

基于无线传感器网络的园林自动节水灌溉系统

曹继忠

(厦门大学, 福建 厦门 361005)

摘要:针对园林灌溉用水利用率低、灌溉区范围广、数据量大、控制算法简单的特点,设计了一套基于无线传感器网络的园林自动节水灌溉系统。该系统硬件采用MSP430单片机为控制核心,由无线传感器网络实时采集及处理数据,以无线的方式将数据发送到灌溉控制器进行控制,控制算法采用基于温湿度模糊控制。实时监测土壤温湿度变化,实现了精细花卉所要求的时空差异性和水资源的高效利用。

关键词:无线传感器网络;MSP430;控制算法;水资源

中图分类号:TP393 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3044(2012)05-1168-03

Auto System Based on Wireless Sensor Network for Water-saving Irrigation of Garden

CAO Ji-zhong

(Institute of Information and Science Technology, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: Aiming at the characters of low utilization rate of garden irrigation, wide range of area, large amount of information and the simply control algorithm, a system of water-saving irrigation, which based on wireless sensor network has been designed. The collection part based on single chip microcomputer of MSP430 digitalizes the signal from the sensor and sends it to irrigation controller using wireless digital transmission technology. And we use control algorithm based on fuzzy control temperature and humidity in system. The irrigation controller controls pipe network to irrigate and adjust humidity of soil which meets the request for spatial analysis and high efficiency irrigation in precision flowers.

Key words: wireless sensor networks; msp430; control algorithm; water resources

1 概述

我国园林水资源利用率低,短缺与浪费现象并存^[1],是当前园林发展面临的主要问题。一定的土壤含水率是作物存活的保证,而过多的土壤含水率又会引起园林作物的根部腐烂。解决以上问题的根本方法是发展合理灌溉,提高水资源利用率以获取最佳的经济和生态环境效益。然而,目前中国在园林节水灌溉方面还存在明显不足^[2]。主要体现在:1)目前常用的灌溉控制系统主要以有线工作方式,采用现场总线和串行总线技术,不仅需要较高的布线成本不便于扩展,而且系统安装及维护成本高;2)国内大多数的园林控制系统简单的采用控制算法进行定时自动喷灌和滴灌,不能根据植物土壤的温湿度及所需的水量及时适量地加水,不仅导致水资源的浪费,还有可能导致植物因为水多或者水量不足而死亡。因此,本文设计了一种基于无线传感网络的园林自动节水灌溉系统^[3],该系统主要由低功耗无线传感网络节点通过ZigBee自组网方式构成,同时在软件设计中引入了基于温湿度的模糊控制算法,提高了系统的灵活性和控制精度,实现了精细花卉所要求的时空差异性和水资源的高效利用。

2 系统总体设计

控制系统由园林灌溉控制器和无线传感器节点组成。园林灌溉控制器包括了无线通讯模块,喷滴灌控制阀和人机交互接口,负责接收传操作指令和处理无线传感器节点采集的温湿度信息。无线传感器节点包括主控模块、传感器模块和无线通信模块。功能是实施采集园林土壤的温湿度值并通过无线的方式将数据发往园林灌溉控制器。

系统启动后,园林灌溉控制器先发起组网命令^[4],当收到无线传感器节点应答命令后。用户通过上位机软件设置各个参数,传感器节点周期性的采集整个园林土壤的温湿度数据并把数据发给灌溉控制器让其进行采取相应的控制策略。本文分别对传感器节点设计、园林灌溉控制器和温湿度的模糊控制算法进行了详细的介绍。

3 无线传感器节点设计

传感器节点担负着园林土壤温湿度采集,数据接收和发送的任务。节点的结构如图1所示,节点由电源、土壤温湿度传感器和Zigbee^[5]片上系统CC2430四部分组成。传感器模块负责园林内信息的采集和数据转换;处理器模块负责控制整个传感器的操作,接收和处理本身采集的数据以及其他节点发来的数据;无线通信模块负责与其他传感器节点进行无线通信和收发采集数据;电源模块为整个系统提供所需的能量^[6]。

