

面向无线传感网的社区远程医疗实时生理参数监测系统^①

吴建宁, 黄河清, 唐 浩, 黄 健

(福建师范大学 数学与计算机科学学院, 福州 350108)

摘 要: 本文设计了一种新的面向无线传感网的社区远程医疗实时生理参数监测系统. 该系统基于社区无线传感网中的生理参数采集节点和汇聚节点运行工作特点, 设计了系统界面、业务逻辑层、数据交互层、数据库、系统前置接入服务、无线传感网六层系统架构, 采用 C/C++、Qt 编程技术、QWT 图表开发技术实现, 能够将社区人员多种生理参数实时传送到社区医疗数据处理中心, 进行数据处理、分析、整合, 准确给出人体生理参数变化状况, 解决了以往数据处理功能单一等不足, 为社区医护人员准确监测社区人员健康状况提供可靠依据.

关键词: 无线传感网; 社区远程医疗; 生理参数监测系统信息提取

Novel Design of Remote Real-time Monitor System for Community Medical Healthcare Based on Wireless Sensor Network

WU Jian-Ning, HUANG He-Qing, TANG Hao, HUANG Jian

(School of Mathematics and Computer Science, Fujian Normal University, Fuzhou 350108, China)

Abstract: This paper presents a novel design of remote real-time monitor system for community medical healthcare via wireless sensor network(WSN). In order to send the physiological data from acquisition node in WSN to the Community medical data processing center via the Internet in real time for analysis and/or storage, a system architecture with six logic function layers including system interface, Business logic layer, Data exchange layer, data base, System access service, WSN is designed for physiological data processing, and the proposed system can be developed and implemented using C/C++, Qt and QWT technology, which can effectively offer the change of physiological data for clinicians who can check data in a short time.

Key words: wireless sensor network; telemonitoring of community medical healthcare; monitoring system of physiological data

当前, 随着嵌入式系统技术、MEMS、无线通信技术的快速发展, 基于无线传感网构建远程健康监护系统在农村、社区医疗服务中得到广泛关注和应用, 尝试为偏远地区、社区家庭提供高水平医疗服务^[1-4]. 据近年的相关研究报告, 基于无线传感网构建远程健康监护系统的基本思路是: 1) 首先将用于采集生理特征参数的无线传感器作为节点构建无线传感网采集人体多种生理特征参数, 诸如体温, 脉搏, 血压生理信号、血氧指标等生理参数; 2) 然后, 通过无线传输方式将无线传

感器网络采集的生理特征参数经由中继路由端传送到社区医疗服务中心的 PC 服务器, 进行数据处理、分析、整合; 3) 社区 PC 对人体生理参数信息进行初步的筛选, 滤除无效的信息后通过互联网把信息发送到远程医疗数据处理中心, 提供更高级的医疗服务^[5-7]. 目前国内外的相关研究主要侧重于如何构建有效的无线传感网能够准确采集多种人体生理参数, 来提高其在医疗服务的实用性, 而忽略了远程健康监护系统构建中社区医疗监测系统在医疗服务中的作用性, 也就是说, 社区

^① 基金项目:福建省自然科学基金项目(2013J01220);福建省教育厅项目(JB12032);福建师范大学本科教学改革项目(I201302021);

福建省 2013 年国家级大学生创新训练项目(201310394004)

收稿时间:2013-07-04;收到修改稿时间:2013-08-28

医疗监测系统能够具有将人体的各种重要生理特征及时、准确地提取出来进行处理、分析功能,为社区医疗中心医护人员准确监测社区人员健康状况提供可靠依据,对异常健康状况可及早预防和干预,而不是仅仅将采集的各种生理参数简单的处理后,传送到远程医疗服务中心,有可能耽误治疗^[8-9]。为此,我们设计了一种面向无线传感网的社区远程医疗实时生理参数监测系统,旨在有效提高社区医疗中心在远程医疗服务中的水平和质量。

1 系统架构设计

1.1 基于社区的无线传感网络构建与实现

有效、便捷获取社区人员生理参数是为社区远程医疗实时生理参数监测系统提供可靠数据支持的重要环节。考虑到当前社区人员结构、环境、医疗设施状况,我们采用先进的嵌入式技术、无线通信网络和传感技术,构建一种基于无线传感器网的社区人体生理数据采集系统,系统整体架构由传感器节点采集模块,ARM 中继路由模块,PC 端管理系统三部分组成,如图 1 所示,传感器采集节点可采集到人体生理参数诸如体温,脉搏,血压等,并通过无线传输的方式接入无线传感器网络。采集节点系统设计中我们利用 STC12 系列 MCU 作为主控芯片,将设计的采集电路集成于已有的血压模块中,如图 2 所示。采集的生理参数不仅通过直观的方式显示在 TFT 液晶屏上(如图 3 所示),而且还可将数据保存在本地 SD 卡中,并通过 NRF24L01 将数据发送至无线网络。

