

基于无线传感器网络的智慧农业信息平台开发

刘春红 张漫* 张帆 刘刚

(中国农业大学 信息与电气工程学院,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 为对作物生长环境信息进行实时远程监控,实现科学决策与管理,设计开发智慧农业信息采集与分析平台。该平台基于B/S模式,由基础设施层、数据服务层、基础应用服务层、服务总线层、业务处理层和用户访问层构成,可实现对温室温度、湿度、光照度、CO₂含量和视频信息的采集和存储,具有基础信息维护、数据分析、报警输出等功能。实际运行结果表明:平台具有友好便捷的人机接口、良好的稳定性,能够实现22个温室环境信息的远程监控,必要时时刻输出报警信息,从而减少人工操作的盲目性。

关键词 温室; 无线传感器网络; 远程监控; B/S; 分析平台

中图分类号 TP 393.1

文章编号 1007-4333(2011)05-0151-06

文献标志码 A

Development of agricultural information processing platform based on wireless sensor networks

LIU Chun-hong, ZHANG Man*, ZHANG Fan, LIU Gang

(Key Laboratory of Modern Precision Agricultural System Integration of Education Ministry, College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract To get real-time environmental information of remote crops, and come to further scientific decision-making and management, an agricultural information collection and analysis platform was designed and developed. This platform, which is composed by the infrastructure layer, data service layer, infrastructure-application service layer, service bus layer, business process layer and user access layer, is based on B/S mode. It has achieved such functions as follows: collection and storage of temperature, humidity, light, CO₂ and video information of the greenhouse, maintenance of basic information, analysis of the data, and output of the report forms. It has been tested by pilot applications in Nei Monggol Zhungeer. The result shows that this platform has good stability and friendly and convenient human-machine interface. It can get real-time environmental information, provide necessary alarm information and reduce the blindness of artificial operation.

Key words green house; wireless sensor networks; monitoring; B/S; platform for analysis

温室现代化主要体现在对温室内部环境的监控上,环境监控是农业现代化的重要标志。温室环境监控系统是实现温室环境监控的软硬件平台,是集传感器技术、控制技术、通讯技术、计算机技术、专家系统技术等于一体的高科技产品,可以有效提高作物产量、缩短生长周期、减少人工操作的盲目性^[1]。

2008年,法国建立了针对作物所有生产环节较

为完备的温室监测网络,在农作物生长的各个环节,对作物的多种生命信息、与作物生长直接相关的环境信息进行获取,并将相关数据发送到农业综合决策网进行处理,以指导施肥、施药、收获等农业生产过程。美国路易斯安那州立大学建立了专用于稻米植株监测的网络系统,通过在温室内布设传感器网络,对温室环境、植株形态信息进行实时获取,同时

收稿日期: 2011-01-19

基金项目: 北京市自然科学基金资助项目(6113023); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(2011JS154)

第一作者: 刘春红, 硕士研究生, E-mail: liuchunhong1986110@126.com

通讯作者: 张漫, 副教授, 博士, 主要从事精细农业及其支持技术研究, E-mail: cauzm@cau.edu.cn

将获取到的信息以无线通信方式发送到计算机室的设备中^[2]。上述系统中虽然有许多功能已经实现并应用,但是在作物生产管理的方法与习惯方面,中外农户有较大差别,所以我国有必要研发自主的温室监控系统。王福禄等设计研发了基于 zigbee 的温室环境监测系统,在本地实现了对温室环境的实时监控功能^[3]。赵孟文等设计开发了基于蓝牙技术的温度无线传感器网络系统,实现了对温度数据的采集、处理、无线传输等功能^[4]。综上,目前国内无线传感器网络数据的监测及管理系统大多局限于本地监测^[5-9],不利于农业生产者和农业专家随时随地获得作物的生长信息。

