统的概念, 设计以 CC2530 芯片为核心, 以 ZigBee 为传输技术的穿戴式儿童情绪生理参数检测系统。系统采集处理的生理指标主要有心电信号、体温和皮肤电反应^[25]。可穿戴式医疗设备传感器终端正朝着智能化、微型化和个性化的方向发展, 需研究纳米等新材料、新技术的传感器及快速检测仪器, 也需研究与移动智能终端、无线传输、大数据等平台的融合机制, 还需考虑设备的异构性, 考虑接口各异以及开发 API 各异的问题。当前缺少一个平台汇聚可穿

戴设备提供的数据和服务。

3.2.2 可穿戴设备套件上的开发框架 芯科实验室有限公司 (SiliconLabs) 推出两款开发套件, 帮助开发人员设计加速生物特征和环境识别的感应系统。谷歌公司在 2014 年发布安卓穿戴 (Android Wear) 操作系统, 同时联合三星、华硕、英特尔和高通等公司组建生态系统, 推出专为可穿戴设备设计的安卓操作系统修改版 Google Wear。三星则借助可穿戴设备推广 Tizen 系统。丁扬提出 ScudwareMobile 移动系统开发框架, 这是一个支持可穿戴设备间数据及服务协同的中间件。它汇聚可穿戴设备的数据和服务, 以统一的接口提供给应用层, 且引入设备协同机制。在 Scudware Mobile 上实现两个应用, 即个人数据门户和 shaking e-card^[26]。

3.3 人体传感器网络

人体传感器网络 (Body Sensor Network, BSN) 又称体域网, 目的是提供一个集成硬件、软件 and 无线通信技术的计算平台, 用于长期、连续地对人体的生理信息和运动信息进行无线、动态、连续健康监测的传感器网, 基于体域网对医疗保健和助老助残等问题的重要性, 越来越多的人员投入到人体传感器网络的研究中, 在诸多关键技术上有新的发展^[27]。荷兰的 IMEC 研究机构提出一个全新的体域网概念, 利用安卓手机收集人体的体征数据, 通过 3G 或 Wi-Fi 等无线技术将数据传送到远端的医院平台。韩国信息通信大学等构建新的体域网系统, 该系统对通信和低功耗等进行重点考虑。新加坡的国立大学细致地研究体域网中的数据融合技术。其他一些国家也在体域网的自可调节性、适应性、中间件、信号处理方法及监控网络可靠性等方面的科学研究中取得一些重要的进展^[28-29]。国内香港中文大学等利用各种通信方式构建混合体域网, 对移动中的体域网的跟踪媒体接入层和能量感知进行研究。中科院自动化所等对体域网监控人体活动等方面进行研究。

4 基于物联网的医疗监测系统存在问题与未来发展方向

4.1 存在问题

在构建基于物联网的医疗监测系统方面已取得不少有价值的研究成果。但目前还存在以下问题: (1) 设备与设备之间缺少协同机制。目前的医疗监测单元和可穿戴设备大多仅关注某一特定领域, 功能有局限, 需在多个设备的数据或服务间进行协同, 需解决不同设备的数据、感知能力和服务等的汇聚和使用问题。(2) 医疗监测设备的精度和稳定性有待提高, 特别是针对人在开放环境、运动环境和湿热环境等复杂条件下如何保证测量的准确性方面有待研究。(3) 医疗监测设备存在微型化、低功耗、电池寿命短, 以及可穿戴设备的天线和传输问题。需研究纳米等新材料、新技术的传感器及快速检测仪器, 开发一些无损和无须采样的快速检测设备。

4.2 未来发展方向

随着物联网技术的高速发展, 未来医疗监护系统要向着高准确性、便捷式、可靠性和移动性等方面发展, 提供更加方便快捷的医疗健康服务。未来基于物联网的医疗监测系统的发展方向包括以下几方面: (1) 在体征大数据分析方向, 需对生理数据的抽取、融合、挖掘和预警分析处理, 应能对人体健康状况长期跟踪, 达到以预防为主、日常监护的目的。需建立研究与移动智能终端、无线传输、大数据等平台的融合机制。(2) 通过医学相关的“物”有机地“联”成 1 张“网”, 医学知识和物联网技术的交叉融合, 实现医学知识、护理对象、智能分析及数据的交互和无缝连接, 达到对健康监测领域各种行为和体征变化的实时控制、管理和科学治疗。(3) 人工智能技术、专家系统和社会群体智慧方法的应用, 在提高医疗监测系统的智能性和准确性方面有待进一步研究。

参考文献

- 1 郭志涛, 郭忠, 王振. 基于 Android 平台的智能医疗系统的设计与实现 [J]. 郑州大学学报 (工学版), 2014, 35 (6): 60-63.

