

基于雾计算的医联体内慢病远程健康监护研究^{*}

邢 丹 姚俊明 徐 琦

(济宁医学院医学信息工程学院 日照 276826)

〔摘要〕 分析当前慢病管理存在的主要问题,介绍雾计算的概念、研究现状以及在远程医疗健康领域的应用,阐述将雾计算应用于远程健康监控的可行性。设计基于雾计算的医联体远程慢病管理体系框架和流程,旨在提供快速实时响应、高质量的远程健康监护服务。

〔关键词〕 雾计算;慢病管理;医疗联合体;远程健康监护;云计算

〔中图分类号〕 R-056 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2019.06.002

Study of Remote Health Monitoring of Chronic Diseases in Medical Association Based on Fog Computing XING Dan, YAO

Junming, XU Qi, School of Medical Information Engineering of Jining Medical University, Rizhao 276826, China

〔Abstract〕 The paper analyzes major problems existing in current chronic disease management, introduces fog computing's concept, study status and application in the field of remote healthcare, expounds the feasibility of application of fog computing to remote health monitoring. It designs the management system framework and process of remote chronic diseases in medical association based on fog computing, aiming to provide quality remote health monitoring services with quick response in real time.

〔Keywords〕 fog computing; chronic disease management; medical association; remote health monitoring; cloud computing

1 引言

现有的慢病死亡人数占总死亡人数的 86.6%,暴露出慢病管理和监护中存在着一一些问题。基层医

疗机构未承担起慢病管理的主要职责,百姓缺乏慢病管理知识、自我健康管理难,医生缺乏连续有效的监测数据,难以提供个性化精准医疗^[1]是目前慢病管理中存在的突出问题。由此催生出大量新技术、新设备的研发与应用,远程健康监护通过个人健康体域网、物联网、无线传感网及智能可穿戴设备将移动端收集的数据通过网络传输至云端,主要采用 APP+云端的模式进行“互联网+”慢病管理。但由于个人健康数据量大,将数据全部存储至健康云端造成存储、计算压力加大,通过网络传输速率低,无法实时地对紧急情况作出响应。同时,应用过程中存在隐私数据范围不明确、隐私保护比较薄弱的安全问题。

随着人们对健康和个性化的健康服务需求日益

〔修回日期〕 2019-06-10

〔作者简介〕 邢丹,讲师,发表论文 20 余篇;通讯作者:姚俊明,讲师。

〔基金项目〕 济宁医学院教师科研扶持基金“移动云环境下医疗健康服务研究”(项目编号:JYFC2018KJ064);济宁医学院青年教师科研扶持基金“移动云环境下具有计算迁移的远程医疗架构研究”(项目编号:JY2017KJ057)。

强烈,医疗健康领域的服务也将由传统的以医院为中心转变为以患者为中心^[2]。但目前患者的健康数据为单个医疗机构持有,个人无法随时随地获取个人健康数据。近年来我国的医疗健康行业采取医疗联合体及分级诊疗^[3]试图解决资源分配不均、利用不合理的现状。在此背景下,全国各地纷纷根据自身条件与医疗需求,逐步形成城市医疗集团、县域医疗共同体、跨区域专科联盟、远程医疗协作网等多种形式的医联体组织模式^[4-5]。尤其是我国的老齡化社会中老年人对健康的需求更加旺盛,如何充分有效地利用医联体内的软硬件资源进行实时、低延时的远程健康监护,提高健康监护服务质量是一个亟需解决的问题。

2 相关研究

2.1 雾计算研究现状

雾计算中的雾是相对于云层而言,更关注雾层服务提供商、雾层中各设备的拥有者与管理者。目前提出在近端计算环境的计算模式有雾计算、微云(Cloudlet),微云主要针对的是计算任务,而雾计算除计算外还可通过智能网关、路由器等设备支持存储、路由等。微云主要针对移动设备,雾计算除移动设备外,还可以针对固定设备、微数据中心等。无论是雾计算还是微云,实质都是在传统的移动或终端设备与云之间的中间件。添加中间件的目的是为用户提供延时低、高响应的服务体验,另一方面是缓解云端压力,在中间件端对数据进行初步预处理、过滤、缓存等操作,相比于传统的云计算模型,更适合移动场景和延时敏感的应用。

