

温室环境因子无线自适应系统^①

李永成¹, 曾勇虎¹, 陈雷², 刘国柱¹, 凌青³

¹(电子信息系统 复杂电磁环境效应国家重点实验室, 洛阳 471003)

²(中国人民解放军 63893 部队, 洛阳 471003)

³(中国科学技术大学 自动化系, 合肥 230027)

摘要: 现代温室的环境因子(包括温度、湿度等环境参数)测控系统中, 传统的有线通信受到监测环境、数据传输距离和成本的制约, 限制了温室进一步大规模的发展. 因此, 本文通过建立无线传感器网络, 实现测控环境中不同区域的温湿度信息无线实时采集与监测; 同时根据植物生长环境需求, 通过无线传感器网络中的控制节点控制温室中的机电设备, 启动或者关闭相应的执行器(天窗、湿帘、遮阳帘、风机等), 实现对温室环境因子的无线自适应控制. 因此, 设计温室环境因子的无线自适应控制系统是解决现代农业温室测控领域中因有线通信而受限的有效途径之一.

关键词: 环境因子; 自适应控制系统; 无线传感器网络

Wireless Adaptive Control System for the Environmental Factors in the Greenhouse

LI Yong-Cheng¹, ZENG Yong-Hu¹, CHEN Lei², LIU Guo-Zhu¹, LING Qing³

¹(State Key Laboratory of Complex Electromagnetic Environment Effects on Electronics and Information System, Luoyang 471003, China)

²(63893 Troops, The Chinese People's Liberation Army, Luoyang 471003, China)

³(Department of Automation, The Science and Technology University of China, Hefei 230027, China)

Abstract: In modern agriculture acquisition systems for the environmental factors(temperature, humidity and so on), traditional wired communications are subject to the constraints of environment, costs, and data transmission distances, etc. In this thesis, we establish a wireless sensor networks to realize real-time temperature and humidity data acquisition and monitoring from different areas in a greenhouse with wireless sensor nodes; Simultaneously, we control the mechanical and electrical equipment by the control node in the wireless sensor networks to turn on or turn off the equipment (such as skylight, wet curtain, sunshade, fan, etc), according to the optimal growth conditions which are required by the crops in the greenhouses. Therefore, design a wireless adaptive system for the environmental factors is one of the effective ways to solve the problems which occurred in the wired communications.

Key words: environmental factors; adaptive control system; wireless sensor networks

建立温室环境测控系统的目的是为了实时获取温室环境信息, 并根据农作物生长条件的需要, 控制温室环境因子(温度、湿度等), 以最大限度的满足农作物最优生长所需的环境条件^[1]. 传统的温室环境因子测控系统都是通过有线通信的方式执行环境因子的测量与控制, 例如 RS-485 总线、CAN 总线等等^[2].

然而大量数据线缆存在短路、断线隐患, 并且成

本高、易老化, 给系统的调试和维护增加了难度. 同时, 由于温室的占地面积大, 若采用有线测控系统, 不仅通信设备间需要大量的布线, 还必须提供系统供电线路的支持, 因此限制了温室的大规模发展^[3]. 而采用无线测控技术可以有效解决以往有线测控技术存在的问题, 并且具有有线通信不能比拟的多种优势, 例如其经济成本低、可随意增减网络中的节点、覆盖区域

① 收稿时间:2012-10-08;收到修改稿时间:2013-06-17

广、还可以适应在种植不同作物以及同一作物不同生育期信息敏感区位置不断变化的特点等等。

1 系统构成

温室环境因子无线自适应控制系统(如图 1 所示实线为有线传输、虚线为无线传输), 通过建立无线传感器网络来完成温湿度信息的采集和发送, 并通过网络中的控制节点完成控制系统中执行机构的运行. 在本文所建立的无线传感器网络中, 设置一个汇聚节点充当网关, 负责传感器节点与计算机监控终端的相互通信; 在温室内布置若干个传感器节点负责对温室环境中各个方位的温湿度信息定时采集、处理以及无线发送数据到汇聚节点; 设置 4 个控制节点, 用来无线接收计算机发出的控制命令并控制温室机电设备的启动和停止. 在计算机监控终端上完成对控制动作的选择和发送以及温湿度信息的实时显示、存储.

