

文章编号: 2096-1618(2017)04-0364-05

实验动物活动量采集与节律分析系统设计

李永红¹, 严洪立¹, 关俊文^{1,2}, 李率真¹, 杨小平¹

(1. 成都信息工程大学电子工程学院 物理场生物效应及仪器四川省高校重点实验室, 四川 成都 610225; 2. 四川大学华西医院, 四川 成都 610041)

摘要:对动物活动量的测定与分析是进行动物行为学研究、药理、毒理分析的重要方法,针对动物行为学研究和临床动物实验需求,设计开发出一种能够测量实验动物活动量,并对其活动量进行分析的系统。系统分为智能硬件和智能终端软件设计两大部分,基于短信进行数据传输通信,智能硬件采用 Atmega16 为主控芯片,负责活动量的采集,智能终端软件基于 Android 平台开发,SQLite 数据库进行数据保存,MPAndroidChart 实现数据展示与分析。系统目前已应用于实验室动物行为学研究的测试阶段,并获得较好的反馈,说明该系统对动物行为学研究和临床动物实验具有很重要的现实意义。

关键词:行为学;活动量;AVR;Android;GSM

中图分类号:TP274

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2017.04.004

0 引言

生物节律是生物的生命活动呈周期性变化的规律,是一种生物生理和行为的时间机制。其普遍存在于生命活动中的时钟系统称为生物节律系统,负责机体外周组织器官生物节律的驱动、产生和调节等^[1-3]。因此研究生物节律显得十分重要。而动物行为学研究和临床动物实验对动物的活动量进行测量,然后基于此进行节律分析,可以得出动物的行为规律,探讨药物、毒物及各种外界物理因素对其行为的影响也是研究脑高级功能及其他神经科学不可缺少的重要手段,尤其对神经生理学和神经药理学研究具有重要意义^[3-5]。针对动物行为学研究和临床动物实验等科研需求发现,目前市面上大量的实验动物活动量采集装置,只具备单一的数据采集功能,并没有数据收集、分析展示功能。而实验动物活动量采集和节律分析本就是其科研人员密不可分的两大需求。

为解决以上问题,提高动物行为学研究和临床动物实验科研人员的工作效率,设计开发出实验动物活动量采集与节律分析系统。系统分为智能硬件和智能终端软件两大部分。考虑到使用该系统的科研人员,对于该系统的使用频率,只是按需使用,因此采用短信方式进行数据的传输,而未采用 B/S 架构设计,从而避免了服务器的开发及维护费用,即实现了数据的远距离传输,又降低了成本,更易于普及使用。

1 系统结构设计

系统采用智能硬件+智能终端软件的形式。智能硬件主要负责数据的采集,其利用传感器采集实验动物的活动量,然后通过短信的方式将采集到的实验动物活动量传送给多个智能终端设备。智能终端也可以接收多个智能硬件发送的短信,并提取短信信息,保存到本地数据库之中,然后利用图形的方式展示实验动物的活动量,可供科研人员分析实验动物的活动节律。在智能硬件上可以添加、管理接收数据的智能终端设备及其所拥有的权限,智能终端也可以根据其权限内容,设置智能硬件开始、结束采集数据的时间等。系统结构框图如图 1 所示。

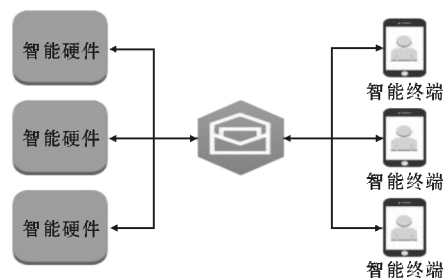


图 1 系统结构框图

2 方案设计

2.1 智能硬件设计

智能硬件的主要功能为数据的采集、保存、传输、智能终端设备号的添加、管理等,智能硬件结构图如

收稿日期:2017-04-17

基金项目:四川省科技支撑计划资助项目(2015ZC0935),四川省科技支撑计划资助项目(2014ZC0596)

图2所示。控制模块作为中央处理器负责运算和控制;电源模块为系统各模块提供其所需的电压与电流;时间模块为智能硬件系统提供时间;传感器模块用于实验动物活动量数据的采集;存储模块负责数据的存储;录入模块用于智能终端设备的添加、权限设置等;显示模块用于实时显示实验动物的活动量、智能终端信息等;短信模块用于发送和接收短信,实现与智能终端之间的信息传递。

