

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2017.S0.048

基于 Android 平台的土壤采样信息自动记录系统

郝子源 张旭 杨玮 王明星 李民赞

(中国农业大学现代精细农业系统集成研究教育部重点实验室,北京 100083)

摘要: 目前土壤采样信息大多依赖于实验人员手动纸质记录。为了更好地记录和处理土壤信息,提出了一种适用于现代化农业的土壤采样信息记录方法,利用 Android 系统结合服务器和数据库架构实现基于 Android 的土壤采样信息自动记录系统。整个系统设计包括系统架构设计和软件功能设计。在服务器上使用 JSP 和 MySQL 数据库管理系统(Database management system,DBMS)作服务器端,搭建云服务器及农田信息管理数据库。服务器端设计包括在 WEB 工程中引入 JDBC 驱动,使服务器直接连接数据库,实现 WEB 服务器与 MySQL 数据库的交互。Android 客户端设计包括在 Material Design 设计规范下完成土壤自动采样记录系统 Android 客户端界面,以及利用 JSON 数据解析实现对云服务器下 MySQL 数据库信息的访问和操作。最后对系统软件进行有效性和健壮性测试。试验表明,该系统能有效地显示采样土壤位置的空气温度、湿度、经纬度以及土壤氮素含量等土壤采样信息,并能进行正确的地图位置显示,证明了 Android 系统在土壤采样记录方面的有效性以及构建系统的可行性。

关键词: 土壤采样信息;自动记录系统;Android;云服务器;MySQL

中图分类号: S126 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2017)S0-0315-06

Wireless Soil Sampling and Recording System Based on Android

HAO Ziyuan ZHANG Xu YANG Wei WANG Xingming LI Minzan

(Key Laboratory of Modern Precision Agriculture System Integration Research, Ministry of Education, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: The collection of soil sampling information mostly relies on manual recording by far. In order to record and process soil information automatically, a new method for recording soil sampling information based on Android was proposed. Combined with the server and database architecture, it achieved wireless automatic sampling and soil information recording. Firstly, the system architecture and software function were designed. Then the cloud server and field information database management were set up and built. Based on JSP and MySQL database management system, the server imported the JDBC driver in the WEB project, which could make the WEB server connect with the database directly and guaranteed the interaction between the WEB server and MySQL database. The data in the DBMS was packaged into JSON format and then sent to the Android platform. The Android client was designed to implement the soil auto record system Android client interface using material design specifications, and to access and operate the MySQL database in the cloud server by analyzing the JSON data. Finally, the validity and robustness of the system were tested. The experiments showed that the system could effectively display the collected agricultural environmental information such as air temperature, humidity, latitude and longitude and soil nitrogen content in the position of the sampling point. The experiment results indicated that the effectiveness of this Android system in recording soil sampling information and the feasibility of the system.

Key words: soil sampling information; automatic recording system; Android; cloud server; MySQL

引言

农业一直是我国经济的重要组成部分,随着近

几年城镇化速度加快,大量农民进入城镇务工,农村务农人数持续减少,农耕方式开始由小规模种植模式逐步向大规模种植模式转变。因此需要利用自动

收稿日期:2017-07-05 修回日期:2017-11-22

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFD0700300-2016YFD0700304)

作者简介:郝子源(1995—),女,硕士生,主要从事电子技术在农业中的应用研究,E-mail:597544857@qq.com

通信作者:杨玮(1981—),女,副教授,主要从事精细农业系统集成研究,E-mail:cauyw@cau.edu.cn

化和智能化技术来提高农作物生产种植效率,尤其是土地土壤信息管理信息化、智能化程度低,大部分数据采集处理工作仍需人工来完成,以手机或者移动平台为终端的信息获取、交互方式在大多数农场中还没有应用^[1]。整合了 Android 平台的农业信息获取系统将会更加便捷和高效,基于 Android 的土壤采样信息自动记录系统将会是未来农业发展的一个重要组成部分^[2]。

当前投入使用的基于 Android 的土壤信息管理应用中虽然实现了一些功能,但是也存在很多不足^[3]。现阶段用于土壤采样记录的 Android 应用大多无法连接互联网,受制于单一设备的影响,无法对数据进行有效备份和处理,基于互联网的服务器和数据库的网络部署和信息传输还不够完善,需要加强服务器和数据库平台建设;由于 Android 系统版本和硬件更新速度较快,很多应用适配的版本已经无法满足现阶段的使用,而且存在界面不友好、应用漏洞较多的问题,这些问题导致难以将 Android 在农业上大范围应用。