- 2 曾繁斌, 钟清华, 张静萌, 等. 移动健康监护系统 [J]. 微计算机信息, 2011, 27 (7): 149 - 151.
- 3 高原, 张政波, 王卫东, 等. 基于智能手机的穿戴式移动监护系统 [J]. 医疗卫生装备, 2010, 31 (5): 8 - 9.
- 4 缪鹏程. 基于 ZigBee 无线传感网络的远程医疗健康监护终端的设计 [J]. 物联网技术, 2014, (8), 15 - 17.
- 5 曹博, 祝忠明. 基于 TMS320C31 的蓝牙家庭生理监护仪的研制 [J]. 电子元器件应用, 2009, 11 (1): 4 - 9.
- 6 李锟, 张松, 杨益民, 等. 远程胎儿电子监护软件系统的设计与实现 [J]. 中国医学装备, 2016, 13 (5): 1 - 4.
- 7 史玉珍, 马丽. 物联网下的智能血糖监控系统的研究 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (2): 374 - 376.
- 8 江丽仪, 林绍杰, 吴效明. 基于 ZigBee 的血氧饱和度检测技术与模块研制 [J]. 中国医学物理学杂志, 2010, 27 (1): 1672 - 1675.
- 9 杨易华, 吴效明, 岑人经. 基于 ZigBee 技术的穿戴式脉搏波检测模块的研制 [J]. 传感技术学报, 2009, 22 (11): 1538 - 1541.
- 10 鲍贤亮, 陈年海, 徐一凡, 等. 基于 ZigBee 技术的无线脉搏传感网 [J]. 电子测量技术, 2015, 38 (2): 105 - 108.
- 11 蔡钰太, 李泽峰, 林江伟. 基于蓝牙和智能手机的在体脉搏监测仪 [J]. 医疗装备, 2013, 26 (1): 13 - 15.
- 12 叶彬浩, 梁很, 洪邦良, 等. 基于 Android 平台的心电监护仪设计 [J]. 中国医学物理学杂志, 2014, 31 (4): 5058 - 5063.
- 13 李鸿强, 苗长云, 张龙宇, 等. 心电医疗监护物联网关键技术研究 [J]. 计算机应用研究, 2010, 27 (12): 4600 - 4603.
- 14 陈轶炜, 张永红, 白净. 基于蓝牙通讯的便携式心电监护仪的研制 [J]. 北京生物医学工程, 2008, 27 (2): 173 - 177.
- 15 余家宝, 赵辉, 李瑞祥, 等. 基于 ZigBee 的可穿戴式跌倒监护系统 [J]. 信息技术, 2014, 37 (3): 114 - 116.
- 16 李慧奇, 梁丁, 宁运琨, 等. 一种防跌倒预警系统的研究与实现 [J]. 集成技术, 2014, 3 (1): 46 - 54.
- 17 石欣, 张涛. 一种可穿戴式跌倒检测装置设计 [J]. 仪器仪表学报, 2012, 33 (3): 575 - 579.
- 18 王凯旋, 李立峰, 张小雪. 基于 MSP430 及安卓系统的老年人生理信息监护系统 [J]. 中国医学物理学杂志, 2014, 31 (3): 4905 - 4908.
- 19 秦秀真, 汪丰, 周平. 基于 MSP430 芯片的胸带式老人无线健康监护终端的设计 [J]. 中国医疗器械杂志, 2012, 36 (3): 192 - 193, 209.
- 20 乔建滨, 王涛, 贝太学. 基于蓝牙技术的老年健康监护系统的设计 [J]. 信息技术与信息化, 2011, (1): 19 - 22.
- 21 F E H Tay, et al. MEMS Wear - biomonitring System for Remote Vital Signs Monitoring [J]. J franglin Inst, 2009, 2 (1): 69 - 71.
- 22 孙广维, 杨小天. 基于蓝牙技术的可穿戴式智能环境参数采集系统 [J]. 长春大学学报, 2015, 25 (4): 1 - 4.
- 23 吴丹, 徐效文, 王磊, 等. 穿戴式动态睡眠呼吸监测系统的设计 [J]. 传感技术学报, 2010, 23 (3): 322 - 325.
- 24 李健, 张天娇, 张玉丽, 等. 基于可穿戴式设备的妊娠期女性健康管理系统的构建及实践 [J]. 中国妇幼卫生杂志, 2014, 5 (6): 1 - 4.
- 25 姚容, 吕勇, 项方康, 等. 基于 ZigBee 技术的儿童生理参数采集与情绪检测系统 [J]. 生物医学工程研究, 2015, 34 (1): 37 - 40.
- 26 丁扬, 李石坚, 叶志强, 等. ScudwareMobile: 支持可穿戴设备间数据及服务协同的移动中间件 [J]. 计算机科学, 2014, 41 (10): 57 - 61.
- 27 宫继兵, 王睿, 崔莉. 体域网 BSN 的研究进展及面临的挑战 [J]. 计算机研究与发展, 2010, 47 (5): 739 - 753.
- 28 Wan Yi, lin Jia - Liu, Annavaram M, et al. A Framework of Energy Efficient Mobile Sensing for Automatic User State Recognition [C]. Proceedings of the 7th International conference on mobile systems, Applications and Services, 2009: 179 - 192.
- 29 Borycki E. M - health: can chronic obstructive pulmonary disease patients use mobile phones and associated software to self - manage their disease [J]. Stud Health Techno Inform, 2012, (172): 79 - 123.