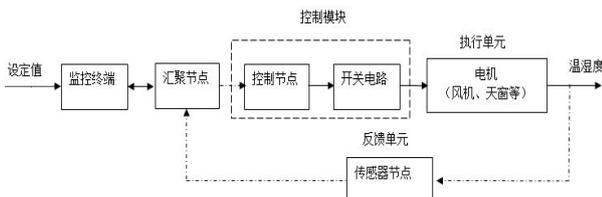


图 1 测控系统工作流程

2 硬件设计

2.1 传感器节点与汇聚节点硬件设计

传感器节点由数据处理发送模块、温度传感器、湿度传感器和供电板构成(如图 2 所示).

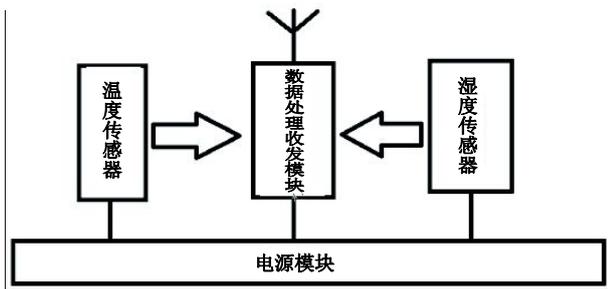


图 2 传感器节点结构图

数据处理发送模块选用 TI 公司的 CC2430 芯片, 它具有低成本、低功耗的特点, 内嵌 8 位的增强型 8051 单片机、12 位 AD 转换器和 2.4GHz 的射频收发器^[4].

电源模块由一块供电板和两节 AA 电池构成, 负责给板上的各硬件模块供电.

温度传感器选用 AD22103 芯片, 其供电电压为 3.3V, 适合由电池供电的应用环境. 通过外接 1kΩ 电阻, 使其输出端与 CC2430 的 P0.1 口(内嵌 ADC 的输入端口为 P0.0~P0.7)相连, 则传感器的输出电压正比于温度值.

湿度传感器选用霍尼韦尔公司的 HIH5030 芯片, 其工作电压最低为 2.7V, 典型工作电流为 200μA, 适合于 3V 供电的电池供电系统. 通过外接 1kΩ 电阻, 使其输出端与 CC2430 的 P0.0 口相连, 对应相对湿度的电压输出接近于线性.

汇聚节点由一块 HFZ-SmartRF 母板和 CC2430 芯片构成. 通过 RS232 串口转 USB 口与 PC 机连接, 用作无线传感器网络与监控终端交互信息的网关.

2.2 控制节点硬件设计

控制节点主要是无线接收汇聚节点的控制指令, 并对指令进行解析, 通过固态继电器使弱电控制强电的导通与截至, 进而控制电机的启动停止、正转反转. 采用一个节点控制天窗电机命名为天窗节点, 一个节点控制风机命名为风机节点, 同样方式命名控湿帘节点和遮阳节点, 以不同的网络地址进行区分.

控制节点的硬件部分可分为电源转换模块、数据无线收发处理模块(即 CC2430 芯片)以及 I/O 接口模块三部分.

2.2.1 电源模块

为了保证控制节点能够稳定且不间断运行, 选择稳定的市电 220V 作为其供电电源. 而控制节点电路中所用到的模拟、数字电路器件的供电需求都是直流的低电压, 包括典型的 3.3V、5V 和 24V, 因此需要电源转换模块(如图 3 所示)进行电压的转换, 以保证控制节点的供电需求.

2.2.2 输入输出模块

针对不同的机电设备, 输入输出模块的设计也各不相同. 这里的输出端包括针对 220V 单相电机输出(如图 4 所示)和 380V 三相电机输出(如图 5 和 6 所示)两种.

① 单相电机输入输出模块

选用数据处理收发模块中 CC2430 的 P0_4 口作为单相电机的控制端口. 当 P0_4 端口输出低电平时, 触发固态继电器的输出端导通, 再触发接触器的输出端导通以控制电机运行, 这时 LED 灯 D1 点亮, D2 熄灭; 当输出高电平时, 固态继电器和接触器都不导通, 故

可以使电机停转, 这时灯 D2 点亮, D1 处于熄灭状态.

② 三相电机输入输出模块

选用数据处理收发模块 CC2430 芯片的 P0_5 端口

控制三相电机的启动(0)与停止(1); P0_6 端口控制三相电机的正转(0)与反转(1).

