

基于云计算的远程医疗辅助诊断咨询系统^①

陆阳^{1,2}, 张书旭³, 袁克虹^{1,2}

¹(清华大学 生物医学工程系, 北京 100084)

²(清华大学 深圳研究生院, 深圳 518055)

³(广州医学院附属肿瘤医院, 广州 510000)

摘要: 设计和开发了一个基于云计算的远程医疗辅助诊断咨询系统, 提供了完善个人电子健康档案管理机制, 移动医疗工具(基于 Android 的移动终端), 构建了多种供医生灵活取用的“云服务”资源, 包括基于内容图像搜索技术、虚拟四维 CT 技术、病灶自动筛查技术等. 该系统的成功研发, 不仅能解决个人对于自己健康和诊疗信息的管理, 还为病人寻求异地医生远程诊断咨询提供了途径, 同时也缓解了医疗资源分配不均衡等非常现实的社会问题, 是一个非常有前景的新型云计算医疗网络服务平台.

关键词: 云计算; B/S 模式; 医学影像; 计算机辅助诊断; 远程医疗

Telemedicine System Based on Cloud-Computing for Medical Diagnosis

LU Yang^{1,2}, ZHANG Shu-Xu³, YUAN Ke-Hong^{1,2}

¹(Department of Biomedical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

²(Graduate School at Shenzhen, Tsinghua University, Shenzhen 518055, China)

³(Affiliated Tumor Hospital of Guangzhou Medical College, Guangzhou 510000, China)

Abstract: A telemedicine system based on cloud computing is designed. It provides electronic medical and health records management mechanism, and makes android-based mobile terminal a remote mobile medical tool, also, it builds various "Cloud service" resources for doctors to freely use, such as content-based image retrieval(CBIR), virtual 4D CT, automatic detection of tumor etc. This system solves problems people face when managing personal health and medical information and resorting to medical advice in other regions, meanwhile, it mitigates the problem of the uneven distribution of medical resources. It is a prospective medical service platform with cloud computing application.

Key words: cloud-computing; B/S architecture; medical imaging; computer-aided diagnosis; telemedicine

云计算(cloud computing)是新近出现的一种计算模式, 在这种模式中, 计算能力和数据资源等通常以服务的形式通过互联网提供给用户. Google 首席执行官埃里克·施密特在搜索引擎大会首次提出了“云计算”的概念, 并随后推出 Google Health 平台将云计算引入医疗领域. 在 Google 推动下, 云计算在医疗领域的发展和應用较为迅速, 很多大型企业分别推出他们的云医疗平台, 例如 IBM 的智慧医疗服务^[1]、Cisco 的区域医疗远程协作平台^[2]、华为的健康云解决方案等, 逐步获得企业和个人的认可, 在医疗领域得到广泛的应用.

针对云计算在远程医疗系统中的应用, 设计并实现了一个基于云计算的远程医疗辅助诊断咨询系统, 此系统基于 B/S 结构, 提供了基于 Web 和移动终端的辅助诊断工具、多种医疗云服务(个人电子健康档案管理、基于内容的图像搜索技术、虚拟四维 CT 技术、病灶自动筛查)等功能. 将医疗云服务以 SaaS (Software-as-a-Service, 软件即服务)的模式提供给用户使用, 医生只需通过 Web 浏览器或移动医疗终端连接到服务器, 即可灵活取用“云”中的资源, 使用其中多种医疗云服务, 方便快捷的进行医疗诊断咨询, 在医疗领域具有较大应用价值.

^① 收稿时间:2012-05-04;收到修改稿时间:2012-05-17

1 系统的框架

目前我国现有的远程医疗辅助诊断咨询系统一般采用客户机/服务器(C/S)体系结构,存在诸多局限。基于云计算的远程医疗辅助诊断咨询系统采用了 Microsoft 公司的 .Net 开发平台,以三层 B/S 体系结构为框架,利用 Web 技术为个人和医疗机构提供了一个综合性的管理和信息处理系统。Visual Studio2008 作为开发工具,ASP.NET+Javascript 开发了功能页面部分, IIS 技术搭建了 Web 服务器,数据库管理系统选择 SQL Server, ADO.NET 技术实现对数据库的访问和交互。(整个系统结构如图 1 所示)。