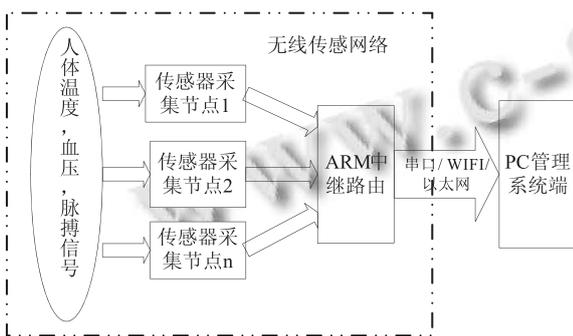


图 1 采集结构图

ARM 中继路由端同样以无线的方式接入网络,并接收来自各个传感器节点的数据,对数据进行分析,整合并转发至 PC 管理系统进行存储管理。PC 管理系统可以接收来自多个中继路由的节点数据,并采用数

据库对这些数据进行统一管理。

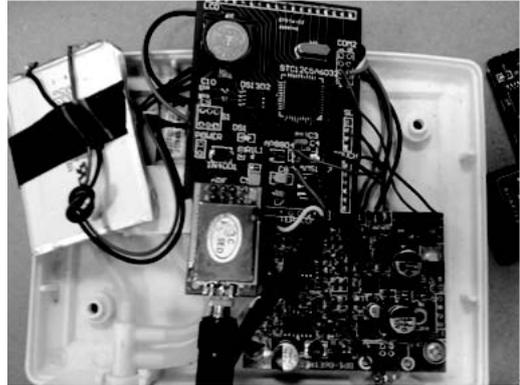


图 2 采集节点实物图



图 3 人体生理参数采集系统采集结果图

1.2 基于无线传感网络的系统设计

为便于社区医疗服务中心医护人员能够及时、准确获取人体多种生理特征参数变化状况,我们在考虑无线传感网络中的无线生理参数传感器节点、中继路由端(即网关设备)工作运行的基础上^[7-9],将社区远程健康监测系统功能需求设计为:服务器开启与关闭、服务器数据收发的实时显示、终端的增删改查、中继器的增删改查、用户历史体征数据的查询、用户历史体征数据的图表显示等。为便于生理参数具体分析,将各需求进行具体拆分,依据每个模块的具体功能,整合出系统界面、业务逻辑层、数据交互层、数据库、系统前置接入服务、无线传感网络等六层架构,如图 4 所示。按照面向对象的结构化系统设计的要求,从系统开发的角度出发,把系统按功能分割成六个部分:系统界面、业务逻辑层、数据交互层、数据库、系统前置接入服务、无线传感网络。要求每一部分不仅完成自身的功能,并且各部分之间还需保持一定的关联,也就是,系统界面存放各业务界面模块,负责

界面的绘制及界面控件的控制, 获取用户输入的数据传给业务逻辑层; 业务逻辑层包含各种业务逻辑组件, 将通过系统界面层传来的数据进行相应的业务处理; 数据交互层是业务逻辑层和数据库之间的桥梁, 当业务逻辑层需要处理业务时, 需要访问数据库数据, 该层负责从数据库中获取业务逻辑层需要的数据并返回; 数据库用以存储各种系统设置、终端状态信息、中继器状态信息以及用户的生理特征数据; 系统前置接入服务主要创建并管理服务器, 负责数据包的封装, 以及通过无线传感网络对中继器进行发送和接收操作, 进行数据交互; 无线传感网络采集的生理参数通过中继器将收到的数据包转发至系统前置接入服务。

