

基于 Hadoop 的无线动态心电分析系统

宋银涛¹, 马千里², 周炳威¹, 卞春华³

(1. 南京邮电大学 通信与信息工程学院, 江苏 南京 210003;

2. 南京邮电大学 地理与生物信息学院, 江苏 南京 210003;

3. 南京大学 电子学院, 江苏 南京 210093)

摘要:动态心电图是人体在非平静状态下监测心电信号,具有常规心电图没有体现的临床价值。为了实时监测动态心电图,并针对用户个人信息进行综合诊断,提出了基于 Hadoop 集群的无线动态心电分析系统。客户端采用 Android App 完成交互显示,档案及诊断管理及紧急呼救等功能。服务端利用云计算层次化服务模型框架搭建云平台,使用 Hadoop 集群分析海量生理数据,通过运动干预、健康风险评估等服务帮助用户。系统运行结果显示,其能完成大数据条件下对动态心电的存储和分析。改善了传统医疗监护系统存储、处理海量数据等方面能力不足的问题。通过分析病人的特征数据,匹配相似病例帮助医生提高诊断精度、预测治疗效果,使病人随时可以获得医疗服务,有助于解决老龄化、医疗费用高等社会问题,具有重要的现实意义。

关键词:动态心电; Android App; Hadoop; 云平台

中图分类号: TP302

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2017)04-0157-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2017.04.035

Wireless Dynamic Electrocardiogram Analysis System Based on Hadoop

SONG Yin-tao¹, MA Qian-li², ZHOU Bing-wei¹, BIAN Chun-hua³

(1. College of Telecommunications & Information Engineering, Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210003, China;

2. School of Geography & Biological Information, Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210003, China;

3. School of Electronic Science & Engineering, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: Dynamic electrocardiogram (ECG) is to monitor ECG signal of human during daily activities, which has more clinical value than conventional ECG. In order to monitor dynamic ECG in real-time and perform comprehensive diagnosis according to users' personal information, a wireless dynamic electrocardiogram analysis system with Hadoop cluster has been designed and implemented, in which Android App on mobile devices is used as client to display status, manage files, perform diagnosis, and make emergency call, etc. The cloud platform utilizes generic hierarchical service modeling framework to analyze massive amounts of physiological data through a Hadoop cluster, and through exercise intervention, health risk assessment and other services to provide assistance for users. Results show that the system can complete storage and analysis tasks of the dynamic ECG under the condition of large data. It has solved the problem of that the traditional monitoring technology has been unable to effectively carry on the management and analysis. The analysis of the features of patient data and matching similar cases could help doctors improve the diagnostic accuracy and predict the treatment effect, and also can provide the patients access to medical service at any time. The system has the important practical significance in solving the issues with the ageing society and high medical treatment costs.

Key words: dynamic electrocardiogram; Android App; Hadoop; cloud platform

0 引言

长期以来,心脏病都是威胁人们生命健康的主要疾病之一。而运动与心脏的关系更是运动医学界研究的热门课题^[1]。动态心电图是人体在非平静状态下监测、分析心电信号,能诱发人们处于静态时不易发现的心脏疾病^[2],在应用范围及临床价值等方面均明显优于常规的心电图机。对冠心病、心肌缺血等的诊断,药物疗效判断^[3],指导运动员训练,减少运动员受伤几率^[4]等方面均有其他检查不可替代的意义。

基于国内拥有世界上最大的移动网络市场及当前医疗资源紧缺这两大背景^[5],移动智能设备被认为是非常有前景的医疗保健工具,具有方便快捷、节省成本等特点,使得广大群众可以不受时间和地点的限制接受监护^[6]。由于手机存储容量、计算能力及能耗的限制,基于移动终端的健康云监测系统更具有实用价值。然而,随着监护数据的激增^[7],传统监护技术已无法有效地对其进行管理和分析。如合理地动态心电大数据进行存储、提取和分析,对监护服务、疾病分析有着极大的价值。

如今,建立监测动态心电以及基于移动云的医疗监护平台的想法已经出现。例如,文献[1-2]描述了如何构建一个用于平板动态心电图监测的系统;黄停^[3]介绍了动态心电的预处理和特征值分析方法;Lin C C 等^[8]提出将生理数据保存在后台服务器;文献[9-10]分别介绍了基于云分析的系统;文献[11]提出了基于云计算的数据分析方法。然而,构建完整的远程医疗诊断系统的文献还是不多,多数仍使用 Web 框架处理数据,且所设计的移动设备的管理能力较弱,没有针对用户个人情况进行诊断。而这几乎是实际使用中最重要的。