本研究拟开发一套基于无线传感器网络的智慧农业信息平台,实现网络浏览功能,为用户能随时随地查看作物生长环境监测信息并进行分析决策提供方便。

1 系统总体设计

本研究中温室环境监控系统由基础设施层、数据服务层、基础应用服务层、服务总线层、业务处理层与用户访问层构成。基础设施层主要包括信息存储和传输的硬件和软件基础;数据服务层主要实现对类型不同、原本在分散系统中的数据的集成;基础应用服务层提供许多分解后的执行单一功能的应用服务,如权限管理、会员管理服务等;服务总线层将相对独立的基础服务对象统一注册在 ESB 服务总线上,并通过 ESB 来管理服务的生命周期和服务的接口调用规则;业务处理层根据系统用户角色来确立一组相关功能的业务服务;用户访问层将 SOA 架构底层提供的单一应用服务、复合业务服务和整合数据服务,通过统一的访问入口显示给最终用户。

1.1 系统结构设计

数据采集与远程传输子系统由传感器节点、网关节点、中继路由节点组成。传感器节点连接温度、湿度、二氧化碳含量、光照度传感器,部署在各个温室中央,节点间以多跳的方式,通过 ZigBee 无线通信技术将传感数据传至网关节点^[10-13],网关节点通过串口线与本地 PC 机相连,在此 PC 机上运行单机版监测软件,通过扫描串口接收存储监测数据,并对其进行处理分析,温室管理员可查看监测实况。

PC 机与服务器相连视实地情况而定:有网络的区域通过 Internet 与服务器相连,否则通过 GPRS 与服务器相连。单机版监测软件采用 TCP/IP 协议

向信息平台实时传送温室环境监测数据;服务器由数据接收存储程序、MS SQL Server 数据库和智慧农业信息平台组成。数据接收存储程序负责侦听指定端口,判断并识别单机版监测软件终端发出的 TCP Socket 连接请求,接收内容如属于合法数据则存入 MS SQL Server 数据库;MS SQL Server 数据库负责存储接收到的数据和智慧农业信息平台需要的基本信息,供智慧农业信息平台访问调用;智慧农业信息平台对 SQL 数据库的数据进行处理并以图形图表等形式展示。基于 Web 的智慧农业信息平台是一套网络应用程序,该平台采用 ASP.NET 动态网页技术,在 Visual Studio.net 2008 环境下用 C# 语言开发而成。

视频摄像头通过 Internet 网络与服务器平台和 PC 机相连,对温室作物的长势及病虫害进行监测。智慧农业信息平台采用 B/S 模式设计,用户只要通过浏览器即可访问该平台,进行查询监测数据等管理操作,授权用户可实时观看各温室视频监控图像。系统总体结构见图 1。

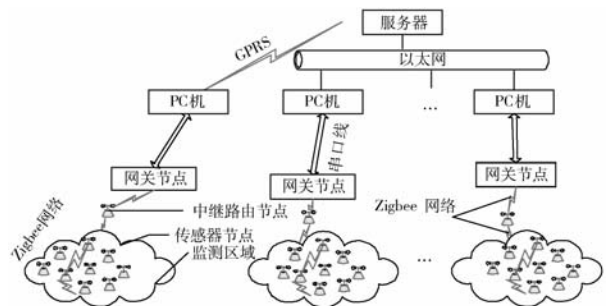


图 1 温室环境监控系统结构图

Fig. 1 Overall structure of monitored system of greenhouse

1.2 平台功能设计

智慧农业信息平台主要包含 5 个模块:数据采集、数据存储、基础信息维护、数据分析和数据输出(图 2)。其中,数据采集模块采用 TCP Socket 技术监听并接收单机版监测软件上传的数据,并判断其是否是合格数据,“否”则舍弃,“是”则存储;数据存储模块可存储接收到的传感数据、温室的历史数据、空间分布地图数据、基础信息及用户信息等,为平台详细形象的展示和管理维护提供依据;基础信息维护模块中,为保证用户看到最新信息,管理员应随时更新维护基础信息,如随着季节和作物变化设置标准值,分配用户权限,更新温室信息等;数据分析模

