

基于开放结构设施环境管控一体化平台的开发与应用

张馨^{1,2}, 郑文刚², 乔晓军¹, 田洪武², 吴文彪¹, 鲍锋²

(1. 国家农业信息化工程技术研究中心 北京, 100097; 2. 北京农业智能装备技术研究中心, 北京 100097)

摘要: 针对设施内环境调控功能子系统数量大, 性能要求多而复杂的特点, 以设施生产自动化和计算机网络体系为依托, 开发基于开放结构设施环境管控一体化平台。该平台以 MiniARM 工控模块或工业平板电脑为核心, 采用标准 RS485/Modbus 通讯的数据采集控制模块为前端构成分布式集散采集控制结构, 通过系统组件的方法及 Web 服务技术实现温室生产与管理的一体化。平台采用开放结构、标准接口, 组态化管理能够满足不同规模、需求及成本的应用, 具备快速的实施周期, 丰富的设备数据接口, 在设施生产水、气、肥环境调控管理过程中降低能耗, 降低生产和运行成本, 提高劳动生产力, 具备一定的应用推广前景。

关键词: 设施农业; 环境调控; 管控一体化; 开放结构; 组态

中图分类号: S 126 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)15-0060-05

2009 年我国的设施种植面积已达 280 万 hm^2 , 年产值约 4 000 亿元。设施农业在丰富农副产品供应、提高农业生产效益和资源利用率、提升现代农业生产水平、解决“三农”问题等方面正起着越来越重要的作用。国家从“九五”至“十一五”在设施结构、绿色环控、智能装备、生产管理等方面进行了深入研究, 形成以测控核心系统划分的基于单片机、工业控制机 (IPC)、PLC、ARM/PC104+Linux 嵌入式系统、虚拟仪器等温室环境测控系统^[1]; 以通信模式划分的基于 RS485、现场总线、以太网、无线网络设施环境监控系统^[2]; 以控制策略划分的温控与时控、智能算法程序控制、优化控制、基于知识库模型控制^[3]; 设施生产调度、信息资源管理、安全追溯业务系统等具有产业化前景的高技术成果和产品, 部分技术及产品处于国际领先地位。但总体和国外相比技术深度不够、集成能力不足、产品化程度不够、产业化能力不强、设施生产者接受程度较低等诸多方面制约着设施农业的发展, 导致我国设施农业能源利用率、劳动生产力及效率、产量及品质低下。基于以上发展现状及存在问

题, 迫切需要运用系统集成的思想和方法, 采用计算机技术、网络技术、数据库技术、自动控制技术现场总线等诸多技术结合现代企业生产管理模式, 建成覆盖设施生产管理与自动化的管控一体化平台^[4-9], 使得设施生产体系向管控一体化方向发展, 实现我国设施农业从传统经验式管理向现代智能管理的质的方面转变, 提升设施农业的工业化和自动化生产水平, 降低能耗, 降低生产和运行成本, 提高劳动生产力。

现以设施环境调控为切入点, 以 MiniARM 工控模块或工业平板电脑为核心, 采用标准 RS485/Modbus 通讯的数据采集控制模块为前端构成分布式集散采集控制结构, 通过 Web 服务组态软件构建适合我国国情的低成本、高可靠性的基于开放结构设施环境管控一体化平台。该文在介绍设施环境管控一体化平台组成的基础上, 详细介绍了软硬件的开发, 并结合平台的应用实例进行论述。

1 设施环境管控一体化平台构成

设施环境管控一体化平台结构如图 1 所示, 图中将设施生产环境信息、生物信息、现场执行机构、视频监控等现场设备通过开放结构现场测控管理设备 (采集模块、工业平板电脑配合嵌入式软件或组态软件) 对数据进行采集分析, 并通过智能控制策略进行现场管理, 内嵌实时数据库和关系数据库的管理决策设备实现设施生产所需各业务管理, 并对远端客户或决策者提供数据远程服务。

平台软硬件采用开放结构, 组态化软件开发为平台构建与集成提供便利, 能够实现各设施生产业务与设施环境调控的有效集成, 完善设施生产信息管理、重组优化生产流程、监控成本。