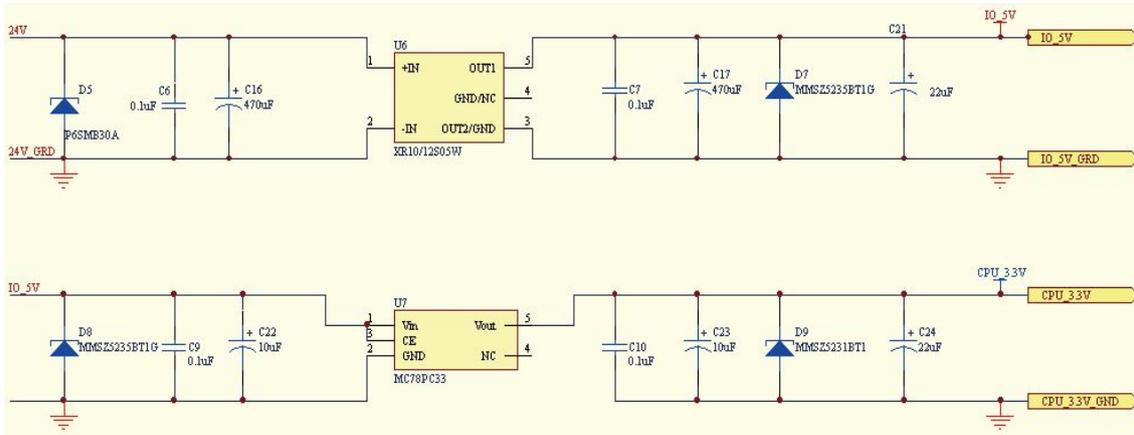


图 3 电源模块

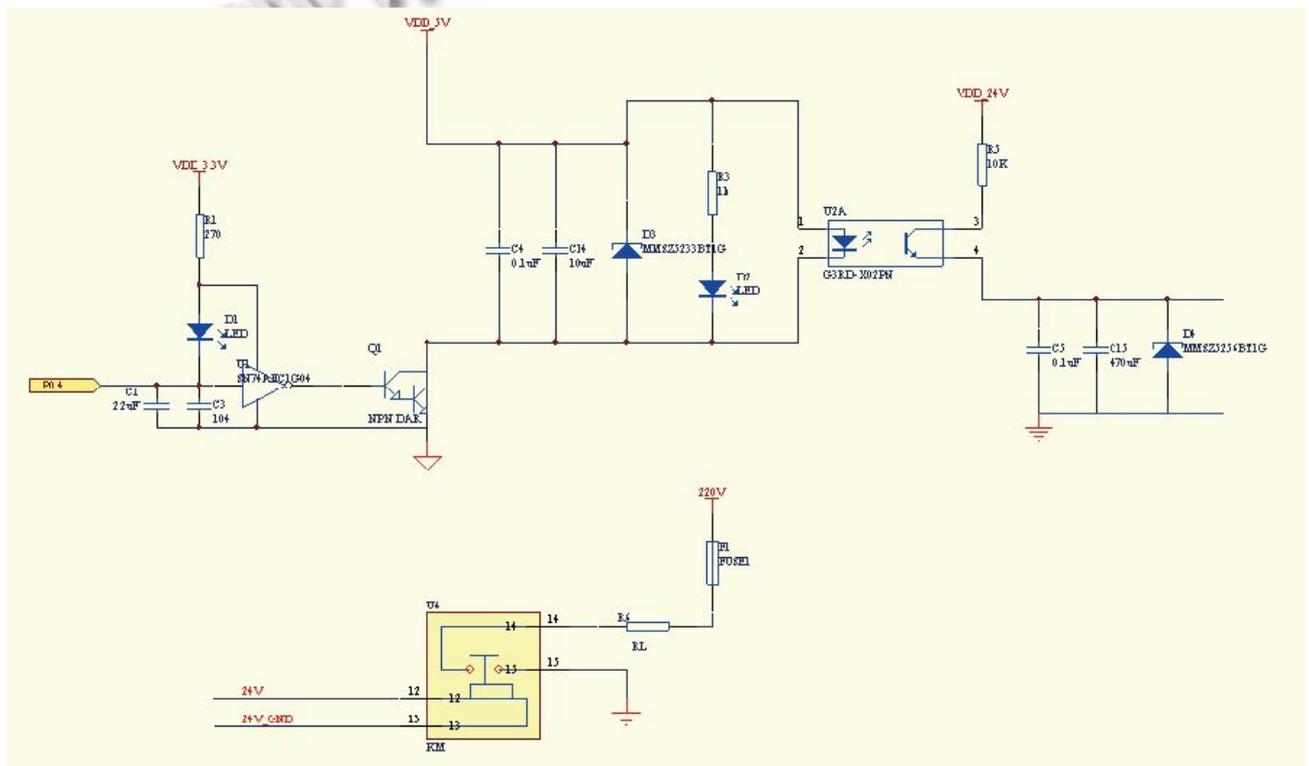


图 4 单相电机输入输出模块

现以使三相电机正转启动为例, 说明其具体工作过程: CC2430 的端口 P0_5 和 P0_6 同时输出低电平. 如图 5 所示, 端口 P0_5 经过反相器和达林顿管后输出依然是低电平, 经过与非门变成高电平, 则四 2 输入与非门的输入端 A1、B1、B2 和 C1 同为高电平, 其输出 PortB

