

邢 丹,姚俊明,张红伟. 移动云环境下具有计算迁移的远程医疗架构[J]. 中华医学图书情报杂志, 2018, 27(3): 65-69.

DOI: 10.3969/j.issn.1671-3982.2018.03.013

· 信息组织与信息服务 ·

移动云环境下具有计算迁移的远程医疗架构

邢 丹¹, 姚俊明¹, 张红伟²

[摘要] 针对目前基于移动设备的远程医疗架构存在的终端资源受限等问题, 提出在移动云环境下建立基于医联体的远程医疗分级诊疗中心, 采用具有计算迁移的区分距离的远程医疗架构, 区分不同业务需求下的远程医疗服务, 包括医联体微云的近距离计算迁移架构和远距离健康云的架构。针对慢性病人生理信号监测等远程医疗业务, 将医联体内的医疗服务器构成微云, 通过在移动终端安装软件定制微云服务。远距离设备采用第三方提供的健康云资源搭建远程医疗架构, 并对具有计算迁移的远程医疗流程进行描述。

[关键词] 移动云; 远程医疗; 计算迁移; 微云; 医联体; 架构

[中图分类号] R-058; TP393.09

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-3982(2018)03-0065-05

Telemedicine architecture with computing migration under the mobile cloud environment

XING Dan¹, YAO Jun-ming¹, ZHANG Hong-wei²

(1. Jining Medical College Medical Information Engineering School, Rizhao 276826, Shandong Province, China;

2. Library of Jining Medical College, Jining 272067, Shandong Province, China)

[Abstract] Establishment of hierarchical diagnosis and treatment center for telemedicine under the mobile cloud environment was proposed based on the medical association due to the limited resources in mobile equipments-based telemedicine architecture. Remote medical services were identified according to the different requirements of patients using the telemedicine architecture with distance computing migration, including the short distance computing migration architecture of medical association cloudlet and the long distance health cloud. The medical server in medical association was formed as cloudlet according to the physiological signals of chronic disease patients to customize cloudlet service by installing software in the mobile terminal. The telemedicine architecture was constructed for health cloud resources provided by the third party and the telemedicine process with computing migration was described.

[Key words] Mobile cloud; Telemedicine; Computing migration; Cloudlet; Medical association; Architecture

随着移动设备及无线网络的普及, 人们希望随

[基金项目] 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”(JY2017KJ057)及济宁医学院科研计划项目“高校产教融合校企合作机制创新研究”(JY2015RW015)成果

[作者单位] 1. 济宁医学院医学信息工程学院, 山东 日照 276826;
2. 济宁医学院图书馆, 山东 济宁 272067

[作者简介] 邢 丹(1981-), 女, 黑龙江齐齐哈尔人, 硕士, 讲师, 发表论文 13 篇, 研究方向为计算机网络、智慧医疗、医疗健康大数据。

时随地都能获得泛在的远程医疗服务, 而乡村医疗卫生中心、船舶、救护车和家庭医疗保健服务都可通过移动设备的应用程序支持电子健康服务。在线医疗咨询减少了医疗服务时间, 改善了医疗服务质量和效率。在远程医疗服务中, 需要传输 X 射线图、心电图、视频、诊断图像等常见的医疗数据和人体生理参数(包括 ECG、HR、PPG、SPO2、BP)等实时采集的生理信号, 这些数据具有存储容量大和计算量大等特征。由于传统的智能移动设备和智能可穿戴设备存在电池电量、内存空间、计算、存储等资源受限

问题,无法提供高质量的远程医疗服务。云计算可作为移动互联网环境下改善移动终端性能的一种应用模式,用户将数据的存储和处理迁移至云端后,可降低对移动终端性能的要求。云计算模式下,移动终端仅需承担与用户的交互工作,并在屏幕上显示来自云端的业务处理结果,复杂的计算和大规模的存储均由云端完成。因此移动终端无需拥有强大的计算能力便可响应用户的业务请求,并为其提供满意的服务。

