

# 分布式智能型温室计算机控制系统的一种设计与实现

齐文新, 周学文

(华中科技大学模式识别与智能系统教育部重点实验室, 武汉 430074)

**摘要:** 针对农业环境自动化控制的需要, 研制了“分布式智能型温室计算机控制系统”。该系统体系结构为中心计算机和单片机智能控制仪的主从式结构, 系统采用实时多任务操作系统和农业温室专家系统的人工智能技术, 对温室内外环境因子进行实时监测和智能化决策调节, 为农作物创造最优化的生长条件。实时多任务系统使系统的通信, 环境参数采集, 控制可以同时进行; 由于现场情况的复杂性和多变性, 依靠精确数学模型的传统控制已经无法很好地解决问题, 因此, 本系统采用存储大量现场经验和知识的专家系统来达到控制的目的。采用专家系统从理论上去验证和分析系统, 保证了系统运行的稳定性和可扩展性, 降低了开发难度。系统硬件主要由环境因子实时监测模块、智能决策模块组成。软件部分采用 COM 组态方式实现, 包括数据库管理模块、人工控制模块等, 具有操作简便, 可靠性高, 易升级扩充等特点, 已实现产品化。

**关键词:** 分布式智能温室; 自动控制; 人工智能; 专家系统; 单片机

**中图分类号:** TP311

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2004)01-0246-04

## 0 引言

近年来发展起来的智能温室系统是一种资源节约型高效农业发展技术, 它是在普通温室基础上, 结合现代计算机自控技术、智能传感技术、人工智能和专家系统等高科技手段发展起来的, 在计算机综合控制下提供与季节无关的适合作物生长的环境, 以实现各种作物的优质、高效、低耗的工厂化生产。

以色列、日本等先进国家的大型温室已经普遍采用计算机控制系统, 在实现温室自动化控制的基础上, 当前国际上对温室计算机控制技术的研究方向包括: 1) 基于互联网的温室计算机控制系统和温室图像系统; 2) 生态环境因素控制; 3) 作业自动化; 4) 将专家系统应用于温室的管理、决策、咨询等方面, 取得了不小的进步。

国内现有的大多数系统是从国外引进的, 这些系统一是价格昂贵, 二是存在水土不服的问题。我国温室经过十几年的消化吸收和发展, 国产温室已经占据了主导地位, 但温室计算机控制系统则一直依靠进口, 成为我国温室行业的一个技术难题和瓶颈。国内在温室的自动控制与智能化方面进行了许多有价值的研究, 但研制的系统体系结构不合理, 软件功能比较弱, 可靠性不高, 系统组态不灵活, 不能适应温室自动化控制的要求。

作者在充分消化国内外温室控制技术的基础上, 针对目前国内对温室自动控制水平的要求及自动控制系统的实际需求情况, 结合我所在人工智能及其专家系统领域的研究优势, 采用中央控制计算机与单片机智能控制器的主从式体系结构, 实时多任务操作系统和农业温室专家系统, 研制了这套分布式智能型温室控制系统。

## 1 温室自动控制系统的特点及总体结构

### 1.1 智能温室的特点

收稿日期: 2002-07-04

作者简介: 齐文新(1968-), 男, 福州市人, 博士, 主要从事计算机测控研究。武汉市 华中科技大学模式识别与智能系统教育部重点实验室, 430074

智能温室控制主要是根据外界环境的温度、湿度、光照以及风速、风向、雨量等气候因子, 基于温室专家系统和用户参数设定, 通过一些控制措施来调节温室内的温度、湿度、通风、光照等环境因子, 创造出适合作物生长的合适温室生态环境(该环境是按不同作物生长的要求进行统筹优化后制定的), 即根据作物不同生长阶段的需求制定出检测标准, 通过对温室环境的实时检测, 将测得参数进行比较后自动调整温室各个控制设备状态, 以使各项环境因子符合既定要求。

### 1.2 温室控制系统的总体架构

温室控制系统是由 4 个部分组成:

1) 信号采集输入部分: 包括温度、湿度、光照、风速、风向、雨量等环境因子的检测。

2) 信号转换与处理部分: 将采集的信号转换为计算机和操作人员可识别的量, 并由计算机进行处理。

3) 输出及控制部分: 控制风机湿帘、遮阳网、窗的开关等系统。

4) 灌溉控制: 包括定时灌溉, 时间由控制室调整设定, 并可根据实际情况, 在温室内进行手动控制灌溉。

系统整体框架如图 1 所示。

## 2 硬件系统的组成及控制功能

### 2.1 系统原理

控制系统由中心计算机(Intel Celeron 433M PC 机)和单片机智能控制仪(51 序列单片机)组成, 1 台上位机与多台下位机实现主从式通讯, 对多个温室进行监测、管理和控制。单片机智能控制仪对温度、湿度、光照和风速、风向、雨量、照度等气象环境因子进行监测并对温室设备进行控制, 计算机和控制仪之间采用 RS485 总线连接, 可随时进行系统的调整和扩展。

### 2.2 系统功能

1) PC 机: 对整个系统进行配置, 对控制仪的控制参数进行设定, 读取控制仪测量的数据, 存储, 显示打印等操作。如果 PC 机没有开机, 控制仪也可自动进行数据采集和控制, 并将测试数据存入内部的大容量存储器

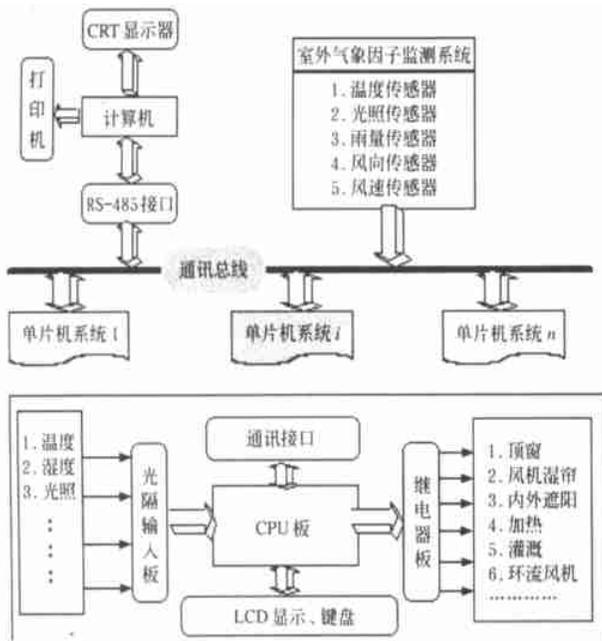


图 1 系统整体框架

Fig 1 Structural diagram of the whole system

中, 等 PC 机开机后再将其传入 PC 机数据库中。

2) 控制仪: 每一个控制仪控制一个温室, 控制仪具有数据采集和控制功能, 可以独立于 PC 机工作。每个控制仪都有自己的液晶显示, 键盘系统, 可以独立于 PC 机来控制 and 调整系统的运行状态。液晶显示提供系统设备运行参数, 系统设备状态, 系统运行周期等的完整菜单, 可以通过操作键盘来调整所有的参数。这样使得系统可以脱离 PC 机运行, 还可以对系统参数和设备的控制参数在控制仪上进行调整并监控设备运行的状态。

### 3 系统软件结构

系统软件包括上位机软件和下位机软件, 上位机软件采用 Microsoft Visual C++ 6.0 编写, 下位机软件采用 C 语言编写, 固化在程序存储器中。

#### 3.1 控制仪控制软件的功能

1) 读入各传感器的测量值, 并传送给 PC 机, 如需要, 将测量数据存入大容量的掉电保护存储器中, 即使停电也不会丢失数据, 并可与 PC 机进行数据交换。

2) 根据内部的控制算法对温室设备进行控制, 并将控制动作和设备状态传给 PC 机。

3) 实现控制仪独立的控制界面, 并且通过液晶显示, 键盘来操控, 包括将系统的数据显示到液晶显示器, 提供完整的数据菜单等。

#### 3.2 计算机温室控制软件

系统控制的关键在温室气候控制, 为使操作人员能够直观地察看到各项气候数据, 人机接口全部采用友好的图形界面, 使操作更简单直观。

系统软件主要由实时监测模块, 系统参数设定模块, 智能决策模块, 数据处理模块, 数据库管理模块, 人工控制模块, 喷灌模块, 帮助文件模块等 7 大模块组成。

##### 3.2.1 各模块功能

**实时监测模块** 该模块负责实时将室外传感器传

进来的各气象因子的模拟量转化为操作人员可识别的量, 为了防止一些跳变数据对观测的影响, 我们先对所采集的数据进行滤波, 然后再将其显示到主界面的气象因子显示框中, 极大地保证了数据的可靠性。