变为低电平. 端口 P0_6 经过反相器和达林顿管后输出依然是低电平, 接到四 2 输入与非门的输入端 C2, 则输出端 PortC 变为高电平, 反馈连接到输入端 A2, 使得 PortA 变为低电平. 如图 6 所示, 将固态继电器按由上至下的顺序依次编号为 1-5(同样对接触器进行编号),

PortB 连接固态继电器 1 的输入端, PortA 连接继电器 2 和 4 的输入端, PortC 连接继电器 3 和 5 的输入端. 当 PortA 为低电平, PortB 为低电平, PortC 为高电平时, 继电器 1、2 和 4 导通, 3 和 5 断开. 如图 7 所示, 继电器 1、

2 和 4 分别控制接触器 1、2 和 4 导通, 使 380V 三相电对应三相电机的相序正好是 A-B-C, 故使其正转启动. 同理, 若使得继电器 1、3 和 5 导通时, 对应三相电机的相序恰好是 C-B-A, 使其反向启动.

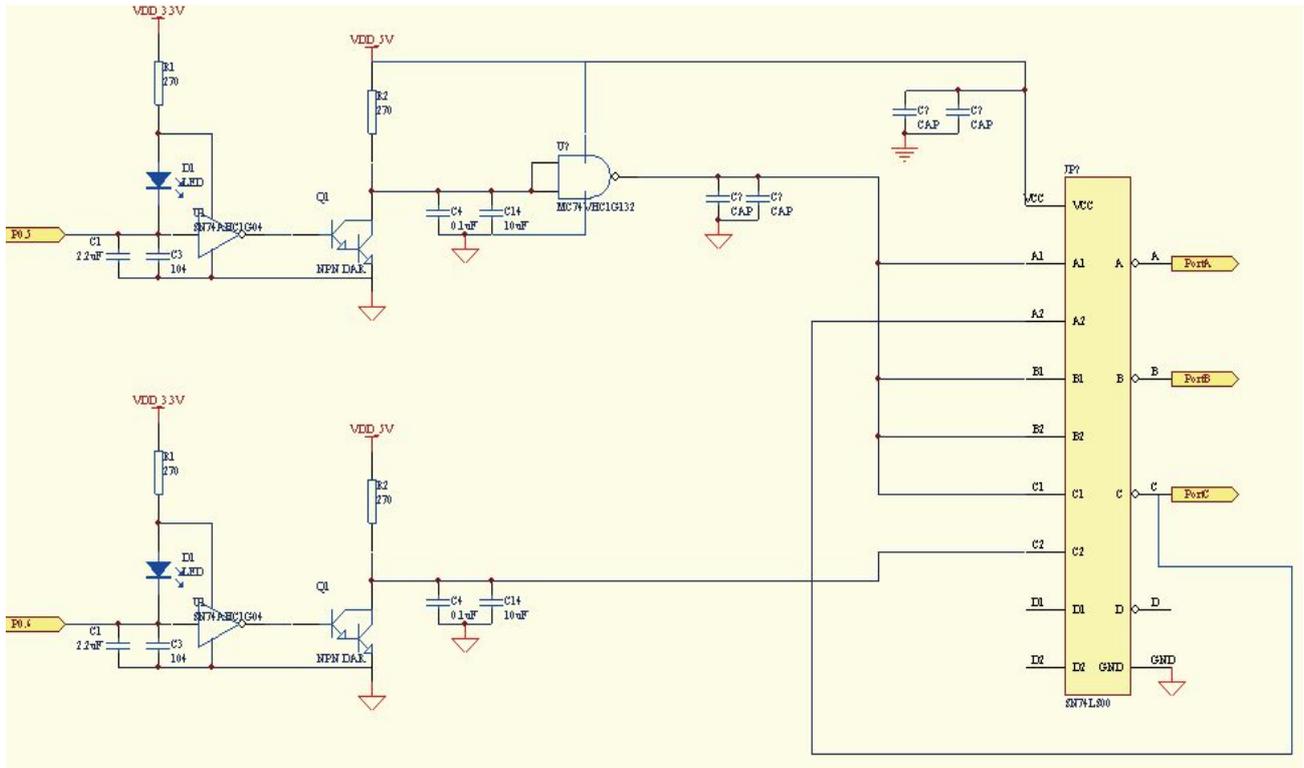


图 5 三相电机输出(1)