2.2 雾计算在远程医疗健康领域的应用

2.2.1 相关研究文献 雾计算^[6-8]的实质是将云端的一部分处理功能转移到近端,因其具有延时低、降低终端能耗等优点,能够实时响应医疗远程健康监护的需求,提高远程监护质量,可以更好地服务于老年人、术后康复患者、孕妇等人群^[9]。针对雾计算在医疗健康领域的研究,王纪萍提出在近端提供硬件和软件网管实施对健康监测的管理^[10]。何秀丽总结雾计算的 5 个层次和各层功能,分析其

中的网络管理和资源调度问题^[11]。现有的基于雾计算的医疗健康物联网研究着重在以下几个方面:针对端到端的传输或响应、延时和时间敏感场景下的应用,如将雾计算应用于慢病、孕妇、医疗机构重症患者的远程健康监护、紧急情况(中风或跌倒)、神经系统监护等场景;解决监测人群云端数据存储的安全及隐私,监测数据的分析、共享、决策、数据可视化及管理等问题。技术大多采取物联网、移动设备、传统网络搭建小型监测系统,但目前检测系统内的网络缺乏统一的标准和管理。监控被认为是物联网医疗保健系统的重要方法之一,以雾为主提供低成本的远程监测系统,该系统由智能网关和高效的物联网传感器组成,心电图信号、体温和呼吸率由传感器收集并无线发送到网关,自动分析后生成通知。在基于雾的系统中,能源、移动性和可靠性相关的问题可以得到有效解决^[12-13]。在这些应用程序中,雾计算可以增强执行时间,降低网络使用和能源消耗成本。何秀丽^[14]针对医疗大数据场景提出一种医疗大数据云雾混合网络架构。通过在云服务器和终端之间构建一个雾计算层,降低医疗业务处理时延,减轻云端服务器计算负荷,提升网络整体的鲁棒性。

2.2.2 雾计算在远程健康监护中应用的可行性 许多物联网服务,如计算资源、存储能力、异构性、高处理均由云计算提供。但是云计算的缺点在于无法在规定时间内迅速执行需要实时响应的任务。雾计算架构将地理上各种泛在的异构分布设备通过雾层的处理提供可变灵活的计算和存储服务^[15]。因其能够在传感层的近端网络内进行初步处理,所以适用于具有实时、低延迟和高响应时间的医疗健康领域。同云计算相比,雾计算在传统移动终端和云端的处理无疑降低延迟,具有更好的可扩展性,分布式处理、安全性、容错性和隐私性。雾计算能够提供毫秒级到亚秒级延迟,甚至比实时交互更快,支持多租户及低延迟的应用。通过雾计算的实时响应可满足需要低延迟的医疗健康监测系统应用程序^[16]。近端计算环境(如医联体内的硬件基础设施、局域网、专用网)内的存储资源常因未充分利用甚至闲置造成资源的浪费,医联体需要充分利用医联体内的网络,通过对区域内的资源进行整

合，对健康监护的数据做初步的处理，解决慢病管理模式中云端压力大、响应延时、传输慢的问题。本研究拟在传统的慢病管理系统中搭建雾服务器，增加数据预处理等操作整合医联体内的资源，根据问题的紧急程度，选择在本地做出响应或是传输到远程健康云端。