利用数字水印技术提高了系统的数据传输和存储的安全性^[3],病人可以放心使用本系统,不必担心隐私数据被泄露、篡改和伪造。

集成了多种医学影像处理算法于云端,以 SaaS(软件即服务)的模式为病人和医生提供医疗云服务,包括个人健康和诊疗信息管理、基于内容图像搜索技术、虚拟四维 CT 技术、病灶自动筛查技术等^[4-8]。

为实现医疗数据移动采集、查看及处理,开发了配合基于云计算的远程辅助诊断咨询系统使用的便携式移动终端,实现了远程移动医疗。

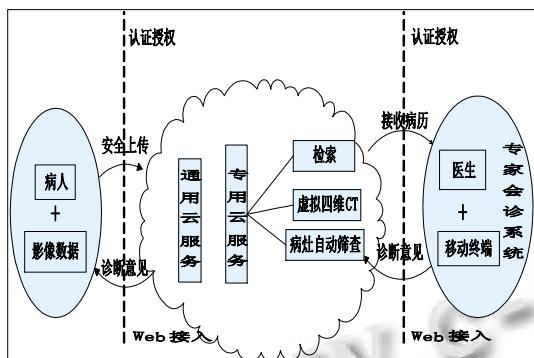


图 1 基于云计算的远程医疗辅助诊断咨询系统

2 通用云服务技术

2.1 医疗数据存储

数字影像设备产生的大量医学影像数据需要长时间保存,国内的医院很少有容灾和备份的手段,一旦发生火灾、地震等自然灾害,可能导致资料全部丢失,造成不可弥补的损失。本系统设计了云医疗数据中心,将健康档案、电子病历、医学影像等数字医疗信息存储在数据库中,Sql Server 数据库系统具有数据备份、归档和灾难恢复等功能。医院不再需要购买大量昂贵

的服务器、存储设备和软件系统,在硬件和软件上的投资大大减少,节约了带宽、存储和相关服务的成本。

2.2 个人电子健康档案管理

医院病历的传统形式为纸质,存在如人工收集和录入数据费时费力、出错率高、病历书写不全面、字迹潦草影响会诊效果、纸质病历占据大量空间资源、难以查找和归档等众多问题。为解决以上问题,电子健康档案应运而生。

针对个人健康档案标准不统一的现象,以中华人民共和国卫生行业标准(HRB04.X)为模板开发了个人健康信息管理模块,为远程医疗提供了必要的条件,起着至关重要的作用。对于病人来说,将个人健康和诊疗数据(包括基本个人资料、体检数据、影像数据等)以电子化的形式存储在云端数据中心上,看病就医不再局限于医院,可以随时随地远程就医。对于医生、护理人员和其他医疗支持者来说,通过云端数据中心,不管病人在国内还是国外,只要连网,医务人员不需要安装任何软件,仅通过浏览器即可获得病人的健康和诊疗数据。

2.3 基于 Web 的诊断工具

本模块采用由 Adobe Flex 为开发工具,设计了基于 WEB 的诊断工具,可以完美嵌入浏览器中,用户无需安装任何软件,只需使用 Web 浏览器即可操作。通过浏览器访问 Web 服务器及与其相连的后台数据库,可以读取病人病历及影像信息。经过病人授权认证后,医生可以通过 WEB 终端读取数据库调取服务器存储的病人医学影像数据,以网络相册形式管理病人影像,实现了一个类 PACS 系统的功能。本模块主要由以下几个部分组成:病人影像资料浏览及查看、影像的放大、缩小和漫游显示、勾画、测量、上传、删除、清空、分割、检索、撤销及反向撤销操作等功能。是医生辅助诊断的有效工具。



图 2 基于 WEB 的诊断工具

2.4 移动医疗终端

2011 年 2 月 4 日, 随着美国食品和药物管理局首次认可影像学专家可通过 iPhone/iPad 终端查看医学影像和做医学诊断, 苹果 iPad/iPhone 可作为医疗影像诊断放射学的辅助产品使用^[9]. 医疗数据的移动采集、查看及处理越来越受到医护人员的重视. 目前, 国内远程医疗系统大部分是建立在有线网络的基础上实现的, 医院信息系统通常置于医院内部, 这种方式适用于固定站点的信息需求, 如护士工作站、医生工作室等, 但很多时候难以满足临床记录的移动需求.

移动医疗技术的发展为突破这种限制提供了可能, 但国内的通信技术和计算机技术均落后于美国等发达国家, 导致国内移动医疗尚未进入普及应用阶段, 但随着 FDA 的认证许可、移动终端设备(PDA、智能手机等)的快速发展和通信技术的不断进步, 移动医疗逐渐有了现实意义.