为此,系统设计以 Android 智能终端作为面向用户的客户端,并整合以低廉的主机为基础,高可靠性、高处理能力的 Hadoop 集群的方式构建云平台,提供实时准确的动态心电监测服务。实际运行表明,Android 智能终端和云平台的引入,方便了心电波形展示和数据随时随地的上传和下载,改变了传统的数据库软件 and 数据处理软件无法应对存储、处理、分析大数据的任务,为运动状态下心脏疾病的监测、药物作用的判断起到了积极的指导作用。

1 系统总体设计

基于 Hadoop 集群的无线动态心电分析系统主要由采集模块、Android 智能终端、Web 服务器管理平台以及 Hadoop 云分析服务器集群组成。系统分为硬件层、应用层、网络层和云平台层。其中,应用层又分为服务层和传输层。云平台层又分为业务层、功能层和平台层,系统架构如图 1 所示。

台层,系统架构如图 1 所示。

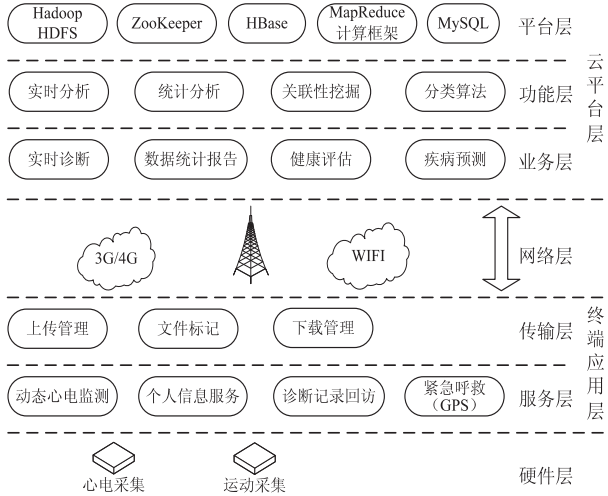


图 1 系统架构图

主要工作流程:硬件层使用采集传感器采集动态心电信号,通过蓝牙发送至智能终端服务层显示并可通过 4G/Wifi 网络传输到管理服务平台。服务层还可供用户查看健康评估报告、管理数据。发生异常时,报警通知医护人员。云服务平台业务层接收生理数据后,功能层按用户进行存储,将实时数据进行特征分析,通过 Hadoop 集群对历史数据进行纵向分析、病情与特定人群的关联性分析,预测疾病风险等,从而得到诊断结论及健康评估,并反馈到移动端。医护人员可以通过业务层的 Web 端查看用户的诊断报告及生理指标,管理存储在集群上的大数据,并进行健康干预。系统通过云平台将用户与医护人员、医疗机构联接起来。

2 Android 客户端设计

客户端的主要任务就是采集、展示动态心电信号,管理用户个人信息,查询历史诊断记录和报告。客户端的使用流程如图 2 所示。

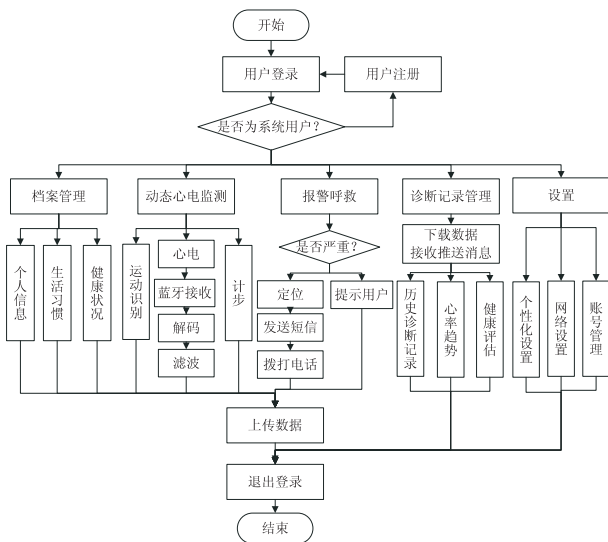


图 2 Android 应用程序使用流程图

2.1 客户端功能模块

(1)档案管理模块。主要采集身高、体重等个人信息,生活习惯及病药史等,辅助诊断和大数据分析。

(2)运动心电监测模块。软件通过蓝牙接收动态心电数据包,同时采集加速度,将接收数据进行解析、预处理,滤除工频干扰、基线漂移和肌电干扰这三种噪声。并通过网络将数据上传到服务器,使用 RC5 加密算法对数据进行加密,保证数据安全^[10]。

