

基于 Android 平板电脑的无线索力测量系统终端设计^①

张志君, 吴康雄

(长沙理工大学 汽车与机械工程学院, 长沙 410076)

摘 要: 为了方便现场测量, 提高测量效率, 提出了一种基于 Android 平板电脑的拉索索力无线测量系统终端设计方案. 介绍了系统的结构组成, 重点讲解了手持终端硬件设计以及应用程序设计与实现. 该终端具有良好的人机交互界面, 实际操作简单, 携带方便, 性能稳定, 在工程上具有较高的应用前景.

关键词: 无线测量系统; 索力; Android; USB

Design of Wireless Measurement System's Terminal of Cable Tension Force Based on Android Pad

ZHANG Zhi-Jun, WU Kang-Xiong

(School of Automobile and Mechanical Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410076, China)

Abstract: In order to facilitate the field measurement of cable tension force and improve the efficiency of measurement, the terminal of wireless measurement system based on Android pad is designed. This paper introduced the system's structure, focused on the terminal's hardware design and application program design and implementation. The terminal has a good man-machine interface, easy to carry, stable performance, and has good application prospect in engineering.

Keywords: wireless measurement system; cable tension force; Android; USB

拉索是斜拉桥和悬索桥的主要承载部件. 索力是衡量斜拉桥健康状态的的重要参数之一, 因此正确测量索力就成为斜拉索桥梁监测的重要内容^[1]. 拉索索力测量的方法有多种, 其中频率法测定索力, 不仅方便, 适用于多种工况, 设备可重复使用, 且测量精度已能满足工程应用要求, 因此得到广泛使用^[2]. 由于频率法测量方便、精度高, 基于频率法的索力测量仪器在工程上应用广泛. 但是传统的基于智能芯片的索力测量仪器开发周期长, 且不能提供良好的人机交互界面, 同时仪器采用有线通信方式, 在对多根拉索进行测量时, 现场安装布线不方便, 工作效率低.

自 Android 平板电脑推出, 采用全触摸屏幕的 Android 平板电脑, 操作便捷, 具有良好的用户体验获得了越来越多的用户青睐, 且随着 Android 平板电脑功能的日益增强, 在工程上也得到了应用. 据此, 本文提出基于 android 平板电脑的无线索力测量系统手持终端设计方案.

1 无线索力测量系统结构组成

无线索力测量系统主要包括两部分: 数据采集模块和手持终端. 数据采集模块包括: 处理器、传感器、调理电路、无线模块以及外围电路. 手持终端包括: 终端通信模块和 android 平板电脑.

斜拉桥的索力测量一般需要对多根拉索进行测量, 故无线索力测量系统由一个手持终端和多个数据采集模块构成, 多个数据采集模块分别安装在不同的需要测量的拉索上, 每个数据采集模块都有相应的模块编号, 模块编号可通过应用程序设置. 无线索力测量系统结构图如图 1 所示.

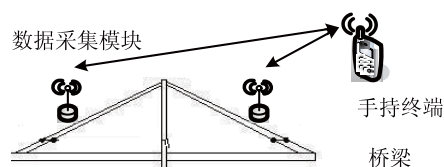


图 1 无线索力测量系统结构图

^① 收稿时间:2013-01-02;收到修改稿时间:2013-04-09

在无线索力测量系统中,数据采集模块的功能是采集拉索的振动加速度信号,然后通过滤波放大处理并转换为数字信号,最后将转换后的数字信号通过无线模块传送给手持终端.手持终端通过终端通信模块接收数据,应用程序解析处理得到采集数据并显示振动曲线,然后将采集数据进行快速傅里叶变换得到功率谱并显示功率谱曲线,通过软件自动标识频率峰值,最后将拾取到的一组频率峰值采用索力计算算法计算出基频和索力.无线索力测量系统的设计重点是手持终端的软硬件设计.

2 手持终端硬件设计

目前,Android 平板电脑支持蓝牙、WiFi 以及 USB 三种通讯方式,其中蓝牙和 WiFi 用于无线通信,通信距离较短.考虑到手持终端和采集模块的通信距离较远,手持终端采用带 USB 接口的 android 平板电脑,并通过 USB 与终端通信模块连接实现无线通信.Android 平板电脑选用宏基 A500,该平板电脑采用原生的 android 3.1 操作系统,支持 ushhost 接口,带有标准的 USB2.0 硬件接口,能够通过 USB 与外部设备连接.