针对 Android 平台在土壤采样记录系统的研究着力于解决土壤信息管理应用缺少数据备份和界面友好度不高的问题,设计一种适用于现代农业的土壤采样信息自动记录系统,用于记录和处理农业环境信息数据。采用 JSP 和 MySQL 数据库做服务器端。同时,采用系统版本为 Android 7.0 的安卓平台进行客户端设计,以实现实时收集采样点土壤的环境信息、标签信息等,并实现对数据进行存储、显示和分析的功能。

1 系统设计

1.1 总体设计

本系统总体上设计为客户机/服务器(Client/Server,C/S)的架构。客户机即 Android 智能平台,负责前台界面显示和信息采集,服务器负责数据接收和存储。这是一种软件系统的体系结构,该结构充分利用了两端硬件环境的优势,将任务合理分配到服务器和客户,从而有效减少了系统的资源消耗^[4]。系统功能框架图如图 1 所示。系统的开发流

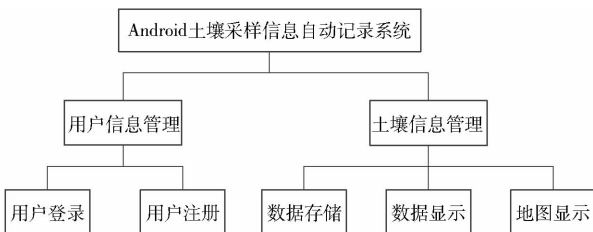


图 1 系统功能框架图

Fig. 1 Chart of system functional framework

程图如图 2 所示。

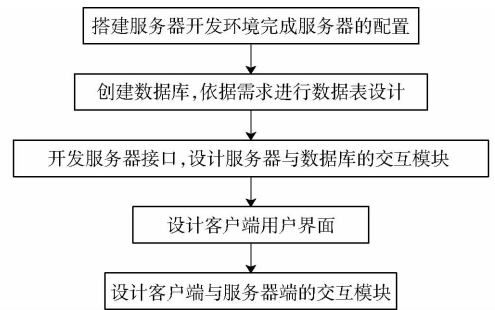


图 2 系统开发流程图

Fig. 2 Flow chart of system development

在设计上首先搭建服务器开发环境,完成服务器的配置。然后创建数据库,依据需求进行数据表设计。其次开发服务器接口,设计服务器应用与数据库的交互模块。最后搭建客户端用户界面,设计客户端与服务器的交互模块。

为完成系统各功能模块的开发,服务器选择腾讯标准型 S1(1 核 1 GB 1 Mbps)云服务器,操作系统为 CentOS 6.5 64,数据库系统选择 MySQL,Web 服务器为 Tomcat 8.0。客户端程序建立了 Android SDK + Java SE 8.0 + Android Studio 2.3.1 的开发环境,基于 Android 7.0(API level 24)版本开发,客户端智能手机采用小米 Note(Android 7.0 系统,硬件配置为 Snapdragon MSM8974 2.5 GHz CPU,64 GB ROM,3 GB RAM)。测试使用的通道为中国联通 4G TD-LTE 网络。

1.2 服务器端设计

在服务器端主要完成的是服务端应用程序与数据库以及客户端程序的交互模块,可以实现服务器对客户端发出的请求做出响应,并从数据库获取数据发送给客户端。

1.2.1 数据库

系统使用 MySQL 数据库作为数据持久层,MySQL 是一个多线程 SQL 数据库服务器,也是真正的多用户服务器^[5]。SQL 也称结构化查询语言,是当前世界上最标准化和最流行的数据库语言。MySQL 由一个服务器守护程序和很多不同的客户程序及库组成,是以客户机/服务器的结构来实现的^[6]。

整个数据库设计依赖于多张数据表,包括组别表和数据表。组别表,包含实验序号、实验组名、采集时间等信息,主要可以让查询者以最快的速度查询到每次采样实验的概略信息。管理员进入后,可以对每次实验的组别信息进行修改或完善。