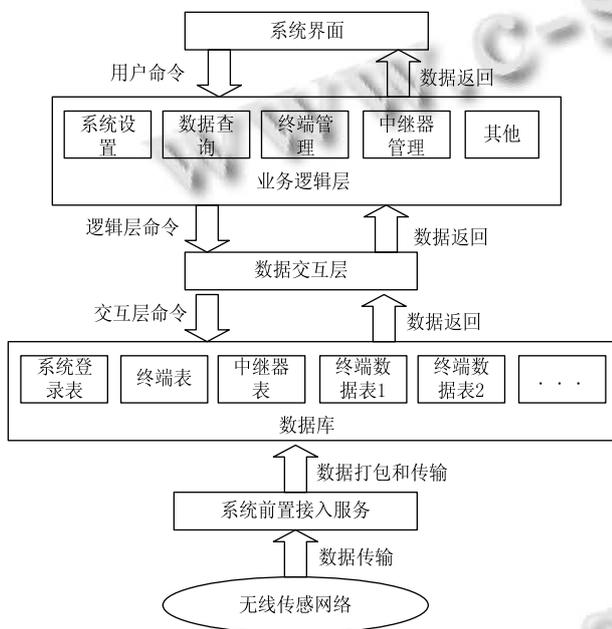


图 4 系统架构图

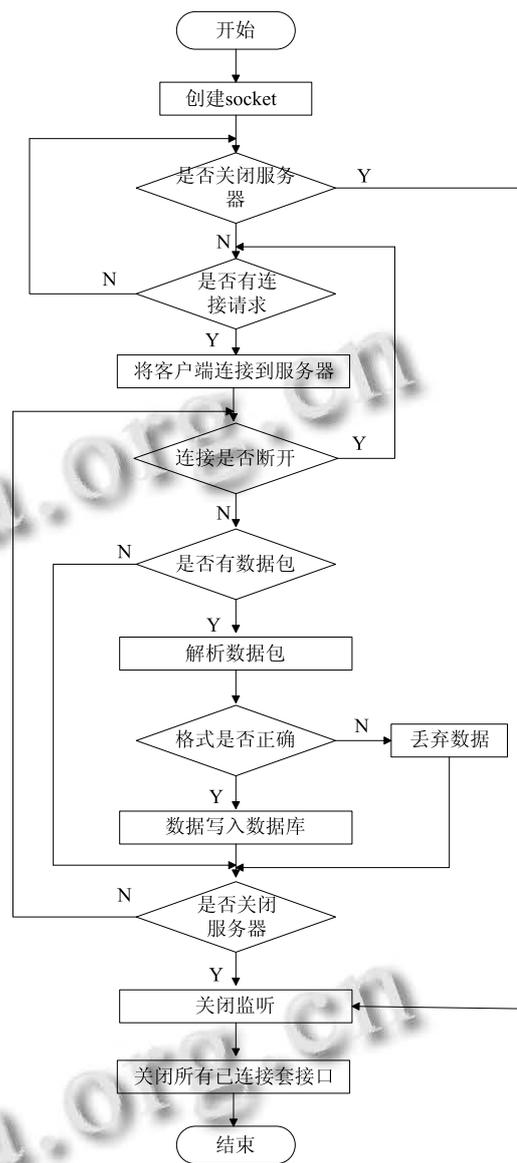


图 5 服务器流程图

2 核心模块设计

2.1 服务器模块设计

服务器是整个系统的核心模块, 可有效实现网络连接与数据收发的核心模块. 考虑到实际应用的 TCP/IP 协议, 我们通过建立 socket 端口, 实现网络连接与数据收发, 其流程图如 5 所示, 也就是, 在服务器的构建上, 需要创建一个套接字, 然后帮定 IP 地址与端口号, 建立监听, 用以接收客户端发来的连接请求. 在处理多客户端同时连接的问题上, 使用由 Qt 封装的多线程监听机制, 并将建立的连接用数组保存起来, 以便调用.

此外, 对于数据包的解析与接收, 采用特殊字段来识别数据包的包头及包尾, 并进行数据包长度校验. 在确认接收到的数据包有效后, 进行数据包时间段确认. 如果接收到相同时间的数据包, 将数据包丢弃, 并提示在系统信息界面上.