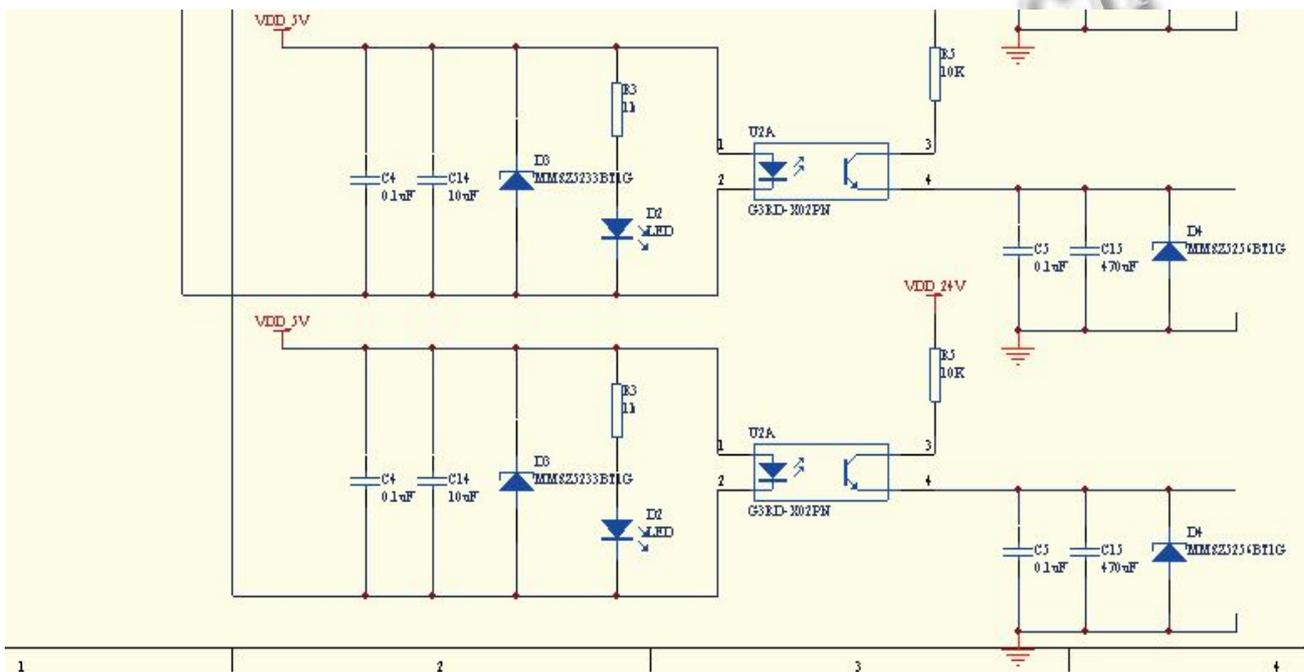


图 6 三相电机输出(2)

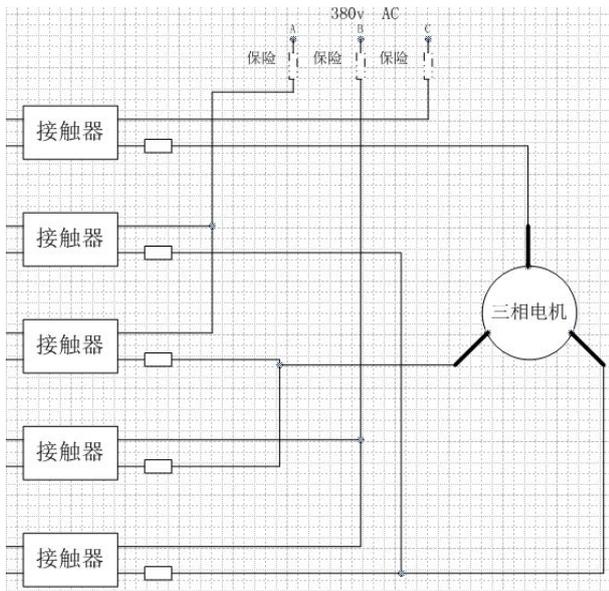


图 7 三相电机连接图

3 软件设计

系统的软件模块可大致分为信息采集、数据显示与存储、控制动作的执行三部分。其中信息的采集构成控制系统的反馈环节；数据显示与存储在系统的监控终端完成；控制动作的执行由控制节点控制系统的执行机构完成。其整个工作流程(如图 8 所示)如下：

