



## 基于移动端的电子天平数据记录系统的研制

王如海\*<sup>1</sup> 唐昊冶<sup>1</sup> 徐仁扣<sup>1</sup> 钱薇<sup>1</sup> 高德民<sup>2</sup> 倪俊<sup>1</sup> 涂勇辉<sup>1</sup> 龚华<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(中国科学院南京土壤研究所, 土壤与农业可持续性发展国家重点实验室, 南京 210008)

<sup>2</sup>(南京林业大学信息科学技术学院, 南京 210037)

电子天平是基于电磁力与物质的重力相平衡的原理, 当秤盘上加加载荷时, 秤盘的位置发生了相应的变化, 此时位置检测器通过调节器和放大器将变化量转换成线圈中的电流信号, 并在采样电阻上转换成与载荷相对应的电压信号, 再经过低通滤波器和模数转换器, 变换成数字信号传输给计算机进行数据处理, 并将此数值显示在显示屏上。

电子天平是分析测试中最常使用的基本支撑仪器。如在土壤和植物成分的定量分析中, 需要使用电子天平称量样品的质量; 在盐分分析中, 需要使用电子天平对同一烧杯在不同时间反复称量, 直至恒重。

通常情况下, 实验室里使用电子天平称量样品时需要手动记录数据, 然后输入电脑, 再进行数据处理。当数据量较大时, 在数据转移过程中容易发生错误, 同时数据录入也是不小的工作量。实验室的电子天平大都具有 RS232 等串口接口, 如德国赛多利斯和瑞士梅特勒-托利多等品牌。预留 RS232 的目的是可以让天平与针式打印机或者电脑连接, 进行数据的输出。配置针式打印机后, 称量样品的质量通过打印机, 逐条打印。但是打印出的数据还需要人工输入到电脑进行后续处理, 工作量没有得到明显的减少。配置电脑后, 数据能够得到有效的转移, 但是需使用商用电脑端, 且每一台天平需要配置一台电脑, 占据实验室空间。

数据信息存储与查询系统一直是 Internet 上最活跃最主要的一项功能, 利用 Active Server Pages 技术, 基于 C/W 模式可以实现服务端数据库的存储与查询。安卓系统 (Android) 是一个完全开放的操作系统, 随着用户和应用的日益丰富, Android 作为移动端新的平台已经走向成熟。本研究开发了一套基于 Android 移动端的电子天平数据记录系统, 提供了数据的便捷记录途径, 既不占据实验室物理空间, 又可避免实验人员的记录错误, 同时也减轻了大量数据录入的工作量, 显著提高了工作效率。

### 1 实验部分

#### 1.1 仪器与软件

ME403E 电子天平 (梅特勒-托利多国际贸易 (上海) 有限公司); 力特 Z-TEK 614 RS232-Micro B 数据转换器 (东莞市茂肯电子有限公司); BT5707 串口蓝牙适配器 (北京水木行电子设备有限公司); ASP 网站平台 (Visual Studio 2010)、关系型数据库 (MySQL 64 位 5.7.19) 和安卓开发平台 (Android Studio 2.3)。

#### 1.2 系统总体架构

总体架构如图 1A 所示, 将电子天平的数据通过 RS232 传输至手机, 手机与云服务器进行数据同步。分析测试人员可以通过办公电脑访问云服务器, 在进行分析样品批次管理和序列设置的同时, 又可以获得电子天平的称量数据。

具体实现过程如图 1B 所示, 主要包含 3 部分内容。首先, 使用 RS232-Micro B 数据转换器为通讯

接口的有线模式和使用蓝牙适配器为通讯接口的蓝牙模式,使得电子天平 RS232 与手机 APP 之间数据通讯,为数据在硬件之间传输提供通道,这两种可选择的通讯方式可以为数据记录的稳定性和可靠性提供保证。其次,在 Android Studio 环境下,编写手机 APP 软件,分别接受两种通讯模式的数据,能够访问和操作 web 服务器上的数据库。最后,编写电子天平数据记录系统的网络平台,分析人员可以使用办公电脑打开网络平台,编辑称样顺序和下载称量结果。通过本系统进行数据传输,能提高数据传输的可靠性和便捷性。