数据包格式:

```
struct packe
{
    char start[3]; //数据包开始标志
    char no[13]; //终端编号
    char time[13]; //采集时间
}
```

```

char tmpprt[6]; // 体温数据
char pulse[4]; // 脉搏数据
char SBP[4]; // 收缩压数据
char DBP[3]; // 舒张压数据
char PBP[4]; // 平均压数据
char end[3]; // 数据包结束标志
}

```

2.2 生理特征数据查询模块设计

生理特征数据查询模块，是实现用户体征数据查询与比较的模块，具有用户体征数据查询和数据图表显示功能。其中，用户体征数据查询由检索查询和搜

索查询两种方式组成。为便于社区医护人员准确监测人体生理特征参数变化状况，我们将采集数据进行分析、处理、整合后数据结果以图表方式显示，其相关流程如图 6 所示，其设计基本思路是：①采用查询方式查找终端时，在正确查询后，必须在中继器列表选中查询到的终端所属的中继器，并且在终端列表选中查询到的终端，并且在时间列表中列出该终端下所有时间点。②在未选中时间点前，查看趋势图表的按钮必须设为不可用。在选中时间点后，再改为可用。并且要注意在二次查询且还未选中时间时，将按钮重新设置为不可用。

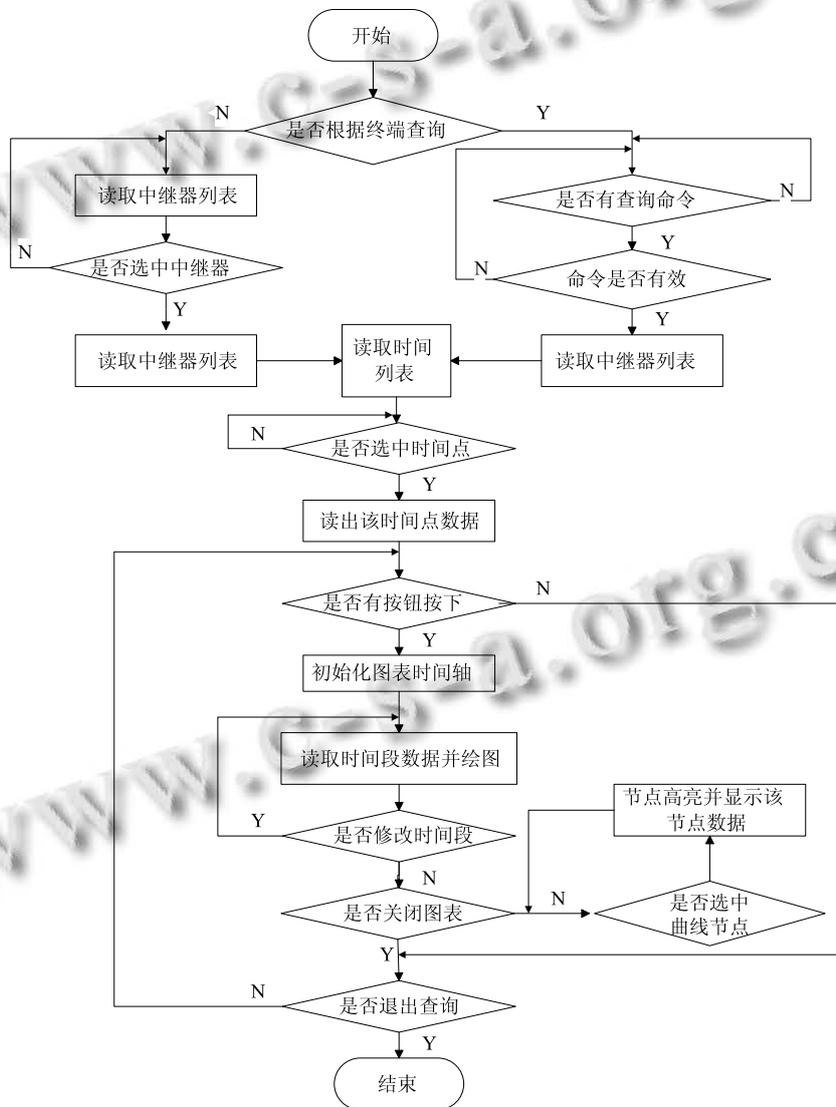


图 6 生理特征数据查询流程图

此外，为便于实际应用，在绘制趋势图表时，要将默认的横坐标轴由普通的数值坐标轴根据所选中的

时间段改为时间坐标轴. 将趋势图表的右上角设置图例, 如有体温、脉搏、收缩压、舒张压等生理参数, 点击图例可以选择显示不同的数据曲线. 为便于操作, 将鼠标左键单击设计为选中数据曲线上的节点, 可以弹出含有该节点具体数据的提示, 并且让该节点高亮显示. 点击其他非节点区域, 上次选中的节点取消高亮状态, 并且关闭节点的数据提示. 数据曲线显示的时间段选择框, 控制开始日期不迟于结束日期, 结束日期不早于开始日期, 时间段选择的最小单位为一天. 刚打开趋势图表时, 默认为查询界面中选中的时间点当天为选中的时间段, 即开始时间与结束时间都是查询界面中选中的时间.