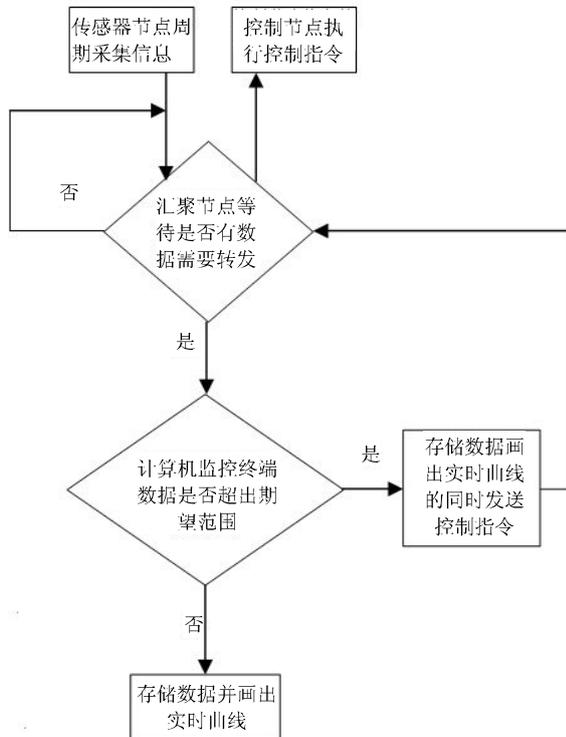


图 8 系统软件流程

由若干个传感器节点与汇聚节点建立起无线传感器网络后，传感器节点周期采集数据后无线发送给汇聚节点，汇聚节点将接收到的信息发送给计算机监控终端，监控终端判断该值是否超出预先设定的期望范围，如果接收到的数据连续十次超出期望范围，则认定是温室环境发生了改变，发送相应的控制指令到汇聚节点，再通过汇聚节点无线转发到控制节点，最后由控制节点执行控制指令，操作相应的机电设备，打开或关闭相应的控制装置(天窗、风机等)以调整温室的温湿度。

默认状态下，设置电机皆为停止状态。其具体的控制策略如图 9 所示。

测控系统的控制过程可分为计算机通过串口发送指令、汇聚节点转发指令、控制节点接收并执行控制指令三部分。

当计算机监控终端根据控制策略作出控制选择时，需要通过串口将该指令发送给汇聚节点，再由汇聚节点无线转发该指令到控制节点。

汇聚节点负责以字符串的形式从串口接收由计算机监控终端发出的控制指令，然后根据网络地址将其无线转发到对应的控制节点，并在 LCD 屏上显示发送的控制指令。

控制节点负责无线接收由汇聚节点转发的控制指令(同样是字符串)，并根据指令要求做出具体的执行动作。每一个控制节点的地址不同，执行的具体操作也不同，其工作流程如图 10 所示。

4 系统的测试

选择中国科技大学农业温室作为系统测试环境和应用对象，时间为 4 月 20 日 00:00:00-24:00:00。由于现有温室处于正常工作运行阶段，为了能够使验证试验安全、稳妥、可靠的进行，因此对控制部分先采取论证试验方式，以 220V 电灯作为控制对象，以验证控制节点的执行状况。系统具体测试状况分别如图 11 和图 12 所示。

图 11 是传感器节点一(网络地址为 0x0796F)的 24 小时温湿度运行曲线及数据采集情况，其它节点的运行曲线走势相同，只是具体数据略有差别。由图可以看出：

