

# 基于Android平台的健康物联网网关系统的设计与实现

## Design and Realization of the Health Networking Gateway Based on the Android System

关凯<sup>1</sup>, 吴水才<sup>1</sup>, 黄智生<sup>2</sup>

1.北京工业大学生命科学与生物工程学院, 北京 100124; 2.荷兰阿姆斯特丹自由大学计算机学院, 荷兰 阿姆斯特丹 1081HV

**[摘要]** 目的 设计一种基于Android平台的健康物联网网关系统, 使之可通过无线蓝牙方式获取心电数据, 并在其界面上显示心电波形和心率信息, 进而通过TCP协议将心率信息传输给PC端服务器。**方法** 以ARM Cortex-A9开发板作为Android网关开发平台, 结合蓝牙心电传感器和PC端服务器, 完成心电信号的采集、分析和远程传输功能。网关系统硬件由主控芯片、蓝牙、Wi-Fi、存储等模块组成, 软件相关功能通过在Eclipse IDE下开发Android项目实现, PC端服务器软件利用JAVA进行设计。**结果** 该网关系统可从蓝牙心电传感器获得单导联心电信号, 并将相应的心电波形显示在其界面上, 进而可通过差分阈值法计算得到实时心率后, 将心率信息发送给PC端服务器。**结论** 基于Android平台的健康物联网网关系统操作简便, 功能易于拓展。实际测试结果表明, 该网关系统运行稳定, 可实时显示心电波形, 能够准确测量心率信息, 具有一定的实用价值。

**[关键词]** Android平台; 健康物联网; 网关系统; 心电信号; 蓝牙技术

**Abstract:** Objective To design a health networking gateway based on the Android platform, which can obtain electrocardiogram (ECG) data via Bluetooth technology, display the curves of ECG and the heart rate on its surface, and transmit the heart rate information to the server on PC through TCP protocol. **Methods** Using ARM Cortex-A9 development board as the development platform of the Android gateway, combined with the Bluetooth sensor of ECG and server on a PC, to complete the function of ECG collection, analysis, and remote transmission. The hardware of the gateway is made up by a controller unit, Bluetooth, Wi-Fi, storage devices and other modules. The software was developed in the Eclipse IDE as an Android project. The server on PC was developed as a JAVA project. **Results** The gateway obtained the ECG signals from the Bluetooth sensor of ECG and displayed the signals on its screen. After calculating the real-time heart rate by using differential threshold methods, the gateway sent the information about heart rate to the server of a PC. **Conclusion** The paper designed and realized both the hardware and the software of the health networking gateway based on an Android application program, which obtains ECG signals by Bluetooth and transmits the heart rate information to the remote server by TCP. The system of the IOT gateway is simple to operate and easy to be expanded. The test shows the gateway system operates stably. The curve of real-time ECG can display on the screen and the heart rate is accurate.

**Key words:** Android platform; health networking; gateway system; electrocardiogram; bluetooth technology

[中图分类号] R197.39; TP393.05 [文献标志码] A

doi: 10.3969/j.issn.1674-1633.2016.01.008

[文章编号] 1674-1633(2016)01-0035-04

GUAN Kai<sup>1</sup>, WU Shui-cai<sup>1</sup>,  
HUANG Zhi-sheng<sup>2</sup>

1.College of Life-science and Bio-engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China; 2. Department of Computer Science, VU University Amsterdam, 1081 HV Amsterdam, the Netherland

在人口老龄化问题突出的现代社会, 生活节奏的加快

收稿日期: 2015-08-28  
基金项目: 北京工业大学第13届研究生科技基金项目 (No. ykj-2014-10983)。  
通讯作者: 吴水才, 教授。  
通讯作者邮箱: wusuicai@bjut.edu.cn

使得人们照顾老人的时间和精力都大为减少。受医院的监护条件以及老人和慢性病患者经济、时间条件等因素所限, 目前针对老人和慢性病患者群体的监护覆盖面不足, 使得该群体无法及时预防心血管疾病, 也无法使患者在突发情