2.3 终端、中继器管理模块设计

终端、中继器管理模块, 是实现系统管理的一个关键模块, 实现对数据库的查询、修改、删除等管理功能. 其操作流程如图 7 所示, 操作流程为: 先进行查询操作, 然后从查询到的结果列表中, 进行选中操作, 最后选择修改操作或者删除操作. 设计中, 若选中某个查询结果后, 所显示出来的查询结果文本框, 屏蔽修改操作. 以编号作为唯一识别码, 在修改操作中, 屏蔽对编号的修改. 对弹出的修改窗口根据主窗口的位置和大小, 选择居中. 对修改的数据信息进行规范性检验. 特别是, 对删除和修改操作, 进行操作的再确认, 以防误操作.

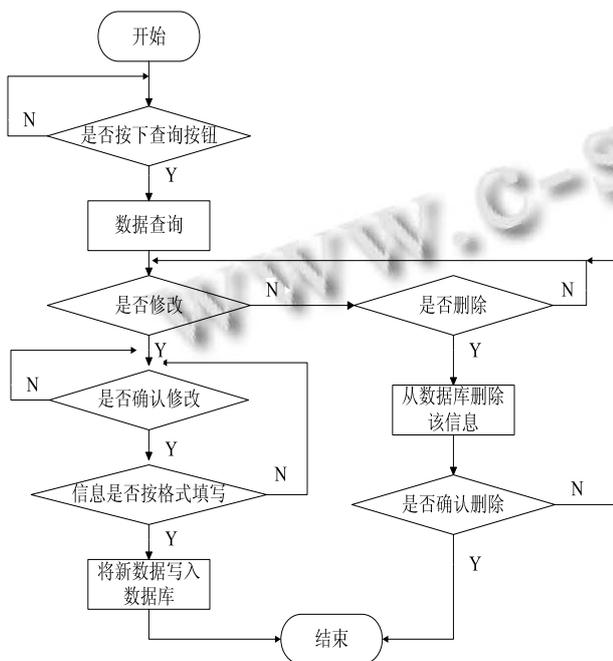


图 7 查、改、删操作流程

2.4 数据库表设计

为力求系统简单直观设计, 避免繁杂带来的时间与空间的浪费, 本系统的数据库表由登录表、终端表、中继器表、终端数据表四种表组成, 如图 8 所示, 登录表用以记录登录系统的用户名和密码, 在用户登录系统的时候, 系统根据用户输入的用户名和密码, 在数据库中的登录表中进行匹配, 成功则进入系统, 失败则重新输入. 其中, 姓名是表的主键. 终端表是记录每个终端的基本资料的数据表, 包括编号、姓名、年龄、性别、地址、IP 地址、中继器编号、状态信息. 其中, 编号是表的主键. IP 地址和中继器编号用以确认终端所处网络分支. 状态信息用以记录该终端当前是可用状态或者不可用状态; 中继器表是记录每个中继器的基本资料的数据表, 包括编号, 姓名, 状态信息. 其中, 编号是表的主键. 状态信息用以记录该中继器当前是可用状态或者不可用状态; 终端数据表是一张通用表, 每新增一个终端, 则新建一张终端数据表, 表名以“t+终端编号”来命名. 终端数据表是用以记录每个终端发送至服务器端的人体生理特征参数, 包括时间、提问、脉搏、收缩压、舒张压、平均压等.

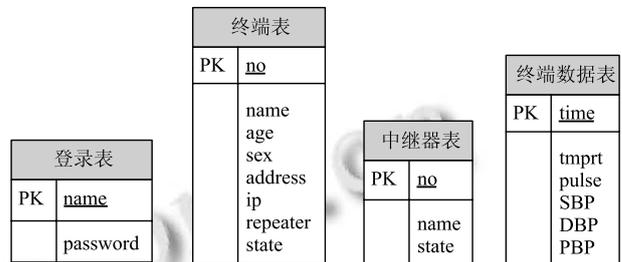


图 8 数据库表图

3 系统功能实现

本系统涉及网络通信、多线程操作、数据库管理、数据图表绘制等技术. 我们采用 C/C++ 语言编写, 基于 Qt 4.6.4 编程开发技术在 Windows、Linux 等多种操作系统下的编译运行实现图形用户界面所需的所有功能. 数据查询模块通过加入 QWT 6.0.1 图形库进行数据图表开发, 使数据的查询与比较变得更加清晰^[10,11]. 代码开发软件采用 Qt Creator 2.4.1. 我们在系统中采用 TCP/IP 协议, 通过创建 socket 服务器, 建立监听, 等待 socket 客户端中继器发来的数据连接请求, 实现中继器接收从无线传感网采集终端传送的数据信息. 此外, 我们在系统中设计了一个由 MySQL 5.1 创建的

数据库, 实现存储采集终端、中继器、用户生理参数等数据, 并实时更新.