**系统参数设定模块** 对于温度、湿度等参数, 除需要进行监测外, 还需要根据作物生长的需要, 对作物生长的各项参数的范围进行设定, 包括季节控制策略的选择, 各气象因子的上/下限等, 并将这些设定写入数据库, 然后通过通讯总线将这些设定参数从计算机传送到单片机地数据寄存器中, 单片机根据这些参数对温室内/外窗、湿帘、风机、内/外遮阳等设备进行开关调节, 例如当温度超过设定温度的上限时, 就需要打开风机、窗户等设备使室外的空气流通达到降温的效果。

**智能决策模块** 该模块根据实测数据, 采用人工智能的方法, 在温室控制专家系统的帮助下, 自动设定下位机中某些重要控制参数。该模块是一个温室控制专家系统, 它对温室参数设定提供最科学和有效的帮助。

**数据处理模块** 为适应农作物的生长, 温室内的温度、湿度等参数的值不仅需要及时了解和掌握, 而且为了总结作物生长的规律和对各项参数的要求, 例如在什么温度范围内作物才能良好的生长, 又需要记录和察看一段时间内的最低值、最高值和过去某一点上的值, 所以在系统中, 利用系统的数据库, 能够给出实时数据和历史数据的表格显示, 以及它们的实时趋势曲线和历史趋势曲线, 保证用户可以实时察看各项参数的当前值及趋势曲线, 而且可以察看到几天内, 甚至是一个月内各项参数的变化曲线, 在此时段的最大值和最低值, 某一时点上的温度、湿度、光照等环境因子的当前值。

该模块可以由用户自由设定需要数据存储的温室及存储各气象因子的时间间隔。

**数据库管理模块** 该模块负责设定参数以及各气象因子的记录、查询和维护。

**手动控制模块** 该模块在“手动”状态下可以在 PC 机中直接点击“人工控制”画面上的各个设备的“开”“关”等模拟开关对各个设备进行控制。

**喷灌模块** 喷灌模块根据用户设定的日期和时间间隔自动进行喷灌。

### 4 系统关键技术

#### 4.1 控制系统的实时性

控制系统在某一环境因子异常时, 能够及时地对此异常情况进行处理, 即能够及时地启动相应的设备对该环境因子进行调节。

实时软件的运行周期通过定时器来实现, 定时器又分硬件定时和软件定时。

硬件定时时钟的脉冲序列由石英晶振产生, 如果不要求太高的精度, 也可以改用谐振电路产生脉冲。时钟的其余部分可以用硬件, 或者用软件来实现, 根据精度和持续时间的要求选定。用硬件实现时, 脉冲间隔通常在  $1\ \mu\text{s} \sim 1\ \text{ms}$  之间。可编程的时钟可以按间隔计时模型或者秒表模型方式运行, 可以改变计数速率, 在一个

基本脉冲内计数多次,但硬件计数器的字长限制住了计数的持续时间。硬件实现的时钟编码模型由于其精度比较“粗”,在实时应用程序中主要用于定时记录报表和打印等任务。

用软件实现计时要花费计算时间,但其精度和字长可以用程序改变。所以当脉冲间隔在毫秒以上时,软件计时比硬件计时更灵活,可以更容易地调节计时模型方式。

为了获取更高的定时精度,本系统采用了软件定时方式,本系统的实时控制主要包括以下几个方面:

**实时采集:**多通道采集方式,每个通道采集时间 0.5 s,采取循环采集方式,只要周围环境发生变化,系统可以很快采集到变化了的数据。

**实时控制:**对所有的设备进行快速、及时控制,整个系统控制的周期约为 2 s,根据实时采集到的数据对系统进行自动或者手动控制。

**实时报表:**根据采集到的数据和系统的设备当前状态产生数据报表,数据曲线图。

#### 4.2 控制系统的多任务以及并发控制

温室控制系统中包含多个控制任务,即包含多个独立运行的进程,譬如定时任务(比如数据存储和喷灌任务),随机任务(比如调节环境因子的受控设备),通讯任务,其他控制任务等等。为了使多个任务之前互不干涉,并发执行,系统使用多线程,多任务软件并发方式。