为实现移动医疗, 本系统采用 Android 作为开发平台, 与常用设备兼容性好, 打破 iOS 系统的封闭性, 更加实用, 并且系统界面友好、可操作性强, 是移动医疗终端操作系统的良好选择. 设计和开发了基于 Android 系统的智能终端客户端程序, 具有以下功能.

(1) 病人使用安装有远程医疗辅助诊断咨询系统的客户端程序, 可通过移动终端将自己在家庭环境下测得的常规生理数据(心率、血压、血糖、身高、体重等)上传到服务器, 随时随地维护自己的数据, 并与正常健康数据交叉对比, 实时监控健康状况.

(2) 通过配合移动终端的软件平台, 使用 WIFI 或 GPRS 无线网络与服务器数据库通信, 在病人授权的前提下医生可以在任何时间地点接入系统, 浏览、查询病人医疗信息, 实现病人影像数据的移动显示和查看(放大、伪彩、测量), 为病人提供医疗诊断咨询服务意见(如图 3 所示).

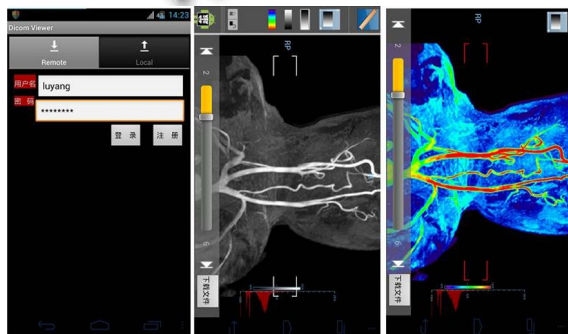


图 3 移动终端显示

(3) 医生也可利用移动终端对病人的重要生理参数进行实时远程监护, 实现了一种老年人移动健康监护系统, 能够及时根据病人情况给出医疗诊断咨询参考意见, 把握最佳就诊时机, 指导病人及时治疗.

3 专用云服务技术

在前期大量的研究工作基础之上, 发表了多篇高质量的学术论文^[4-8]. 本系统在已有技术基础之上将多种医学影像处理算法整合到现有系统, 以专用云服务技术的形式提供给医生, 医生可按需灵活使用, 满足了多种医疗需求. 专用云服务技术包括基于内容图像搜索、虚拟四维 CT、病灶自动筛查等技术. 以下将分别介绍.

3.1 基于内容的图像检索

随着数字医学影像设备技术的发展以及医院信息化建设的普及, 每天都会产生大量的医疗信息数据, 如包含病理和解剖信息的医学图像等, 医生利用这些医学图像进行临床辅助诊断和手术规划等操作. 目前传统的医学图像检索方式是基于文本的, 即根据病人图像的序列号、住院号、病人名字、医生名字、诊断报告等文本信息来查询所需相关医学图像数据, 不仅耗时费力, 而且可能存在用词不准确和不合规范等现象, 不同的医生在提取注解时存在主观差异性, 可能导致检索结果的失配. 课题组前期搭建了基于内容图像搜索的医学图像数据库^[4], 实现了一种基于内容的医学影像检索(CBIR)方法^[5-7], 利用图像处理技术提取医学图像本身的灰度、纹理、形状、拓扑等特征向量, 将特征向量作为匹配准则和建立索引的客观依据, 通过特征匹配来检索图像, 避免了用文本描述的主观差异性, 也大大减少了人工读片的工作量.

3.2 虚拟四维 CT

普通 CT 并未将病人的呼吸运动考虑在内, 而近些年影像设备技术的进步推动了四维计算机断层图像(4DCT)技术的出现, 四维 CT 很好地消除了病人因呼吸运动产生的伪影, 不仅能够真实重现随呼吸运动的胸腹部器官的形态, 而且能反映内部脏器的运动范围和规律、可以根据病人脏器的运动特点制定个性化的放疗计划. 放疗技术与四维 CT 相结合, 有利于减少放疗辐射范围, 实现基于四维图像的精确引导放射治疗, 能够增加肿瘤靶区受照辐射量的同时, 减少正常组织的受照辐射量. 目前还没有国产四维 CT 系统, 而昂贵

的进口四维 CT 系统(如 GE Discovery ST)需要呼吸监测仪器的配合使用,不能在普通 CT 机上实现四维 CT 重建.为克服以上问题,使用普通 CT 获得的影像数据,通过基于 Cosine 插值的 B 样条形变模型的方法实现了虚拟四维 CT 的模拟,通过四维放疗计划设计和四维影像定位,能够实现动态放疗,全面实时的跟踪肿瘤位置和形变,具有较大的临床应用价值^[8].