1 国内外研究现状

随着互联网技术的发展,国内外很多学者采用云计算及移动设备进行远程医疗研究。大多数移动健康监测系统的架构均将采集的人体生理参数通过移动网络传送至医疗数据处理中心进行分析处理和整合,最终计算出人体生理参数变化状况^[1-4]。有学者针对智能移动医疗提出了一种混合计算方案,该方案集成了移动终端处理和云端处理两种模式,并根据移动终端收集的生理数据为患者提供医疗服务^[5]。还有学者在移动云计算环境下针对多媒体服务设计了一种分布式云架构,该架构采用 Cloudlet 与 BS 融合的方式,可满足用户在应用层面的服务质量需求^[6]。文献 7 设计了一种基于智能传感设备和云服务的系统架构,基于无线传感网络的可穿戴设备采集^[7]。用户使用可穿戴设备,实时采集自身的生理信号,如心率和加速度传感器信息等,通过智能移动终端设备,将信号进行收集和预处理之后发送至云平台进行存储和分析。文献 8 提出一种云辅助的移动心电监测系统,利用智能手机接收心电数字信号,借助云平台实现 ECG 数据存储。移动云计算中,用户可通过将移动应用迁移至云端处理来改善其服务质量,云端根据移动应用的需求调度计算资源并为用户分配^[8]。文献 9 提到的移动云计算技术可帮助移动用户在执行 workflow 任务时将一些任务迁移至云端服务器执行,从而节省移动设备的电池能耗,并提高计算能力^[9]。

百度、阿里、腾讯等国内 IT 健康巨头也在加速布局医疗信息化的市场。百度将传统医疗行业同大数据、云计算和人工智能相结合,重点布局人工智能领域,旨在为用户提供精准的医疗服务;阿里健康与国内医疗软件龙头——卫宁健康开展关于区域卫

生、智慧医院等领域的合作,并创立了阿里健康和“医疗云”服务;腾讯以医疗 IT 提供方的身份参与,先后推动海南省“智慧医疗”和吉林省微信居民电子健康虚拟卡建设,并深入到慢性病管理、支付模式创新、人工智能等多个领域。

目前,贵州已经开通省、市、县、乡四级远程医疗,河南省郑州大学第一附属医院设立的河南省远程医学中心成为国家远程医疗中心,江苏省淮安市第二人民医院设立了远程医疗服务中心。2017 年,我国推行医疗联合体(以下简称“医联体”)模式试点后,国内远程医疗出现了基于医联体及“儿联体”的平台建设^[10-12]。但是目前的远程医疗服务多是针对慢性病、常见病或医疗保健服务,方式多为利用软件同专家进行语音或视频聊天,对于急性病则是到乡镇或社区医院检查,将检验结果上传至上一级医疗机构会诊。由于通信网络的限制,无法传输清晰的影像资料,而对疾病的诊断需综合以往病历、检验报告、健康体检情况、基因检测数据等多种结果,并且受限于基层诊疗机构存储、计算能力,无法全面准确确诊。

远程医疗云技术方面,目前的架构通常采取在健康云端存储、计算、加工和整理,全部在健康云端处理数据的方法会造成带宽、延时和云端的瓶颈,影响远程医疗的服务质量。因此,本文按照距离区分不同的远程医疗服务,近距离采取将计算迁移至由医联体构成微云进行处理,远距离采取在健康云上进行计算的远程医疗架构。

2 具有计算迁移的远程医疗架构平台

2.1 基于医联体的远程医疗分级诊疗中心

为解决目前大医院医疗资源利用过度和基层医疗资源利用不足甚至闲置的问题,加快推进医疗卫生体制改革向纵深发展,我们设计了远程医疗架构(图 1)。在该架构中,医联体将同一个区域内的医疗资源进行整合,通常由一个县域内的医疗机构组成。在县域范围内分别面向城市和乡村建设城市医疗集团和县域医共体,形成“县乡村”的三级医疗服务体系,这样云平台可与基层、区域卫生信息平台、医院信息系统实现互通。在此基础上,针对省市县大型医疗机构业务交流和县内转疑难重症患者等需求,可向上依次对接市级、省级、国家级医疗资源^[12]。