3.1 传感器节点硬件设计

传感器节点的电源采用2节干电池供电(每节1.5v),相当于采用太阳能电池供电,又有利于减小节点的体积,电池在每半年左

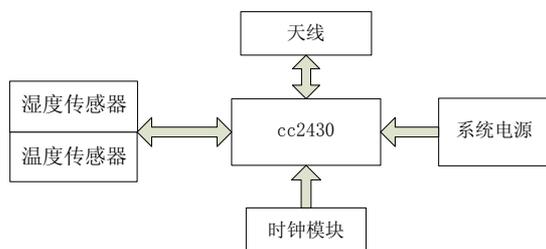


图1 传感器节点的结构图

右轮换充电一次这样既经济又环保。

本系统的 ZigBee 芯片选用 Chipcon 公司的 CC2430,它延用了以往 CC2420 芯片的架构,在单个芯片上整合了 Zigbee 射频(RF)前端、内存和微控制器。它使用了1个8位的MCU(8051),具有128KB可编程闪存和8KB的RAM,还包含14位模拟数字转换器(ADC)、较宽的电压范围(2.0~3.6v)、几个定时器、32KHz晶振的休眠模式定时器、上电复位电路、以及21个可编程I/O引脚。同时CC2430芯片功耗低,功能强大,较宽的电压范围(2.0~3.6v),集成符合IEEE802.15.4标准的2.4GHZ的PF无线电收发机,只需很少的外围部件就能实现信号的收发功能。

温湿度传感器的选择及参数,该系统采用TDR-3A

土壤温湿度传感器,该传感器能够同时对温度和湿度进行测量,具有适宜园林土壤环境的密封,防水,精度等特点,是测量土壤温度和湿度的理想仪器。测湿度量程0~100%(m³/m³)。在0~50%范围内精度:±2%;测量量程:-40~80℃,精度:±0.2℃;输出电流4~20mA标准电流环^[6]。

3.2 传感器节点的软件流程

温湿度传感器的选择及参数,该系统采用TDR-3A传感器节点的基本工作流程主要包括上电初始化、数据信息采集、电源模块及数据的接收与发送等^[4]。当系统上电启动程序对个端口进行配置,基本工作流程如图2所示。

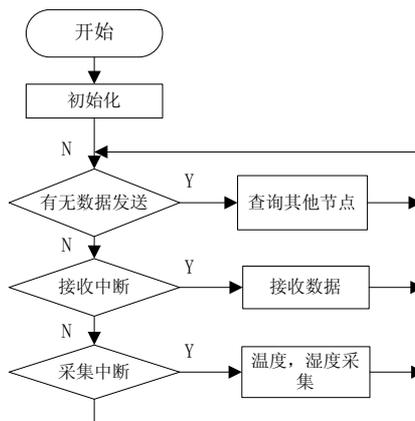


图2 传感器节点的软件流程图

4 园林灌溉控制器设计

4.1 园林灌溉控制器的组成

园林控制器由无线数据传输模块,按键输入模块,控制信息I/O口输出模块和主控制芯片模块组成,结构图如图3所示。微处理器采用MSP430F2274单片机,该芯片是TI公司430家族的16位单片机。电压工作范围是1.8~3.6V,性能高达16MIPS。正常工作功耗低至270uA,10位AD采样,32KB容量flash和1KB容量RAM,是一款高性价比的430单片机。

微处理器的通用I/O口与电池阀之间以光耦隔离,每一个I/O口对应的控制一个电池阀,以控制喷滴灌头的开闭,并通过定时器控制电池阀的打开时间等,同时系统具有很高的扩展性。

