

基于 5G 智能终端的居家养老健康监测 管理系统构建^{*}

史森中 张和华 周超 黄靖 向华 段傲文

(中国人民解放军陆军特色医学中心医学工程科 重庆 400042)

〔摘要〕 目的/意义 通过设计构建信息系统,满足居家老年人持续健康监测及疾病预测的整体需求。
方法/过程 以 5G、Wi-Fi 网络技术作为通信链路,结合人工智能技术设计居家养老健康管理系统。分析当前同类型产品现状,阐述系统逻辑层次架构、主要技术,重点研究系统相关功能模块及其技术实现方法。
结果/结论 基本实现居家环境下对老年人实时健康监测、生命体征数据采集,以及人工智能疾病预测等功能需求。对完善人口老龄化背景下的居家老年人健康管理具有一定参考价值。

〔关键词〕 居家老年人;健康监测;5G;人工智能

〔中图分类号〕 R-058 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2023.09.011

Construction of the Health Monitoring and Management System for Home-based Elderly Care Based on 5G Intelligent Terminal

SHI Senzhong, ZHANG Hehua, ZHOU Chao, HUANG Jing, XIANG Hua, DUAN Aowen

Department of Medical Engineering, Army Medical Center of PLA, Chongqing 400042, China

〔Abstract〕 **Purpose/Significance** Through the design and construction of the information system, it is intended to meet the overall needs of continuous health monitoring and disease prediction for the elderly at home. **Method/Process** 5G, Wi-Fi network technology as a communication link, combined with artificial intelligence (AI) technology to design home-based elderly care health management system. The paper analyzes the current products situation of the same type, expounds the logical hierarchy structure of the system, the main development technology, and focuses on the relevant functional modules and the technical realization methods. **Result/Conclusion** The system basically realizes the functional requirements of real-time health monitoring, vital signs data collection, and AI disease prediction for the elderly at home. It has certain reference value for the health management of the elderly at home to alleviate the aging population.

〔Keywords〕 elderly at home; health monitoring; 5G; artificial intelligence (AI)

1 引言

人口老龄化是近年来社会持续关注的焦点。根据《2022 年国民经济和社会发展统计公报》,截至 2022 年末,中国 60 岁以上的老年人口占比已达 19.8%^[1],并且呈逐年上升趋势,中国老龄化社会形势严峻,老年慢性病管理、健康监测逐步成为大

〔修回日期〕 2023-03-05

〔作者简介〕 史森中,高级工程师,发表论文 30 余篇;通信作者:段傲文,博士,中级工程师。

〔基金项目〕 重庆市博士“直通车”基础研究与前沿探索项目(项目编号: CSTB2022BSXM-JCX0013)。

多数家庭时间、经济成本的主要负担，同时给医疗行业带来严峻挑战^[2]。依托信息技术，实现老年人群居家健康管理监测，满足智能高效的健康管理需求，将老年人群医疗活动从医院管理，逐步分流至居家健康管理，将传统以医疗救治为主，逐步转化为以预防为主，是广大老年人群的切实需求，也需要研究人员的不断探索与研究。随着信息技术的不断迭代，5G、人工智能（artificial intelligence, AI）、微型传感器、智能手机等新技术、新装备得到持续发展，为实现国民居家养老健康监测管理系统设计提供技术基础支持。

2 系统研究背景及开发需求

当前市场上陆续出现针对老年人健康监测的信息系统或智能可穿戴设备，但相关研究及其智能设备功能较单一，大部分局限于对生命体征数据的采集、监测及统计^[3]，较少将这些数据结合老年人既往病史、历史健康档案等关键性诊疗依据做整体性深层次分析、生命体征数据规律性总结^[4]，更难以将这些有效数据进行智能干预，因此无法及时针对性地预测和发现用户潜在的疾病情况。本研究针对居家老年人的整体健康管理需求，结合既往病史等客观信息，将老年人易患慢性病的特性纳入系统研究与设计范围，设计易于居家老年人持续使用的健康监测管理系统平台，实现以签约医院为主体、社区为区域、家庭为基础的居家老年人电子健康档案管理、生命体征持续监测、疾病 AI 智能预测、生命体征异常报警、健康咨询、医患交流等居家老年人健康信息化整体管理，在人口老龄化趋势下具有重要应用价值。