况下得到及时救治。因此,实施老人健康监护和远程医疗的必要性日趋突出<sup>[1-3]</sup>。

当前,健康物联网产业发展迅速,但是针对远程医疗这一产业的相关标准和规范尚未出台,专门应用于医疗领域的网关产品也尚未出炉,市场上出现的绝大多数网关产品均是针对智能家居控制和环境监测设计的,而针对健康监护和远程医疗的家庭网关产品还没有出现。本研究在智能家居网关设计方案的基础上,设计并实现了一种基于 Android 平台的健康物联网网关系统,该网关系统能够结合生理信号采集前端,通过无线蓝牙技术获取人体生理信号,完成人体生理参数的实时监护和心率等生命信息的远程传输,具有良好的应用价值,报道如下。

## 1 系统设计

整个系统分为硬件和软件两部分,硬件部分由穿戴式信号采集节点、健康物联网网关以及远程监控服务器 3 部分组成;软件设计基于 Android 操作系统,在 Eclipse 集成开发环境下开发实现。

### 1.1 硬件设计

健康物联网网关系统采用基于嵌入式技术的方式实现,网关系统硬件结构框图,见图 1。其中,穿戴式信号采集设备采用山东华科电子 HKD\_10L 型蓝牙心电传感器,用于采集人体单导联心电信号;健康物联网网关以 ARM Cortex-A9 作为中央处理器,并拓展蓝牙、WiFi、存储以及宽带和 HDMI 数字电视接口模块,用于实现数据接收、分析和上传功能;远程服务器以 PC 机作为载体接收数据<sup>[4-9]</sup>。

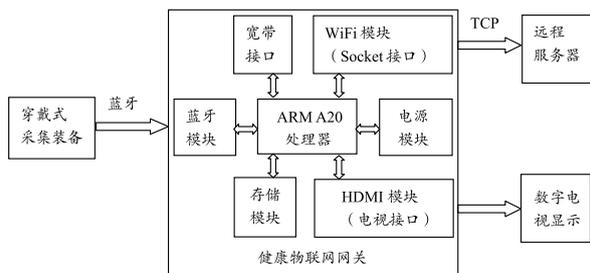


图1 健康物联网网关系统硬件结构框图

### 1.2 软件开发系统选择

Android 操作系统主要由 Linux 内核、中间件、用户界面和应用软件组成,主要应用于手机和平板电脑等移动终端。最近几年,Android 系统也逐渐应用于数字电视、机顶盒、智能路由器和终端医疗设备。本研究基于 Android 系统对健康物联网网关系统进行设计,既能充分利用现有的技术优势,又能够使网关系统与广泛应用于家庭中的其他 Android 设备进行连接和通信。

### 1.3 软件设计与实现

健康物联网网关系统的软件是在 Eclipse 集成开发环境下实现的,编程语言为 JAVA,整个软件设计充分利用了 Android 系统所依赖的 Linux 内核提供的蓝牙、WiFi 等

硬件驱动。软件主要分为 3 个功能模块,即病历建立界面、蓝牙连接模块和心电监护模块。系统软件结构框图,见图 2。

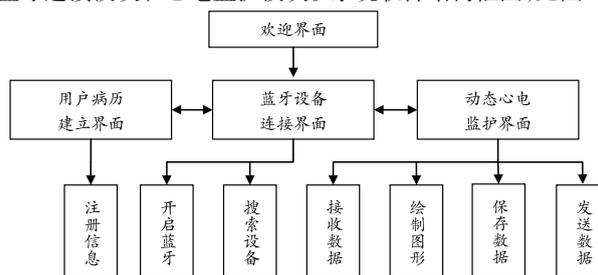


图2 健康物联网网关系统软件结构框图

#### 1.3.1 病历建立界面

在该界面可以进行病历的建立,用户可在页面上填写个人信息,当点击“建立病历”按钮时,系统会在外部拓展的 SD 卡中建立 HomeHealth 文件夹,并以用户的名字命名,建立相应的病历文档。该界面中还设计了两个分别转向蓝牙连接界面和心电监护界面的按钮,方便用户进行转换。

#### 1.3.2 蓝牙连接模块

蓝牙连接模块主要用于连接网关与蓝牙心电传感器设备。Android 平台提供了蓝牙应用程序接口 (Application Programming Interface, API),可实现蓝牙设备之间的通信。网关系统与蓝牙心电传感器的通信主要包括 4 个步骤:开启蓝牙设备、搜索周边设备、连接蓝牙心电传感器和数据传输。