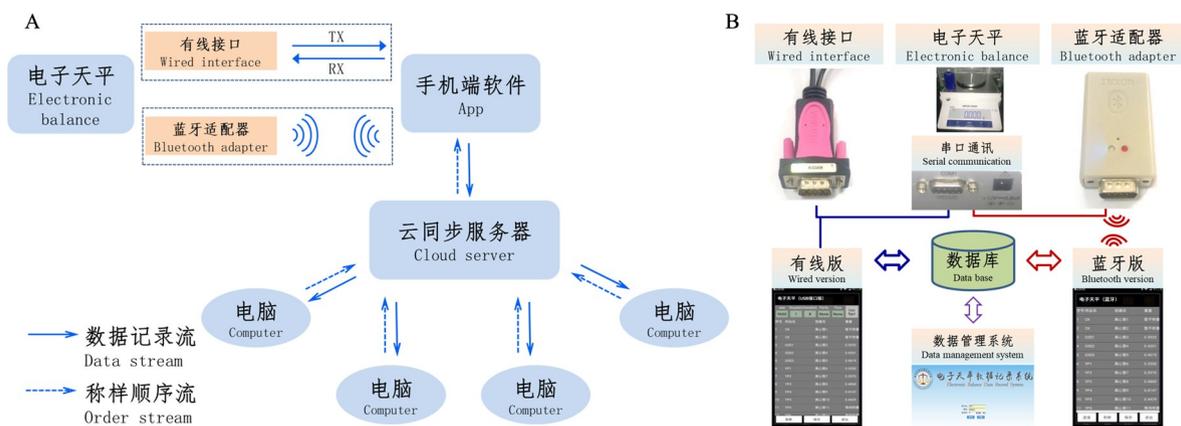


图 1 系统结构图(A)和示意图(B)

Fig. 1 Schematic illustration (A) and physical diagram (B) of the system

## 2 结果与讨论

### 2.1 网络平台与移动端软件的设计

分析测试人员可以通过网络平台的“用户数据管理”页面对称量批次进行管理。通过“选择”和“完成”对批次的“当前状态”进行管理。只有“正在称样”的批次,才送至移动客户端。在“样品信息详细列表”中,可以通过模板导入将要称量样品的顺序;也可以通过“追加”和“插入”对称量列表进行编辑。移动客户端对重量进行记录完成后,在网络平台的“样品信息详细列表”中的“导出”为 excel 文件,供分析测试人员使用(操作手册请见电子版文后支持信息)。

移动端软件具有“有线”和“蓝牙”两种通讯接口,分别对应于两个应用程序。这两个移动端软件除了在“连接天平”时有选择区别,其他设计一致。分析测试人员通过菜单选择连接天平,在移动端的菜单中进行新建批次、选择批次,以及关于移动端程序的相关辅助操作,包括在移动端打开网站平台、保存数据、系统更新和系统版本说明。通过“选择批次”后,在主页面上会显示“当前批次”的样品信息。可以在页面下方进行样品称样程序设定,通过“追加”和“插入”进行编辑。通过触屏技术,可以随时修改称量样品的样品名和容器名,为称量的容错、纠错提供了保证。比如,称量某一个样品时撒到了容器外面,此时这个样品将作废,可以将样品质量变为“准备”状态后重新称量。如果某一样品暂时不称样,通过触屏弹出,修改样品信息为“暂缓”。

容器名和样品名可以通过网络平台或者移动端软件进行预编辑输入数据库。无论“有线通讯”模式还是“蓝牙通讯”模式,均通过相应的串口匹配协议数据传输。分析测试人员按电子天平上面的“发送”按钮,数据将通过通讯协议传输到手机端。在定位到将要记录数据的位置后,对传送来的数据进行解析、存储,结束当前定位的称量位置的数据记录。移动端软件继续定位到下一个称量位置,等待电子天平“发送”下一个称量数据,直到称量结束。

### 2.2 数据记录系统的操作方法与数据传输

为实现电子天平称量所获数据经手机向所述云服务器的传输,实际应用中需要构建容器名、样品名和样品质量的对应关系。容器名和样品名在网络平台或者手机端软件生成过程中,会在数据库中产生唯一性的编号作为数据媒介。以唯一性编号为桥梁为容器名、样品名和样品质量的指针构建对应关