3.1 系统界面实现

系统界面是由一个系统主窗口构成, 我们依据本文的设计思路实现的社区老年人监护管理系统, 如图 9 所示窗口从上到下内分别是系统标题栏、系统菜单栏、系统欢迎界面、实时系统信息显示栏、系统状态栏. 其中, 系统菜单栏包含系统功能、信息查询、终端管理、中继器管理等. 当进行开启/关闭服务器操作、客户端连接上/断开服务器、客户端向服务器发送生理特征数据时, 系统实时信息栏会进行实时显示, 如图 10 所示.



图 9 系统欢迎界面



图 10 系统实时信息面

3.2 终端、中继器管理实现

终端、中继器管理均可实现添加、修改、查询等功能. 如图 11 所示为终端查询界面, 当输入的查询信息全部为空时, 查询结果列表显示全部终端. 双击选中

中某个查询到的终端后, 方可进行修改和删除操作. 若没有在查询结果列表里选中某个终端就点击删除或者修改按钮, 则系统进行提示.



图 11 查询终端

图 12 所示为中继器查询界面，当输入的查询信息全部为空时，查询结果列表显示全部中继器。双击选中某个查询到的中继器后，方可进行修改和删除操作。

若没有在查询结果列表里选中某个中继器就点击删除或者修改按钮，则系统进行提示。



图 12 查询中继器

3.2 生理参数查询、监测实现

根据我们设计要求，依次在中继器列表、终端列表、时间列表里选中中继器、终端、时间，即可显示该时间点终端上传至服务器的人体生理特征数据。在

选中时间后(如图 13 所示)，趋势图表按钮设置为可用，按下趋势图表按钮，查看当天或者其他时间段的数据变化状况(如图 14 所示)。若选中数据趋势曲线上的某个节点，可显示改节点的具体数据，如图 15 所示。