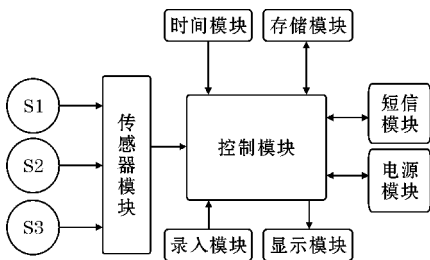


图2 智能硬件结构图

2.1.1 控制模块

系统主控芯片选用 ATmega16,其为 ATMELE 公司推出的增强型内置 Flash 的 8 位精简指令集微处理器 (reduced instruction set CPU, RISC)^[6-7]。具有 SPI, USART, TWI 通信接口,方便对 SD 卡和 LCD 屏幕操作。同时内置 10 位 8 通道 AD,2 个 8 位定时/计数器,1 个 16 位定时/计数器,可用于传感器的数据采集,符合系统需求。

2.1.2 短信模块

短信模块采用 SIM900A 模块,该模块主要包含 GSM 基带、存储器和 GSM 射频^[8-9]。其供电要求电压为 5 V,电流为 1.5 A 或以上。外设包含 RS232 和 TTL 接口,TTL 电平串口兼容 3.3 V 和 5 V 单片机,真正实现与 51/AVR/MSP430/STM32 等多种单片机直接通信。AT 指令操作简单、高效,支持短信、彩信、GPRS 数据传输等功能。

2.1.3 显示模块

显示模块采用 0.96 寸 OLED 显示屏,该模块支持 GBK2312 简体中文字库 (6763 汉字):15×16 点阵,ASCII 符集 (6 套):5×7~8×16 点阵。其总线接口为 SPI 串行总线。

2.1.4 其他

传感器采用红外传感器,通过转轮设备测量其轮转次数实现实验动物活动量的采集;时钟模块采用 DS12C887 时钟芯片^[10];存储采用 SD 卡进行存取。

2.1.5 智能硬件软件流程图

智能硬件软件流程图如图 3 所示。第一次启动智能硬件,需进行初始化设置,设置智能终端设备的超级管理员手机号,设置完成后,进入功能选择页面,选择

设备管理功能,可以添加、删除智能终端设备的普通用户。选择测试功能,可以设置开始测试时间,结束测试时间,启动智能硬件开始测试,测试完成后,会将测试出的实验动物活动量数据,保存到 SD 卡并通过短信方式,发送到相应的智能终端设备。数据读取功能,可以读取实验动物活动量的历史数据,选择历史数据发送到指定的智能终端设备中。在初始化时,设置的智能终端超级管理员,可以通过短信发送指令到智能硬件,实现对智能终端普通用户的添加、管理,设置开始测试、结束测试时间、读取历史数据等。

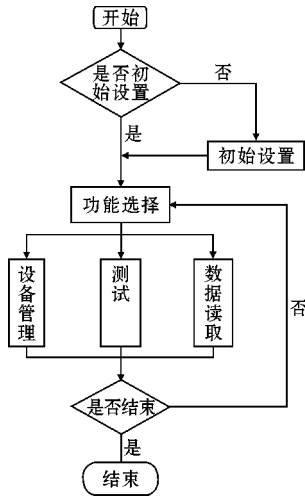


图3 智能硬件软件流程图

2.2 智能终端软件实现

系统基于 Android 平台的智能终端设备,采用 Android Studio 开发工具,开发实验动物节律分析 APP (以下简称 APP),其主要实现短信信息提取、存储,数据图形展示分析,智能硬件远程管理等,智能终端软件流程图如图 4 所示。

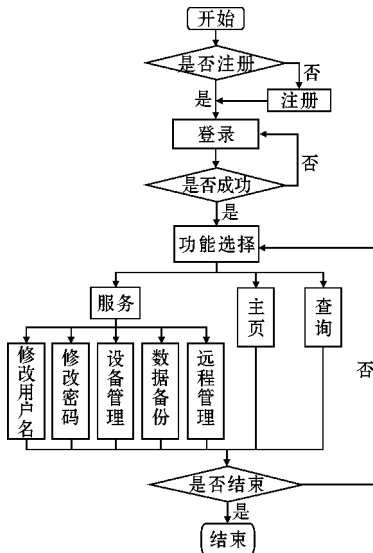


图4 智能终端软件流程图

2.2.1 Android 系统

Android 系统是目前世界上市场占有率最高的移动操作系统,其4大基本组件分别是 Activity 活动, Service 服务, Content Provider 内容提供者, BroadcastReceiver 广播接收器^[11-12]。

活动(Activity):是一种可以包含用户界面的组件,主要用于和用户进行交互。

服务(Service):是 Android 中实现程序后台运行的解决方案,它非常适合用于去执行那些不需要和用户交互而且还要求长期执行的任务。其不依赖于任何用户界面,即使程序被切换到后台,或者用户打开了另一个应用程序,服务仍然能够保持正常运行^[13]。

内容提供者(Content Provider):主要用于在不同的应用程序之间实现数据共享的功能,它提供了一套完整的机制,允许一个程序访问另一个程序中的数据,同时还能保证被访数据的安全性^[9]。

