

# Apple Orchard Information Collection System Based on ZigBee and RFID: System Design and Construction

Zhichao Lv<sup>1</sup>, Lihua Zheng<sup>2\*</sup>, Jun Qiao<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Network Technology Center, China Agricultural University, Beijing

<sup>2</sup>Key Laboratory of Modern Precision Agriculture System Integration Research, Ministry of Education, China Agricultural University, Beijing

Email: lvzhichao@cau.edu.cn, zhenglh@cau.edu.cn

Received: Nov. 18<sup>th</sup>, 2018; accepted: Nov. 30<sup>th</sup>, 2018; published: Dec. 7<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

With the development of agricultural information technology and wireless communication technology, the use of portable intelligent equipment to collect farm information is becoming an important means. In order to solve the problem of orchard information collection, an apple orchard information acquisition system based on ZigBee and RFID was developed in this paper. The hardware part of the system is composed of PDA, ZigBee coordinator module (connecting ZigBee wireless sensor network), RFID module and server. The software part of the system includes an embedded orchard information collection system running on the PDA side and a remote server terminal data exchange system running on the server side. The wireless portable terminal PDA reads the fruit tree RFID information, determines the data to collect the fruit tree objects, and collects the information obtained by the ZigBee wireless sensor network arranged around the fruit tree (the fruit tree growth environment, the fruit tree growth state and the sensor itself parameters) through the ZigBee coordinator integrated in the PDA, and then the custom can be used. The data exchange protocol sends the collected data to the server and updates the PDA display. After the server receives the data, it saves it to the corresponding database and returns the feedback information. The trial operation shows that the system is stable and reliable, and can realize the collection and preservation of the orchard fruit tree data, provide service for the follow-up data analysis, and have a certain use and promotion value in the field of agricultural production.

## Keywords

Orchard, Information Collection, Protocol, PDA, ZigBee, RFID

---

\*通讯作者。

# 基于ZigBee与RFID的苹果果园信息采集系统：系统设计与构建

吕智超<sup>1</sup>, 郑立华<sup>2\*</sup>, 乔 军<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中国农业大学网络技术中心, 北京

<sup>2</sup>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

Email: lvzhichao@cau.edu.cn, zhenglh@cau.edu.cn

收稿日期: 2018年11月18日; 录用日期: 2018年11月30日; 发布日期: 2018年12月7日

## 摘 要

随着农业信息化和无线通讯技术的发展, 利用便携式智能设备采集农田信息正在成为一种重要手段。为了解决果园信息采集问题, 本文开发了一个基于ZigBee与RFID的苹果果园信息采集系统。系统硬件部分由PDA、ZigBee协调器模块(连接ZigBee无线传感器网络)、RFID模块以及服务器等组成。系统软件部分包括一个运行于PDA端的嵌入式果园信息采集系统以及一个运行于服务器端的远程服务器端果园数据交换系统。无线便携终端PDA阅读果树RFID信息, 确定数据采集果树对象, 通过集成于PDA的ZigBee协调器采集该果树周围布设的ZigBee无线传感器网络获取的信息(果树生长环境、果树生长状态以及传感器本身工作参数), 随后即可使用自定义的数据交换协议将采集数据发送至服务器, 同时更新PDA端显示。服务器端接收数据后, 保存到相应数据库并返回结果反馈信息。试运行表明, 系统工作稳定, 运行可靠, 可实现果园果树数据的采集与保存, 为后续数据分析提供服务, 在农业生产领域具有一定的使用和推广价值。

## 关键词

果园, 信息采集, 协议, PDA, ZigBee, RFID

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

农业作为我国的第一产业, 是支撑国民经济建设发展的基础, 是我国粮食安全和社会经济可持续发展的可靠性保障[1]。随着科学技术的迅速发展和农村市场经济的不断完善, 农村劳动力的转移和产业结构调整, 迫切需要由传统农业向现代化的信息农业转换[2]。这些都为基于数字农业思想的果园数字化管理系统的应用提供了方便并提出了紧迫要求, 项目的成功应用必将产生良好的经济与社会效益。

ZigBee 是一种低速短距离传输的无线网络协议[3]。ZigBee 协议从下到上分别为物理层(PHY)、媒体访问控制层(MAC)、传输层(TL)、网络层(NWK)、应用层(APL)等[4]。它的优势: 1) 功耗低。在休眠状态下耗电量仅仅只有 1  $\mu$ W, 通信距离短的情况下工作状态的耗电为 30 mW, 在低功耗待机模式下, 两节普通 5 号干电池可使用 6 个月以上。2) 成本低。因为 ZigBee 数据传输速率低, 协议简单, 所以大大