在 Android 系统中,蓝牙 API 中的 BluetoothServerSocket 和 BluetoothSocket 类可以实现 Socket 通信。本研究以蓝牙心电传感器作为服务端,网关作为客户端。服务端设备启动后,便开始监听外来的请求,当监听到网关的连接请求后便会提供一个连接上的 BluetoothServerSocket 给客户端。此时网关可以从 BluetoothServerSocket 得到 BluetoothSocket,服务端便开始不断地向网关进行数据传输<sup>[10]</sup>。

蓝牙设备之间建立服务套接字和监听连接的基本步骤为:① 通过调用 createRfcommSocketToServiceRecord (MY\_UUID) 方法获取 BluetoothServerSocket 对象,其中 MY\_UUID 为客户端连接的标识;② 调用 connect() 方法向蓝牙心电设备发出请求,心电设备此时在不断地监听连接请求,当监听到请求时,便会返回一个连接上的蓝牙套接字 BluetoothSocket,此时,网关蓝牙客户端便可以通过 getInputStream() 和 getOutputStream() 方法实现数据传输。

#### 1.3.3 心电监护模块

该模块作为系统的主线程,主要用于监控各个按钮的状态,并对实时心率进行测定和显示。该模块需要实现数据接收、显示、保存和上传功能,笔者设计其在 4 个新线程中分别进行。

(1) 心电数据的接收。在该线程中,蓝牙心电传感器在完成一次采样后,每接收到一次来自网关的数据传输请求,便会以数据帧的形式将心电数据发送给网关。心电传

输的数据帧格式为帧头标识、控制字、BYTE 1、BYTE 2、…、BYTE  $n$ 、校验和。

其中，帧头标识固定为 0XF0，控制字为 0XC0，校验和为 CKSUM，由网关发送给心电传感器；心电传感器接收到命令后，发送帧头为 0XF0，控制字为 0XC0，心电数据为 XLH XLL，校验和为 CKSUM，即 0XF0 0XC0 XLH XLL CKNUM 形式的数据给网关，网关通过解析该命令，可以得到心电的实时数据，并能够将数据动态存储入长度为 2 的 FIFO 数组，以实时获取心电信号的一阶差分，为主线计算和心率信息获取做准备。

(2) 心电数据的显示。该线程可通过调用 canvas.drawLine() 方法，以不断更新的 FIFO 数组的值作为两点连线的纵坐标，以两个时间轴上的点作为横坐标，在建立好的 SurfaceView 界面上绘制心电波形<sup>[11]</sup>。当心电波形画满整个界面时，该线程会更新整个画布，同时将数据横坐标移动到起点继续开始画图。

(3) 心电数据的保存。该线程启动后，系统将在 SD 卡“HomeHealth”文件夹下建立名为“ECGData”的 TXT 心电数据文件，使用 targetFile.length() 方法找到文档的末尾，并调用 write() 方法将得到的心电数据不断添加到文件中。

(4) 生理信号的传输。该线程通过建立套接字，以传输控制协议 (Transmission Control Protocol, TCP) 将心率信息传输给 PC 监控终端。要实现该线程，首先需要在 PC 端开发服务器监控，这主要通过 JAVA 编程来实现<sup>[12]</sup>。随后，开启服务器后，点击网关界面的发送数据按钮，会发现服务器端的监控窗口接收到了实时的心率信息。PC 端服务器的软件流程和 Android 平台网关软件传输数据流程图，见图 3。