(3)诊断管理模块。软件以图表文字等方式展示历史诊断记录、心率趋势和运动分析等诊断报告和健康建议。

(4)报警呼救模块。发生异常时,如突发性心脏病,软件会通过响铃提醒用户。严重时自动发信息、拨打电话告知医护人员 GPS 定位信息和病情,避免用户独处时无法自救和护理。

(5)接收健康信息。服务端主动将不定期更新的健康提醒推送给用户实现健康干预。由于服务器端主动向客户端发送信息,减少了客户端手机电量与通信流量的消耗。

2.2 动态心电监测流程

用户登录时验证身份,如身份正确则可开始使用软件。监测前首先进行蓝牙连接,蓝牙配对成功后 Android 端开始接收数据。Android 端的数据接收是经典的生产者-消费者问题。实时接收时每秒数据量较少,收到的心电数据需要积累到一定数量才能解析,否则会影响解析效果,因此系统采用多线程的方式维护两个环形队列缓存区进行数据存取。一个队列用来实时接收数据,另一个负责累积数据。在数据解析的同时,手机端界面实时刷新动态心电波形图,并将数据上传至服务器端进行分析,最后将服务器返回的诊断报告显示给用户。动态心电监测流程如图 3 所示。

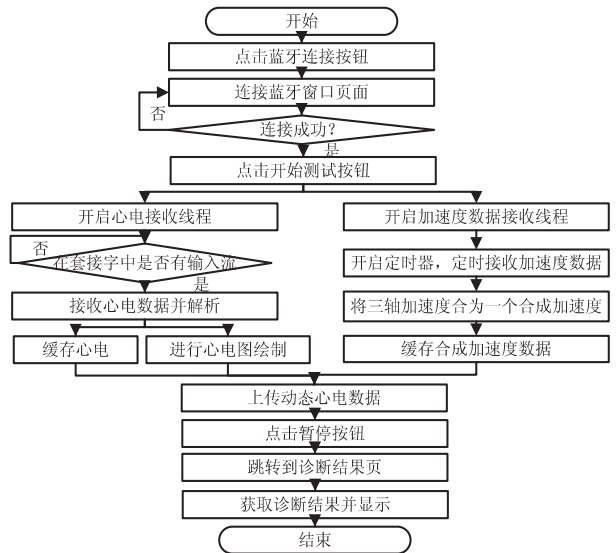


图3 动态心电监测流程图

3 云平台构建

3.1 云平台架构设计

采用云计算通用的层次化的服务模型框架^[12],分为 IaaS 基础设施层、PaaS 平台服务层和 SaaS 应用层。其架构如图 4 所示。

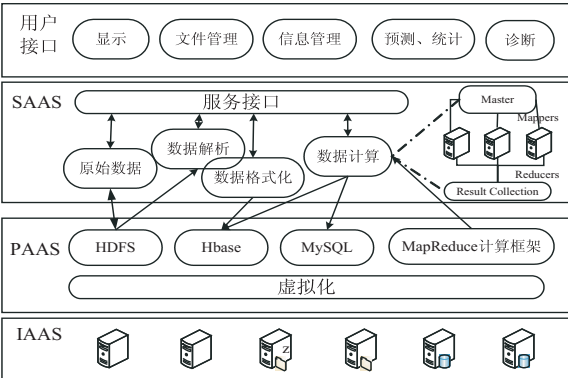


图4 云管理服务平台架构

基础设施层是以多台普通配置的服务器为基础,利用虚拟化技术向上层提供服务。PaaS 层用于数据持久存储和管理并提供编程模型供数据分析计算,根据云平台数据量大且结构化、非结构化数据并存的特点^[13],云平台的数据存储采用 MySQL 关系型数据库存储和 HDFS 分布式文件系统存储两种存储方式。其中 MySQL 数据库主要用于存储结构化的数据;HDFS 数据库存储非结构化的数据(如图片等)。SaaS 层为应用层,提供生理数据接收、分析和操作 HDFS 中原始数据的文件管理与交互等功能。