整体上，温湿度曲线几乎呈相反的变化趋势，且两端的运行比较平稳，中间部分的波动较大，温度曲线近似呈凸状，而湿度曲线近似呈凹状。

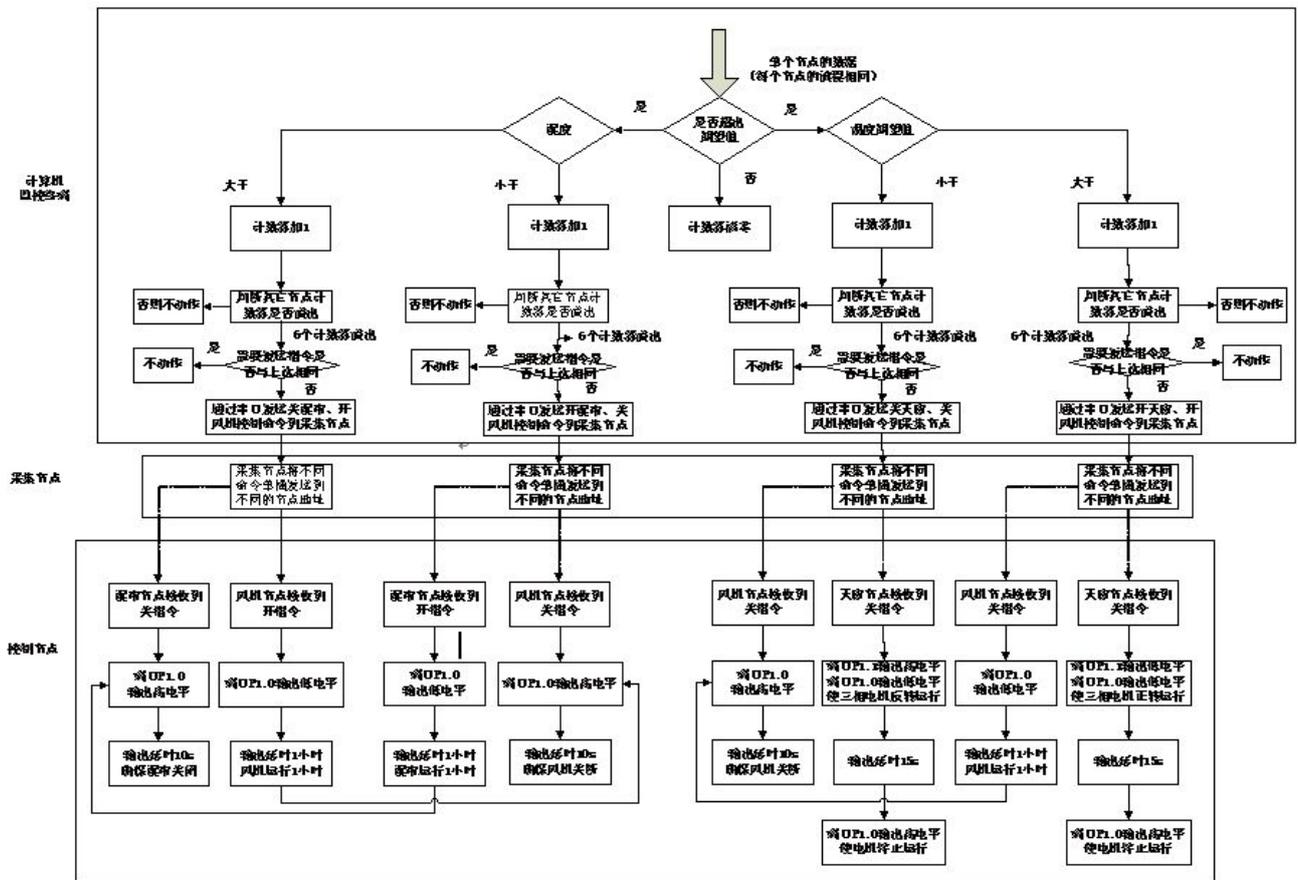


图 9 系统控制策略流程图

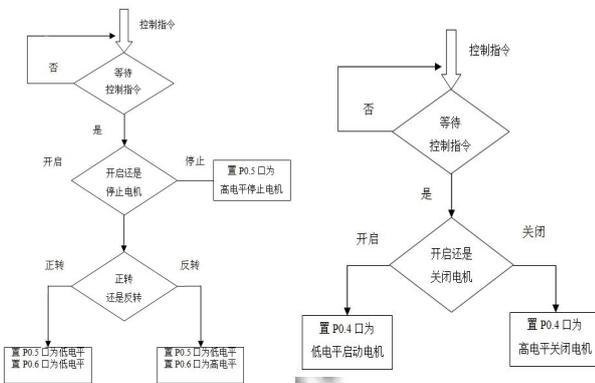


图 10 三相电机(左)和单相电机(右)软件控制流程



图 12 控制节点及测试现场

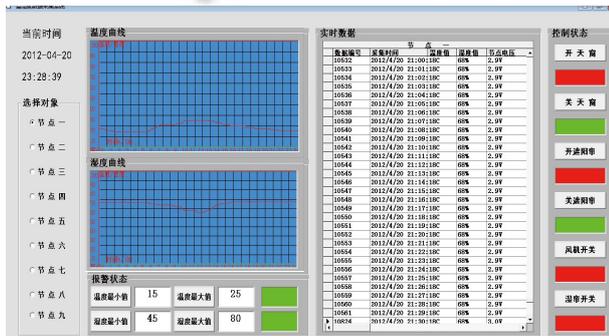


图 11 计算机监控终端

下面进行系统的控制部分试验及整个系统的运行状况试验. 测试过程如下:

① 设置温度期望范围为 10°C-15°C, 由于当前采集的温室温度是 25°C, 高于设定的期望范围, 此时温度报警状态为红色报警, 根据控制策略需要打开风机和天窗, 观察汇聚节点的 LCD 屏上先后显示“WIND_OPEN_CMD”和“WINDOW_OPEN_CMD”, 表示已将

两个指令转发到相应的控制节点, 观察控制节点的 LED 灯 D1 点亮, D2 处于熄灭状态. 几乎同时, 电灯处于点亮状态, 表明完成了控制执行任务. 这时计算机监控终端控制状态中的风机和天窗控制状态显示为绿色, 表示两个设备处于打开状态.

② 修改温度的期望范围为 30°C-35°C, 由于温室实际温度(25°C)低于期望范围, 这时的温度报警状态同样是红色报警, 控制节点的 LED 灯 D2 点亮, D1 熄灭, 同时电灯熄灭, 表明控制节点关闭了后面的执行设备. 这时计算机监控终端上的控制状态区中的风机和天窗状态同时为红色, 表明这 2 个设备已关闭.

③ 手动点击计算机监控终端界面上的“风机开关”按钮, 此时下面的风机状态显示由红色(关闭)变成绿色(打开), 汇聚节点显示“WIND_OPEN_CMD”, 表明打开风机的控制指令已经传送到风机控制节点, 这时控制节点上的 LED 灯 D1 点亮, D2 熄灭. 电灯瞬间点亮, 表明控制节点执行了打开开关控制指令.

④ 以同样的方式对其它控制节点进行测试, 得到同样的测试结果.

⑤ 以同样的方式对湿度控制效果进行测试, 得到相应的控制结果, 表明系统的能够按照预定的控制策略完成机电设备的开关任务.

(上接第 138 页)

ze()/mumdata

- ⑩ if entropy<bestEntropy then
 Selected=true;
 BestEntropy=entropy;
 selectedAttribute=i;
 selectedValue=j;

7 结束语

本文主要利用高等数学中的泰勒公式和迈克劳林公式, 将 ID3 算法中每一次分裂节点都要进行的对数运算简化, 从而加快了运算速度, 提高了创建决策树的效率. 并将引入的权值 N 乘以信息熵, 解决了 ID3 算法选择测试属性的偏向问题, 使得信息熵的计算与属性的取值个数相关. 同时对改进算法与原算法进行

3 结语

本文将无线传感器网络应用于温室测控环境中, 发挥其组网快捷、应用方便、覆盖区域广的特长. 通过在温室内部署一定数量的传感器节点, 使其自组织构成无线传感器网络. 该系统不仅实现了温湿度信息采集监测功能, 同时还完成了控制机电设备调节温室环境变化的工作, 使其成为一个完整的闭环测控系统. 解决了以往温室测控系统中的大量布线问题, 使温室测控技术向无线化、无人化方向发展迈进了一步.

参考文献

- 1 高建平, 赵龙庆. 温室计算机控制与管理技术的发展概况及在我国的应用前景. 计算机与农业, 2003(2):12-15.
- 2 李萍萍, 毛罕平, 王多辉, 谢明岗, 陈庆芳. 智能温室综合环境因子控制的技术效果及合理的环境参数研究. 农业工程学报, 1998, (3):9-14.
- 3 张军, 吴建锋. 基于无线传感器网络的温湿度检测系统. 杭州电子科技大学学报, 2010, 12.
- 4 高守伟, 吴灿阳. ZigBee 技术实践教程—基于 CC2430/31 的无线传感器网络解决方案. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2009:57-59.

了有效性分析, 最后给出了优化和改进的 ID3 算法的伪代码.

参考文献

- 1 苏新宁. 数据仓库和数据挖掘. 北京: 清华大学出版社, 2006: 115-139.
- 2 蒋盛益. 数据挖掘原理与实践. 北京: 电子工业出版社, 2011: 51.
- 3 蒋盛益. 数据挖掘原理与实践. 北京: 电子工业出版社, 2011: 54.
- 4 薛薇, 陈欢歌. Clementine 数据挖掘方法及应用. 北京: 清华大学出版社, 2007:120-130.
- 5 朱玉全, 杨鹤标. 数据挖掘技术. 南京: 东南大学出版社, 2006:90-130.