

基于嵌入式 Web 的鲜切花温室环境因子监控系统的研究

徐文博, 杨申明, 杨海艳, 谢美华

(楚雄师范学院 化生学院, 云南 楚雄 675000)

摘 要:伴随着“物联网”时代的来临,对我国设施农业领域带来了前所未有的机遇和挑战。应用嵌入式技术对温室环境的监控是现代设施农业的一种新兴技术。目前我国利用嵌入式 Web 服务器对温室环境因子进行现场监控方面的研究较少。现在系统分析了国内外相关研究的基础上,提出了基于嵌入式 Web 的鲜切花温室多环境因子监控系统,系统以 S3C2440 为嵌入式开发平台;以 Linux 为操作系统;并选用 Boa 作为嵌入式 Web 服务器;通过 CGI 程序实现了对多环境因子数据实时 Web 监控。系统部署在现代鲜切花温室,经过测试,系统的软硬件运行良好,性能稳定,能满足鲜切花温室多种环境因子实时监控的要求。

关键词:物联网;嵌入式技术;鲜切花温室;环境因子

中图分类号:S 629 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)10-0201-07

随着社会经济的发展,鲜切花已经成为人们日常生活中必不可少的发挥着特殊作用的物品。尤其是重大节日或者庆典期间,对花的需求量、品质、种类有更高的

要求,并要求必须准确应时开花。影响鲜切花生长的环境因子主要有光照、CO₂ 浓度、温湿度、pH、土壤盐分值等。国内相关研究已经发现^[1-7],环境因子对鲜切花的生长有较大的影响,进而关乎花农的经济效益。基于嵌入式 Web 的鲜切花温室多环境因子监控系统的研究对推动我国鲜切花温室栽培的自动化、规模化和产业化有巨大的推动作用,进而为花农创造更大的经济效益,这符合高校以科技服务“三农”的宗旨,同时也积极体现了促进农民就业增收、繁荣农村经济的重要精神。

计算机技术的迅猛发展,“物联网时代”的来临,把互联网时代人与人交互的层面提升到了物与物相连的新高度,这对我国的设施农业提出了巨大的机遇和严峻

第一作者简介:徐文博(1985-),男,硕士,助理实验师,现主要从事设施园艺与农业信息及农业物联网等研究工作。E-mail: xwb1@cxtc.edu.cn.

责任作者:杨申明(1976-),男,本科,实验师,现主要从事天然有机产物化学等研究工作。E-mail: ysm@cxtc.edu.cn.

基金项目:云南省高校特色植物资源研究与开发科技创新团队支持计划资助项目(IRTSTYN);云南省省级重点学科(“生物学”)建设资助项目;楚雄师范学院校级重点学科(“生物学”)建设资助项目(05YJJSXK03);云南省高校应用生物学重点实验室基地建设资助项目。

收稿日期:2016-02-14

Statistical Analysis of WOS Citation of Journal ‘Northern Horticulture’

WANG Xingli, ZHAO Huiqing

(Library, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: The article with the ‘Northern Horticulture’ collected papers cited in WOS as the research object, using the method of literature analysis, the cited and lead literature view reveals, including the cited literatures, the author of the highly cited papers, and the outputs agencies. The source of literature periodicals, state, institution, published in the new technology, new methods, research hotspots and reviews, could further improve the quality of our academic and its influence in the field of science.

Keywords: ‘Northern Horticulture’; journal papers; WOS; SCI; citation analysis

的挑战。嵌入式系统已经成为 IT 界的又一新焦点,嵌入式设备在温室大棚环境因子智能采集等方面,凭借其较高的性能、低廉的价格、小巧的体积和较低的功耗等优点被大力推崇采纳,同时 Linux 操作系统具有开源性,开发出的产品具有独立版权。因此,基于嵌入式 Web 的鲜切花温室多环境因子监控系统为我国现代温室园艺技术的发展提供了重要的技术支持。