3 基于雾计算的远程健康监护慢病管理研究

3.1 系统硬件组成部分（图 1）



图 1 系统硬件组成部分

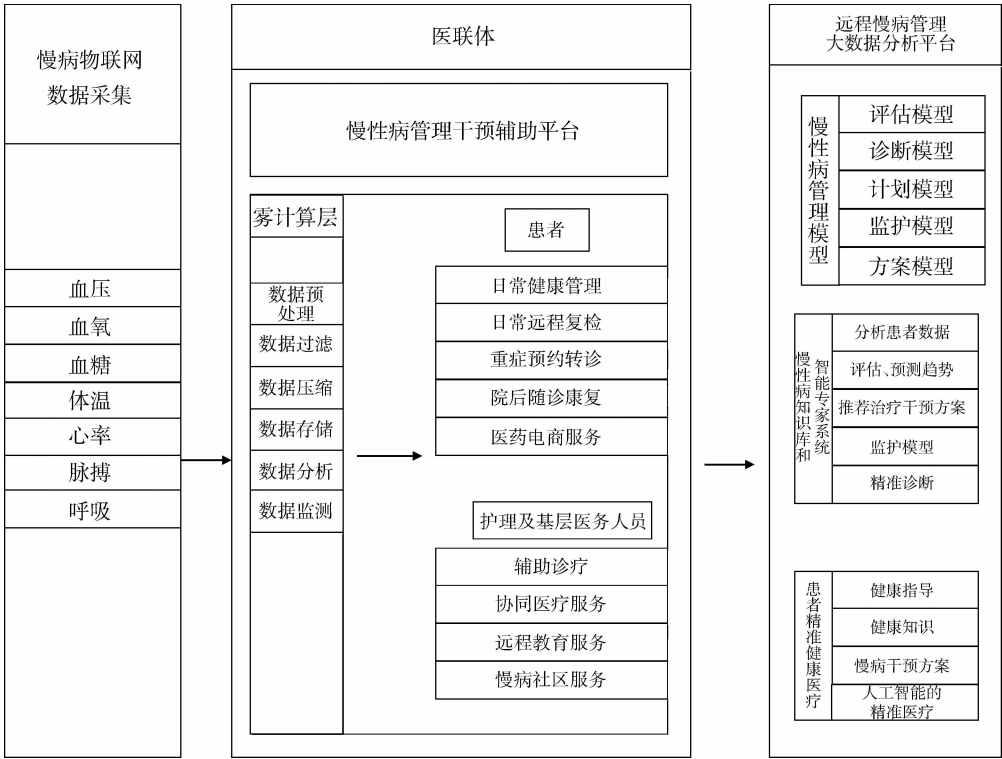


图 2 基于雾计算的医联体远程慢病管理体系应用框架

通过在传统的感知层和云层中间加入雾层，对慢病管理中的紧急情况及时响应。雾层中的硬件依然采用医联体内的资源，如网关、路由器、基站、CPU 设备及硬盘等。

3.2 基于雾计算的医联体远程慢病管理体系框架及流程

3.2.1 应用框架（图 2） 体系架构中最重要的是雾计算层，用来同其他层进行协调。物联网采集层直接向雾计算层发送处理的请求。雾计算层由智能物联网网关、路由器、基站、CPU 设备及硬盘等组成。智能物联网网关采取智能化的处理策略，通过统一且易于理解的格式进行原始传感器数据的转换，在本地采用基于本体的数据信息模型进行预处理。类似地，边缘雾节点加密预处理数据通过 SSL 的哈希算法确保安全性。

3.2.2 处理流程 雾计算层负责收集数据，每当呼吸、心率、血压、体温和血糖超过正常值时，设备通过雾计算内的无线网络向医疗专业人员和护理人员发送警报或通知，以提高响应的速度，见图 3。

共同存储、处理和分析预处理与开放数据，同时决定是否需要将请求发送到云端，在这一层内还包含各种服务的实用程序。通过虚拟化支持在该层中完成小规模数据处理，对流计算以完成实时方式的处

理, 但该层对流数据仅进行短期存储和预处理。全部处理和存储相关的操作由雾设备和雾服务器完成, 可以是任何类型的设备, 包括路由器、交换机、接入点、基站、智能手机、服务器和主机。Web 应用程序将对转换内容中的数据进行分析, 用于持续监测慢病被管理人员的状态。