3 系统设计

采用软硬件相结合的方式，充分结合智能手机、智能手环等自带微型传感器的可穿戴设备，提取居家老年人的生命体征数据，主要包括呼吸频率、血氧饱和度、血压、心率等多项人体重要生命体征数据。在本系统环境下，智能设备监测生命体

征数据后，通过 5G 网络或家庭 Wi-Fi 网络上传至生命体征监测服务器（医院本地化存储确保数据安全）^[5]，该服务器是整个系统平台的“大脑”，通过 AI 算法二次分析体征数据后^[6]，根据用户（居家老年人、签约医师、老年人家属）需求以及相应指令，上行或下行反馈。软件部分提供各类功能的智能手机系统平台应用软件，便于实现居家老年人自我健康管理。

3.1 系统平台逻辑层次架构

采用逻辑层次体系架构进行设计，各相关组件之间具有低耦合性，能够避免某些功能模块故障导致的系统整体失控，具备较高的可用性和稳定性。整个层次体系架构分为 3 层，见图 1。

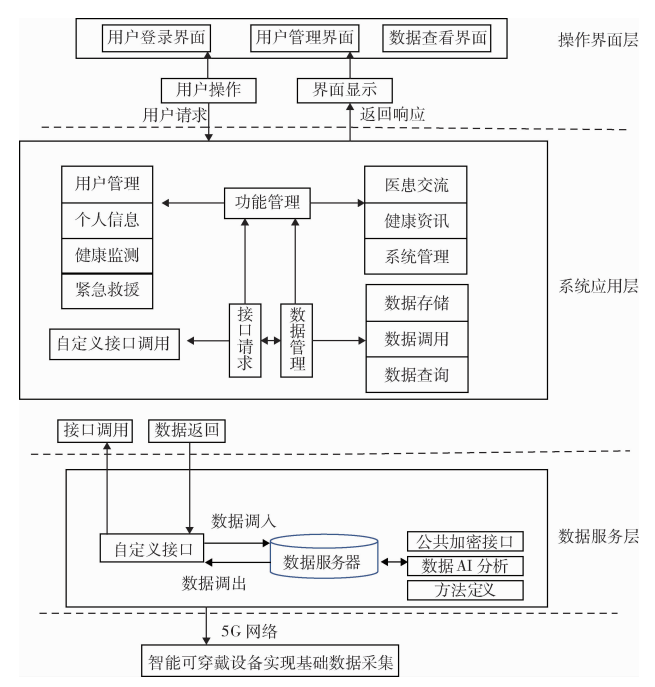


图 1 系统平台逻辑层次架构

3.1.1 数据服务层 数据服务层作为整个系统架构的基础，位于逻辑层级的底层，为其他逻辑层提供主要数据来源，除了存储检测到的生命体征数据外，还提供数据在通信链路中稳定转发的功能，确保监测数据能够在各逻辑层之间正常通信。更主要的是能够提供 AI 数据分析处理能力，包括：系统日志解析、生命体征监测数据提取、数据处理、AI 分析、健康预测等。其中，居家老年人的健康监测

数据采集硬件终端选择市面上常见的智能可穿戴监测设备。在硬件终端完成基础生命体征采集,并通过内部集成的 5G 模块上传至本系统自定义接口后^[7],由该接口转发至数据存储分析处理服务器(数据服务器),通过服务器 AI 分析后再为各逻辑上层提供数据查询及调用。