终端通信模块的功能是通过 USB 接口与平板电脑连接并实现无线通信功能,故终端通信模块的硬件主要由无线通信模块和 USB 转串口芯片构成.无线通信模块采用 SRWF-1022 系列无线模块,具有低功耗、抗干扰能力强、传输距离远、误码率低等特点,该模块为透明传输模块,提供 TTL 电平 UART 接口、RS232 接口以及 RS485 接口三种接口方式,根据不同通信要求还可设置不同波特率^[3].USB 转串口芯片采用 ATMEL mega8u2 芯片,该芯片是 AVR 公司生产的高性能、低功耗的 8 位单片机,带有 8k ISP Flash 存储器和 USB 控制器,支持 USB2.0(全速)通信.手持终端硬件框图如图 2 所示.

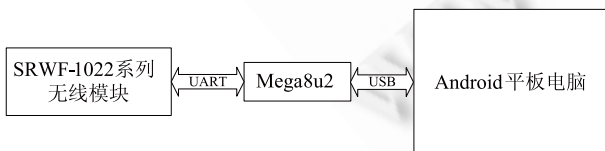


图 2 手持终端硬件框图

3 手持终端应用程序设计与实现

手持终端应用程序是运行在 android 3.1 操作系统上的,采用 java 语言编写.Android 的系统构架分为应

用层、应用框架层、系统运行库层和 Linux 内核层,Android 应用程序的开发通过应用框架与 Android 底层进行交互.

采用模块化程序设计方法,手持终端应用程序功能模块包括:USB 通信模块、数据处理模块、显示界面模块以及振动曲线数据存储模块.应用程序设计流程图如图 3 所示.

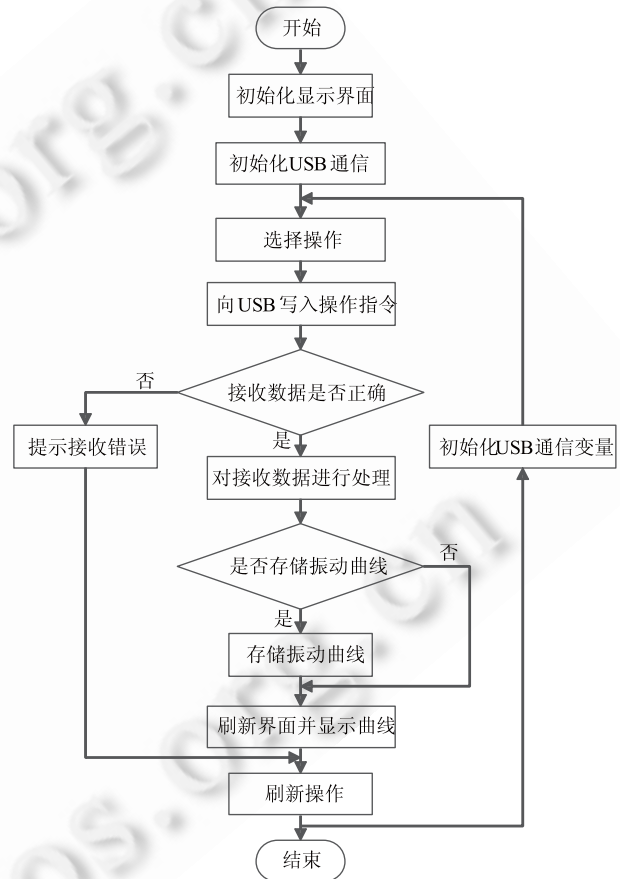


图 3 手持终端应用程序设计流程图

3.1 USB 通信模块

由于 Android 平板电脑需要通过 USB 转串口芯片来实现与终端通信模块互联,而 Android 系统内核并不提供所有的 USB 芯片的驱动,Android 系统无法完成类似 Windows 系统自动识别 USB 设备的功能.自 Google 发布 Android 3.1 版本的 SDK 后,Android 系统遵循 USB2.0 协议,并实现了对 USB 外设模式和主机模式的支持.根据 USB2.0 协议以及 Android 系统提供的 USB 通信 API,只要在应用程序中调用相关的 API 完成 USB 设备的枚举、配置并获取 USB 端点,通过在应用程序中完成 USB 设备驱动程序实现 USB 通信功能.USB 通