广播接收器(BroadcastReceive):应用程序可以对自己感兴趣的广播即外部事件进行注册,并对其接收和做出响应。

2.2.2 短信实现

实验动物节律分析软件的核心之一在于数据的获取,即智能终端实现对短信的操作。Android 系统为保证用户的安全与隐私,设置了许多权限,例如获取设备联系人、定位设备的地理位置,短信操作,外部文件操作等。因此,在智能终端设备中操作短信时,必须进行短信操作权限申请:

```
<uses-permission android:name="android.permission.READ_SMS" />
```

```
<uses-permission android:name="android.permission.SEND_SMS" />
```

```
<uses-permission android:name="android.permission.RECEIVE_SMS" />
```

权限申请后,用户必须手动点击授权,否则程序将无法使用相应的功能。

由于智能终端设备在收到短信后,Android 系统将其保存在系统自带的短信应用程序中,因此,获取短信就得跨应用程序访问,从系统短信应用程序中,通过内容提供者获得。同时,Android 系统内置了轻量级数据库 SQLite^[13-15],可以将指定的短信内容读取,解析,并保存在 SQLite 数据库中。

智能终端的远程管理,需要智能终端设备具有智能硬件的超级管理员权限才能使用,通过发送短信指令到智能硬件设备进行设备的远程管理,指令操作成功后,智能硬件也会发送相应的设置成功短信指令到

智能终端设备,此时利用服务在后台注册广播监听该类短信,并实现相应的操作。

2.2.3 图形展示

图形展示主要从 SQLite 数据库中读取数据,然后利用 MPAndroidChart 第三方开源框架实现。该框架支持线性图、柱状图、饼状图、散列图、蜘蛛网图的绘制,并能支持缩放、拖拽、标注等交互效果。

3 效果展示

目前,系统已在成都信息工程大学物理场生物效应及仪器四川省高校重点实验室动物行为学研究中用于测试,获得了较好反馈。在智能硬件采集完实验动物活动量后,将数据通过短信发送到智能终端设备,智能终端设备运行实验动物节律分析 APP,APP 进入登录界面如图 5。



图5 登录界面

在用户正确输入完用户名和密码,完成登录后将进入软件的主页面如 6 所示,软件的主页面上方为标题栏,显示的是软件的简称动物节律分析,其下方图表部分,可以展示最新接收的 3 个智能硬件设备发送过来的实验动物活动量数据曲线图,单击曲线图上的某个坐标点,会将该点对应实验动物活动量数据放大展示出来。在图表的下方为设备列表,显示设备信息(设备服务号为设备上的手机号,因此做了模糊处理)和该设备最新发送过来动物活动量数据时间。单击某个设备会将该设备的最新的动物活动量数据展示到上方图表中。最下方为服务、主页、搜索切换页面栏,可以通过左右滑动或点击实现页面的切换。

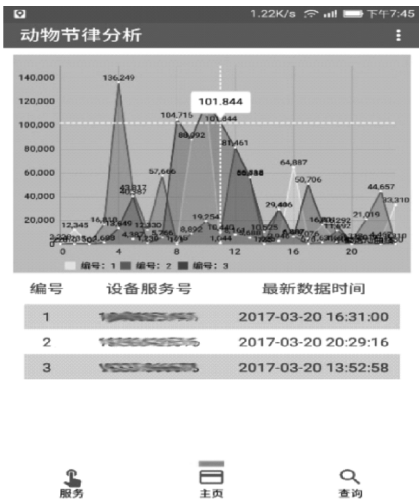


图6 主页面

向右滑动页面或者点击服务,将会切换到服务页如图 7,该页面用于用户信息修改、设备管理、远程管理、数据导入、导出等功能的选择。如果用户为智能硬件的超级管理员可选择进入远程管理页如图 8,可以添加、删除所对应智能硬件服务的智能终端普通用户和控制智能硬件进行实验动物活动量的采集与历史数据的获取。



图7 服务页



图8 远程管理页

向左滑动屏幕或者点击最下方切换栏上的查询,将会切换到查询页如图 9,可以对本地保存的数据通过按设备服务号和数据保存时间进行查询。根据查询结果,选择的一条信息进行图形放大展示如图 10。