3.1.2 系统应用层 系统应用层位于数据服务层与操作界面层之间,为各功能模块提供逻辑处理的能力,主要包括:健康监测、紧急救援、医患交流、健康咨询等。还为各逻辑层提供调取和交换底层数据的通路,通过对数据服务层所涉及的相关数据正确封装,确保数据服务层的各类业务数据能被该层的各软件功能模块正确调用,实现不同层级之间业务交互、信息互通。

3.1.3 操作界面层 操作界面层主要为人机交互提供数据接口、软件操作界面登录、实际操作界面应用等,包括将用户具体的操作以业务请求调用函数的形式转化,并将这些请求函数下发至系统应用层,应用层相应功能模块收到调用请求后,进行处理并将结果返回至操作界面层,以可视化形式展示,便于用户客观掌握所需医疗数据、生命体征监测数据等。

3.2 系统主要开发技术

3.2.1 系统 5G 移动终端开发平台选择 居家养老健康监测管理系统主要是为了给老年人提供 24 小时随身监测以及疾病预测,操作终端需要一款移动系统操作平台,并在此基础上二次开发。当前市面上常见的移动终端操作系统平台主要有 IOS 和 Android 两类。最近一项关于中国智能终端操作平台的调查显示,Android 平台已经占据 90.1% 的市场份额^[8],具有压倒性优势;在平台应用软件二次开发的开放性方面,Android 平台开放性、亲和性更好,因此本系统软件选择在 Android 平台二次开发。

3.2.2 系统疾病预测模型选择 居家养老健康监测管理系统不仅对居家老年人生命体征进行实时监

测,更要为其提供健康预测、疾病预测,以提升居家老年人自我健康管理质量及生活品质。分析当前可用于疾病预测的数据模型,主要包括基于时间顺序的预测模型、马尔可夫多态模型、基于神经网络的预测模型等。以心血管疾病预测为例,研究^[9]发现运用基于时间顺序的预测模型和马尔可夫多态模型预测心血管疾病的结果与实际疾病情况之间存在较大偏差,且预测数据的类型较单一,预测结果存在一定局限性。而神经网络预测模型充分考虑到生命体征数据之间的隐含关系,能够处理不确定问题,实现预测算法的深度学习^[10],预测精确性也更好。因此本系统以神经网络预测模型为基础,实现居家老年人健康监测与疾病的提前 AI 预测。

3.2.3 系统软件架构技术 软件架构在系统开发过程中至关重要,能够直接影响系统整体运行稳定性和可用性等方面。目前客户端/服务器(client/server, C/S)与浏览器/服务器(browser/server, B/S)是两种常见的软件系统架构。其中 C/S 系统架构具有高可靠性和安全性,并具备快速响应和稳定的交互能力等。特别适用于需要大量处理数据和实现数据通信的软件系统。B/S 架构则依托于 Web 浏览器,因此更便于实时查询及浏览等。系统涉及实时的生命体征数据监测、数据通信、事务处理等,因此在智能手机终端采用 C/S 架构进行开发。

3.3 系统功能模块及其技术实现

本系统的主要目的是为老年人提供居家养老健康监测管理和疾病预测。在居家养老健康监测管理方面,当智能可穿戴设备监测到的老年人生命体征参数发生严重偏离时,签约医疗中心以电话反馈核实,并根据实际情况由签约医疗中心或家属提供紧急救护。在疾病预测方面,系统能够根据监测的生命体征参数,智能预测可能存在的健康问题或疾病类型,同时分别反馈并警示签约医疗中心、老年人用户及家属,以便进一步确诊。系统平台的主要功能模块,见图 2。