数据记录表包含实验点序号、RFID、温度、湿度、经纬度、氮素含量、有效值及采集时间等信息,主

要可以让查询者查询到每次采样实验各个采样点的详细采样数据,查询者可以通过浏览这些信息了解土壤的实际情况并对数据进行分析 and 保存。

1.2.2 Web 服务器

系统服务器端使用的是系统版本为 CentOS 6.5 的 64 位腾讯云服务器,云服务器是一种简单高效、安全可靠、处理能力可弹性伸缩的计算服务^[7]。其管理方式比物理服务器更简单高效,用户无需提前购买硬件,即可迅速创建或释放任意多台云服务器^[8]。云服务器的特性可以实现快速构建更稳定、安全的应用,降低开发运维的难度和整体 IT 成本。

系统采用 Tomcat 8.0 作为 Servlet 的容器, Tomcat 8.0 支持最新的 Servlet 和 JSP 规范且性能稳定,得到了部分软件开发商的认可,是目前比较流行的 Web 应用服务器。Tomcat 8.0 服务器是一个免费的开放源代码的 Web 应用服务器,属于轻量级应用服务器,在中小型系统和并发访问用户不是很多的场合下被普遍使用,是开发和调试 JSP 程序的首选^[9]。系统服务器端程序的总体结构如图 3 所示。

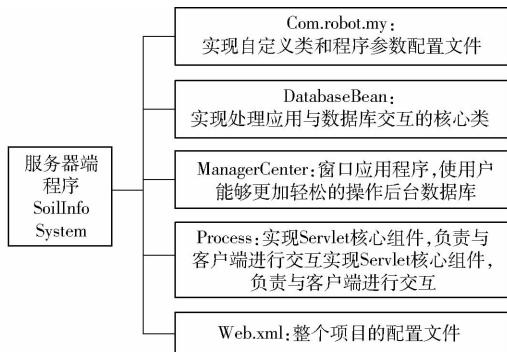


图 3 系统服务器结构图

Fig. 3 Structure chart of the system server

整个服务器端采用 JSP (Java Server Page) 技术来实现与客户端的交互,客户端通过 Http 协议向服务器端的 Servlet 容器发出请求,Servlet 容器启动相应的 Servlet,Servlet 启动后,从后台数据库中获取数据以后再反馈给客户端。JSP 是使用 Java 代码动态生成 HTML 文档的 Web 页面模版。JSP 运行在服务器端组件,称为 JSP 容器,它将 JSP 转换成等价的 Java Servlet。因此,Servlet 和 JSP 页面最终是相关的。JSP 页面具有了 Servlet 的所有优点,如良好的性能和扩展性,对 HTTP 会话提供嵌入式支持等。同时 JSP 页面还具有自身的优点,需要时可以自动重新编译,并与 Web 开发工具具有更大的兼容性^[10]。

1.2.3 Web 服务器与数据库连接

常见的 Web 数据库连接技术有:CGI 技术、WebAPI 技术、RAD 技术和 JDBC 技术等。最早出现

的 CGI 技术得到了几乎所有 Web 服务器的支持,但是存在着严重的缺陷,例如运行速度慢、开发困难和可移植性差等。WebAPI 的出现克服了速度问题,但是开发更加困难。各种不同的 API 互不兼容,使用范围极其受限。RAD 技术从根本上改变了开发困难的现状,但是它和特定的 Web 服务器的依赖性很强,缺乏通用性。Java 数据库连接 (Java database connectivity, JDBC) 技术的最大优势是它为所有数据库管理系统提供一种标准接口,可以为多种关系数据库提供统一访问^[11]。

JDBC 包括 JDBC API 和 JDBC 驱动管理器。JDBC API 主要由接口组成,被包含在 java.sql 和 javax.sql 两个包中。这些接口由提供 JDBC 驱动的软件商来完成,它的主要特点之一是简单且容易掌握。JDBC 驱动管理器的作用是在 JDBC 运行结构上,提供最基础的指引功能,即当一个 JDBC API 程序进行数据库调用时,它会选择一个正确的 JDBC 驱动程序进行连接并进行相应的处理,JDBC 驱动提供 JDBC API 的接口类^[12]。具体的 JDBC 技术操作流程如图 4 所示。