图9 查询页

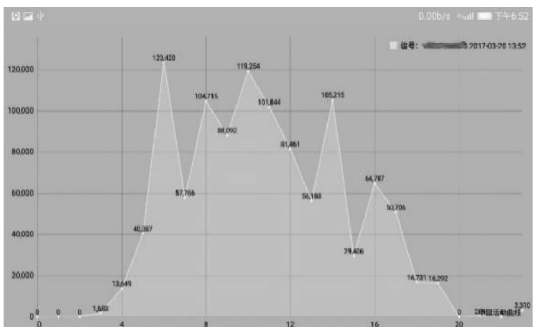


图10 图形展示

4 结束语

为满足动物行为学研究和临床动物实验科研人员的需求,给出一种以智能硬件+智能终端软件的实验动物活动量采集与节律分析系统设计方案,用于采集实验动物的活动量并提供数据收集与节律分析功能。方案主要分为智能硬件和智能终端软件两部分。详细阐述智能硬件的设计框架和具体模块,并给出智能终端软件的开发流程及使用的具体组件与框架。

系统经实验室动物行为学实验测试使用,实现了基于 Android 平台上的智能终端上实现远程对实验动物活动量数据的收集与分析并获得较好的反馈。当然系统还存在很多不足并需完善细节,比如节律分析功能比较单一,需要长时间的测试以及新功能的开发完善。相信随着系统的不断完善优化,该系统将极大地提高动物行为学和临床动物实验科研人员的科研效率,对神经生理学和神经药理学研究具有重要意义。

致谢:感谢成都市科技惠民技术研发资助项目(2015-HM01-00422-SF)对本文的资助

参考文献:

- [1] Dibner C, Schibler U, Albrecht U. The mammalian circadian timing system: organization and coordination of central and peripheral clocks [J]. Annual review of physiology, 2010, (72): 517-549.
- [2] 李亮, 谭娅, 伍革民. 生物节律影响家禽繁殖性能的作用机理[J]. 贵州畜牧兽医, 2016, 40(4): 23-26.
- [3] 杨波. 时间生物学相关仪器的研究和应用[D]. 成都: 四川大学, 2006.
- [4] 魏建华, 艾志伟, 潘传芳. 多功能动物活动自动监测分析仪的设计[J]. 北京生物医学工程, 2001, (3): 189-191+214.
- [5] 赵崇侃, 程光, 陈启盛. 一种智能化的 Y-型迷宫[J]. 中国应用生理学杂志, 1997, (4): 76-78.
- [6] 陈忠平. 基于 Proteus 的 AVR 单片机 C 语言程序设计与仿真[M]. 北京: 电子工业出版社, 2011: 3-8.
- [7] 凯姆·卡尔文, 泰勒·卡尔文, 庞明珠. Arduino 与电子制作[J]. 电子制作, 2012, (8): 68-73.
- [8] 栾学德. 基于 SIM900A 的污水排放无线远程监测系统的设计[J]. 电子技术与软件工程, 2014, (7): 75-77.
- [9] 张金花, 蔡幸存. 基于 GSM 手机短信的智能家居家电控制系统的设计[J]. 现代机械, 2017, (1): 69-72.
- [10] 宋若愚, 丁国宁, 余娟, 等. 基于 DS12C887 的高精度时钟设计[J]. 软件导刊, 2013, (9): 94-96.
- [11] 戴茜, 孙润康, 严尹宏. 基于 Android 后台监听机制的程序实现[J]. 计算机光盘软件与应用, 2012, (15): 220-221.
- [12] 董晓刚. Android 系统四大组件的注册与激活[J]. 硅谷, 2013: 16.
- [13] 郭霖. Android 第一行代码(第二版)[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2016: 12.
- [14] 吴琼. 基于 Android 平台下高校师生作业答题系统的设计与实现[J]. 农业网络信息, 2014, (4): 129-130.
- [15] 金浩军, 刘成忠. 基于 Android 平台移动 GIS 在农业气象服务中的应用研究[J]. 农业网络信息, 2013, (2): 21-24.

A Study on the Quantity Collection of Experimental Animal Activity and Rhythm Analysis System

LI Yong-hong¹, YAN Hong-li¹, GUAN Jun-wen^{1,2}, LI Shuai-zhen¹, YANG Xiao-ping¹

(1. Biomedical effect of physical field and instrument key laboratory of Sichuan higher education institutes, Department of Electronic Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China)

Abstract: It is one of the significant methods to study animal behaviors and analyze pharmacology and toxicology by measuring and analyzing the quantity of animal activity. For the demands of animal behavior research and clinical animal experiments, a system which can measure and analyze the amount of laboratory animal activities is designed and developed. This system is divided into intelligent hardware part and intelligent terminal software design part and it is based on SMS to carry out data transmission and communication. Intelligent hardware uses Atmega16 as the main chip, which is responsible to the collection of activities. Intelligent terminal software is based on Android platform for its development, SQLite database for data storage, and MPAndroidChart for presentation and analysis of data. So far, the system has been applied to the experimental stage of laboratory animal behavior research and obtained good feedback. It shows that this system has important practical significance for animal behavior research and clinical animal experiment.

Keywords: behavior; quantity of activity; AVR; Android; GSM