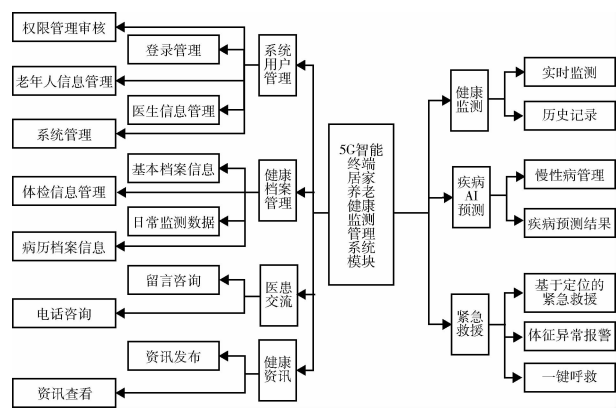


图2 系统平台功能模块

3.3.1 系统用户管理模块 随着医疗数据的隐私安全保护日益受到重视，设计对系统登录使用权限角色管理的安全策略，包括签约医师及居家老年人系统用户管理、权限管理与审核、系统管理等方面。为确保系统安全以及用户信息的真实性，采用身份证注册模式，并需要系统管理员验证审核后才能获取使用权限。

3.3.2 健康档案管理模块 主要实现对居家老年人疾病就诊治疗的既往史以及使用本系统后产生的实时健康监测数据统一管理，以便更好地为老年人健康管理及监测提供科学有效的佐证依据。

3.3.3 健康监测模块 是整个系统的核心，也是其他模块实现功能的基础。分析老年人阶段性的生命体征数据，具有辅助诊疗作用。以智能可穿戴设备（智能手环）作为生理数据采集端，确保在居家老年人睡眠以及户外活动期间，能够24小时持续不间断地提供生命体征数据实时采集，随后通过5G移动通信网络或居家Wi-Fi网络实现与数据服务器（签约医疗中心服务器）之间通信、传输、存储。日积月累的日常生命体征监测数据，将逐步形成量化且具有针对性的老年人健康状态数据走势图，并以趋势图（曲线图）的形式展示。签约医师、老年人及其家属能够通过安装在智能手机端的本系统软件（智能手机系统平台应用软件）实时查询系统监测到的生命体征数据趋势。该功能模块中，要实现对数据服务器中老年人健康生命体征监测数据的调用与查询，需要通过预置的请求协议，

见表1。

表1 调用查询数据的部分请求协议

功能模块	请求类型	对应消息
用户管理	登录请求	“Login/username/password”
	用户密码修改请求	“Changepsd/username/oldpsd/newpsd/againpsd”
健康监测	获取实时心率数据	“HealthMonitor/realtime/rate”
	获取实时呼吸频率数据	“HealthMonitor/realtime/breath”
	获取实时血压数据	“HealthMonitor/realtime/bloodPressure”
	获取实时血糖数据	“HealthMonitor/realtime/bloodSugar”
	获取实时体温数据	“HealthMonitor//realtime/temperature”

3.3.4 疾病AI预测模块 疾病AI预测模块是本系统的创新功能，根据老年人历年就诊记录、既往病史、定期体检结果掌握其身体基本健康状态。结合本系统持续采集到的生命体征监测数据，一方面及时掌握居家老年人最新的身体健康状态，另一方面通过AI自学习预测技术，及时预测其身体健康发展方向，以及可能面临的疾病问题。登录手机端的本系统应用软件，选择相应功能模块选项，可实时查看疾病预测结果，便于医师及时提出健康管理策略或提供治疗策略，达到预防疾病、控制病情恶化以及确保生命质量的目的。

为了实现疾病AI预测，需要对应的疾病预测数据对照指标，以及根据预测模型结合相应的预测算法。其中预测数据的数据集基于人工智能机器学习数据库（UCI machine learning repository，UCI）标准。结合该数据集的相关输入属性，将可穿戴设备的部分生命体征监测数据（包括呼吸频率、血氧饱和度、心率、血压等）通过5G或Wi-Fi网络通信协议传送到数据服务器^[11]，并在“t_olduser_health”日常健康监测数据表中存储。以心脏病预测为例，数据指标以及相应的参数表达形式，见表2。