目前我国鲜切花温室对内部环境因子监控的自动化水平较低,同时对温室内多种环境因子的协同管控能力较弱。针对我国鲜切花温室环境因子监控情况的现状,结合当前嵌入式热门技术,选择功能稳定、全面的基于 ARM9 的 S3C2440 处理器芯片作为核心,并选用了具有开源代码的 Linux 作为操作系统。对 ARM9 进行内核、uboot 的移植以及根文件系统的制作和移植,为系统开发搭建好环境。系统整体硬件结构的研究和分析,其中包括环境因子传感器的选型、信号采集电路设计、A/D 转换器结构的研究以及寄存器配置。研究了 Linux 设备驱动的知识以及开发流程,重点对字符设备驱动进行了研究,设计开发了多通道 A/D 转换驱动程序。通过系统研究、分析、对比各种 Web 服务器,选用 Boa 作为该系统的嵌入式服务器。研究了 CGI 技术,并且对其在系统中的应用加以阐述。最后实现了系统在鲜切花温室大棚的集成部署。

1 材料与方法

1.1 试验材料

嵌入式系统以 S3C2440 为嵌入式开发平台;以 Linux 为操作系统;并选用 Boa 作为嵌入式 Web 服务器;通过 CGI 程序实现了对多环境因子数据实时 Web 监控。

1.2 试验方法

1.2.1 嵌入式系统 1)嵌入式系统定义。嵌入式系统(embedded system)是嵌入式计算机系统的简称,简单地说,嵌入式系统就是嵌入到目标体系中的专用计算机系统。嵌入性、专用性与计算机系统是嵌入式系统的 3 个基本要素。具体的讲,嵌入式系统是指以应用为中心,以计算机技术为基础,并且软硬件可裁剪,试用与应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗有严格要求的专用计算机系统。也就是说嵌入式系统是把计算机直接嵌入到应用系统中,它融合了计算机软硬件技术、通信技术和微电子技术,是集成电路发展过程中的一个标志性的成果。嵌入式设备是指内部有嵌入式系统的产品、设备,如内含单片机的家用电器、仪器、仪表、工控单元、机器人、手机 PDA 等。嵌入式技术的快速发展不仅使其成为当今计算机技术和电子技术的一个重要分支,同时也使计算机的分类从以前的巨型机、大型机、小型机、

变为通用计算机、嵌入式计算机(即嵌入式系统)。可以预言,嵌入式系统将成为后 PC 时代的主宰^[8]。2) 嵌入式系统的组成。嵌入式系统既然是一种专用的计算机应用系统,当然也包括嵌入式系统的硬件和软件两大部分。由于嵌入式系统是一个应用系统,因此还有应用中的执行机构,用于实现对其它设备的控制、监视或管理等功能。基于控制领域的典型嵌入式系统见图 1。3) 嵌入式 Linux。嵌入式 Linux 是以 Linux 操作系统为基础的嵌入式作业系统,是将 Linux 操作系统进行裁剪修改,然后移植到容量只有几百 kB 或者几十 MB 的嵌入式芯片上,使嵌入式计算机正常运行的专用 Linux 操作系统。常用的嵌入式操作系统主要有 Vxworks、palm05、QNX、Linux 和 Windows CE 等,而这些操作系统大部分是为专用系统开发的商用嵌入式系统。相比其它的嵌入式操作系统,嵌入式 Linux 有它自己绝对的优势。首先,Linux 是开放源代码的,不存在黑箱技术,遍布全球的众多 Linux 爱好者又是 Linux 开发者的强大技术支持;其次,Linux 的内核小、效率高,内核更新速度很快,Linux 内核是可以定制的,其内核最小只有 134 kB。第三,Linux 是免费的 OS,在价格上极具竞争力。

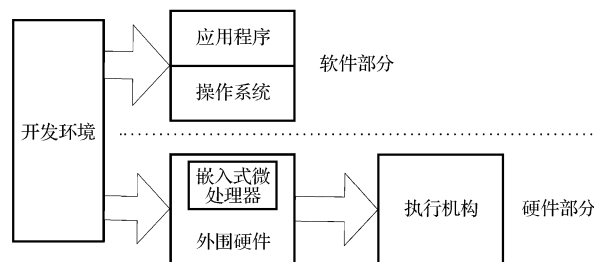


图 1 嵌入式系统结构

Fig. 1 Embedded system structure diagram

1.2.2 系统硬件设计 该文所设计的基于嵌入式 Web 的鲜切花温室多环境因子监测系统是在以 ARM 为核心的嵌入式平台上实现,因此首先要搭建硬件平台。1) 开发平台总体构架。该系统是在以韩国三星公司推出的 S3C2440A 为核心的嵌入式开发平台上实现的。该芯片采用 ARM920T 内核,具有低功耗、高速的处理计算能力等特点。整体设计融合了 MMU、AMBA、BUS 和 Harvard(哈佛)结构。具有独立的 16 kB 指令 Cache 和 16 kB 数据 Cache。2) 功能模块设计。该研究所设计的鲜切花温室多环境因子监控系统是要实现远程实时访问和控制的,因此系统必须具备网络通讯的功能,需要接入广域网,并为系统分配 IP 地址,以供远程用户的访问和控制。由于 S3C2440A 没有内置网卡芯片,系统选择性能较为稳定的 DM9000 网卡芯片。DM9000 是一款高度集成的、低成本的单片快速以太网 MAC 控制器,含有带有通用处理器接口、10 M/100 M 物理层和 16 kB 的