降低了成本。无线传感器网络中可以具有成千上万的节点,如果不能严格地控制节点的成本,那么网络的规模必将受到严重的制约,从而将严重地制约无线传感器网络的强大功能。3) 网络容量大。每个 ZigBee 网络最多可支持 65,000 个节点,也就是说每个 ZigBee 节点可以与数万节点相连接。所以 ZigBee 的网络容量大的特点非常符合 WSN 的需要。4) 工作频段灵活。使用的频段分别为 2.4 GHz、868 MHz (欧洲) 及 915 MHz (美国),均为免执照频段,具有 16 个扩频通信信道。相应的,ZigBee 无线传感器网络采取 2.4 GHz 工作频段的特性将会更有利于无线传感器网络的发展。5) 安全。ZigBee 提供了数据完整性检查功能,硬件本身支持 CRC 和 AES-128。6) 自动动态组网和自主路由[5]。无线传感器网络是动态变化的,无论是节点的能量耗尽,或者节点被敌人俘获,都能使节点退出网络,而且网络的使用者也希望能在需要的时候向已有的网络中加入新的传感器节点[6]。这就希望无线传感器网络能具有动态组网、自主路由的功能,而 ZigBee 技术就正好能解决了无线传感器网络的这一需要[7]。ZigBee 作为一种短距离无线通信技术,由于其网络可以便捷的为用户提供无线数据传输功能,因此在物联网领域具有非常强的可应用性[8]。

射频识别即 RFID (Radio Frequency IDentification)技术,又称电子标签、无线射频识别,是一种通信技术,可通过无线电讯号识别特定目标并读写相关数据,而无需识别系统与特定目标之间建立机械或光学接触[9]。它通过射频信号自动识别目标对象并获取相关数据,识别工作无需人工干预,作为条形码的无线版本,RFID 技术具有条形码所不具备的防水、防磁、耐高温、使用寿命长、读取距离大、标签上数据可以加密、存储数据容量更大、存储信息更改自如等优点[10]。基于以上特点,本文中选用了 ZigBee 作为苹果果园信息采集系统的无线通信技术,用 RFID 对每棵树进行唯一标识。

## 2. 技术选择

目前,国内外的信息采集系统的开发主要有以下三种方式[11]:以单片机为核心进行开发、在便携式计算机基础上进行开发和基于 PDA 开发的信息采集系统。基于单片机的开发方式简单实用、成本较低,但是功能比较单一,只能实现一个或几个要素的采集;便携式计算机的采集系统功能强大,但是系统体积较大,不太适合野外采集作业;基于 PDA 的嵌入式信息采集系统,内置多个功能模块,携带方便,功能也随着技术的进步逐渐增强,是信息采集系统的主要发展方向。

通常,由于果园的自然环境及果树分布特点,各种基于 PDA 的采集系统主要由四个部分组成:采集,控制,远程接收和传输四个部分[12]。采集部分,主要是传感器,对信息进行取样和收集;控制部分(以 PDA 为主),主要是控制中心,对采集部分进行控制,接收采集部分的数据以及发送或接收远程接收部分的数据;远程接收部分,主要是 PC 服务器以及数据库服务器,向控制部分发送以及接收采集信息并对信息进行处理;传输部分,主要是数据传输的途径,比如 ZigBee、GPRS、3G、以太网、蓝牙等。信息采集系统基本结构如图 1 所示。

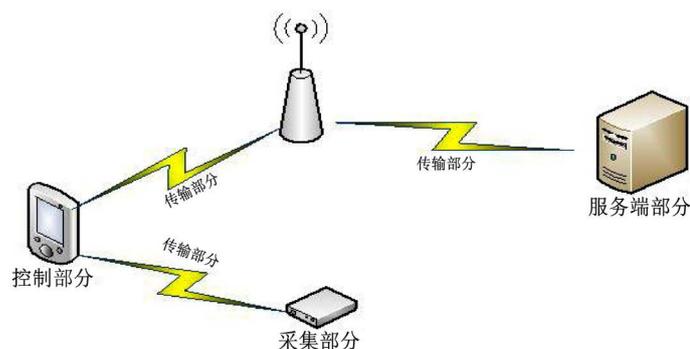


Figure 1. The basic structure of the information collection system  
图 1. 信息采集系统基本结构图