3.2 云平台数据分析

在数据分析时,使用者主要通过 Web 服务器访问云管理平台,发给主节点 MasterNode 服务器,由它对数据节点进行统一的资源管理和控制,然后,SlaveNode 服务器负责将接收的数据进行存储和计算。通过将诊断算法整合至 Hadoop 集群中的 MapReduce 框架^[14],根据病人特征进行健康状况评估,选择治疗方案。MapReduce 计算框架有两个主要的计算函数:Map 函数和 Reduce 函数。Map 函数主要用于并行计算分块数据,得到心电数据中的 QRS 时限、R 峰值、ST 段特征值及运动状态等特征参数。Map 函数计算完成后输出 <key,value>键值对,将中间结果发送给 Reduce 函数进行汇总处理。Reduce 函数将结果整合完毕后由 Job-Tracker 提交给显示端。

4 系统实现

对动态心电监测的运行结果进行展示。蓝牙连接成功后,采集模块以固定采样率向监护 App 发送数据。图 5 展示了监护 App 的动态心电监护界面及运动

心率的数据统计图。软件进行实时的心电图波形展示,波形可放大缩小,方便观察。测试完成后,实时显示服务器端返回的实时诊断的结果。用户信息的采集有助于系统综合分析用户的健康状况。

图 6 展示了服务器保存的实时分析后生成的诊断报告。报告中包含用户的基本信息、心电图波形(可查看波形细节)、诊断结果,为医生在给出健康建议时提供参考。经测试运行,验证了基于云平台的动态心电图监测系统设计的可行性。



图 5 动态心电图监护界面



图 6 实时诊断结果报告

5 结束语

系统利用 Android 智能手机和云计算,从健康监测、健康干预等方面为出发点,实现了对个人健康情况的实时监控。智能手机应用程序的开发,将医学诊断和健康干预信息接入智能终端,使用户可以随时随地监测自身生理状况、医疗咨询和自我健康管理。引入基于 Hadoop 的云平台,缓解了海量数据难于存储、处理分析等问题,减轻了客户端负担和能耗,辅助专家指

导用户进行健康管理,实现了一套完整的从客户端到云平台的医疗数据分析系统,达到了疾病监护、早期预警的目的。

参考文献:

[1] 雷靳灿,廖彦剑,郑小林,等. 模块式多功能运动心电图检测系统的设计[J]. 仪器仪表学报,2010,31(7):1484-1489.

[2] 吴冬青,王保华,朱仁观,等. 平板运动心电图测量与分析系统[J]. 电子学报,2001,29(3):432.

[3] 黄 停. 动态心电图信号采集分析及系统研究[D]. 沈阳:东北大学,2013.

[4] 陆世鹏. 运动心电图监护系统[D]. 桂林:广西师范大学,2010.

[5] 倪明选,张 黔,谭浩宇,等. 智慧医疗——从物联网到云计算[J]. 中国科学:信息科学,2013(4):515-528.

[6] 蔡耀婷,李 芸. 智能手机在个人医疗健康管理服务领域的应用现状和发展前景[J]. 护理研究,2016,30(5):1549-1552.

[7] 朱凌云,李连杰,孟春艳. 远程多生理参数实时监测云服务平台的构建与分析[J]. 生物医学工程学杂志,2014,31(6):1377-1383.

[8] Lin C C, Huang S W, Chen Q Y. A real-time abnormal heart-beat detection and emergency system[C]//International conference on fuzzy theory and its applications. Yilan:[s. n.], 2015:12-17.

[9] Srinivasan S, Muthukumarasamy S, Sivagamy N. Parallel computing based intelligent web service for healthcare platform [C]//International conference on information communication and embedded systems. Chennai:[s. n.], 2014:1-5.

[10] Karunarathne M S, Jones S A, Ekanayake S W, et al. Remote monitoring system enabling cloud technology upon smart phones and inertial sensors for human kinematics[C]//Fourth international conference on big data and cloud computing. Sydney:IEEE,2014:137-142.

[11] Yuan B, Herbert J. A cloud-based mobile data analytics framework:case study of activity recognition using smartphone [C]//2nd International conference on mobile cloud computing, services, and engineering. Oxford:IEEE,2014:220-227.

[12] 梁 实,王益新. 深圳智慧医疗云服务平台建设[J]. 测绘科学,2014,39(8):74-77.

[13] 陆婷娟,戚小平. 基于 Hadoop 的医学影像数据平台应用研究[J]. 世界复合医学,2015,1(3):223-226.

[14] Wee K C, Zahid M S M. Auto-tuned Hadoop MapReduce for ECG analysis [C]//2015 IEEE student conference on research and development. Kuala Lumpur:IEEE, 2015:329-334.