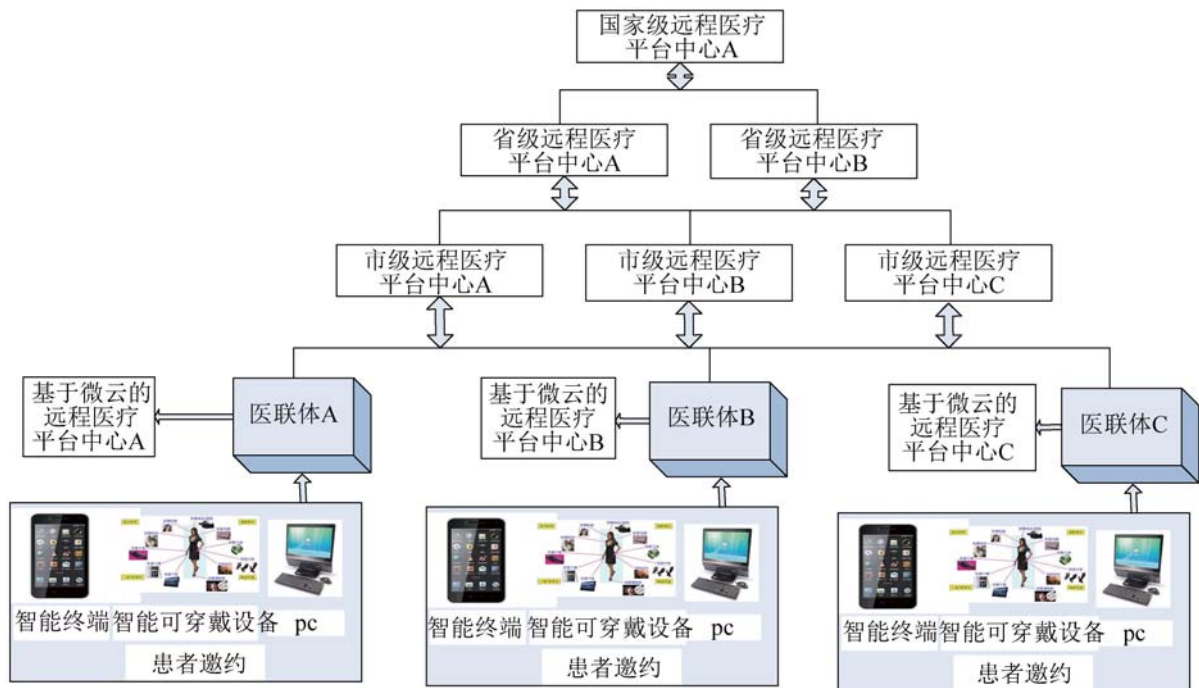


图 1 基于医联体的远程医疗架构

微云 (cloudlet) 由医联体构成, 可利用移动终端附近固定的计算资源增强移动终端的性能, 如在物理位置上与移动终端临近的、可信的、资源丰富的、与互联网有良好链接的计算机或者计算机集群。可在智能终端、智能可穿戴设备等移动终端安装软件定制微云服务^[8]。如患者通过个人计算机将医疗数据通过网络实时上传至医联体, 在医联体内采用微云方式对患者的数据进行存储、计算、分析, 并联合区域内的专家进行会诊。如果微云计算能力不够, 则可同全国远程医疗平台中心进行交互, 在更高一级的远程医疗中心平台进行访问。