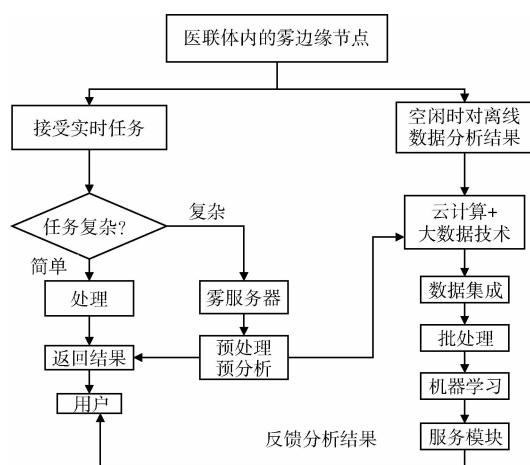


图 3 医联体内雾层的任务处理流程

3.2.3 具体过程 在线数据监测可以反映慢病患者的健康状况, 因此这些数据需要快速预处理。鉴于此智能物联网网关使用基于规则的复杂事件处理器 (Complex Event Processing, CEP)。CEP 是一种基于动态环境中事件流的分析技术, 为对紧急情况减少响应时间和延迟, 可以通过定义规则检测事件从而快速反应。一旦检测到事件该模块就会执行与事件相关的操作。为此向执行器发送命令, 通过访问信息, 向护理人员、医疗保健专业人员、急救中心和家庭成员发送通知, 中间通过消息队列遥测传输 (Message Queuing Telemetry Transport, MQTT) 进行通信。通知信息和命令也被加密以确保安全性。

云层负责有效管理、存储和分析所有收集的数据系统。由于该系统与人的健康密切相关, 因此对数据分析的高可用性是必需的, 还需要支持医疗专业人员的决策。大数据分析^[17]模块能够处理和分析在线和离线数据, 实现数据集成、批处理、机器学习和服务模块功能。数据集成意味着不同来源的组合, 以提供统一的视图用于降低存储费用和改进数据分析, 包括提取、转换和加载数据阶段 (Extract、

Transform、Load, ETL)。提取阶段提供连接源系统的必要工具。在转换阶段之前过滤数据以分割在线数据和离线数据。此外, 转换阶段确保转换数据格式及检查数据的完整性。由于在线数据在智能物联网网关和数据管理器中完成预处理, 因此不需要通过转换阶段, 而离线数据需要从 JS 对象简谱 (JavaScript Object Notation, JSON) 和逗号分隔值 (Comma - Separated Values, CSV) 开放数据格式转换为表格数据架构。最后加载阶段将数据框复制到批处理存储库文件系统。批处理存储库文件能够存储在多台机器中复制的大型文件, 进而提供高可用性和可扩展性。批处理提供处理以前存储在文件中的系统存储库中的原始环境数据。机器学习包括实现数据挖掘模型中来自批处理模块缓存的数据基础库。机器学习模块允许使用数据挖掘方法和算法开发预测分析。服务模块对患者进行健康知识及指导, 提供慢病干预方案及基于人工智能的精准医疗。Web 应用程序通过与大数据分析器交互来提高数据可用性和可扩展性。由于 Web 应用程序位于系统的顶部, 通过 RESTful 接口使用此模块中的所有数据。Web 应用程序为健康专业人士提供持续监测的生理指标, 此外 Web 应用程序显示所有捕获数据的统计分析, 以支持医疗决策。该协议提供数据加密保证安全访问。Web 应用程序为能够仅向已授权人提供访问权限使用身份验证访问。

4 结语

本研究从雾计算在远程医疗健康领域的应用现状及可行性出发, 提出雾计算 + 医联体慢病管理的新模式, 通过综合运用慢病物联网采集、雾计算、云计算及大数据技术, 建设慢病管理干预辅助、慢病管理大数据分析平台, 向患者提供更加高质量的远程医疗健康服务, 更好地辅助医护人员的诊断和治疗。未来的研究方向主要是对整合雾计算的系统进行性能分析和评价^[18]。