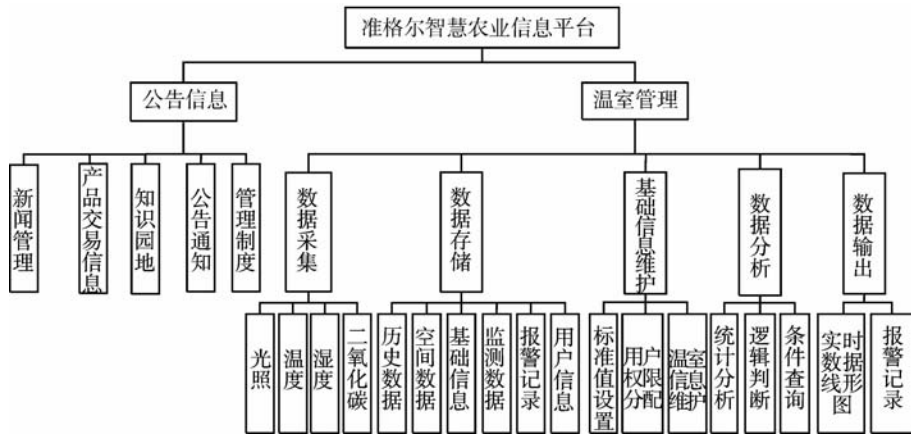


图 2 智慧农业信息平台功能模块图

Fig. 2 Block diagram of agricultural information processing platform

块可对上传的数据进行统计分析,并逻辑判断其是否超过监测上下限及进行数据的条件查询等;数据输出模块可对上传的数据进行实时显示,并根据逻辑判断输出报警记录。

2 平台流程及数据库设计

平台流程设计包括业务流程和数据流程的设计,数据库设计主要是数据库表格的设计。

2.1 业务流程设计

授权用户登录后,可根据不同权限查看发布信息、监测信息、数据查询、报表等。不同温室管理员

权限不同,经过管理员授权,可查看管辖温室的监测数据、报警记录等信息,如该温室有视频监控,则也可观看视频信息;一般用户只有权限浏览共享信息;管理员负责分配用户权限、发布信息以及对数据的更新。

2.2 数据流程设计

为了明确平台的功能划分及各功能之间的数据联系,设计第 1 层数据流程见图 3。平台管理者可以给用户分配角色,如温室管理者、普通用户等。可以对温室的基础信息和上传的采集数据进行管理,如更改温室的监控标准值、输出统计报表给用户等。

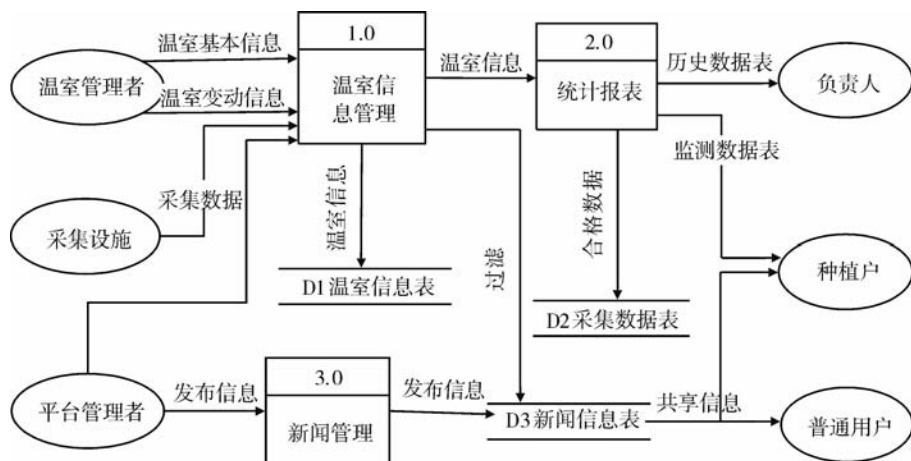


图 3 智慧农业信息平台第 1 层数据流程

Fig. 3 Level 1 data flow diagram of agricultural information processing platform

第 2 层数据流程图细化各模块功能的数据流程。以新闻管理为例,平台管理者对数据库中新闻

信息表进行增加、删除、更改等操作,如增加多媒体库和文本信息表,然后发布,用户可以进行新闻浏览。

2.3 数据库设计

考虑到随着采集频率的提高和时间的延长,数据量会变得很庞大,存储数据选用在安全性、并发控制能力、数据挖掘、联机操作等方面有优势的中型数据库 SQL。

智慧农业信息平台功能庞杂,数据库表的关系复杂,包括权限管理,温室管理,实时监测三方面的关系表。以实时监测为例,其数据表关系见图 4。这样的数据库表设计消除了数据冗余、更新异常、插入异常和删除异常。