表2 疾病 AI 预测数据指标以及相应的参数表达形式（以心脏病预测为例）

序号	参数字段	参数名称	参数表达
1	age	年龄	
2	sex	性别	1 = 男性；0 = 女性
3	cp	胸部疼痛类型	1 = 典型心绞痛；2 = 不典型心绞痛；3 = 无胸痛；4 = 无症状
4	tresbps	静息血压	
5	chol	血清胆固醇	
6	fbs	空腹血糖	> 120mg/dl（1 = true；0 = false）
7	restecg	静息心电图结果	0 = 正常；1 = ST - T 波异常（T 波倒置和/或 ST 段抬高或压低 > 0. 05mV）；2 = 按 Estes 标准显示可能或肯定的左心室肥厚
8	thalach	最大心率值	
9	exang	运动性心绞痛	1 = 是；0 = 否
10	oldpeak	运动引起的 ST 段的下降值	
11	slope	ST 段运动峰值斜率	1 = 向上倾斜；2 = 平整的；3 = 向下倾斜
12	ca	透视中被染色的血管数	
13	thal	地中海贫血	3 = 正常；6 = 固定缺陷；7 = 可逆转缺陷
14	num	心脏病诊断结果	0 = 未患病；1—4 表示 4 类心脏病类型

3.3.5 紧急救援模块 结合生命体征异常报警功能，当系统监测的生命体征数据异常时，通知签约医师对居家老年人当前状态给予反馈确认。根据严重程度进行状态评估、自救指导、紧急救护等分级救护策略。同时提供一键拨号求救功能，多模态地确保居家老年人健康管理阶段的紧急求救。

3.3.6 健康资讯与医患交流 居家老年人往往存在与社会脱节、健康知识获取渠道匮乏的问题。在健康资讯模块，定期推送与居家老年人健康管理密切相关的医学知识、保健知识、养生经验等，能够提升其自我健康管理的意识和能力。医患交流也为居家老年人提供了更多的沟通渠道，避免长时间的居家过程导致心理障碍。

3.4 系统安全设计

主要包括数据存储安全和数据通信安全。数据存储方面，在研发前期充分考虑安全因素，将数据服务器设计为本地化数据存储服务器，并直接部署到系统签约医疗中心，降低三方存储可能存在的数据风险问题。因此，本系统面临的安全风险主要来自 5G 网络通信过程中所存在的数据窃取、截取风

险。5G 网络在 4G 网络基础上，理论通信速率下载峰值由 100Mbps 提升至 1Gbps，理论速率约提升 6 倍^[12]。在完全满足本系统通信需求的前提下，确保通信安全。因此在 5G 网络通信协议中采用流量处理安全策略。将医疗业务的访问流量分流后接入专用的边缘网络通信节点，本地获取的监测数据信息以及签约医疗中心和老年人基本信息，均以专用 5G 通信链路以及相应的 IP 传输协议实现通信。各通信链路相互独立，逻辑上实现医疗数据通信隔离，以数据加密策略确保医疗业务数据在专用 5G 通信网络安全传输^[13]，防止医疗数据泄露。

4 系统应用效果

通过功能测试和非功能测试，本系统基本实现居家环境下对老年人实时健康监测、生命体征数据采集，以及 AI 疾病预测等功能需求，使居家老年人能够获得疾病“早发现、早治疗”的健康管理渠道。通过紧急救援、健康资讯等功能模块，使老年人居家期间能够更加安全、有品质地获得健康医疗管理以及居家养老，达到预期的研究目标。