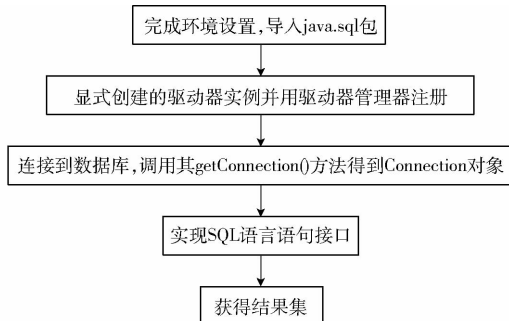


图 4 JDBC 操作流程图

Fig. 4 Flow chart of JDBC operation

Java 使用 JDBC 技术处理数据库是一种综合通用方式,能够实现与数据库的连接,执行查询和提取数据等操作。利用 MySQL 的 JDBC 驱动程序,可以完成 Web 服务器与数据库的连接。

1.3 Android 客户端设计

在客户端模块主要实现了用户界面的搭建和客户端与服务器的交互,实现了客户端对服务器的数据处理,并将从服务器获得的数据显示给用户。客户端功能主要分为数据查询和地图查询 2 个模块。用户可以通过用户注册功能,完善当前采样者的信息,包括用户名、用户密码、地址、E-mail 和手机号码等。注册完成的用户信息将保存至服务器端的数据库,并在数据库中生成对应用户的组别表和数据表,用来记录当前采样者记录的数据。用户完成用户登录后,可以进入客户端的主界面,可以进行数据查询和地图查询操作。数据查询可以获取服务器端数据

库里存储的采样信息,并可以将采样信息通过创建的适配器显示在 Android 列表控件上,完成可视化操作。地图查询主要应用百度开放平台下的 Android 地图 SDK v4.3.1,百度地图 Android SDK 是一套基于 Android 2.3 及以上版本设备的应用程序接口。可以使用该套 SDK 开发适用于 Android 系统移动设备的地图应用,通过调用地图 SDK 接口,可以访问百度地图服务和数据,构建功能丰富、交互性强的地图类应用程序^[13]。系统借助百度地图 Android SDK 和采样记录的经纬度信息可以实现采样点的地图展示,包括普通 2D 地图、3D 地图和卫星图。

1.3.1 Android 客户端界面

系统 Android 客户端以 Material Design 设计语言作为界面设计原则,Material Design 语言的一些重要功能包括系统字体 Roboto 的升级版本,同时颜色更鲜艳,动画效果更突出。在界面设计时使用 Design Support 库,这个库将 Material Design 中最具代表性的一些控件和效果进行了封装。

Android 的界面显示依赖于 Android 组件中的 Activity,分别创建了 MainActivity、LoginActivity、SignupActivity、GroupActivity、DataActivity 以及它们对应的.xml 文件来实现客户端的主界面、登录界面、注册界面、类别界面和数据界面。在界面设计时使用相关的 Material 控件,包括 Toolbar、滑动菜单、悬浮按钮、卡片式布局和可折叠式标题栏。

1.3.2 Android 客户端与数据库连接

在 Android 客户端下,注册账号、用户登录和获取采样信息,实现数据查询和地图查询均需要连接服务器的 MySQL 数据库管理系统,主要有两种方法,一是在 Android 工程中引入 JDBC 驱动,直接连接;二是在服务器上用 JSP 和 DBMS 做服务器端,JSP 将 DBMS 中的数据用 JSON 进行封装。然后再将封装好的数据返回给 Android 平台^[14]。

采用 JDBC 方法主要问题是安全性不高,而且一旦要访问的数据量过多,容易出现阻塞^[15]。此外,Android 系统本身有对 JSON 格式直接解析的 API,所以本文采用第 2 种方法,这样有助于提高系统的实用性与安全性。

在解析 JSON 格式时使用 Gson API,Gson 是 Google 公司发布的一个开放源代码的 Java 库,主要用途为序列化 Java 对象为 JSON 字符串,或反序列化 JSON 字符串成 Java 对象^[16-20]。而 JSON 是一种轻量级的数据交换格式,易于阅读和编写,同时也易于机器解析和生成,广泛应用于各种数据的交互中,尤其是服务器与客户端的交互。