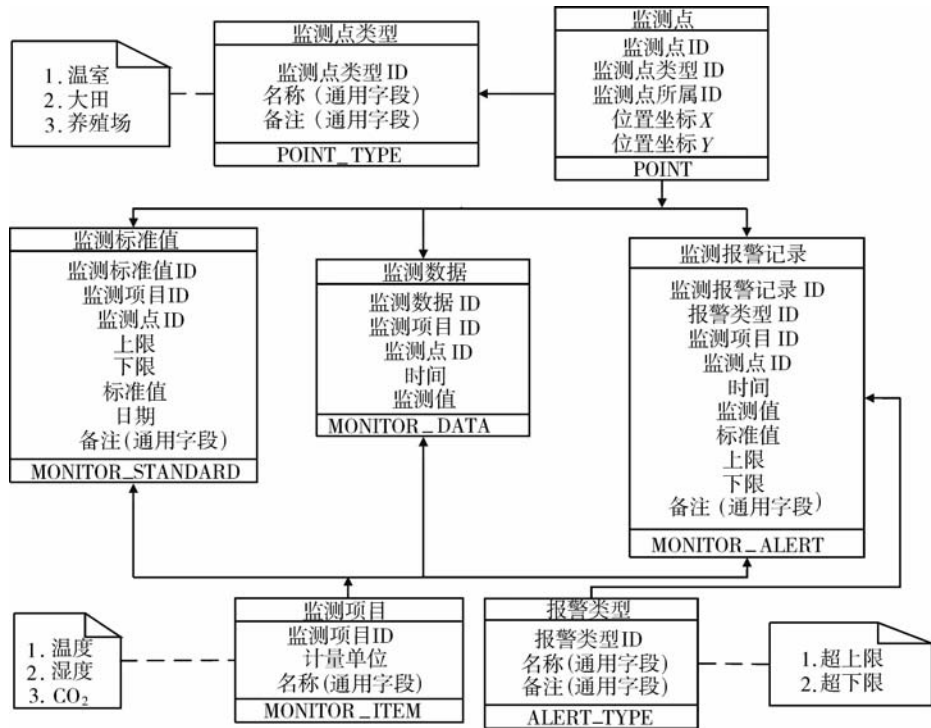


图 4 智慧农业信息平台数据表关系

Fig. 4 Table relationships of agricultural information processing platform

智慧农业信息平台采用 ADO.NET 技术访问数据库来实现用户对数据库的查询、删除等操作,ADO.NET 是与数据源交互的 .NET 技术,允许与不同的数据源交流——取决于所使用的协议或者数据库。SqlConnection 对象管理与数据源的连接;SqlCommand 对象允许与数据源交流并发送命令给它。SqlDataReader 对象可以进行快速的只“向前”地读取数据;DataSet 和 SqlDataAdapter 对象实现对断开数据能进行读取或者写入数据源。

3 平台实现

服务器操作系统采用 Microsoft Windows Server 2003,PC 机操作系统为 Microsoft Windows XP Professional,数据库均为 SQL2008。选用 Power Designer 进行数据库设计,生成脚本,在 SQL2008 中生成实体。具体实施方案:

1) 界面设计。为方便用户学习及使用,智慧农业信息平台采用友好的图形化界面设计。

2) 数据存储与管理。采用 TCP Socket 技术接收单机版监测软件通过以太网或者 GPRS 上传的数据,并存储到 SQL2008 数据库,此外数据库还存储温室环境,监测标准值,报警信息,温室基础信息,用户注册信息,新闻信息等。平台将上传的温室环境监测数据与最新的监测标准值比较,超出上下限则生成报警信息填入报警信息表,其中温室监测标准值由用户按不同季节不同作物的最佳生长环境要求输入。

3) 数据显示与查询。采用曲线形图和表格显示各温室节点实时监测数据;饼状图和柱状图显示温室种植信息和温室历年产量数据;表格显示温室档案、各温室不同时期的标准值、温室种植记录及土壤信息等。