第一作者简介: 张馨 (1981-), 男, 硕士, 助理研究员, 研究方向为设施环境调控及传感器网络。E-mail: zhangx@nercita.org.cn。

通讯作者: 郑文刚 (1975-), 男, 博士, 副研究员, 研究方向为农业自动化。E-mail: zhengwg@nercita.org.cn。

基金项目: 国家科技支撑计划“高光效节能设施研制与管控一体化技术及其应用”资助项目 (2008BADA6B00); 国家“863”计划“植物生理信息检测激光诱导式传感器与诊断技术”资助项目 (2007AA10Z203); 北京市科技计划“农村科技协调员支撑服务工程”资助项目 (Z09090501040904-2)。

收稿日期: 2010-07-10

2 硬件设计

平台硬件结构图如图 2 所示,系统以内嵌实时操作系统的 MiniARM 为核心控制单元,采用模块化设计方法,以分布式应用为目标,通过研究 ARM 技术、USB 技术、实时操作系统、文件系统、TCP/IP 协议、ModBus 协议等技术,开发基于 MiniARM 和 485 总线的管控一体化平台,完整地实现数据采集、存储、报警、设备控制、智能管理等通用功能,实现对各种设施环境的智能控制与管理。

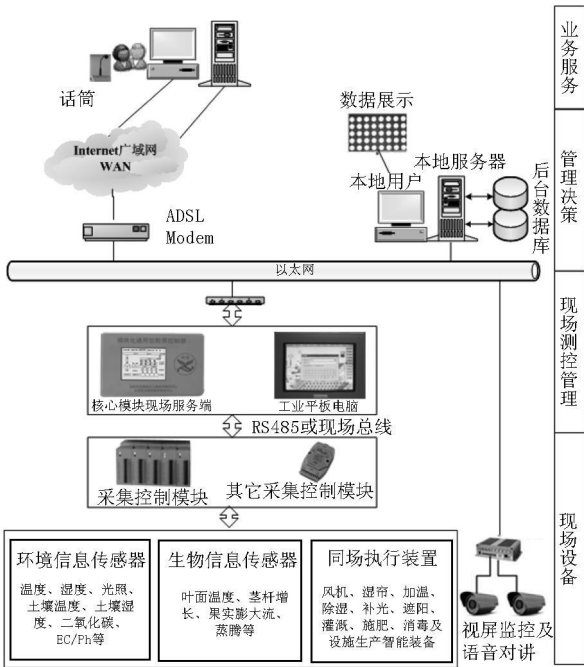


图 1 设施环境管控一体化平台结构

Fig. 1 The structure of the management and control integration platform for facilities environment

平台前端采用基于 RS485 总线的数据采集控制模块,可实现对标准电压、电流信号,脉冲/频率、状态量等各种类型信号的采集和对设备的控制。每个数据采集控制模块扩展 4 路输入或输出通道,采用光电隔离技术和内嵌工业标准的 Modbus 协议,实现扩展采集控制模块与核心模块之间的总线通讯,有效增强通讯稳定性;各模块之间采用导轨式安装,可随意拼接,也可独立使用,扩展性好,维护方便,可适用于各种设施环境的应用场合。

基于 ARM7 硬件平台配合嵌入式软件构建 C/S 结构,可以根据用户设置,动态增加及删除传感器和控制设备,控制逻辑的设置可将传感器信息与控制设备绑定。平台根据多路传感器采集到的环境参数,进行数据处理和智能决策,并最终智能控制各个调控设备的运行。