各种信息采集系统原理结构基本相同，但是具体实现方法有一定程度的差别。目前国内外的信息采集系统的具体构成主要有以下特点：

#### 1) 采集部分

有 PDA 内置传感器模块，也有外接模块采集甚至人工采集。PDA 本身内置了一些采集功能模块，比如 GPS、RFID 阅读器，或者 PDA 通过与之相连的串口去连接 ZigBee 模块从而获取 ZigBee 网络的采集信息。还有，人工使用设备采集作物信息后录入到 PDA，不过效率低下，但硬件成本低[13]。内置模块便于携带但很多时候需要定制，定制成本较高。必要时可部分内置，部分外接，便于控制成本。

#### 2) 控制部分

主要是操作系统的不同。目前，大部分是 Windows CE，还有部分 Android，很少部分其他的例如 Palm OS，Linux 等等。首先，使用 Windows CE 平台的 PDA，内置有 RFID 阅读器、GPS、蓝牙模块。RFID 阅读器用来读取某一作物的唯一标识，蓝牙用来与采集模块交换信息。PDA 软件使用 Visual Studio 开发，开发语言为 C#。PDA 端地图软件使用超图 GIS 软件。信息远程接收系统数据存储使用 SQL Server，运行环境为 Windows Server 或者 Windows XP。同时，信息远程接收系统使用 IIS 搭建网站，使用 Webservice 方式进行数据交换。C#平台软件开发容易，但微软产品费用较高(Windows, SQL Server) [14]；另外，使用蓝牙以及 GPRS 传输数据，传输速度比较慢。第二，使用 Android 平台的 PDA，内置有 GPS 模块、3G (同时支持 GSM 与 WCDMA)模块，同时外加一个采集设备对信息进行采集，或者通过串口连接 ZigBee 模块读取 ZigBee 网络采集的数据。PDA 软件使用 Eclipse + ADT 开发，使用 Java 语言。地图软件使用 Google 地图或者其他(百度)地图。信息远程接收系统使用 Windows 服务器，以及相应的数据库。PDA 与服务器使用 HTTP 协议进行数据交换，搭建 Asp.net 网站接收 PDA 以 Post 或者 Get 方式发送的数据。此方案比较经济实惠。Android 近几年来渐渐崭露头角，而且由于其开源，有很多人支持，未来会成为趋势。

#### 3) 信息远程接收系统部分

主要是接收或者发送数据。一般来说，大部分选择都是 Windows 平台，上手比较快。信息远程接收系统主要有 C/S 和 B/S 两种结构，B/S 结构又分 Web Service 以及普通网站(通过 GET 或者 POST)交换数据。从开发难度上来说 B/S 简单些。关于数据库，大部分使用 SQL Server，也有采用 MySQL 以及其他的免费开源数据库，MySQL 是个不错的选择，但比 SQL Server 复杂一些。

#### 4) 传输部分

有 GPRS、3G、蓝牙、ZigBee、GPRS 以及 3G 主要用于控制部分与信息远程接收系统部分的数据交换，GPRS 覆盖范围比 3G 广泛，但是速度没有 3G 快。蓝牙以及 ZigBee 主要用在采集模块之间、采集模块与控制模块进行数据交换。ZigBee 具有功耗极低、系统简单、成本低、低等待时间(Latency Time)和低数据速率的特点[15]。非常适合于低功耗、低数据速率的监视及传感网络。蓝牙则适合于较高数据速率的应用，如语音和数据传输。显而易见，ZigBee 由于其低功耗，十分适合野外的数据采集。

综上所述，本文提出了以下解决方案，无论从成本，开发难度，还是野外作业的适应性都具有较大优势。

采集部分，使用 PDA 内置 RFID 读取器、GPS、3G 模块，通过外接 ZigBee 模块来获取需要采集的信息。

控制部分，使用开源的 Android 系统以及百度地图 SDK。

信息远程接收系统部分，使用 Windows 系统以及 C#编写 Server 软件，通过 Socket 以及自己定义的一套协议进行数据交换。数据库，使用 MySQL 数据库。