实现注册账号功能时,需要将序列化 Java 对象转换为 JSON 字符串,发送至服务器。利用 Gson API 提供的 JsonSerializer 类完成序列化,JsonSerializer 是一个接口,需要提供函数实现,来满足对应序列化要求。实现用户登录和获取采样信息需要将服务器传送的 JSON 数据反序列为 Java 对象,这里对应使用 JsonDeserializer 来完成相关操作。

2 系统测试

2.1 软件测试

2.1.1 测试工具

软件开发测试环境是 Android Studio 2.3.1 和 Java SE 8.0,用到的测试软件工具主要有 Android SDK 中自带的 Debug 工具 ADB、Android 调试工具 DDMS、压力测试工具 Monkey、UI 识别测试工具 Hierarchy Viewer 和 Android 功能测试工具 Robotium。Debug 工具 ADB 主要用于运行 shell 命令,实现计算机和 Android 设备之间的数据传输,将编译打包完成的 APK 文件安装到 Android 设备上也是使用 ADB 工具。

2.1.2 测试方法

DDMS 可以查看某个进程中正在运行的线程信息、内存堆使用信息、Logcat 信息,也可以设置地理坐标、模拟电话呼叫和短信发送,还可以为正在运行的 Android 设备截屏等。

Monkey 测试是对 Android 应用进行的压力测试,该测试不仅可以运行在 Android 设备上还可以运行在 Android 模拟器中。Monkey 测试是通过发送伪随机用户事件流来模拟用户的输入(比如按键输入、触摸输入和手势输入等),从而来测试应用稳定性和健壮性的,是进行压力测试的高效方法。

UI 识别测试工具 Hierarchy Viewer 可帮助 Android 开发人员检查和设计用户界面。该工具可以从可视化的角度直观地获得 UI 布局设计结构和各种属性信息,帮助开发人员优化布局设计,结合 Debug 信息还可以观察特定 UI 对象的 invalidate 和 requestLayout 过程。

Robotium 是基于 Android Instrumentation TestCase2 测试框架开发的一款自动化测试框架,使用它可以同时测试多个 Activity,使用该框架可以更容易编写黑盒测试代码。

对本文设计和实现的记录系统的测试主要分为 2 部分:Robotium 功能测试和 Monkey 压力测试。

2.1.3 测试结果

Robotium 测试了本应用中的所有功能模块,主要有任务添加、任务列表显示、列表中的某个或多个

任务修改、任务所属子列表和标签的创建和显示、任务同步、任务过滤、任务搜索、任务分享、任务导出到文件。经测试,这些功能模块的所有功能都能正常使用,达到设计要求。

使用 Monkey 测试对该应用进行 10 000 次模拟用户操作,测试期间应用的运行效果良好,没有出现应用程序无响应 ANR(Application not responding)现象,也没有出现强制关闭 FC(Force close)现象。通过 Robotium 功能测试,该应用中的所有功能模块都已达到设计要求;Monkey 压力测试证明该应用的稳定性和健壮性良好,因此可以满足用户需求。

2.2 田间测试

2017 年 3 月 27 日进行试验,地点在中国农业大学上庄实验站,位于北京市海淀区,116.189 396 570 13°E,40.141 112 854 64°N,天气晴朗,空气潮湿。在拟定的试验方案基础上展开试验,试验田为 0.27 hm² 的小麦田。试验内容包括两部分,数据采集和系统测试。为了对该区域土壤情况有一个整体的了解和监测,需要均匀合理的选取采样点的位置,故在小麦田中选择 4 列 12 行共 48 个点,每个交点处放置一个标杆,便于采集数据。

通过采集节点在每个标杆位置处采集土壤环境信息,采集时对附在密封袋上的 RFID 标签进行扫描得到起始信号,每次可以得到 RFID 标签对应的 RFID 序列号,传感器采集到的温湿度数值以及 GPS 仪得到的地理位置信息。然后通过协调器网关将采集到的数据通过 4G 网络发送到服务器中,并记录在数据库中。同时 Android 移动终端通过客户端程序也可以获取采集节点的数据,可以现场进行土壤采样记录和监测管理。每完成一个采样点的数据收集后,需要在该点位置用标准的环刀取量一标准单位的土壤样本,装在附有 RFID 电子标签的密封袋中。将 48 个点全部采集完毕后,把土样带回实验室测量土壤氮素含量,并将其记录在服务器数据库中。