信模块为后台程序采用 Service 类^[4]来实现。

3.1.1 注册广播接收器

当手持终端需要发送指令时,应用程序发出指令发送的 Intent 通知通信模块进行指令发送,其中 Intent 封装了手持终端需要发送的指令;当手持终端接收到数据时,通信模块发出数据接收的 Intent 通知数据处理模块对接收数据进行处理,其中 Intent 封装了接收到的数据。因此,在通信模块和数据处理模块需要分别注册指令发送和数据接收的广播接收器,用于接收指令发送和数据接收的广播。注册广播接收器是通过调用 registerReceiver(broadcastReceiver,intentFilter)方法完成的,其中形参 broadcastReceiver 指定了处理广播的对象,intentFilter 指定了广播接收器接收的广播。

3.1.2 初始化 USB 通信

USB 通信初始化主要完成 USB 设备的枚举、配置。Android 系统提供了两种枚举 USB 设备的方式:一种是通过 AndroidManifest.xml 文件,系统自动完成 USB 设备枚举;一种是在 USB 设备连接后,通过在应用程序中完成 USB 设备的枚举过程。为了设备使用方便,采用系统自动方式来完成 USB 设备枚举。在系统完成 USB 设备枚举后发送广播通知应用程序,应用程序调用 onStartCommand()方法对 USB 设备进行配置。在 onStartCommand()方法中,主要通过 controlTransfer()方法和 getEndpoint()方法完成 USB 设备的通信配置。

3.1.3 指令发送和数据接收的实现

在完成 USB 设备的枚举、配置后,就可以与 USB 设备进行通信了。由于与 USB 设备的数据通信是阻塞调用,因此,需要建立两个独立的线程来实现指令的发送和数据接收。

在指令发送和数据接收线程中,指令发送和数据接收是通过调用 bulkTransfer(endpoint,data,datalength,timeout)方法来实现的,其中 endpoint 指定了进行数据通信的端点,data 以字节数组的形式封装了将要发送或已接收的数据,datalength 指定了发送或接收的数据长度,timeout 给出了允许通信超时的时间。

3.2 数据处理模块

数据处理模块是手持终端应用程序核心,其功能是完成拉索基频和索力的计算。根据频率法索力测量原理^[2],数据处理的过程是:手持终端接收采集到的振动数据,然后对振动数据进行快速傅里叶变换得到功率谱,拾取功率谱上一系列频率峰值得出拉索的基频,

最后将基频代入索力计算公式中计算得到拉索索力值。

3.2.1 确定基频

按照弦振动理论,拉索各阶自振频率应该是基频的整数倍,拾取功率谱上一系列频率峰值,计算相邻峰值的频差即可得到基频。由于实际拉索存在一定的抗弯刚度等原因导致实测拉索频率阶数越高,频差越大,因此,采用频差法得到的基频往往偏大^[5]。根据 f_n/n 序列^[6]的变化规律,软件确定拉索基频的过程为:首先比较功率谱上相邻峰值频率差得到最小频率差,用拾取到的峰值频率除以最小频率差基本确定各阶自振频率阶数并得到 f_n/n 序列,然后比较 f_n/n 序列相邻值是否随阶数 n 的增加而缓慢增加以及 f_n/n 序列是否小于相应间隔序列的值,如果不满足条件,就对阶数 n 进行加一或减一的调整,最后对 f_n/n 序列应用最小二乘法拟合,取 $n=1$ 计算得到基频。

3.2.2 计算索力

基于频率法测量索力原理需要综合考虑边界条件、抗弯刚度、垂度以及斜度的影响,根据各个影响因素大小的不同,得到的计算公式也不同,无法采用统一的公式计算索力。为了在工程中实现索力的快速计算,软件采用简化的索力计算公式^[2]:

$$T = K \frac{f_n^2}{n^2} \quad (1)$$

式中: $T = K \frac{f_n^2}{n^2}$; w 为单位长度索重; g 为重力加速度; L 为斜拉索的索长; f_n 为斜拉索第 n 阶自振频率; n 为振动阶数。

在考虑各个因素对索力值计算的影响时,可以通过对系数 K 的修正来体现。研究表明^[7-10],对于中长索,垂度、斜度对索力计算的影响可以忽略,而抗弯刚度对索力计算结果的影响比较显著,故本系统软件在计算索力时,考虑抗弯刚度的影响并对系数 K 进行了修正,修正后的 $\bar{K}$ 值为 $1.0135K$ ^[11],然后将基频值代入公式(1)中即可计算出索力值。

3.3 显示界面模块

显示界面模块的功能是在手持终端上显示振动曲线和功率谱曲线,同时提供良好的人机交互界面。根据系统功能的要求,手持终端应用程序设置了三个主要功能界面:主界面、参数设置界面以及模块查询界面。主界面主要设置了振动波形显示、自功率谱显示以及功能按钮。参数设置界面设置了三个子界面:模