传输部分，控制部分与采集部分之间使用 ZigBee 进行数据传输，控制部分与果园信息远程接收系统部分使用 3G 或者 GPRS 网络进行数据传输。

### 3. 系统构建

PDA 通过 ZigBee 协调器采集 ZigBee 无线传感器网络的上传信息(作物生长环境、生长状态、以及传感器本身工作状态等)。

果园信息远程接收系统开发采用 Visual Studio 2010 + MySQL 5.6.果园信息移动采集系统开发采用 Eclipse 4.2 (Juno) + ADT + Android SDK 软件开发使用的操作系统为 Windows 7 旗舰版 Service Pack 1。总体技术路线框图如图 2 所示。

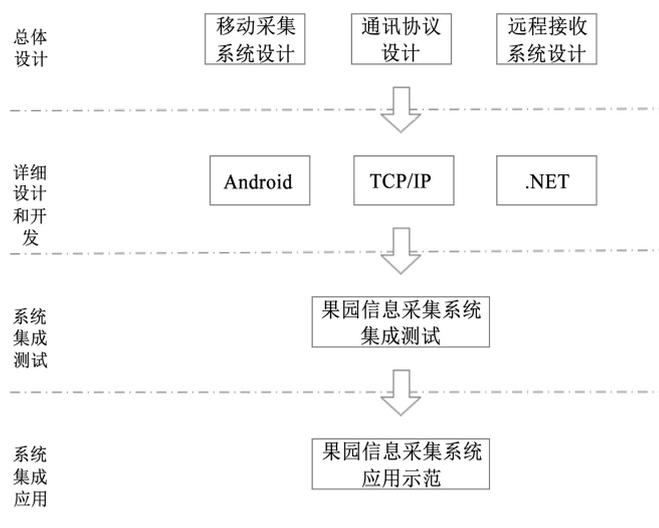


Figure 2. The diagram of the general technical route

图 2. 总体技术路线框图

### 4. 功能分析与设计

准确采集和掌握果园中的各种信息是实现果园精细管理的前提, 果园中的环境变化, 对作物的生长影响很大, 及时得到果园中的环境信息, 有利于促进作物的健康生长和提高作物的质量。因此系统需要采集的信息为果园边界信息、果树信息, 其中果园边界信息为边界的经度、纬度、边界点的索引以及采集时间。果树信息包含果树的基本信息(经度、纬度、RFID、采集时间)和属性信息(土壤温度、土壤湿度、空气温度、空气湿度等)。其中 RFID 通过 RFID 读取器读取, 属性信息通过串口连接的 ZigBee 模块读取 ZigBee 网络的信息来获得。

为了果树精细管理, 定量施肥打药的需要,

果园信息移动采集系统, 功能见表 1:

Table 1. The main functions of the orchard information mobile acquisition system

表 1. 果园信息移动采集系统主要功能

功能分类	字段
果园边界管理	果园边界的增加、边界删除、边界清空等
果树信息管理	果树增加、果树删除、果树清空、属性信息采集等
果园数据管理	数据接收、数据解析、数据发送、数据打包等
可视化管理	地图加载、图层管理、定位管理等
硬件管理	RFID 信息读取、ZigBee 网络信息读取等等
其他辅助管理	程序加载页面、登录、设置、帮助、操作日志、关于等