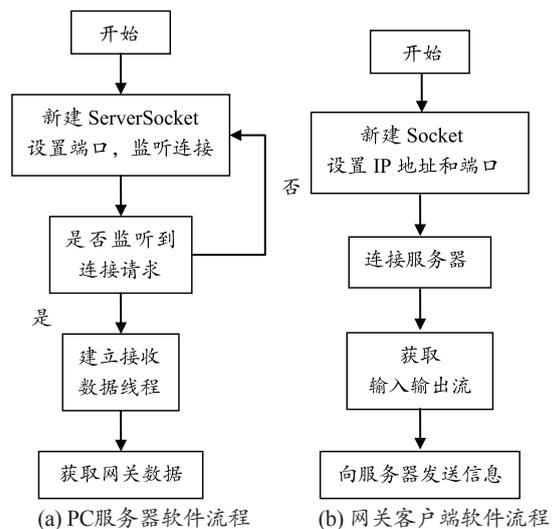


图3 PC服务器和网关客户端软件通讯流程图

最后，应当说明的是，要在 Android 系统中使用 SD 卡、蓝牙、TCP 套接字通信等功能，首先须在工程对应的 AndroidManifest.xml 中声明权限，具体代码如下：

```

<uses-permission
    android:name="android.permission.BLUETOOTH"/> // 允许程序连接到已配对的蓝牙设备
<uses-permission
    android:name="android.permission.BLUETOOTH_ADMIN"/> // 允许程序发现和配对蓝牙设备
<uses-permission
    android:name="android.permission.MOUNT_UNMOUNT_FILESYSTEMS"/> // 允许挂载和反挂载文件系统可移动存储
<uses-permission
    android:name="android.permission.WRITE_EXTERNAL_STORAGE"/> // 允许程序写入外部存储
<uses-permission
    android:name="android.permission.INTERNET"/> // 允许程序发送短信代码
  
```

## 2 心率算法设计

Android 平台下网关的一个重要功能是对采集到的心电信号进行实时分析，检测心电的 QRS 波，并通过计算两个 R 波之间的间隔，获得心率信息。通过分析心电信号获取心率信息的方法很多，比如差分阈值法、模板匹配法以及小波变换法等<sup>[13-16]</sup>。由于嵌入式网关设备对实时性要求很高，因此使用差分阈值法来获取心率信息较好。

基于此，本研究采用基于绝对值的差分阈值法来检测并获取心率信息，实验结果表明，该方法在网关系统上运行良好。

该算法的具体步骤如下：① 实时截取心电信号最近 5s 的数据 ECGArray；② 计算心电信号 ECGArray 的一阶前向差分，取绝对值，得到 ECGDiff；③ 实时获取差分信号 ECGDiff 数组的前 5 个最大值，取其平均值，并取平均值的 0.7 倍作为阈值 threshold；④ 比较 ECGDiff 数组同 threshold 的大小，如果 ECGDiff 的值大于 threshold，则记下其在 ECGDiff 数组中的位置，即标记第一个 R 波位置 Rlocation1；当出现第二个 R 波时，将该位置记为 Rlocation2；如此循环，在第三个 R 波的位置再放入 Rlocation1；⑤ 计算 RR 间期，即 Rlocation1 与 Rlocation2 差的绝对值；⑥ 计算心率。

为了保证 R 波检测的准确性，当检测到一个 R 波后，系统会自动将待检测数组时延 0.2 ms，即忽略检测到的 R 波之后 0.2 ms 的数据，防止因误检带来的误差。

## 3 系统测试

健康物联网网关系统的设计基于 Android 平台，因此，除了文中使用的嵌入式开发平台以外，该系统还可以运行在任何不低于 Android 4.0.3 版本的智能手机和终端设备上。图 4 显示的是实验采集到的心电信号和心率信息，其中心电电压 AD 转换值可保存在 SD 卡的 HomeHealth 文件夹，PC 服务器端窗口显示实时采集到的心率信息。



图4 网关系统显示出的心电信号波形和心率信息图

#### 4 总结

本研究设计了一个基于 Android 平台的健康物联网网关系统,并对该系统的各部分功能及设计方法进行了详细介绍。该网关系统可通过蓝牙协议接收来自蓝牙心电传感器的数据,并以 TCP 套接字的方式将心率等信息传输给远程监护的 PC 服务器。该网关系统在完成数据传输的同时,还可以实时检测心率,完成对人体心电信号的监护。实验结果表明,该系统运行稳定,下一步将通过进一步拓展和完善其功能,将其用于家庭和社区对老人和慢性病患者的远程监护系统中。

#### [参考文献]

- [1] Bacchillone T, Donati M, Saponara S, et al. A flexible home gateway system for telecare of patients affected by chronic heart failure[A]. 5<sup>th</sup> International Symposium on Medical Information & Communication Technology (ISMICT)[C]. 2011:139-142.
- [2] Tung HY, Tsang KF, Tung HC, et al. The design of dual radio ZigBee homecare gateway for remote patient monitoring[J]. *IEEE T Consum Electr*, 2013, 59(4):756-764.
- [3] Spinsante S, Gambi E. Remote health monitoring by OSGi technology and digital TV integration[J]. *IEEE T Consum Electr*, 2012, 58(4):1434-1441.
- [4] Mittek M, Carlson JD, Perez LC. Design and implementation of

a low-cost embedded Linux gateway for smart home health monitoring[A]. *IEEE International Conference on Electro/Information Technology (EIT)*, 2014:485-490.