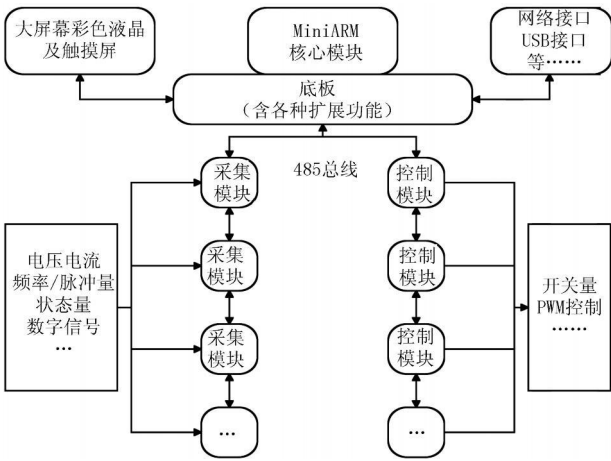


图 2 平台硬件结构图

Fig. 2 The structure of hardware platform

由于平台为开放结构,其中核心模块+底板构建的现场数据服务端可以采用性能更为强大的工业平板电脑代替,采用组态软件进行应用开发,构建 B/S 结构,具体实现见软件平台设计。

2.1 现场数据服务端的设计

系统采用广州周立功公司的 ARM7 核心工控板 M2020-FNU20I^[4],其采用位 32ARM 嵌入式平台、2 M 程序空间、8 M 数据空间,内嵌正版 μ C/OS-II、内置嵌入式协议栈、用户程序加密算法、支持 TCP/IP、CAN、Modbus 网络通信、支持 U 盘、CF 卡、20 个标准 I/O。通过外扩大屏幕彩色液晶终端、触摸屏及其它输入输出设备及软件系统,构建现场数据服务端,整体简化设计,提高效率、系统稳定性,加快开发进度。

2.2 采集控制模块的设计

各采集控制模块采用单片机技术和多通道数据采集控制技术,模块化设计,针对模拟电压(0~2 440 mV)、电流(4~20 mA)、脉冲/频率(0~65 535 Hz)、状态量、开关量(1A/20VDC、0.5A/125VAC、0.3A/60VDC)等开发具有 4 路输入或输出量的专用模块及组合模块(见图 3)。

2.3 嵌入式软件开发

2.3.1 核心模块嵌入式软件 核心模块嵌入式软件采用标准 C 语言进行编写,软件采用 ADS1.2 平台,采用 H-JTAG 进行调试。系统主程序中共有 6 个任务(图 4),6 个任务分别用死循环执行,任务之间的调度靠挂起函数 OsTimeDly(),在各个任务中都可以执行中断响应^[7]。其中界面显示任务负责触摸屏与核心模块的双向通信,接收触摸屏上的信息,作用出相应的判断执行相应的操作如信息设置与调用;库系统信息机逻辑关联任务完成固定设备号,关联 ID 号、名称、属性、设备号,

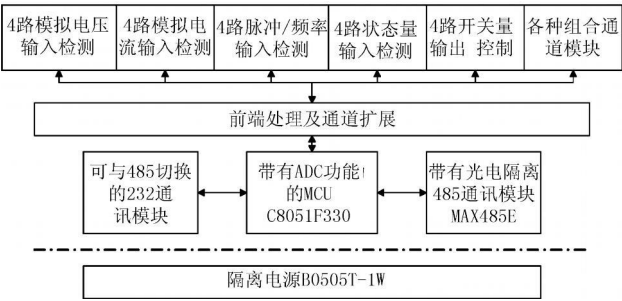


图3 采集控制模块硬件结构图

Fig. 3 The hardware structure of collecting and controlling module

存储容量的动态分配;通讯任务实现与采集控制模块以及其它具备标准 Modbus 协议模块和采集器的信息交互; B/S 远程操控任务提供简单网页便于远程操作。采用面向对象的思想来设计,将传感器、控制设备、逻辑、关联都作为对象来处理。每一类对象都有一个主键来唯一标识一个对象,用来在程序中和其它的类进行关联。同时,为了不在程序中对传感器、控制设备等做出数量上的限制,同时为了让程序有更好执行效率,在程序中采用链表来组织这些对象。图 5、6 为总体逻辑关联图及软件设置界面。