果园信息移动采集系统主要功能如图 3 所示。

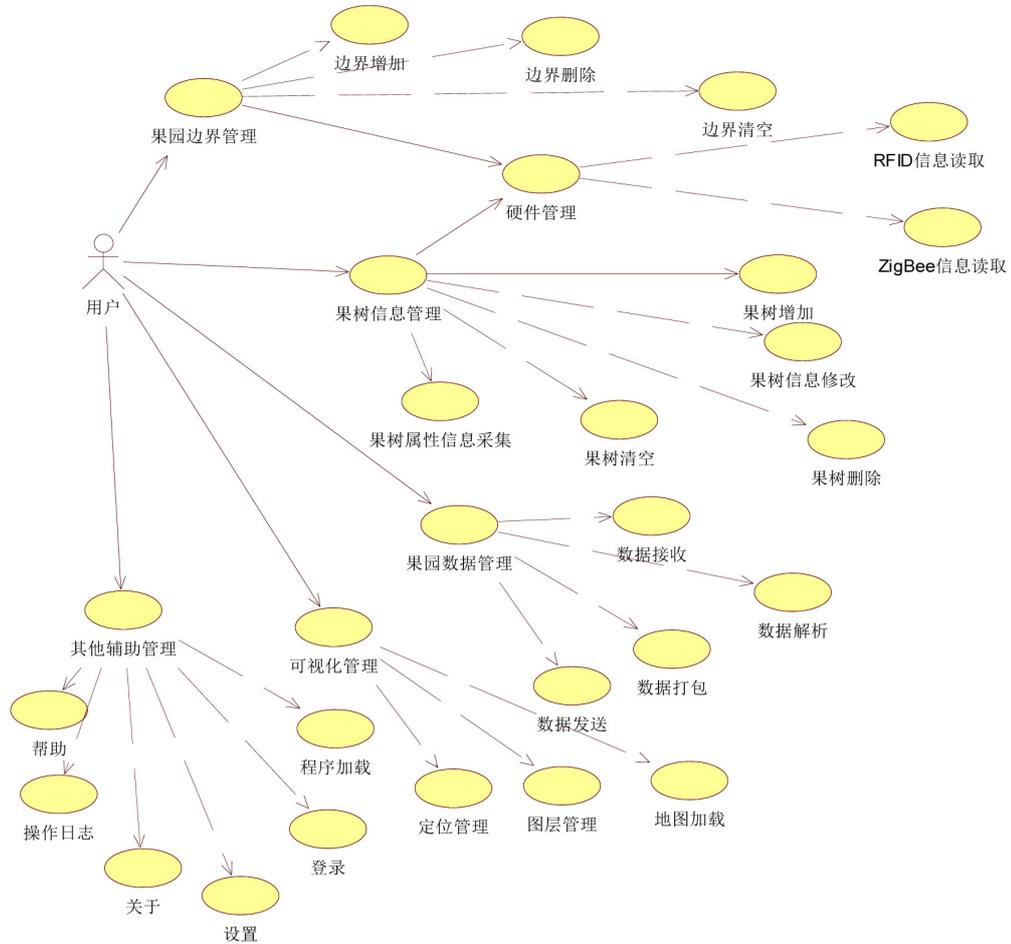


Figure 3. The function of the orchard information mobile acquisition system  
图 3. 果园信息移动采集系统功能图

果园信息远程接收系统，功能见表 2：

Table 2. The main functions of the orchard information remote receiving system  
表 2. 果园信息远程接收系统主要功能

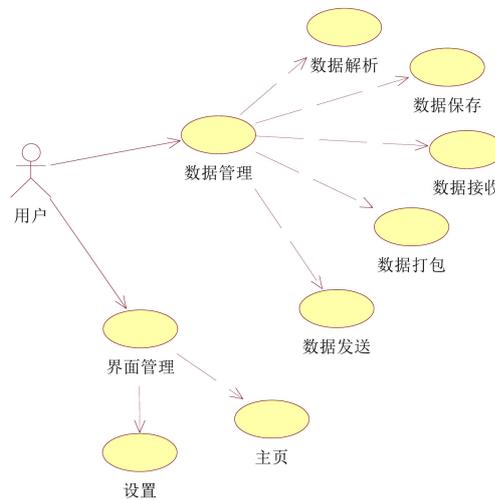
功能分类	字段
数据管理	数据解析、数据保存、数据接收、数据打包、数据发送等
界面管理	主页、设置等

果园信息远程接收系统功能如图 4 所示。

### 5. 可行性分析

系统可行性分析即根据社会、经济和技术条件，确定系统开发的必要性和可能性。可行性分析的目的就是要用最小的代价在尽可能短的时间内确定问题是否能够解决。并通过分析解决方法的利弊，来判断系统目标和规模能否实现，系统完成后所能带来的效益是否达到值得去投资开发这个系统的程度。

基于移动终端和物联网的果园信息采集系统的可行性主要从以下几个方面考虑：



**Figure 4.** The function of the orchard information remote receiving system  
**图 4.** 果园信息远程接收系统功能图

### 1) 经济可行性

果园的科学化、精细化管理使得果园信息的采集成为必须，从而为管理提供依据。本系统开发大量采用开源产品，从而将成本降到最低。

### 2) 技术可行性

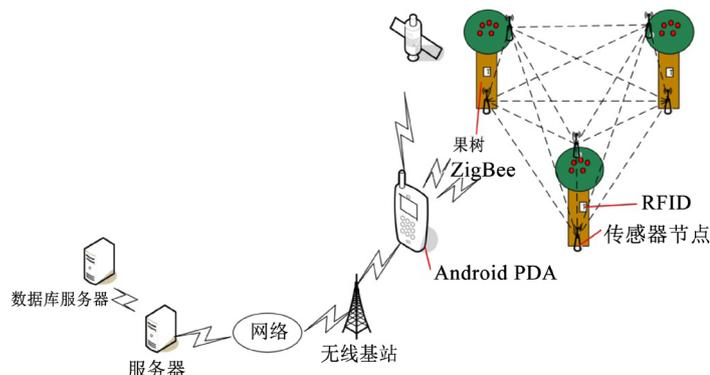
果园信息远程接收系统采用 Visual Studio IDE、C#语言进行开发，数据库采用 MySQL，果园信息移动采集系统采用 Eclipse IDE、Java 语言进行开发，技术上是可行的。