块编号设置、模块参数设置以及拉索参数设置。模块编号设置界面主要用于设置和修改数据采集模块的编号；模块参数设置界面主要用于设置采集模块的工作参数，包括采样频率和模块时间；拉索参数设置界面主要用于设置索力计算公式中的常量，包括拉索的索长和索重。模块查询界面用于查询数据采集模块工作参数以及编号。振动曲线和功率谱曲线的显示通过继承 SurfaceView 类和调用 SurfaceHolder.Callback 接口来实现^[12]。应用程序的界面采用 Activity 类来实现，界面的布局采用 xml 文件设计，每个界面都定义一个继承 Activity 类的新类，并与相应的 xml 文件相关联，应用程序通过对不同的 Activity 类的调用，来实现不同界面的切换，界面之间的切换设置如图 4 所示。

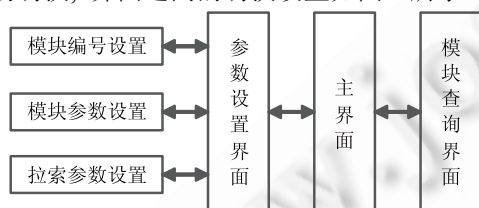


图 4 应用程序界面设置

3.4 振动曲线数据存储模块

振动曲线数据存储模块是将手持终端接收到的振动曲线数据存储起来，以备后续的相关处理。由于采集得到的曲线数据量较大，同时为了方便用户将数据从手持终端导出后能在 PC 上对原始数据进行分析处理，振动曲线数据以 txt 文件的形式存储，采用 java IO 类中的方法来实现。

3.4.1 新建文件夹

当用户点击曲线存储按钮时，系统调用 onClick Listener() 方法，在该方法中首先使用 new File(localfile) 语句实例化一个 File 对象，形参 localfile 指定了文件夹绝对路径，然后调用 File 对象的 exist() 方法判断文件夹是否存在，如果不存在，应用程序会调用 File 对象的 mkdirs() 方法在 SD 卡内新建一个文件夹。

3.4.2 新建空文件

获取新建文件夹的绝对路径并保存在 String 变量 mlocalfile 中，使用 new File(mlocalfile) 语句实例化一个 mfile 对象，调用 mfile 对象的 creatNewFile() 方法新建一个 txt 类型的空文件。

3.4.3 文件写入

文件写入相对简单，使用 new FileOutputStream

(mfile) 语句新建一个 fileoutput 对象，调用 fileoutput 对象的 write() 方法将 1024 点时振数据写入空文件内。

4 实验结果

无线索力测量系统实现后，在实验室环境下，采用该系统进行测量，手持终端应用程序运行，得到的几个功能界面如图 5 所示。

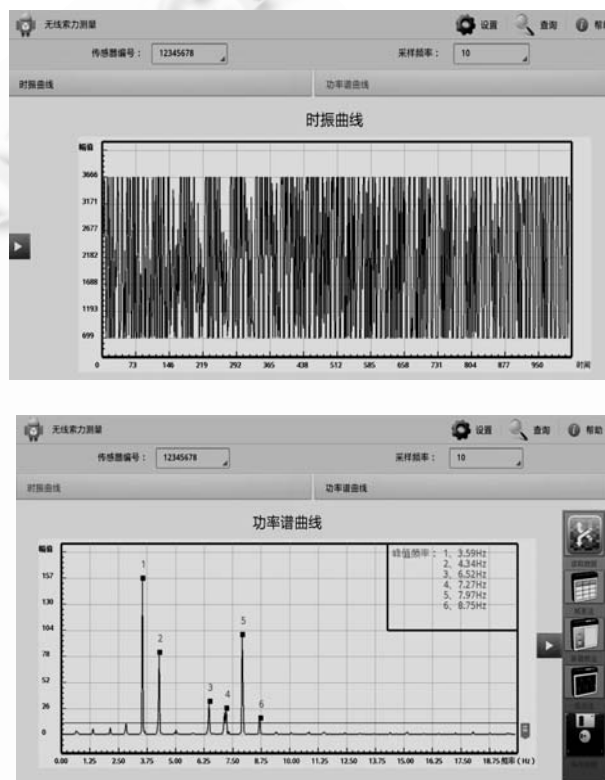


图 5 功能界面

通过振动曲线和频谱曲线的显示，用户可以比较清楚直观地了解拉索的振动以及振动频率的分布情况，同时采用索力计算算法可以方便快速地实现索力的测量。图 5 中，上图为采集到的拉索振动曲线，下图为振动信号经过快速傅里叶变换得到的功率谱曲线，软件自动标识出频谱峰值点，并将峰值频率显示在右上方的小方框中，下图右边一列按钮为功能按钮。