- [5] 叶彬浩, 梁浪, 洪邦良, 等. 基于 Android 平台的心电监护仪设计[J]. *中国医学物理学杂志*, 2014, 31(4):5058-5063.
- [6] Chi H, Chow WH, Chui KT, et al. A remote monitoring patient Homecare Gateway supporting streaming vital sign monitoring[A]. 39<sup>th</sup> Annual Conference of the IEEE, Industrial Electronics Society[C]. 2013:8415-8419.
- [7] 蓝坤, 张跃. 基于 Android 的心电监护软件系统设计与实现[J]. *计算机工程与设计*, 2013, 34(8):2951-2956.
- [8] 刘锦锋, 崔晓佳, 王伟. 面向 Android 机顶盒的家庭网关系统设计[J]. *电视技术*, 2014, 38(14):45-53.
- [9] 孙卓, 高毅, 李新国, 等. 基于智能电视机顶盒的下一代数字家庭网关设计[J]. *有线电视技术*, 2013, 20(6):102-104.
- [10] 熊狮, 吴效明. 基于 Android 系统的生理数据蓝牙传输技术[J]. *中国医学物理学杂志*, 2012, 29(6):3801-3803.
- [11] 李刚. 疯狂 Android 讲义[M]. 2版. 北京:电子工业出版社, 2013:394-398.
- [12] 赵启朋. Android 典型技术模块开发详解[M]. 北京:中国铁道出版社, 2012:297-300.
- [13] 姚欢, 王剑刚. ECG 信号 QRS 波群检测算法的进展[J]. *现代生物医学进展*, 2012, 12(20):3988-3991.
- [14] 石涛. 基于 Android 系统智能手机的心电远程监护系统软件设计[D]. 北京:北京工业大学, 2013.
- [15] 高峰. 基于 Android 系统的心电图分析软件设计[D]. 西安:西安电子科技大学, 2014.
- [16] 李丽, 胡方明. 基于小波变换的病灶心音信号识别[J]. *中国医疗设备*, 2013, 28(2):9-12.

#### 上接第 90 页

#### [参考文献]

- [1] 蒋祝平. 采用 VMware 虚拟化技术的服务器构建实施[J]. *电脑知识与技术*, 2013, 9(32):7358-7359.
- [2] 张钧, 於煌, 王相峰, 等. 基于 VMware 虚拟化技术的医院信息化系统的实现[J]. *中华医院管理杂志*, 2013, 29(2):108-110.
- [3] 钱磊. 基于 VMware 虚拟化技术服务器虚拟化的设计与实现[J]. *电脑知识与技术*, 2013, 9(7):1519-1520.
- [4] 万林. 快速部署虚拟机的新方法[J]. *中国教育网络*, 2011, (4):64-65.
- [5] 李铁. 虚拟化技术在医疗信息化平台中的应用[J]. *中国卫生信息管理杂志*, 2013, 10(2):171-176.
- [6] 戴声, 艾育华, 陈芳炯. 服务器虚拟化技术在医院信息系统中的应用[J]. *中国数字医学*, 2012, 7(10):101-103.
- [7] 计远. 浅谈 VMware vSphere 平台在医院信息系统虚拟化建设中的作用[J]. *求医问药*, 2013, 11(9):327.
- [8] 刘剑锋. VMware 在新电子病历系统的实践与总结[J]. *中国数字医学*, 2013, 8(7):52-55.
- [9] 陈哲怡. 基于 X86 架构的虚拟化实践与探索[J]. *软件导刊*, 2012, 11(3):9-11.
- [10] 陈兰, 赵子鹏, 彭建, 等. 基于 VMware 的服务器虚拟技术在医院信息化建设中的应用[J]. *中国医疗设备*, 2014, 29(6):34-36.
- [11] 朱刘松, 许媛, 高艳. 基于 VMware 虚拟化技术构建新一代医院数据中心[J]. *中国数字医学*, 2013, 8(11):92-94.