在远程医疗的网络体系架构中仿照传统的移动云计算的总体架构^[13-15], 采用无线接入网、互联网及云端组成。无线接入网负责建立手持移动终端与互联网之间的通信, 基站或接入节点用于建立并控制空中链接, 服务器根据用户的位置、身份、业务请求等信息提供移动网络服务; 互联网主要负责无线接入网与云端之间的通信, 一方面负责将用户的业务请求转交给云端, 另一方面将云端提供的业务数据有效地传输给接入网的服务器; 云端主要由云控制器和云数据中心两部分组成, 云控制器负责计费管理、用户的业务请求管理、虚拟机管理、网络通信

等, 云数据中心主要根据云控制器对虚拟机的分配情况来执行用户请求并存储数据。

2.2 区分距离的计算迁移

传统的架构方法是将移动设备通过 WCDMA、GPRS、WLAN 连接到互联网, 再由互联网连接到健康医疗云中心, 但这种架构的服务质量容易受网络带宽、延时的影响。本文提出采用区分距离的计算迁移架构满足不同需求的远程医疗服务, 如图 2 所示。

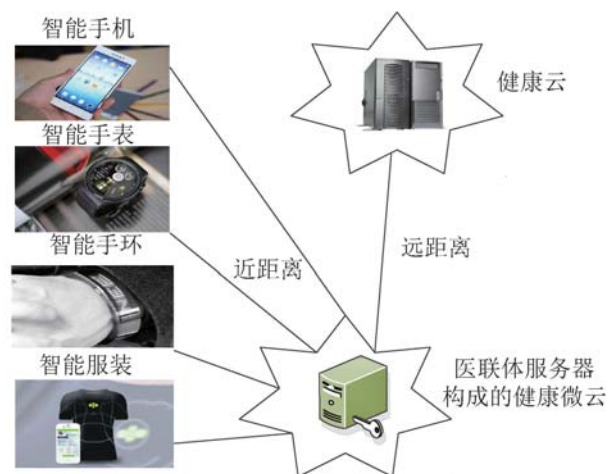


图 2 区分距离的远程医疗架构

2.2.1 基于微云的近距离计算迁移架构

主要针对慢性病通过使用检测仪对患者的生理参数进行监测,按照国家卫生健康委员会发布的《全国医院信息化建设标准与规范》中的硬件要求^[16]进行规范,将医联体内医疗设备服务器集群构成微云。利用人体内的可植入设备、可穿戴设备,通过手机、平板电脑、掌上电脑或接收器等收集高血压、心血管疾病等慢性病患者的生理信号和生理参数(脉搏、血压、心电、血氧、呼吸)等,并进行实时、远程、动态监测。也可通过基层管理站采集慢性病患者的数据,上传至微云并进行存储和处理,提出指导性的建议。此外,对于监测过程中发现的疑难病症患者,要通过远程系统向更高一级的医疗机构申请远程会诊,必要时进行转诊。

2.2.2 基于移动设备的远距离计算迁移

应用场景为地震救灾现场,包括医院、诊所、药店、现场救护、移动救护车。如救护车里的患者通过体内的传感器将生理信号通过访问点或无线电塔上传到网络上,监视器从网络下载图像和视频信号,医疗专家通过手机或平板电脑诊断。

利用附近其他移动设备(智能手机、平板电脑、手持/可穿戴设备和车载计算机)的资源扩展移动终端资源,这些设备形成 Ad-hoc 网络,将计算任务划分到该网络的各个节点上执行。适用于两种场景:位于同一位置区域的多个移动终端相互合作,共同完成任务,以及单个用户或家庭拥有多个移动终端。