图 13 数据查询

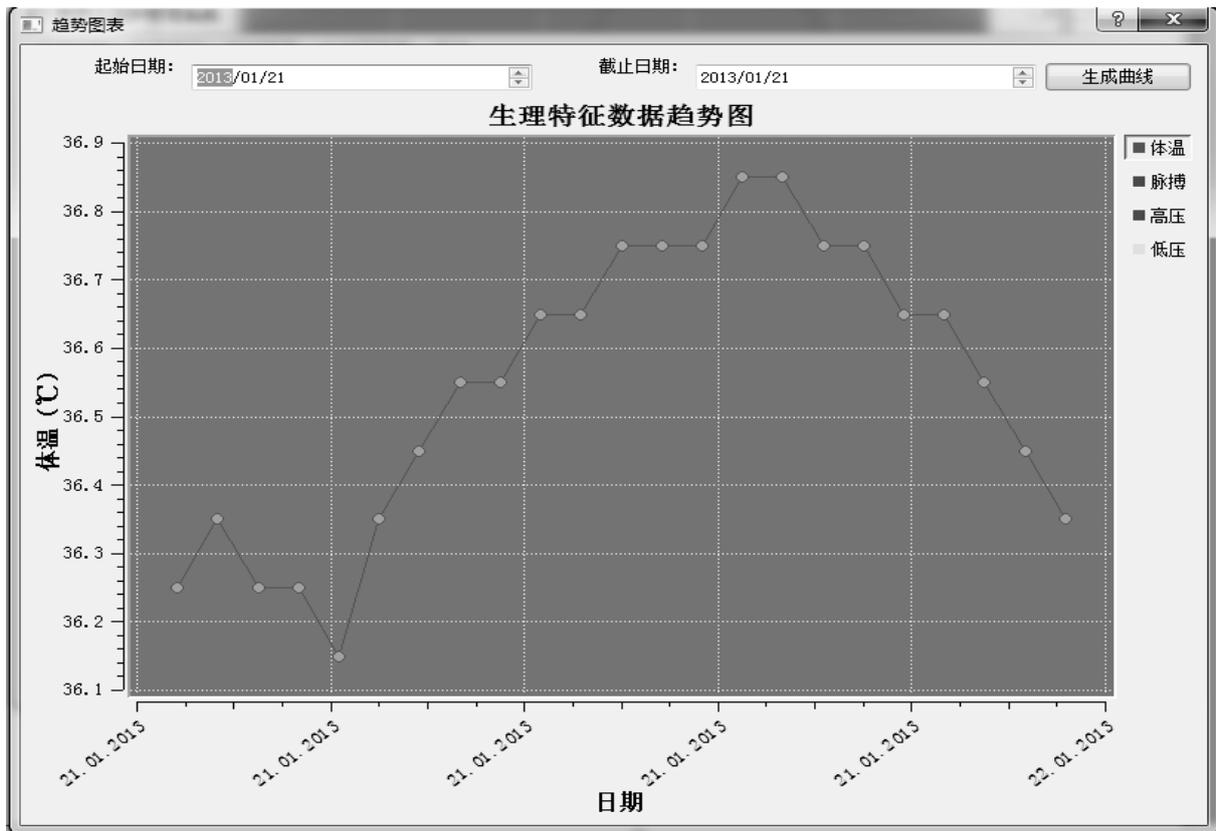


图 14 趋势图表 1

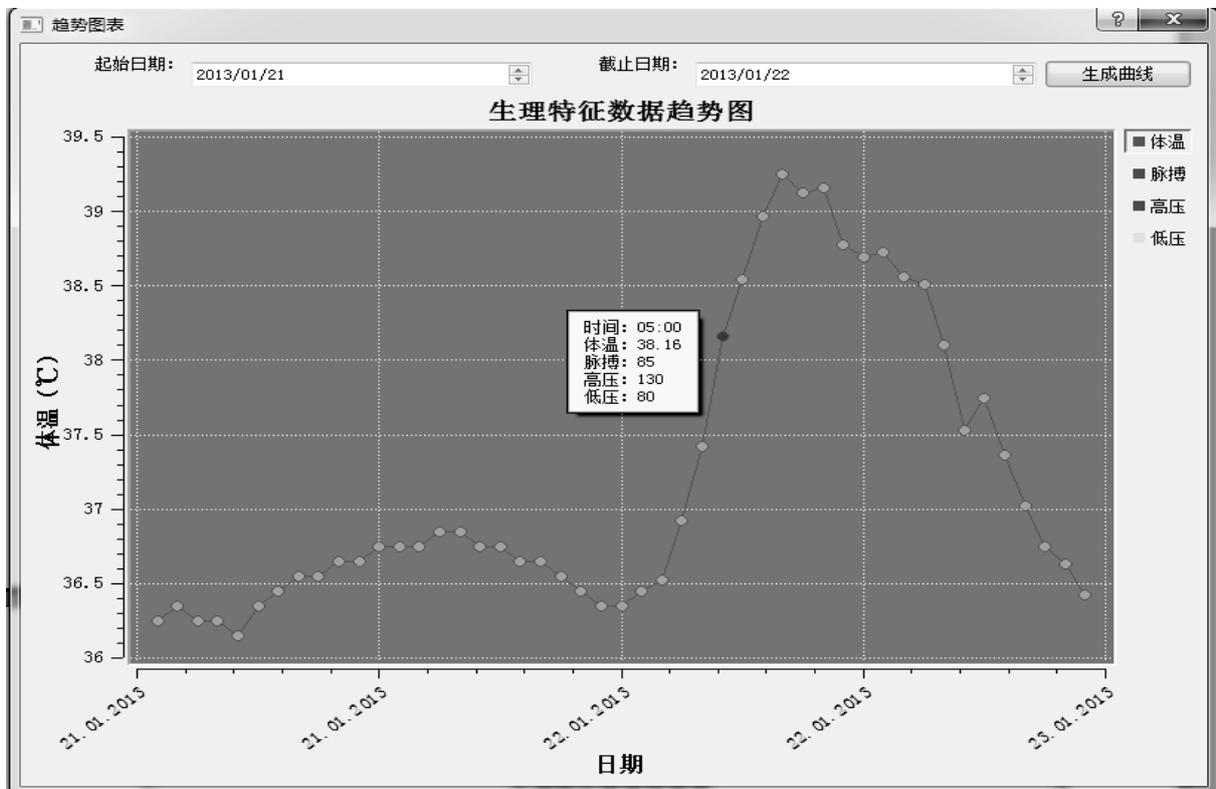


图 15 趋势图表 2

4 结语

本文设计了一种面向无线传感网的社区远程医疗实时生理参数监测系统,在充分考虑无线传感网络生理参数采集系统中的无线传感节点、中继路由端工作基础上,将社区生理参数实时监测系统设计为系统界面、业务逻辑层、数据交互层、数据库、系统前置接入服务、无线传感网络六层架构,有效整合实时采集生理参数,将人体重要生理特征及时、准确地提取出来进行处理、分析,为社区医疗中心医护人员准确监测社区人员健康状况提供可靠依据。

参考文献

- 1 Reza S, Dilmaghani, Hossein B, et al. Wireless sensor networks for monitoring physiological signals of multiple patients. *IEEE Trans. on biomedical circuits and system*, 2011, 5(4): 347–356.
- 2 褚航,曾碧,非接触式心跳监控系统——面向社区医疗服务的物联网应用系统研究与开发. *计算机系统应用*, 2012, 21(8):233–235.
- 3 张菊梅,吴效明.社区数字监护系统的设计. *微计算机信息*, 2009, 25(3):12–13.
- 4 吴昭,刘雷红.基于健康物联网的社区卫生服务系统设计. *中国医药导报*, 2012, 9(22):166–168.
- 5 European Observatory on Health Systems and Policies. Health care outside hospital, accessing generalist and specialist-care- ineight-countries. <http://www.euro.who.int/Document/E89259.pdf>.
- 6 王明宇,杨吉江,陈昊.基于体域网和云平台的远程数字健康系统发展的研究. *计算机科学*, 2012, 39(6A):195–200.
- 7 陈苏蓉,王杰华,朱晓辉.远程实时健康监护系统呼叫中心关键技术研究. *计算机工程与设计*, 2012, 33(11):4386–4391.
- 8 陈海金,张跃.远程多参数动态实时监护仪设计. *计算机工程与设计*, 2012, 33(12):4501–4508.