SRAM。S3C2440 的 COMS 模数转换器(ADC, Analog to Digital Converter)可以接受 8 个通道的模拟输入信号,并将它转换为 10 位的二进制数据。在 2.5 MHz 的 A/D 转换时钟下,最大转换速率达到 500 KSPS。输入模拟电压范围为 0~3.3 V。该 ADC 共有 8 个通道可以进行模拟信号量的输入,分别是 AIN0、AIN1、AIN2、AIN3、YM、YP、XM、XP。温室报警电路由扬声器和三极管构成,扬声器正极接在+5 V 电源端,负极接入三极管集电极,三极管基级通过一个 2 k 电阻接入 S3C2440A 的 GPIO 口,发射极接地,当 GPIO 输出低电平时,蜂鸣器鸣响,实现报警。外围接口电路主要包括了串行接口电路、USB 接口电路、JTAG 接口电路。串行接口电路提供 RXD, TXD, GND, RTS, CTS 五路信号。系统集成了 2 个 USB

主设备,遵从 OHCI Rev 1.0 标准,兼容 USB VER 1.1 标准,1 个 USB 从设备,具有 5 个 ENDPOINT,兼容 USB VER1.1 标准。JTAG (Join Test Action Group, 联合测试行动小组)是一种国际标准测试协议。主要用于芯片内部测试及对系统进行仿真、调试,准的 JTAG 接口是 4 线:TMS、TCK、TDI、TDO 分别为模式选择、时钟、数据输入和数据输出线。3) 传感器选型。影响温室鲜切花生长的环境因子主要有室内温湿度、土壤湿度、土壤电导率、土壤 pH、温室内光照强度、温室 CO₂ 浓度等。该系统选用 JCJ100S 壁挂式温湿度传感器, SWR-2 型土壤水分传感器, GZD 系统光照度变送器、VC1008 二氧化碳传感器、pH 传感器等。