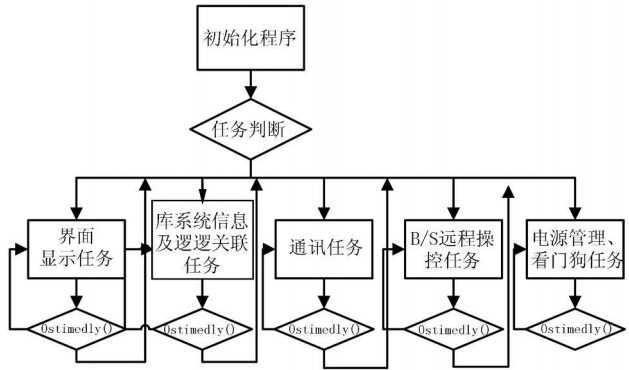


图4 核心模块程序框架

Fig. 4 The frame of core module's program

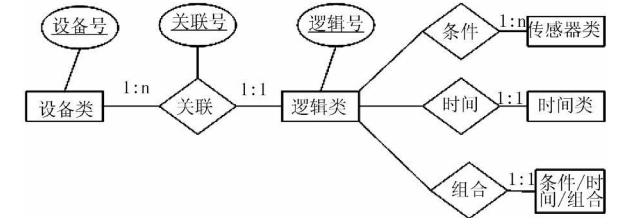


图5 总体逻辑关联图

Fig.5 Logic associated picture overall

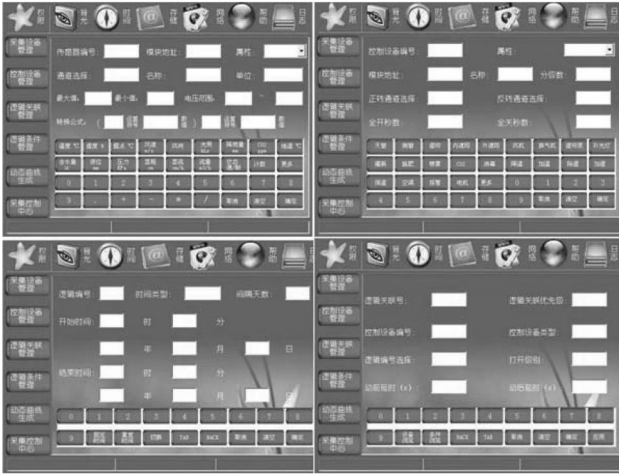


图6 嵌入式软件设置界面

Fig. 6 The interface of embedded software

2.3.2 采集控制模块嵌入式软件 采集控制模块嵌入式软件的开发主要集中于通讯协议及数据采集控制软件的开发。由于篇幅原因该论文以控制输出模块为例介绍 Modbus 协议在平台中的设计。通讯波特率设置为 9 600 b/s, 无奇偶校验, 一位开始位, 一位停止位。采用简化的 ModBus 协议, 以 RTU 传输方式通讯, 寄存器定义见表 1。采用的功能码: 0x01 功能码: 读多个线圈状态; 0x05 功能码: 置单个线圈; 0x15 功能码: 置多个线圈; 0x03 功能码: 读多个寄存器; 0x06 功能码: 读单个寄存器; 0x16 功能码: 置多个寄存器^[8]; 以读寄存器为例上位机发送格式和应答格式如下: 发送:“模块地址(01), 功能码(03), 开始寄存器高字节(xx), 开始寄存器低字节(xx), 寄存器个数高字节(xx), 寄存器个数低字节(xx), CRC 校验码高字节, CRC 校验码低字节”; 应答:“从机地址(01), 功能码(03), 字节数(寄存器个数的 2 倍)(xx), 数据字节 1(xx), 数据字节 2(xx), ……, CRC 校验码高字节, CRC 校验码低字节”。

表 1 4 路控制输出模块 Modbus 寄存器定义

Table 1 Modbus registers definition of four way controlling module

寄存器编号	读写性	数据类型	含义
Number of register	Read and write	Data type	Meaning
4001	读写	16 位无符号整型	第 1 路控制输出
4002	读写	16 位无符号整型	第 2 路控制输出
4003	读写	16 位无符号整型	第 3 路控制输出
4004	读写	16 位无符号整型	第 4 路控制输出