3.3 病灶自动筛查

大量医学图像的产生大大增加了影像科医生的读片诊断工作量.为提高影像医生的工作效率减轻工作量,人们提出了计算机辅助诊断方法.其基本思想是将计算机的输出结果作为放射科医生的辅助诊断参考,但最终由医生确定诊断结果.基于以上思想,实现了基于灰度统计特征和纹理特征的颅脑 CT 图像自动分析^[6],为脑部肿瘤的发现提供了良好的条件,可以作为医生诊断的初步参考,有效提高了医生的读片效率和准确率.

4 结语

设计并搭建了基于云计算的远程医疗辅助诊断咨询系统,集成了多种医学影像处理算法作为医疗云服务,为区域内用户提供个人健康和诊疗信息管理、基于内容图像搜索技术、虚拟四维 CT、病灶自动筛查等技术,以 SaaS(软件即服务)的模式为病人和医生提供云医疗服务,用户不需要了解“云”中服务的具体技术细节,只要按需索取服务即可,操作简单、管理方便、易扩展、安全可靠,克服了传统的远程医疗诊断咨询系统存在的各种问题.具有以下几点突出优势:(1)目前病人往往对于单个医生诊断结果的并不信任,往往需要多个医生的咨询意见来确定最终的诊断结果.通过此系统可以在病人和医学专家之间建立起全新的联系,增加医患之间交流的灵活性,病人可享受多个专家的远程会诊服务,咨询结果更为精确,降低了误诊率.(2)经济欠发达地区和基层医院医疗资源欠缺,没有先进的医疗辅助诊断系统.采用基于云计算的远程医疗辅助诊断咨询系统,医院无需花费大量资金用于购买医疗服务供应商全套设备,降低了医院成本,能将更多精力和财务投入到其他方面,提高了医院效率.(3)包括医学影像在内的所有健康和诊疗信息数据均存在于云端数

据中心,可供授权医生随时查看和调用,增加了数据共享性,使病人在本地、本医院即可享受异地医生的诊断服务,并在其指导下进行治疗,不仅使病人能快捷及时享受诊断咨询服务,还节约了医生和病人大量时间和费用,缓解了医疗资源分布不均的现状.(4)系统提供的云服务易于进行功能上的扩展,对系统的任何安装、维护、升级等操作,都只需在服务器端进行,维护人员不需要为程序的安装维护操作而往返于多个客户机,节省了大量开发精力.

基于云计算的远程医疗辅助诊断咨询系统充分发挥了云计算的特点和优势,对于实现为群众提供安全、有效、方便、低廉的医疗服务具有重要的意义,非常适合医疗行业发展的要求,在医疗辅助诊断咨询领域有较大应用价值,将在远程医疗、移动医疗、异地专家会诊方面将产生积极和深远的影响.

参考文献

- 1 http://www.ibm.com/smarterplanet/cn/zh/healthcare_solutions/examples/index.html?re=spindex.
- 2 http://www.cisco.com/web/CN/solutions/strategy/healthcare/global_healthcare.html.
- 3 张娟.医学图像信息安全的可视化开发平台[学士学位论文].北京:清华大学,2011.
- 4 彭菲,刘维湘,陈自强,等.基于内容图像搜索的医学图像数据库建立.计算机科学,2007,34(10B):189-191.
- 5 Yuan KH, Tian Z, Zou JY, Bai YL, You QS. Brain CT image database for medical diagnosis using content-based image retrieval. Information Processing & Management, 2011, 47(2):176-185.
- 6 邹季英.基于内容检索技术的医学图像计算机辅助诊断的研究[硕士学位论文].北京:清华大学,2009.
- 7 袁克虹,陈自强,贾少微等.基于内容搜索的脑部 MRI 医学影像信息系统的研制.北京生物医学工程学报,2007,26(6):612-615.
- 8 Tian Z, Yuan KH, Bai YL. 4DCT image simulation using b-spline deformable model and cosine interpolation of deformation field. 31st Annual International Conference of the IEEE EMBS Minneapolis, 2009: 3541-3544.
- 9 <http://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm242295.htm>.