- 9 刘雪梅,葛宝丰.应用于医疗的无线人体传感网络媒体接入层设计研究. *生物医学工程学杂志*, 2012, 29(2):379–381.
- 10 艾朱斯特. *C++Qt 设计模式*. 北京:电子工业出版社, 2012:156–167.
- 11 邱铁,周玉,张民奎. *Linux 环境下 Qt4 图形界面与 MySQL 编程*. 北京:机械工业出版社, 2012:99–213.
- 12 Xu CY, Prince JL. Snakes, shapes, and gradient vector flow. *IEEE Trans. on Image Processing*, 1998, 7(3): 359–369.
- 13 李一波, 黄增喜, 张海军等.一种基于改进 GVF Snake 的自动人耳检测方法. *模式识别与人工智能*, 2010, 123(4): 552–559.
- 14 谢珊珊,马社祥.基于 GVF 模型的多目标边缘提取. *光电工程*, 2010, 37(12):35–45.
- 10 肖斌,汪敏.基于主动轮廓模型的交通场景运动目标提取算法. *计算机系统应用*, 2012, 21(1):168–171.
- 11 Li XY, Ni GQ. An automatic active contour algorithm forextracting object. *Acta Photonica Sinica*, 2002, 31(5): 606–610.

(上接第 145 页)

34(2):16–21.

- 3 张健.基于聚类的图像分割方法的研究[硕士学位论文].济南:山东大学, 2011.
- 4 徐蔚钦,许雪梅,黄帅.结合聚类与改进分水岭算法的彩色图像分割. *计算机系统应用*, 2011, 20(7):53–57.
- 5 吴伟文.基于计算机视觉的目标图像检索相关技术的研究[博士学位论文].广州:华南理工大学, 2012.
- 6 胡先荧.基于主动轮廓的图像分割技术研究[硕士学位论文].西安:西安电子科技大学, 2012.
- 7 杨丽萍,邹琪.基于先验形状信息的水平集图像分割. *计算机科学*, 2012, 39(8):288–291.
- 8 Zhou JP, Geng GH, Zhou MQ. A new active count-ermodel. *Computer Research & Development*, 1998, 35(8): 734–738.
- 9 任守纲,马超,徐焕良.基于改进主动轮廓模型的图像分割方