3 软件平台设计

该平台的功能架构包括 5 个部分: 支持系统、表示层、业务层、设置层、采集层和控制层。支持系统作为整个系统的公共部分, 为其它部分提供系统级服务; 业务层在相关数据的基础上提供环境调控管理、生产管理设

备调度、物流追溯管理、市场人员管理等业务服务;设置层用来实现对该平台所连接的传感器、采集控制器、执行机构等组件化设备的参数设置功能,以及系统进行自动控制时的条件及智能决策组件设置功能;采集层,在遵循标准通讯协议的情况下,以多种方式建立起稳定的通讯信道,实现平台对数据的采集及存储;控制层,通过决策条件的设置,从而实现系统的自动控制(如图 7 所示)。整个系统的构建基于 J2EE。把系统的各个子系统的公共内容抽取出来形成一个基础平台。该平台的技术架构具有如下特点。

3.1 B/S 多层结构

基于 J2EE 技术架构设计的多层 B/S 结构的产品,实现集中化管理和维护,客户端的免安装和零维护,极大的降低了系统的维护成本,升级简便易行,实现了用户层、WEB 服务器、应用服务器、数据库服务器的合理分布,整个系统具有很高的可扩展性、安全性、可靠性。

3.2 开放式紧耦合数据库系统

产品采用纯 JAVA 技术开发,采用面向主题的数据设计思想,使各主要业务数据模块保持相对独立,可以在多种主流服务器和操作系统平台上运行确保数据实

体完整性、域完整性和应用完整性,同时支持 Oracle, SQL Server 等多种关系型数据库。同时采用结构开放的分布式实时数据库系统,为设施生产过程提供数据采集、实时数据、历史数据和统计数据存储管理的功能模块,为用户提供接口,设施环境调控过程中先进控制及优化或其它应用提供数据服务。向下可以集成信息采集控制系统,向上能够通过与关系数据库的无缝连接集成业务服务系统,为管控一体化平台提供高速、统一的数据平台^[9,10]。

3.3 利用 J2EE 基于组件/容器进行组态化开发

将完整的设施环境调控应用分割成多个独立的组件,每个组件提供了方法、属性、事件的接口,具有信息封装性、语言无关性、进程透明性和即插即用等特点,能够增加设施管控一体化平台灵活性、动态处理及可重用性。组态化开发以标记名机制为核心,软件对设施生产环境调控特点及测控管理流程进行组态化设计,具体包括项目组态、设备组态、图形界面组态、报警组态、数据库组态、控制策略组态、通讯组态、网络配置、用户组态等^[11],形成的统一的组态开发平台,最大程度降低了工业组态软件在农业应用的成本,缩短了二次开发周期。



图 7 设施管控一体化软件功能结构图
Fig.7 The structure chart of the software

4 平台构建及应用测试

该平台在北京通州金福艺农科技有限公司园区 26 栋日光温室进行试验示范。园区占地 5.33 hm², 主要种植进口彩椒、西葫芦、特色西红柿、樱桃番茄、草莓、番木瓜、水果黄瓜等特菜品种。现已成为奥运食品及农业产业链示范工程展示基地,北京农业标准化生产示范

基地。

该基地将环境信息采集系统、环境信息展示系统、温室精准变量施肥系统、视频监控及报警系统、园区 IP 网络广播系统、园区 VOD 点播服务系统、园区虚拟展示宣传系统、农业数字科普培训软件等系统集成一体构建园区管控一体化平台(图 8),管控一体化平台在该基地

应用效果突出, 挖掘农业科技展示功能, 体现都市型现代农业科学内涵, 降低生产成本, 提高管理水平。

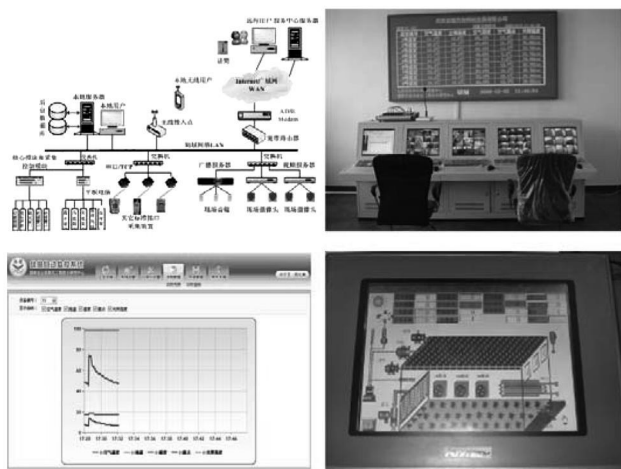


图 8 通州设施生产管控一体化平台方案及效果

Fig. 8 The project and effect of management and control integration platform in Tongzhou