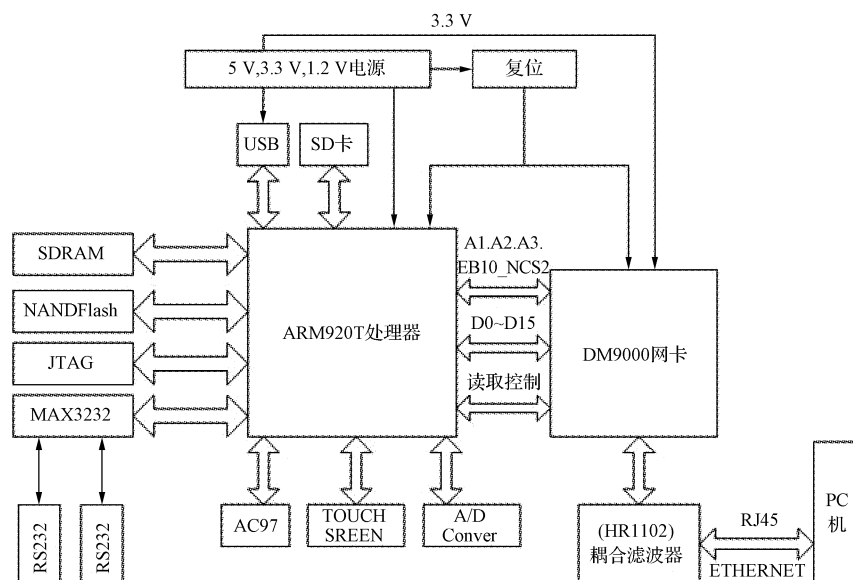


图2 开发平台结构

Fig. 2 Development of platform structure

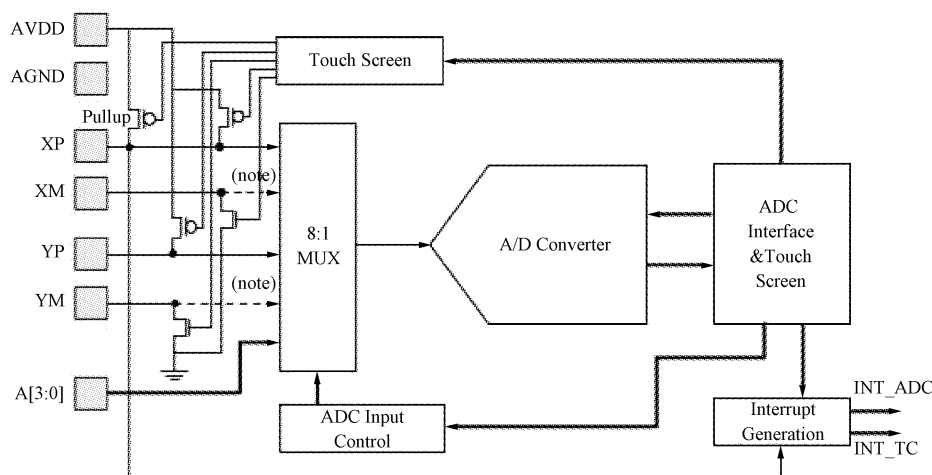


图3 S3C2440 A/D 转换器结构

Fig. 3 S3C2440A A/D converter structure

1.2.3 系统软件设计 1) 嵌入式开发环境的搭建。绝大多数 Linux 软件开发都是以 native 方式进行的,即本机(HOST)开发、调试,本机运行的方式。这种方式通常不适合嵌入式系统的软件开发,因为对于嵌入式系统的开发没有足够的资源在本机(即片上系统)运行开发工具和调试工具。通常的嵌入式系统的软件开发采用一种交叉编译的方式。交叉编译调试环境建立在宿主机(即一台 PC 机上),对应的开发平台叫目标机。嵌入式系统的软件开发首先要在宿主机上搭建交叉编译环境,然后把程序在宿主机上编译和连接之后,下载到目标机上运行使用^[9]。运行 Linux 的宿主机开发时使用宿主主机上的交叉编译、汇编及连接工具,形成可执行的二进制代码,这种可执行的代码并不能在宿主机上运行,而只能在目标机上运行。调试的时候可以通过串口、以太网口、JTAG 口等。对于嵌入式的开发,宿主机上的操作系统一般要求为 Linux 操作系统。该系统开发时,宿主机采用的是 Ubuntu 11.04 操作系统。2) 嵌入式 Linux 的移植。在专用的嵌入式目标板上运行 Linux 系统已经变得越来越流行。一个嵌入式 Linux 系统从软件的角度,通常可分为 4 个层次:①引导加载程序,包括固化在固件(firmware)中的 boot 代码和 BootLoader 两大部分。②Linux 内核,特定于目标板的定制内核以及内核的启动参数。③文件系统,包括根文件系统和建立于 Flash 内存设备之上的文件系统。④用户应用程序,特定于用户的应用程序。有时在用户应用程序和内核层之间可能还会包括一个嵌入式图形用户界面。3) 驱动程序的编写。设备驱动程序是应用程序和硬件设备之间接口,应用程序可以使用驱动程序提供的接口访问硬件,而不必了解硬件的具体情况,有了设备驱动上层程序员才能在不了解硬件细节的基础上完成应用程序的开发。字符设备驱动接口流程见图 5。Read 函数采用阻塞式操作,首先通过信号量 ADC 来判断资源是否可用,如果资源可用,那么 ADC 资源被锁起,AD 转换开始进行。AD 转换器把各种环境因子传感器输出的模拟信号转换为数字信号。此时 read 进程进入休眠状态,等待 AD 转换结束。进程的唤醒发生在中断里面,因为 AD 转换结束后伴随而来的是一个中断。所以在中断函数里,执行 wake_up_interruptible(&adcdev. wait)唤醒等待队列的操作,read 进程被唤醒,这样就可以把转换结果加以赋值后通过 copy to user 函数传递到应用层,然后再 up(\$ ADC_LOCK)释放 AD 转换器资源。代码如下:

```
if (down_trylock(&ADC_LOCK)==0) {
    OwnADC=1;
    START_ADC_AIN(adcdev. channel, adcdev.
    prescale);
```

```
wait_event_interruptible(adcdev. wait, ev_adc);
ev_adc=0;
DPRINTK("AIN[%d]=0x%04x,%d/n",
adcdev. channel, adc_data, ADCCON & 0x80 ? 1:0);
value=adc_data;
# if 0
sprintf(str, "%5d", adc_data);
copy_to_user(buffer, (char *) &adc_data, sizeof
(adc_data));
# endif
OwnADC=0;
up(&ADC_LOCK).
```