5 结语

目前中国人口老龄化持续加剧,国家不断出台相应政策以保证老年人群的生活权益^[14],配套的产品和服务不断推行完善。本研究设计基于 5G 智能终端的居家养老健康监测管理系统,该系统的应用实现了老年人居家生活中动态健康生命体征数据监测的连续性和可用性;改善了医疗资源与居家健康管理需求的协调与平衡;将居家老年人健康管理由被动式管理逐步转化为主动式参与管理;逐步消除了与医师交流咨询中存在的时间与空间障碍。但当前阶段,本系统仍存在不尽完善的方面。一是 AI 技术在医疗领域存在法律层面空白^[15],因此,目前包括本系统在内的 AI 医疗信息系统,仅停留在辅助诊疗层面,尚不能直接进行医疗诊断,还须结合临床医师经验最终判断。二是系统还面临数据精确性标准衡量问题,目前行业也缺乏标尺和依据。随着国家法律、政策、行业标准的进一步落地,以及相关监管制度和医疗服务系统的不断完善,这些问题将得到优化和解决。当前应抓住国家大力支持信息化医疗健康养老的契机,鼓励更多优质医疗机构、优秀医师参与线上诊疗活动,打造更加完善的居家管理健康平台,在缓解老年人健康管理难题的同时,促进国家卫生医疗事业发展。

参考文献

- 1 国家统计局. 中华人民共和国 2022 年国民经济和社会发展统计公报 [N]. 人民日报, 2023-03-01 (009).
- 2 陈卫. 中国人口负增长与老龄化趋势预测 [J]. 社会科学辑刊, 2022 (5): 133-144.
- 3 VIRGINIA A C, FRIDAY N H, CHUKWU I A, et

- al. Mobile and wearable sensors for data-driven health monitoring system: state-of-the-art and future prospect [J]. Expert systems with applications, 2022, 202 (9): 117362.
- 4 POZDIN V A, DIEFFENDERFER J. Towards wearable health monitoring devices [J]. Biosensors, 2022, 12 (5): 322-322.
- 5 秦蓉. 基于 Java 语言的安卓软件开发研究 [J]. 电子技术与软件工程, 2021 (5): 44-45.
- 6 朱明亮, 顾秀秀, 史洪玮. 面向 5G 智慧医疗的切片分组网络告警识别 [J]. 现代信息科技, 2022, 6 (19): 120-127.
- 7 马珊珊, 李斌斌, 徐洋. 可信赖人工智能标准化研究 [J]. 信息技术与标准化, 2022 (9): 46-54.
- 8 陈航, 曹博伟, 闫伟, 等. 依托区域医疗下 5G+双向转诊平台设计与应用 [J]. 中国医疗器械信息, 2022, 28 (17): 30-33.
- 9 蒲海坤, 高鑫, 桑鑫. 基于 C4.5 数据挖掘算法研究与实现 [J]. 科学技术创新, 2021 (23): 55-56.
- 10 李敬, 刘宁宁, 王笑一. 人工智能在超声诊断中的应用现状及展望 [J]. 中国超声医学杂志, 2022, 38 (5): 595-598.
- 11 刘金金. 信息化时代精细化管理的养老服务体系构建及实现路径探究——评《居家养老服务信息化的建设实践》[J]. 中国科技论文, 2022, 17 (2): 245.
- 12 欧阳微娜, 王春梅, 叶冰, 等. 基于 5G+AI 的远程动态实时心电监护技术在老年慢性疾病中的应用研究 [J]. 中国心血管杂志, 2022, 27 (5): 455-458.
- 13 徐宇顺, 闫岗, 杜刚亭. 传输网络建设中的 5G 移动通信技术探究 [J]. 数字通信世界, 2022 (9): 32-34.
- 14 赵斌正. 信息化助推养老服务事业高质量发展 [J]. 中国社会工作, 2021 (14): 39.
- 15 谈在祥, 蒋雨彤. 医疗人工智能侵权行为法律规制研究 [J]. 医学与哲学, 2022, 43 (14): 60-65.

敬告作者

《医学信息学杂志》网站现已开通,投稿作者请登录期刊网站: <http://www.yxxxx.ac.cn>, 在线注册并投稿。

《医学信息学杂志》编辑部