系。云服务器数据库中构建用于记录针对所有数据进行操作的日志文件,包括数据插入、数据更新和数据删除等操作。

由于手机内存有限,其处理能力不足;同时,由于技术性差异,手机不能直接访问远程服务器上 MySQL 数据库。使用 web Service 技术,承担将服务器端数据调用返回功能,数据以 xml 通用格式返回供 Android 端调用解析。通过在远程服务器和 Android 之间建设中间件的形式,实现数据交互,便于移植。通过上面的自定义类完成安卓端的数据与服务器端的数据库的数据进行操作。

有线通讯选用具有 FT311D 芯片的接口连接器,其优点是 USB 与 UART 一步到位封装,无须固件,具有专属 API,开发更容易,不需要再安装驱动。蓝牙通讯选用具有标准的 CSR 蓝牙芯片的蓝牙发生器,其优点是内部嵌入了蓝牙协议软件,因此不需要另外安装驱动程序,其增强的误差率性能和自动跳频技术,可确保高效安全的通讯,并具有更强的抗干扰能力,保障通讯的稳定性和可靠性。从程序设计方面看,有线版在与电子天平联用时,参数选择更为丰富,只需要波特率、数据位、停止位等与电子天平的设置一致即可。蓝牙的串口参数已经固定在设备固件中,设置参数中,波特率为 9600,数据位为 8 位,停止位为 1 位。从使用便捷度考虑,蓝牙模式更方便。波特率与数据的传输速率呈正相关的关系,波特率越高,传输速率越快。本应用因为称量样品过程需要时间,传输速率和传输延迟方面足够满足需求。在串口数据传输过程中,数据均经过校验位校验来排除误码的发生。

### 2.3 实际样品测定应用

比较了传统手工称量记录方法和功能开发后的记录方案的便捷性,结果见图 2。在南京土壤研究所中随机选取一名分析测试人员,共称量 100 个样品,对称量环节的时间进行记录,比较两种数据记录方法操作时间进行比较。结果显示:移动记录时间的节省体现在样品表格编写和数据录入过程,手工记录共使用 185 min,而移动记录共使用 111 min,节省了 74 min,约 40% 的时间。另外,手工记录实验后,数据录入过程中发生 3 次窜行,经过检查得到纠正,移动记录中没有发生这种情况。数据记录系统的便捷性和准确性得到显著提升,提高了工作效率,在实验室实际运行中取得了良好效果。

## 3 结论

本研究通过有线和蓝牙两种数据通讯模式,开发出基于 Android 移动端的电子天平数据记录方案。称量数据经过电子天平的 RS232 串口与手机之间通讯,数据通过手机传输至服务器数据库,完成称量数据的记录。通过与传统手工称量记录相比,功能开发以后的移动记录方案节省约 40% 的测量和处理时间,记录的便捷性和准确性得到显著提升,提高了工作效率,在实验室实际运行中取得了良好效果。今后,还可以通过图像数字识别、语音识别、机器人深度学习与训练等计算机技术,将其他数显仪器(如电子天平、火焰光度计、紫外分光光度计和 pH 计等)的显示数值进行数字信息化识别,进而与现有的数据库系统通讯,完成更多仪器的无纸化记录。

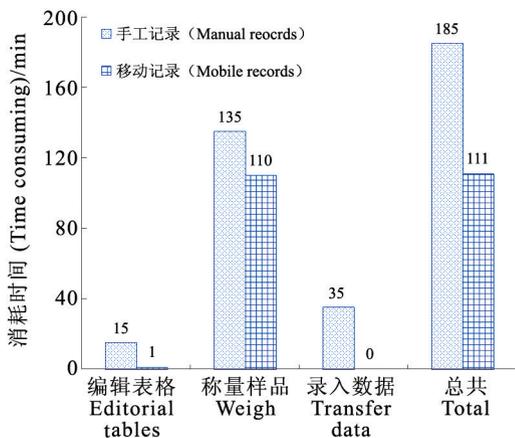


图2 传统手工记录与移动端数据记录的测试比较

Fig. 2 Comparison between traditional manual and mobile data records