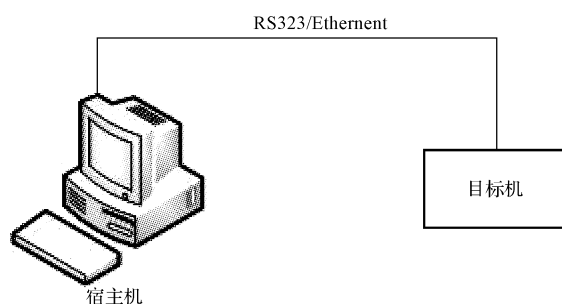


图 4 交叉编译

Fig. 4 Cross compiler

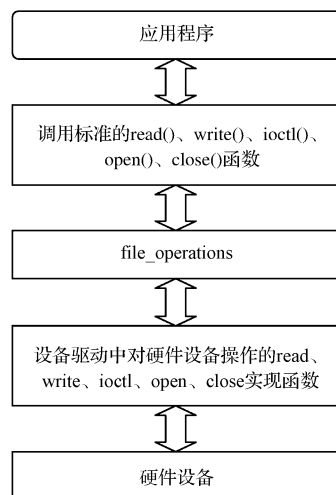


图 5 字符设备驱动接口流程

Fig. 5 Character device driver interface process

4) Boa 服务器在该系统的应用。该系统采用 Boa 服务器作为系统的嵌入式 Web 服务器。Boa 是一款单任务的 Http 服务器,与传统的 Web 服务器不同,当有链接请求时,它不会为每个链接创建进程,也不会通过复制自身进程来处理多链接,而是通过建立 Http 列表来处理多路 Http 请求,并且它只为 CGI 程序创建新的进程,节约了大量嵌入式系统资源。Boa 以其高速、高效的特点

在嵌入式服务器领域占有很重要的地位^[10]。5) CGI 技术的应用。该系统所开发的 CGI 脚本程序是使用 C 语言编写的,包括用户认证、用户管理、环境因子监测和设备控制等 CGI 程序。该系统采用表单与 CGI 程序相结合的方法对鲜切花温室环境因子进行实施监测与控制,实现了服务器和浏览器的交互。通过设计 HTML 表单,客户端在浏览器上通过对表单控件的操作,就会将用户请求通过 Boa 服务器传递给 CGI 程序。HTML 表单指定了需要调用的 CGI 的路径和名称。Boa 服务器通过 CGI 的标准输入 STDIN 把表单传递的内容传递给 CGI 程序,经过处理之后,CGI 把处理过的数据整理成 HTML 格式的页面,通过标准输出 STDOUT 返

回到远程浏览器的 HTML 页面上,实现了动态交互过程。

2 结果与分析

2.1 系统的集成部署

该系统集成应用于鲜切花温室大棚,S3C2440A 作为服务器通过网卡连接交换机,经过路由器连接 Internet。用户可以通过浏览器访问系统,可以查看鲜切花温室内的土壤温湿度、pH、光照、CO₂ 浓度等实时环境因子数据。同时可以通过浏览器发送控制命令来远程控制现场内执行设备的工作。系统的部署设计见图 6。