由第三方(如 Amazon、Google、IBM 等)提供的公共云资源和由企业或家庭提供的私有云资源。

2.3 远程医疗架构中的计算迁移

2.3.1 云环境构建

可以利用公有云、本地私有云或专用云、个人计算机、附近的移动设备等构建辅助移动设备程序的云环境。其中,公有云(如亚马逊、谷歌、微软、百度、腾讯等)拥有无限资源,本地健康云服务器或本地 PC 通常被部署于医联体内,是用户较为信任的资源。但其服务质量受到网络带宽、延时的影响,且存在用户对服务商的信任问题。除本地云和公有云外,移动设备用户还可利用移动设备(多个移动设备构成虚拟云平台),连接到虚拟云完成计算或存

储任务^[17]。

2.3.2 移动云环境下远程医疗业务计算迁移流程

无线计算迁移的主要问题之一是决定计算迁移任务的时间、地点。决策应考虑任务的通信成本计算量和信道带宽^[18]。当需要使用少量的数据进行大量计算时,计算迁移是可行的;对于必须使用大量的数据传输来执行小计算量的任务,可以考虑在医联体的微云执行。其中必须折衷考虑传输时间的成本和能耗^[9,19]。

具有计算迁移的远程医疗流程如图 3 所示。计算迁移系统的关键是任务分割,其主要功能是将任务分为若干个可执行模块并分别标注各个模块是否被迁移到云端执行,以及哪些迁移至微云端或健康云端。对分割方法的研究可分为基于设计的分割、基于改写的分割和基于分析的分割^[17]。任务分割模块负责对应用行为建立模型,利用适当的算法生成候选划分方案,然后根据患者的偏好、划分策略、移动终端上下文环境选出最优划分策略。影响应用划分的因素主要有以下 4 个:移动用户,包括用户偏好和用户使用移动终端的行为模式;开发人员,包括开发人员定义的划分策略、划分提示和划分触发机制;来自移动设备的上下文信息,包括移动设备的外部环境和内部环境,其中 CPU 负载影响移动终端的 CPU 能耗,无线网络接口类型、网络质量和服务器缓存影响无线接口能耗,间接影响候选方案生成结果,移动终端可用内存大小和电量等因素影响候选划分方案生成结果;应用的服务质量等级、输入参数的内容和占用的存储空间等和应用有关的因素^[20]。

将一个或多个分配到云端的模块从移动设备迁移到云端的算法通常包括保存当前状态的暂停模块、压缩加密模块、无线网络传输、云端解密、重新运行 5 个模块。

3 结论

本文针对传统的远程医疗架构中智能移动设备资源受限和网络存在带宽、延时影响的问题,提出区分距离的远程医疗架构。针对慢性病人较少的数据量,由近距离医联体构成的微云计算,紧急情况下的较大任务量采取迁移到第三方提供的远距离健康云端进行计算,并对具有计算迁移的远程医疗流程进行了描述。

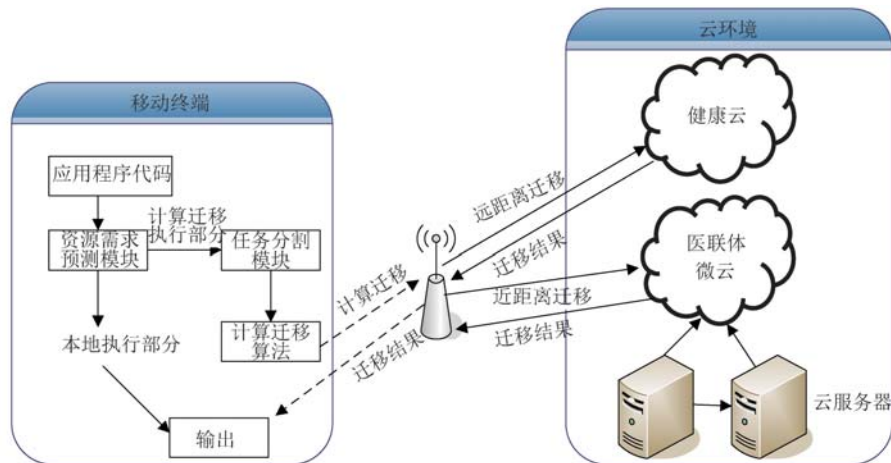


图3 具有计算迁移的远程医疗流程

目前,随着“大智物移云”技术和5G网络技术的成熟,以及政府机构的大力支持和国民健康意识的提高,远程医疗正在高速发展。未来需要进一步提高认识,完善远程医疗及其产业化政策,健全服务体系,建立远程医疗责任认定机制、激励机制和服务质量评价机制,使其有效解决医疗资源分配不均问题、提高疑难重症救治水平、缓解群众看病难等问题,助力国家医疗改革和健康中国建设。