4 系统试验及数据分析

为检验信息平台功能的稳定性,2010-08 在内蒙古鄂尔多斯市准格尔旗十二连城乡五家尧子村 22 个温室进行试验性应用。试验部署如下:22 个温室共分为 6 组温室群,每个温室中央分别放置 1 个节点,其中 16 个节点连接温度、湿度传感器,6 个节点连接温度、湿度、二氧化碳含量、光照度传感器;6 组温室群分别配备 1 个网关节点和 1 个 PC 机,接

收温室节点上传的环境监测数据。网关节点实现终端节点与 PC 机的互连。各个传感器以多跳的方式传至网关节点,网关节点对其进行简单处理后上传给 PC 机,6 组温室群中,5 组利用以太网向服务器上传实时数据,1 组利用 GPRS 向服务器上传实时数据。试运行过程中每 5 s 上传 1 组数据,实际应用中可以根据应用需要修改采集数据的频率。图 5 示出 2010-08-27 温室 1 的监测线形图,其中监测对象的上下限由管理员根据作物的不同生长阶段设定。

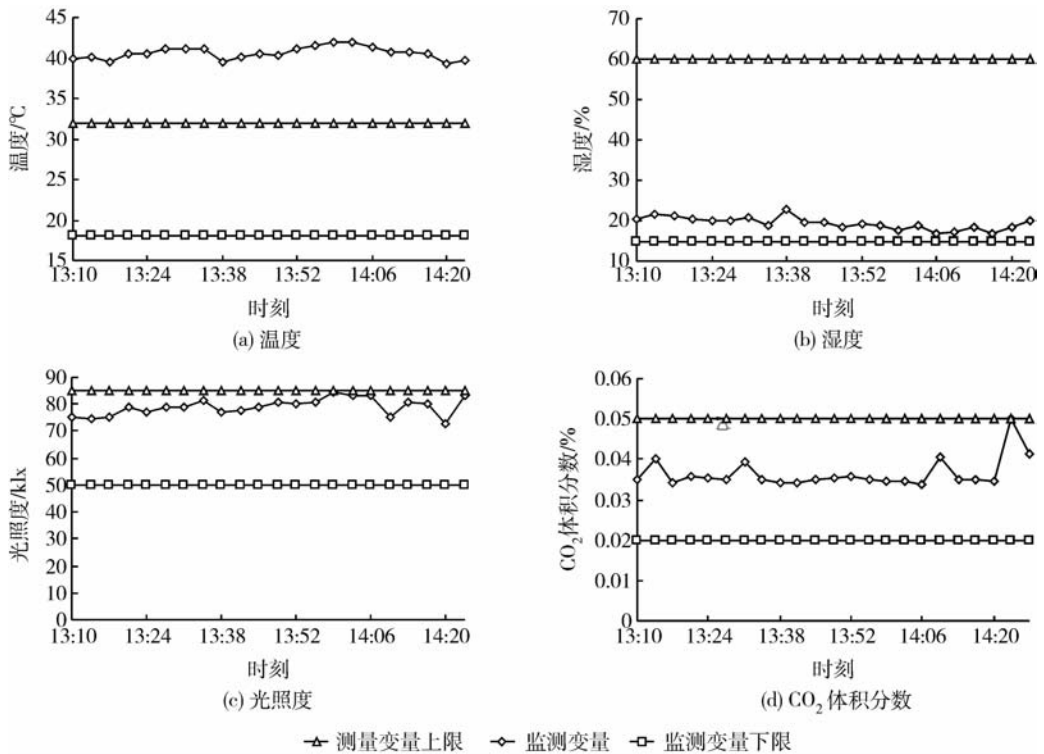


图 5 2010-08-27 温室 1 的环境监测线形图

Fig. 5 Enviromental change of greenhouse 1st on Aug. 27th 2010

由于监测对象为 8 月中下旬定植的秋延迟番茄,故 2010-08-27 番茄幼苗处于定植后的缓苗期,为有利于缓苗,根据专家栽培技术设定温度上下限为 32 和 26 ℃,湿度上下限为 65%和 15%,CO₂ 体积分数上下限为 0.05%和 0.02%,光照度上下限为 85 和 50 klx。环境标准值的设定见表 1。其中 2010-06-20 设定的各个监测上下限为对早熟番茄结果期的监测标准。