### 3) 可维护性

系统的可维护性是确保系统长期稳定运行的关键因素，易于维护的系统能够节省用户的大量时间、精力和运行成本。系统使用易于维护 and 管理的硬件设备和软件开发系统以及开发方法，使整个系统具有较好的可维护性。本系统可维护性较强，而且也为之后的扩展预留了接口。

## 6. 总体架构设计

Android PDA 采集 ZigBee 网络的传感器信息以及获得位置信息后，通过无线网络发送到果园信息远程接收系统的服务器，之后，数据被保存到数据库服务器并且向果园信息移动采集系统返回指令。苹果果园信息采集系统整体架构图如图 5 所示。



**Figure 5.** The overall architecture map of the apple orchard information collection system  
**图 5.** 苹果果园信息采集系统整体架构图

使用基于 Android 的无线手持终端 PDA (果园信息移动采集系统)采集果树的各种环境信息,然后把数据传给服务器(果园信息远程接收系统)进行处理,同时在 PDA 上进行可视化展示。

## 7. 结论

本文设计并构建了基于 ZigBee 与 RFID 的苹果果园信息采集系统。由于 Android 平台的开放性、PDA 的便携性、ZigBee 的低数据速率以及开发难度较低、成本低等优势,在未来的农业信息采集应用中会广泛使用。

## 致 谢

感谢郑立华老师及所有在写作期间给予我指导的老师们!

## 基金项目

国家自然科学基金——基于光谱学和机器视觉原理的苹果树营养及长势监测诊断机理与方法研究(31071330)。

## 参考文献

- [1] 杨化峰. 基于 GPRS 农田数据采集系统设计与实现[J]. 农业网络信息, 2005(5): 10-12.
- [2] 周翔, 沈明霞. 基于 GPRS 的农田信息采集系统设计与实现[C]//中国科学技术协会学会学术部. 节能环保 和谐发展——2007 中国科协年会论文集(三), 2007.
- [3] Zong, Q. (2010) The Dairy Cattle Data Acquisition System Based on PDA. 2010 *World Automation Congress*, Kobe, 19-23 September 2010, 65-69.
- [4] 范林涛. 基于 ZigBee、GPRS 的农田数据获取系统设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 中国科学技术大学, 2008.
- [5] 曾松伟. 基于 PDA 的森林资源数据采集系统的设计与实现[J]. 浙江农林大学学报, 2009, 26(1): 111-115.
- [6] 陈江春. 基于移动 GIS 的烟草农田信息采集系统设计与实现[J]. 广东农业科学, 2009(11): 184-187.
- [7] 车艳双. 基于 GPS 和 PDA 的移动智能农田信息采集系统开发[J]. 农业工程学报, 2010, 26(Suppl. 2): 109-114.
- [8] 彭燕. 基于 ZigBee 的无线传感器网络研究[J]. 现代电子技术, 2011, 34(5): 49-51.
- [9] 尚明华. 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.
- [10] 王艳玲. 基于 GPRS 的农田信息远程监测系统研究[D]: [硕士学位论文]. 镇江: 江苏大学, 2008.
- [11] 姜胜耀. 基于 PDA 的护理信息采集系统实现[J]. 中国数字医学, 2012, 7(6): 44-45.
- [12] 杨爱洁. 基于无线传感器网络的果园数字信息采集与管理系统[J]. 农业工程, 2011, 1(1): 37-41.
- [13] 罗卿权. 基于 Web Service 的城市绿地有害生物 PDA 实时监控系统的开发与应用[J]. 植物保护学报, 2011, 38(1): 9-14.
- [14] 谢希仁. 计算机网络[M]. 第 5 版. 北京: 电子工业出版社, 2007: 25-33.
- [15] Deng, X. (2010) Development of Wireless Sensor Network of Field Information Based on ZigBee and PDA. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, **26**, 103-108.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2164-5507，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[hjas@hanspub.org](mailto:hjas@hanspub.org)