系统测试过程中,客户端主要进行了用户界面测试和压力测试。用户界面测试主要侧重用户在进行一些非法输入时程序的运行状况,以及界面之间的跳转是否流畅,防止某些原因使程序进入阻塞,从而造成用户界面的假死状态,压力测试主要是针对没有网络或网络资源有限时,程序的表现是否达标。

通过对客户端程序的分析,客户端可能出现问题的环节大致包括:登录界面,在用户没有填写任何信息的情况,直接点击登录按钮,试图直接登录。由于加载资源过多,导致 Activity 之间的跳转出现延迟或阻塞。在没有网络的情况下,是不是会造成请求等待,造成用户界面阻塞,出现假死状态。系统测试时数据显示界面和地图显示界面如图 5 所示。



(a) 数据显示界面
(b) 地图显示界面
图 5 数据显示界面和地图显示界面

Fig. 5 Display interface

经过对系统的测试,在网络环境正常,以及程序运行环境没有故障的情况下,程序能够正常运行,并且能够从服务器上获取信息以及正常显示,在用户进行误操作的情况下,程序能够提示错误信息,在网络没有打开的情况下,程序会自动跳转到网络设置界面。对结果分析表明该应用就完整性而言,基本实现了用户需求的功能。

3 结论

(1) 系统构建了完整的服务器端和客户端模块,包括建立 Web 服务器,创建数据库表和设计客户端 Android 用户界面,实现了 Web 服务器、数据库和 Android 客户端三者的交互,并设计相关的软件测试试验,试验结果表明系统可以满足用户需求的功能。

(2) 整个系统具备土壤采样信息传输、储存和显示的功能,系统在联网状态时,客户端能够快速准确地获取服务器中保存的土壤采样信息,并将信息完整地反映在客户端界面。整个系统具有运行方便、操作简单、实用性强的特点。用户在使用过程中,只需要携带一台 Android 设备便可以对土壤采样信息进行实时的监控,减少了大量的部署时间。

参 考 文 献

- 1 陈美镇,王纪章,李萍萍,等. 基于 Android 系统的温室异构网络环境监测智能网关开发[J]. 农业工程学报,2015,31(5): 218-225.
CHEN Meizhen, WANG Jizhang, LI Pingping, et al. Development of intelligent gateway for greenhouse heterogeneous network environment monitoring based on Android system[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2015, 31(5):218-225. (in Chinese)
- 2 尚明华,秦磊磊,王风云,等. 基于 Android 智能手机的小麦生产风险信息采集系统[J]. 农业工程学报,2011,27(5):178-

182.