【参考文献】

- [1] 吴建宁,黄河清,唐浩,等.面向无线传感网的社区远程医疗实时生理参数监测系统[J].计算机系统应用,2014,23(2):77-85.
- [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] Cadger F, Curran K, Santos J, et al. Location and mobility-aware routing for multimedia streaming in disaster telemedicine[J]. Ad Hoc Networks, 2016, (36): 332-348.
- [4] MA Algaet, ZABM Noh, AS Shibghatullah, et al. Provisioning Quality of Service of Wireless Telemedicine for E-Health Services: A Review[J]. Information & Communication Technologies, 2013, 78(1):375-406.
- [5] Wang X, Gui Q, Liu B, et al. Enabling Smart Personalized Healthcare_ A Hybrid Mobile-Cloud Approach for ECG Telemonitoring[J]. IEEE Journal of Biomedical & Health Informatics, 2014, 18(3):739-745.
- [6] Felemban M, Basalamah S, Ghafoor A. A Distributed Cloud Architecture for Mobile Multimedia Services[J]. IEEE Network, 2013, 27(5):20-27.
- [7] 马聪聪,李文锋.基于体域网和云服务的智能穿戴系统研究与实现[J].小型微型计算机系统,2016(4):778-781.
- [8] 胡建强,曾智勇,朱顺慈,等.一种云辅助的移动心电图监测系统[J].厦门理工学院学报,2016,24(3):61-65.
- [9] 胡海洋,刘润华,胡华.移动云环境下任务调度的多目标优化方法[J].2017,54(9):1909-1919.
- [10] 郭建军,鲍雨亭,荆芒.基于医联体的多路径远程会诊平台建设[J].医学信息学杂志,2008,39(1):22-25.
- [11] 葛小玲,叶成杰,郭建峰,等.基于互联网+的儿联体远程医学平台设计与实践[J].中国数字医学,2016,11(7):20-23.
- [12] 卢喜烈,苗锋,应致标.新型医联体背景下的智慧医疗建设模式与路径研究[J].中国卫生信息管理杂志,2018,15(1):66-69.
- [13] Rashvand HF, Salcedo VT, Sanchez EM, et al. Ubiquitous wireless telemedicine[J]. Iet Communications, 2008, 2(2):237-254.
- [14] 赵敏丞.无线网络中视频跨层传输关键技术研究[D].北京:北京邮电大学,2015.
- [15] 郎为民,安海燕,姚晋芳.移动云计算架构研究[J].电信快报,2016(11):3-6.
- [16] 黎群有,魏伏冰.基于JCI标准的医院信息化建设与管理实践[J].中国数字医学,2017,12(9):103-105.
- [17] 李鹏伟,傅建明,李拴保,等.弹性移动云计算的研究进展与安全性分析[J].计算机研究与发展,2015,52(6):1362-1377.
- [18] 张文柱,曹玮玮,周雪婷.移动云环境下高能效的移动终端计算迁移策略[J].西安电子科技大学学报,2017,44(3):175-180.
- [19] 柳兴.移动云计算中的资源调度与节能问题研究[D].北京:北京邮电大学,2015.
- [20] 张文丽,郭兵,沈艳,等.智能移动终端计算迁移研究[J].计算机学报,2016,39(5):1021-1038.

[收稿日期:2018-01-30]

[本文编辑:刘娜]