5 结语

将工业领域应用的管控一体化技术与系统应用于设施农业生产是近几年才提出并进行相关研究工作的。当前设施生产研究方向比较分散, 系统相对独立, 为避免生产信息孤岛和数据分析真空, 迫切需要利用信息技术、网络技术、组件技术等将设施生产所需诸多系统有

效集成构建设施生产管控一体化平台。该项研究基于开放结构的设施环境管控一体化软硬件平台, 采用 C/S、B/S 结构及分布式网络系统, 实现设施生产各层次功能模型和结构的简化。通过统一的数据管理、通信、接口、组态和编程软件的一体化, 实现平台、数据、应用接口、业务层、表示层的有机集成, 为设施农业管控一体化技术和系统在设施生产深入研究提供技术支撑。

参考文献

- [1] 杜尚丰, 李迎霞, 马承伟, 等. 中国温室环境控制硬件系统研究进展[J]. 农业工程学报, 2004, 20(1): 7-12.
- [2] 陈建恩, 王立人, 苗香雯. 温室数据采集系统远程接口设计研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(7): 259-263.
- [3] 李迎霞, 杜尚丰. 中国温室环境智能控制算法研究进展[J]. 农业工程学报, 2004, 20(2): 267-272.
- [4] 杨小健. 管控一体化技术综述[J]. 工业控制计算机, 2004(5): 66-68.
- [5] 李小波. 管控一体化系统的开发[D]. 北京: 北京化工大学, 2006: 3-5.
- [6] M20A 系列嵌入式工控模块产品数据手册, 2007(3).
- [7] Jean J. Labrosse UC/OS-II 源码公开的实时嵌入式操作系统[M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.
- [8] 徐和飞, 牛秦洲, 蒋存波. 基于 MODBUS 协议的开关量控制模块设计[J]. 自动化与仪表, 2009(10): 23-26.
- [9] 周士贵. 管控一体化系统数据库集成和预处理的研究[D]. 天津: 天津大学, 2003: 12-18.
- [10] 李冉冉, 张齐, 田立斌, 等. 基于 J2EE 的组态软件实时数据库研究[J]. 微计算机信息, 2007, 23(8): 287-299.
- [11] 薛俊. 组态化的温室控制系统[D]. 上海: 上海大学, 2005: 54-58.

The Design and Application of the Management and Control Integration Platform for Facilities Environment Base on Open Structure

ZHANG Xin^{1,2}, ZHENG Wen-gang², QIAO Xiao-jun¹, TIAN Hong-wu², WU Wen-biao¹, BAO Feng²

(1. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097; 2. Beijing Research Center for Intelligent Agricultural Equipment, Beijing 100097)

Abstract: The integration of management and control is the inevitable trend of facilities production automation and management modernization. It was a highly integrated and unified form integrated system. And it made high demands in reliability, universally, expansibility and cost control. Based on the situation of measuring and controlling in facilities environment which had large sub-functions and complex demands in performance. And relying on the facilities production technology and computer networks system. This paper developed a management and control integration platform for facilities environment. This platform made MiniARM module or industrial panel PC as core, and took data acquisition and control module based on standard RS485/Modbus communication as distributed acquisition and control system's end point. The software integrated greenhouse production and management by configuration and Web Service technologies. This platform had open structure, standard ports, configuration management, and satisfied the differ scale, cost, demands of facilities production. It could reduce energy consumption and production and operating costs, improve labor productivity in practical application. And it had promotion prospects with a certain application.

Key words: facilities agriculture; environmental control; integration of management and control; open structure; configuration