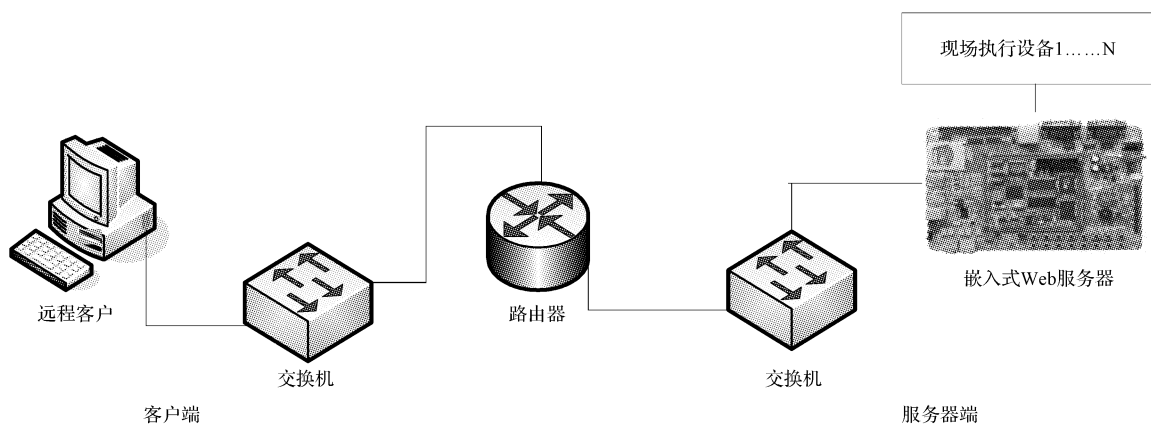


图 6 系统整体部署

Fig. 6 The system deployment

2.2 系统的应用

该系统的界面设计采用超文本标记语言(HTML)和 HTML 表单结合 CGI 技术实现。针对嵌入式开发平台硬件资源有限的特点,采用超文本标记语言加 HTML 表单的方法设计界面,充分考虑了硬件平台的性能发

挥,又能把页面设计的简洁美观。登录界面见图 7。

若远程用户输入了正确的账号和密码,则直接进入监控界面;若输入错误,则显示登录失败,点击“返回”按钮,返回登录界面。登录失败界面见图 8。



图 7 登录界面

Fig. 7 Login interface



图 8 登录失败界面

Fig. 8 Failed login interface

该系统主要对鲜切花温室光照强度、棚内温湿度、土壤湿度、CO₂ 浓度、pH 进行监控,当环境数据在正常指标范围时,显示正常,当超过或低于指标时蜂鸣器就

会报警。通过网页以控制继电器的方式来控制温室内的遮阳网和喷灌的开启和关闭。

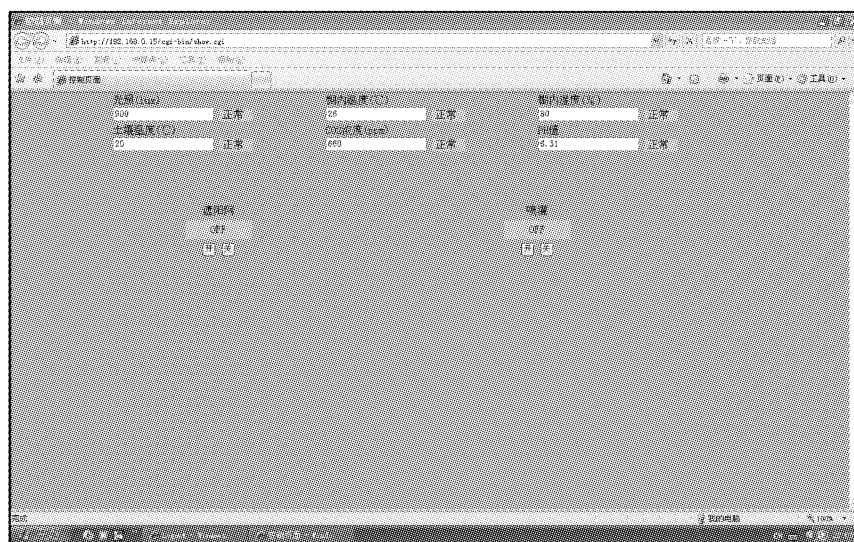


图 9 系统控制界面

Fig. 9 System control interface

3 结论与讨论

利用计算机技术、嵌入式技术、网络技术实现温室多环境因子的集成监控,是现代温室大棚所必需具备的。该研究针对当前我国温室大棚环境因子自动监控系统只能对单一环境因子进行监控,这样不利于多环境因子的综合协调与控制的问题,提出了基于嵌入式 Web 的鲜切花温室多环境因子监控系统的研究,重点研究了在 Linux 2.6.12 内核下,多通道 A/D 转换驱动程序的设计与移植,利用嵌入式技术,重点实现对鲜切花温室多环境因子的远程自动监控、动态数据集采集等功能,目前该系统已应用于实际生产中,并取得了较好的应用效果。该研究主要工作总结如下。1)完成了基于