5 结语

本文基于 android 平板电脑，采用 SRWF-1022 系列无线模块，开发设计了无线索力测量系统手持终端。通过测试，采用该终端进行测量，现场操作方便，提

(下转第 206 页)

从表1可以看出, LE-LPCCA的无冲突性、跨域性、实时性、编码统一性等性能为一般或中等, 均没有达到良好程度. 相比 LE-LPCCA, 改进后的系统 IRIASIOT 在寻址服务的可信度、准确度、无冲突性等方面均有良好的效果, 实现了多域协作的动态性描述, 解决信任表达中模糊性和不确定性难题. 这表明本文所提系统 IRIASIOT 具有一定的实用价值.

4 结语

本文提出了一个无线传感器网络与物联网技术相互融合的物联网信息资源智能寻址系统 IRIASIOT, 通过充分利用信号空间和物理空间的拓扑结构和密度信息, 体现了分散资源集中使用和集中资源分散服务的思想, 可有效应用于数据采集易产生较大错误的物联网环境, 降低了数据库转换与检索的时间, 克服了现有算法或模型定位精度不高、鲁棒性差等问题. 但是物联网是一个高度复杂的网络, 本文所提算法在描述高度虚拟化、演化性的信息资源寻址系统时, 并不能

及时适应动态变化. 因此, 本文今后还需要在这方面进行改进.

参考文献

- 1 孔宁, 李晓东, 罗万明, 等. 物联网资源寻址模型. 软件学报, 2010, 21(7): 1657-1666.
- 2 李晓东. 计算机网络资源命名和寻址技术的研究[学位论文]. 北京: 中国科学院计算技术研究所, 2003. 12-34.
- 3 顾晶晶, 陈松灿, 庄毅. 基于无线传感器网络拓扑结构的物联网定位模型. 计算机学报, 2010, 33(9): 1548-1555.
- 4 刘亮, 秦小麟, 郑桂能, 等. 能量高效的无线传感器网络空间范围查询处理算法. 计算机学报, 2011, 34(5): 763-776.
- 5 李丰, 霍玮, 冯晓兵. 面向无线传感器网络应用的自适应调试方法. 计算机学报, 2011, 34(7): 1195-1212.
- 6 Melzer T, Reiter M. Bischof H. Appearance models based on kernel canonical correlation analysis. Pattern Recognition, 2003, 36(9): 1961-1971.

(上接第168页)

高了工作效率. 随着频率法测量索力理论的发展, 手持终端应用程序可以嵌入不同的数据处理方法, 以实现快速、准确的计算拉索索力.

参考文献

- 1 赵兴奎, 周宇, 李周至, 王晓东, 冯志敏. 基于传感器的斜拉索基频提取的混合算法研究. 计算机测量与控制, 2011, 19(2): 380-383.
- 2 吴康雄, 刘克明, 杨金喜. 基于频率法的索力测量系统. 中国公路学报, 2006, 19(2): 62-66.
- 3 上海桑锐电子科技有限公司, SRWF-1022(V1.1)无线模块使用说明书.
- 4 杨明羽. Android 语法范例参考大全. 北京: 电子工业出版社, 2012, 230-237.
- 5 侯立群, 欧进萍, 赵雪峰, 李宏伟. 哈尔滨四方台斜拉桥模态

参数和索力识别. 振动与冲击, 2009, 28(5): 106-111.

- 6 肖昌量. 提高频谱法测量斜拉桥索力精度的方法. 世界桥梁, 2011(2): 61-63.
- 7 毛志峰. 基于振动测试的斜拉桥索力识别研究. 大连: 大连理工大学, 2009.
- 8 孙江波. 基于频率法的斜拉索索力测量. 北京: 北京林业大学, 2012.
- 9 张亮. 基于频率法的拉索索力自动测量技术研究. 重庆: 重庆大学, 2008.
- 10 徐郁峰. 大跨度预应力混凝土斜拉桥施工控制理论与核心技术研究及软件开发. 广州: 华南理工大学, 2004.
- 11 张巍, 王广政, 孙永明. 考虑抗弯刚度的斜拉索频率与索力分析. 公路交通科技, 2012, 29(7): 64-70.
- 12 张利国, 代闻, 龚海平. Android 移动开发案例详解. 北京: 人民邮电出版社, 2010. 161-169.