采集,控制,通信共同进行。如何处理多个任务之间的协调关系,是一个比较重要的问题。单片机系统有中断响应和中断查询方式来实现多任务操作系统。中断响应方式虽然反应迅速及时,但是它对资源独占,所以不适合对实时性要求较高的系统;本系统采用中断查询方式来实现多任务。采集任务在任务中循环自行,不存在查询,对通讯任务,定时对上位机中断位查询,有中断则进入通讯模块,通讯结束转入主模块;对控制任务,在任务中定时循环的进行。使用 WatchDog 防止系统陷入死循环,保证系统的实时性。

**中断查询机制保证多任务的进行:**中断查询机制是计算机执行多任务的关键。中断信号由硬件发出,操作系统识别信号后,首先悬挂当前正在执行的程序,存储完整的恢复信息,初始化中断。之后计算机开始执行前台任务,例如例子程序中的“时钟”模块。当前台任务完成后,则进行相反的过程,系统发送一个信号到中断设备,获取存储的中断信息,恢复被悬挂的后台任务。

**并发控制:**控制程序和计时程序之间的主要接口是时钟句柄变量,控制程序用句柄变量调用时钟函数。为了设计控制程序,常常用一个进程来保持计时,该进程与控制程序完全独立,并行运行。下面的控制程序采用软件定时,并对所有的任务定义触发变量,每次时间片间隔到达查询变量,如何变量为 0 则运行相应的任务,从而很好的实现多任务的并发控制。

```
void TimerProcess(void) //定时器表处理,调用定时时间已到的任务处理函数
```

```
{
```

```
    uchar i;
    for (i = 0; i < MAX_TIMER_NUM; i++) //
        依次检查所有任务是否要执行
    {
        if (Timer_Table[i].Type == NULLTYPE
        ) continue;
        if (Timer_Table[i].Time == 0)
            {
                TempVar = i; //该处必须用一临时
                变量保存 i 值
                //堆栈空间等的原因
                导致函数返回时 i 值
                错误
                (* Timer_Table[i].TimerProc
                )(); //调用超时处理函数
                i = TempVar; //恢复 i 值
                if (Timer_Table[i].Type ==
                ISMETA SK) //定时任务,则重置时间常数
                    Timer_Table[i].Time = Timer_
                    Table[i].TimeBackup;
                else
                    Timer_Table[i].Type =
                    NULLTYPE; //否则,清除定时器类型标志
            }
        else Timer_Table[i].Time--; //该 i 项时
        间尚无要处理的,将记数值减 1
    }
}
void Timer(void) interrupt 5 //软件定时中断函数,产生时间基准
{
    TF2 = 0;
    FlagOfTimer = 1;
    TR2 = 0;
    TL2 = 0x00;
    TH2 = 0x00;
    TR2 = 1;
}
}
```

#### 4.3 专家系统与控制系统的相互协调

专家系统是基于知识的启发式推理系统,它根据一个或多个专家所提供的特殊领域的知识进行推理,模拟人类专家在决策过程中的思维方法,以此来解决复杂的工程或非工程问题。专家系统方法为处理启发式直觉逻辑推理信息提供了途径和工具。在控制领域中,专家系统与控制理论相结合,尤其是启发式推理与反馈控制理论相结合,形成专家控制系统。

我们的专家系统是运用人工智能的专家系统技术,在收集了农作物及牲畜领域知识、模型和专家经验等的前提下,采用合适的知识表示技术和推理技术建立的知识库。它和计算机控制系统相互配合,根据当前的作物季节和时间对作物生长的最佳环境因子提供决策支持

(手动设定情况下)和设定(全自动情况下)。

#### 4.4 系统稳定与安全性

控制系统对农作物的生长环境进行精确控制, 所以系统的安全性尤为重要。硬件方面的安全性保证:

1) 单片机故障显示及系统复位, Watch dog 技术防死机。

2) 预设数据的掉电保护。

3) 主机采用 RS-232/RS-485 通信接口转换器完成信号转换, 单片机采用 MAX485 实现 RS-485 与 TTL 电平的转换。

软件方面的安全性保证:

1) 采用三次握手协议保证 PC 机与多个计算机控制装置间的数据正确传输及系统参数的远程控制。

2) 采用 CRC 循环冗余码校验数据通讯中的错误。

3) 采用滤波技术, 滤除数据采集过程中的噪声。

4) 采用“轮询”的技术来避免通讯冲突。

#### 4.5 软件组态技术

为了适应软件科学的发展, 所以必须把复杂的应用程序分割成一些小的, 功能相对简单的模块, 这种方法就是组件技术。现行的组件技术为了让组件具有更大的通用性和更好的可扩展性, 把组件模块设计成可以运行在不同的系统环境下, 甚至是不同的操作系统下面。组件的应用已经变得越来越重要, 越来越广泛。

本系统主要采用微软的 COM 组件技术来实现组态工控分布式软件, 组态工控软件能够应用于不同的工业系统, 减少了重复性编程工作, 提高了软件重用的效率, 也提高了系统的扩展性和可维护性。

#### 5 结 语

分布式智能型计算机控制系统采用了实时多任务操作系统和温室专家系统人工智能技术。实时多任务操

作系统使得系统的多个决策可以并行的运行, 提高了系统的运行效率和反应速度; 存储大量现场经验和知识的温室专家系统的采用保证了系统运行的实用性, 可靠性; 软件组态的方式可以让软件适用于各种不同的温室系统中, 减少了重复编码工作, 提高了软件开发的效率。

自 2000 年以来, 先后被河北、陕西、黑龙江、甘肃、新疆、河南等地的大型温室采用。这些系统在实际运行中得到了很好的评价, 完全实现了系统设计目标。实际运行中, 系统运行的参数控制范围 (1) 温度: 10~ 40, 误差  $\pm 0.01$ ,  $\pm$  (2) 湿度: 45%~ 95%, 误差  $\pm 0.1\%$ , 很好的满足了温室控制的要求。

#### [参 考 文 献]

- [1] 于海业, 马成林, 陈晓光. 发达国家温室设施自动化研究现状[J]. 农业工程学报, 1997, 13(增): 253- 257.
- [2] 李萍萍, 毛罕平. 我国温室生产的现状与亟待研究的技术问题探讨[J]. 农业机械学报, 1996, 27(3): 135- 139.
- [3] 李建华, 郭 明. RS232 和调制解调器高级通信编程[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2001, 1- 90.
- [4] 颜全生. 温室的自动控制设计及实现[J]. 电力系统及自动化学报, 2001, 13(4): 65- 69.
- [5] 杨卫中, 张曙光, 蔡振江, 等. 温室自动控制系统的试验研究[J]. 农业工程学报, 1999, 15(3): 259- 261.
- [6] 张云生. 实时控制系统软件设计原理及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1998, 12: 118- 122.
- [7] 董乔雪, 王一鸣. 温室计算机分布式自动控制系统的开发[J]. 农业工程学报, 2002, 18(4): 94- 97.
- [8] 龙庆华. 智能计算机自动监控系统[J]. 华南师范大学学报, 2002, 1: 131- 135.
- [9] 周 诚, 梁建武. Window sNT/2000 串口通信研究与实现[J]. 微计算机应用, 2001, 22(5): 305- 307.
- [10] 柴 毅. 基于农作物生长特征的作物栽培专家系统[J]. 模式识别与人工智能, 1999, 12: 163- 165.

## Design and application of distributed intelligent greenhouse computerized control system

Q iW enxin, Zhou Xuewen

(Institute of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** Aimed at the need of fully-automatic control of agricultural control system, the distributed intelligent greenhouse computerized control system has been researched. It is composed of center computer and single-chip microprocessor as its control core. Based on artificial intelligence and expert system knowledge database, the greenhouse environmental factors are adjusted in time with the help of real-time inspection and intelligent decision-making module. Furthermore, optimized growing conditions of crops will be created. The whole system is composed of environmental factors inspection module, intelligent decision-making module, data processing module, database management module, irrigation control module. The system owns many advantages such as intelligent decision-making, convenient operation. Besides, it is easy to extend and update. This system has been realized as a product.

**Key words:** distributed intelligent greenhouse; automatic control; artificial intelligence; expert system; single-chip microprocessor