- SHANG Minghua, QIN Leilei, WANG Fengyun, et al. Wheat production risk information collection system based on Android smart phone[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2011, 27(5):178 - 182. (in Chinese)
- 3 陈大鹏,毛罕平,左志宇. 基于 Android 手机的温室环境远程监控系统设计[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(9):375 - 379. CHEN Dapeng, MAO Hanping, ZUO Zhiyu. Design of remote monitoring system for greenhouse environment based on Android mobile phone[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2013, 41(9):375 - 379. (in Chinese)
- 4 KOROSAK D, CVIKL B, KRAMER J, et al. Fractional calculus applied to the analysis of spectral electrical conductivity of clay-water system[J]. Journal of Contaminant Hydrology, 2007, 92(1-2):1 - 9.
- 5 DISTEFANO A, ME G, PACE F. Android anti-forensics through a local paradigm[J]. Digital Investigation, 2010, 7(8):83 - 94.
- 6 白思杰,魏忠义. 基于 J2EE 与 ArcIMS 的城市土壤信息系统的设计与实现[J]. 土壤, 2011, 43(2):323 - 328. BAI Sijie, WEI Zhongyi. Design and implementation of urban soil information system based on J2EE and ArcIMS[J]. Soil, 2011, 43(2):323 - 328. (in Chinese)
- 7 HUAN J, LIU X, CHONG Q. Design of an aquaculture monitoring system based on Android and GPRS[J]. Applied Engineering in Agriculture, 2014, 30(4):681 - 687.
- 8 CAMA A, MONTOYA F G, GÓMEZ J, et al. Integration of communication technologies in sensor networks to monitor the Amazon environment[J]. Journal of Cleaner Production, 2013, 59(3):32 - 42.
- 9 岳学军,刘永鑫,洪添胜,等. 基于土壤墒情的自动灌溉控制系统设计与试验[J/OL]. 农业机械学报, 2013, 44(增刊 2):241 - 246. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=2013s245&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2013.S2.045. YUE Xuejun, LIU Yongxin, HONG Tiansheng, et al. Design and experiment of automatic irrigation control system based on soil moisture content[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(Supp. 2):241 - 246. (in Chinese)
- 10 余国雄,王卫星,谢家兴,等. 基于物联网的荔枝园信息获取与智能灌溉专家决策系统[J]. 农业工程学报, 2016, 32(20):144 - 152. YU Guoxiong, WANG Weixing, XIE Jiaying, et al. Expert decision system for information acquisition and intelligent irrigation in litchi orchard based on Internet of things[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32(20):144 - 152. (in Chinese)
- 11 CAMA A, MONTOYA F G, GÓMEZ J, et al. Integration of communication technologies in sensor networks to monitor the Amazon environment[J]. Journal of Cleaner Production, 2013, 59(3):32 - 42.
- 12 SENDRA S, PARRA L, LLORET J, et al. Oceanographic multisensor buoy based on low cost sensors for posidonia meadows monitoring in mediterranean sea[J]. Journal of Sensors, 2015, 2015(1-2):1 - 23.
- 13 江朝晖,李想,马友华,等. 基于 ARM 和 Android 的通用化农田信息检测终端研究[J/OL]. 农业机械学报, 2016, 47(11):294 - 300. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20161140&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2016.11.040. JIANG Zhaohui, LI Xiang, MA Youhua, et al. Research on universal farmland information detection terminal based on ARM and Android[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(11):294 - 300. (in Chinese)
- 14 HII P C, CHUNG W Y. A comprehensive ubiquitous healthcare solution on an Android™ mobile device[J]. Sensors, 2011, 11(7):6799 - 815.
- 15 刘黎志,陈传波. Windows Phone 数据访问技术研究[J]. 计算机工程与科学, 2014, 36(9):1829 - 1834. LIU Lizhi, CHEN Chuanbo. Research on data access technology of Windows Phone[J]. Computer Engineering and Science, 2014, 36(9):1829 - 1834. (in Chinese)
- 16 丁治明,高需. 面向物联网海量传感器采样数据管理的数据库集群系统框架[J]. 计算机学报, 2012, 35(6):1175 - 1191. DING Zhiming, GAO Xu. Database cluster system framework for mass data sampling and data management of IOT[J]. Journal of Computer Science, 2012, 35(6):1175 - 1191. (in Chinese)
- 17 郭文川,周超超,韩文霆. 基于 Android 手机的植物叶片面积快速无损测量系统[J/OL]. 农业机械学报, 2014, 45(1):275 - 280. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20140142&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2014.01.042. GUO Wenchuan, ZHOU Chaochao, HAN Wenting. Rapid and nondestructive measurement system of plant leaf area based on Android mobile phone[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(1):275 - 280. (in Chinese)
- 18 李慧,刘星桥,李景,等. 基于物联网 Android 平台的水产养殖远程监控系统[J]. 农业工程学报, 2013, 29(13):175 - 181. LI Hui, LIU Xingqiao, LI Jing, et al. Remote monitoring system of aquaculture based on Internet of things Android platform[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 29(13):175 - 181. (in Chinese)
- 19 叶思菁,朱德海,姚晓闯,等. 基于移动 GIS 的作物种植环境数据采集技术[J/OL]. 农业机械学报, 2015, 46(9):325 - 334. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20150948&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2015.09.048. YE Sijing, ZHU Dehai, YAO Xiaochuang, et al. Mobile GIS based approach for collection of crop planting environment data[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(9):325 - 334. (in Chinese)
- 20 郭文川,薛宪法,杨彪,等. 基于 Android 手机平台的玉米叶片含氮量无损检测[J/OL]. 农业机械学报, 2017, 48(9):137 - 142. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20170917&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2017.09.017. GUO Wenchuan, XUE Xianfa, YANG Biao, et al. Non-destructive and rapid detection method on nitrogen content of maize leaves based on Android mobile phone[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017, 48(9):137 - 142. (in Chinese)