嵌入式 Web 的鲜切花温室多环境因子监控系统的硬件选取及开发环境的搭建工作。选择功能稳定、全面的基于 ARM9 的 S3C2440 处理器芯片作为核心,并选用了具有开源代码的 Linux 作为操作系统。对 ARM9 进行内核、uboot 的移植以及根文件系统的制作和移植,为系统开发搭建好环境。2)完成了基于嵌入式 Web 的鲜切花温室多环境因子监控系统的硬件设计工作。主要完成了系统整体硬件结构的研究和分析工作,其中包括环境因子传感器的选型、信号采集电路设计、A/D 转换器结构的研究以及寄存器配置。3)重点完成了基于嵌入式 Web 的鲜切花温室多环境因子监控系统的设备驱动程序的研究和开发工作。研究了 Linux 设备驱动的知识

以及开发流程,重点对字符设备驱动进行了研究,设计开发了多通道 A/D 转换驱动程序。4)对嵌入式 Web 服务器进行了研究。通过系统研究、分析、对比各种 Web 服务器,选用 Boa 作为该系统的嵌入式服务器。研究了 CGI 技术,并且对其在系统中的应用加以阐述。5)完成了基于嵌入式 Web 的鲜切花温室多环境因子监控系统的在鲜切花温室大棚的集成部署工作。包括系统部署方案的设计和各项功能的实现。该系统在开发过程中,始终把低功耗、高稳定性、良好的实时性作为系统开发的立足点,不管是对芯片的选型、硬件电路的设计,还是在软件的开发上,都考虑到了这几点。由于目前有关嵌入式多通道 A/D 驱动程序的研究报道较少,该系统在对多通道 A/D 转换驱动的研究上,具有一定的借鉴意义。

该研究所开发的基于嵌入式 Web 的鲜切花温室多环境因子监控系统,虽然已完成,并应用于实际温室大棚中,但在系统实现过程和实际应用中,也逐步发现其存在一些不足,还需进一步的完善和改进,主要有以下 2 点。一是对监测到的实时数据的动态存储还不完善。下一步将在系统中加入嵌入式数据库,以实现对所监测

到的数据进行存储、分析和处理等操作。二是系统的推广应用范例还不多,对应用范围和应用条件的制约性研究不够,下一步将进一步扩大系统进行应用推广范围。

参考文献

- [1] 沈伟其,张国平,桂文光.光照对茜草生长和草茎开花率的影响[J].应用生态学报,2002,13(5):577-580.
- [2] 刘宏涛.草本花卉栽培技术[M].北京:金盾出版社,1999.
- [3] 胡惠蓉,王彩云,包满珠.温光处理调控观赏植物花期的研究的进展[J].园艺学报,2000,27(增刊):522-526.
- [4] 戴英祥,黄晓玲.绣球花栽培及花期调控研究综述[J].广东园林,1996(4):54-56.
- [5] 谭长雪.瓜叶菊元旦春节开花的技术要领[J].花卉,2002(10):13.
- [6] 吴文新,王洪铭.菊花花期调控技术的研究概况及展望[J].福建农业科技,2001(3):21-23.
- [7] 王威.几种栽花用土及配制[J].花卉,2002(12):47.
- [8] 金怡濂.嵌入式系统原理及应用[M].北京:北京邮电大学出版社,2006.
- [9] 博创科技.Linux 实验指导书[Z].北京:北京博创兴业科技有限公司,2006.
- [10] 谢光伟.基于 ARM-Linux 的远程光照强度监控系统的研究和应用[D].昆明:云南农业大学,2011.

Research on Cut Flower Greenhouse Multiple Environmental Factors Monitoring System Based on the Embedded Web

XU Wenbo, YANG Shenming, YANG Haiyan, XIE Meihua

(College of Chemistry and Life Science, Chuxiong Normal University, Chuxiong, Yunnan 675000)

Abstract: The “Net of Things” has brought the agricultural facility of China opportunities and challenges. Using embedded technology to monitor greenhouse environment is one of the emerging technology of facility agriculture. The research of embedded web server technology in monitoring the environmental factors of greenhouse-horticulture in China was less. With systems analysis on the basis of domestic and foreign research, for the domestic status, the paper used S3C2440 as the development platform, Linux as the operating system, researched and developed a cut flower greenhouse environmental factors monitoring system based on embedded Web server. The paper used Boa as the embedded Web server and used CGI programs to achieve the Web monitoring to the data of multiple environmental factors in real time. After testing, the hardware and software of the system were running well, stable performance, could meet the requirement of real-time monitoring of cut flower greenhouse environmental factors.

Keywords: Net of Things; embedded technology; cut flower greenhouse; environmental factors