参考文献

- 1 孟群, 尹新, 陈禹. 互联网 + 慢病管理的研究与实践

- [J]. 中国卫生信息管理杂志, 2016, 13 (2): 119 - 123.
- 2 Aparna K, Sudeep T, Sudhanshu T, et al. Fog Computing for Healthcare 4.0 Environment: Opportunities and Challenges [J]. Computers & Electrical Engineering, 2018 (72): 1 - 13.
- 3 孟群, 尹新, 党敬申. 互联网+分级诊疗模式的思考 [J]. 中国卫生信息管理杂志, 2016, 13 (2): 111 - 127.
- 4 张贝贝, 陶红兵, 路伟, 等. 医疗联合体信息平台构建现状及关键问题分析 [J]. 中国医院管理, 2018, 38 (9): 19 - 21.
- 5 谢钢. 市、县、乡三级托管式医联体的构建路径探索 [J]. 现代医院管理, 2018, 16 (6): 12 - 15.
- 6 贾维嘉, 周小杰. 雾计算的概念、相关研究与应用 [J]. 通信学报, 2018, 39 (5): 157 - 169.
- 7 Aazam M, Zeadally S, Harras KA. Fog Computing Architecture, Evaluation, and Future Research Directions [J]. IEEE Communications Magazine, 2018, 56 (5): 46 - 52.
- 8 Hu P, Dhelim S, Ning H, et al. Survey on Fog Computing: architecture, key technologies, applications and open issues [EB/OL]. [2018 - 12 - 05]. [http: //dx. doi. org/10. 1016/j. jnca](http://dx.doi.org/10.1016/j.jnca).
- 9 Distefano S, Bruneo D, Longo F, et al. Personalized Health Tracking with Edge Computing Technologies [J]. BioNano-Science, 2017, 7 (2): 439 - 441.
- 10 王纪萍. 雾计算中数据处理延迟与能耗最优化研究 [D]. 曲阜: 曲阜师范大学, 2018.
- 11 何秀丽. 面向低时延的云雾网络及其负载均衡策略研究 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2017.
- 12 Farahani B, Firouzi F, Chang V, et al. Towards Fog - driven IoT eHealth: Promises and Challenges of IoT in Medicine and Healthcare [EB/OL]. [2018 - 04 - 15]. [http: //dx. doi. org/10. 1016/j. future](http://dx.doi.org/10.1016/j.future).
- 13 Sarabia - Jácome David, Diana Y, Carlos P, et al. System for Monitoring and Supporting the Treatment of Sleep Apnea Using IoT and Big Data [EB/OL]. [2018 - 07 - 10]. [https: //doi. org/10. 1016/j. pmcj](https://doi.org/10.1016/j.pmcj).
- 14 何秀丽, 任智源, 史晨华, 等. 面向医疗大数据的云雾网络及其分布式计算方案 [J]. 西安交通大学学报, 2016, 50 (10): 71 - 77.
- 15 Awad MA, Abd GM K, Arunkumar N, et al. Enabling Technologies for Fog Computing in Healthcare IoT Systems [EB/OL]. [2018 - 07 - 11]. [https: //doi. org/10. 1016/j. future](https://doi.org/10.1016/j.future).
- 16 Manogaran G, Varatharajan R, Lopez D, et al. A New Architecture of Internet of Things and Big Data Ecosystem for Secured Smart Healthcare Monitoring and Alerting System [EB/OL]. [2018 - 01 - 11]. [https: //doi. org/10. 1016/j. future](https://doi.org/10.1016/j.future), 2017. 10.
- 17 Singh GS, Chand A Ra, Singh WG, et al. Fog - Based Smart Healthcare as a Big Data and Cloud Service for Heart Patients Using IoT [EB/OL]. [2018 - 12 - 04]. [https: //doi. org/10. 1007/978 - 3 - 030 - 03146 - 6_ 161](https://doi.org/10.1007/978-3-030-03146-6_161), 2018. 12.
- 18 Santos G L, Takako Endo P, Ferreira da Silva Lisboa Tigre, et al. Analyzing the Availability and Performance of an E - health System Integrated with Edge, Fog and Cloud Infrastructures [J]. Journal of Cloud Computing, 2018, 7 (1): 1 - 22.

《医学信息学杂志》版权声明

(1) 作者所投稿件无“抄袭”、“剽窃”、“一稿两投或多投”等学术不端行为, 对于署名无异议, 不涉及保密与知识产权的侵权等问题, 文责自负。对于因上述问题引起的一切法律纠纷, 完全由全体署名作者负责, 无需编辑部承担连带责任。(2) 来稿刊用后, 该稿包括印刷出版和电子出版在内的出版权、复制权、发行权、汇编权、翻译权及信息网络传播权已经转让给《医学信息学杂志》编辑部。除以纸载体形式出版外, 本刊有权以光盘、网络期刊等其他方式刊登文稿, 本刊已加入万方数据“数字化期刊群”、重庆维普“中文科技期刊数据库”、清华同方“中国期刊全文数据库”、中邮阅读网。(3) 作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付, 不再另行发放。作者如不同意文章入编, 投稿时敬请说明。

《医学信息学杂志》编辑部