由图 5 可以看出,中午 13:00 附近温室温度升高超过上限 32 ℃,并且超过 40 ℃。因为温室的环境接近全密闭形式,所以温室内的温度高出室外温度。另外还可以看出:由于植物叶片高温蒸腾作用,

表 1 温室 1 监测标准值及上下限的设定

Table 1 Standard values of monitoring of greenhouse 1st

项目	上限	下限	标准值	设定日期
温度/℃	32	26	28	2010-08-20
	32	24	28	2010-06-20
湿度/%	60	15	45	2010-08-20
	55	10	30	2010-06-20
光照度/klx	85	50	60	2010-08-20
	80	45	55	2010-06-20
φ(CO ₂)/%	0.05	0.02	0.045	2010-08-20
	0.05	0.015	0.04	2010-06-20

温室 1 的湿度一直较低,接近下限。温室 1 温度超过上限,所以信息平台产生报警记录。授权用户通过 Internet 网络浏览器(如 IE、Firefox 等)访问服务器平台,实现数据的浏览分析,查看报警信息,以明确温室环境状态,做出相应改善措施,如通风,浇水等。

该信息平台目前已在五家尧子村运行近 5 个月,可以及时准确获取温室温度、湿度、二氧化碳含量、光照度,能够对各种传感数据按照约定的格式进行存储、统计分析、条件查询,以图形图表的形式显示各种实时数据和历史数据。

5 结束语

本研究开发的智慧农业信息平台实现了对 22 个温室环境信息的远程监控,能够在必要时输出报警信息,减少了人工操作的盲目性,并且能使用户随时随地查看温室环境监测信息,为作物环境持续保持良好状态提供方便和可能。试验结果表明:该平台有良好的稳定性、完善的功能和友好便捷的人机接口。但距设施农业生产实践的要求还存在一定差距:在平台应用的过程中,需要针对不同作物建立决策支持系统,为实现设施农业内部环境监控的智能化提供调控策略。

参 考 文 献

- [1] 梁竹君,武丽. 环境监控技术在设施农业中的应用[J]. 安徽农业科学 2009,37(16):7672-7673,7753
- [2] Kim Yunseop, Evans R G, Iversen W M. Remote sensing and control of an irrigation system using a distributed wireless

sensor network[J]. Ieee Transactions On Instrumentation And Measurement, 2008, 57(7):1379-1387

- [3] 王福祿,房俊龙,张喜海. 基于无线传感器网络技术的温室环境监测系统研究[J]. 自动化技术与应用, 2009, 28(10):61-67
- [4] 赵孟文,袁朝晖,王鸿辉. 基于蓝牙技术的温度无线传感器网络系统[J]. 测控技术, 2009, 21:144-146
- [5] 纪金水. 基于 ZigBee 无线传感器网络技术的系统设计[J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(2):404-408
- [6] 刘卉,汪懋华,孟志军,等. 农田环境中短程无线电传播性能试验[J]. 江苏大学学报, 2010, 31(1):1-5
- [7] 李连骏,孙宇瑞,林剑辉. 一种太阳能供电的土壤水分无线传感器[J]. 江苏大学学报, 2009, 30(6):541-544
- [8] 吕立新,汪伟,卜天然. 基于无线传感器网络的精细农业环境监测系统设计[J]. 计算机系统应用, 2009(8):5-9
- [9] 吴光荣,柳书涛,章剑雄. 基于 ZigBee 的无线传感器网络数据管理平台[J]. 电子科技, 2009, 22(2):64-67
- [10] Pierce F J, Elliott T V. Regional and on-farm wireless sensor networks for agricultural systems in Eastern Washington[J]. Computer and Electronics in Agriculture, 2008, 6(1):32-43
- [11] Nadimi E S. ZigBee-based wireless sensor networks for monitoring animal presence and pasture time in a strip of new grass[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008, 6(1):79-87
- [12] Wang Ning, Zhang Naiqian, Wang Maohua. Wireless sensors in agriculture and food industry: Recent development and future perspective [J]. Computers and Electronics in Agriculture 2006, 5(1):1-14
- [13] Camilli A, Cugnasca C E, Saraiva A M, et al. From wireless sensors to field mapping: Anatomy of an application for precision agriculture [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2007, 5(8):25-36

(责任编辑:刘迎春)