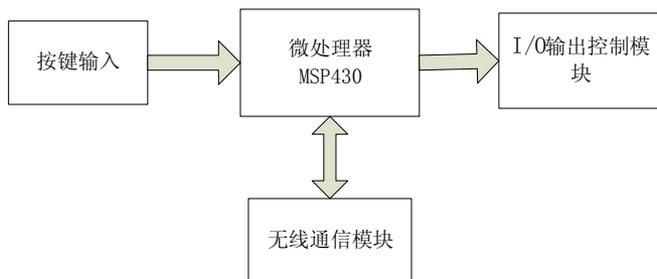


图3 园林灌溉控制器的结构图

4.2 灌溉控制器模糊控制策略

目前大多数园林灌溉控制器只是采用简单的控制方法并不能对花卉进行精细的控制以及传统的温、湿度闭环控制通常采用开关控制或PID控制,前者实现简单但精度差,后者精度高,但需建立数学模型,参数整定要求较高,而在温湿度非线性复杂变化的环境下,不易精确建模,基于以上特点本系统化采用模糊控制策略。模糊集论是由美国控制论专家Zadeh最早在1965年提出来的^[7]。

4.2.1 输入量和输出量

园林作物需水量的多少和土壤水分含量、空气温度、作物的种类及其生长阶段等相关。土壤含水量的多少和温度值通过TDR-3A传感器获得,测得环境中的温度 $x \in [0,40]$ (°C),土壤湿度 $y \in [20\%,55\%]$ 同时选择喷滴灌时间 t 为输出量。

4.2.2 温湿度值模糊化

在温度中选择低温、中温和高温三个模糊子集,涵盖输入量 x 的论域 $[0,40]$;相应土壤含水量分为含水少、含水适中和含水多,涵盖输入量 y 的论域为 $[20\%,55\%]$ 。

4.2.3 模糊控制算法

系统温湿度的模糊控制算法如图4所示,输入的信号为土壤的温度和湿度值,输出为园林灌溉的时间,先将输入变量的精确值转化为适当的论域上的模糊语言变量值,本系统对状态变量 $\{e(k)\}$ 进行“归档”模糊量化。系统中的输入变量的误差 e ,变化率 ec 和输出都有相应的范围,当 $e(k)$ 的值大于最大误差时取相应的最大误差值,同理通过模糊法算出变量的变化率的值最终系统根据园林土壤温湿度值来决策输出合理的灌溉输出时间也就是喷滴灌的用水量实现了精细花卉所要求的时空差异性和水资源的高效利用。

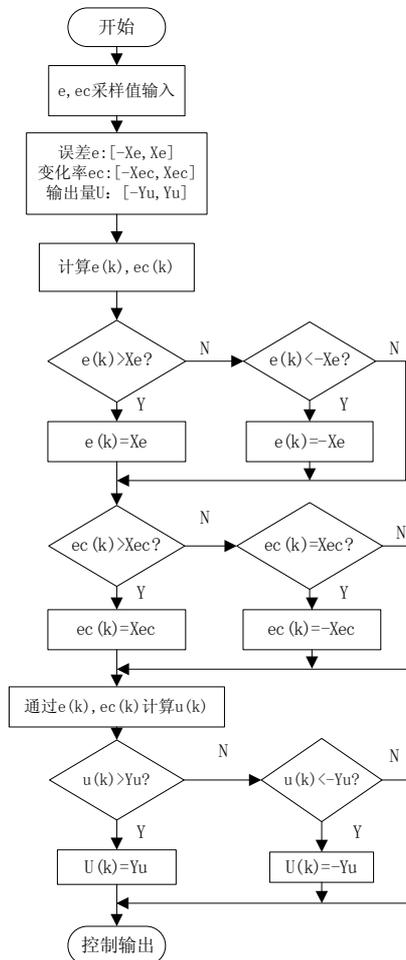


图4 模糊算法流程图

5 系统实际应用与验证

本系统在厦门市翔安区生态园林进行了初步实验。该园林采用地面固定喷灌和滴灌系统,按照园林的作物状况不同部署了传感器节点,每一个节点负责监测一块区域土壤温湿度状况。同时每个区域采用一主管加多分支管的输配水管网,每个电磁阀与灌溉控制器相连,并由控制器控制每个之路的喷滴灌时间。实践表明选择节点间距离为220米为最佳,园林面积为1000平方米,单次通信误码率为2%,另外系统电磁阀控制精准、系统稳定性较好。

6 结束语

本文提出了将无线传感器网络用于园林节水灌溉自动控制领域的技术方案,并设计了一套基于无线传感器网络的园林节水灌 (下转第1175页)

效果优于XFA算法。出现这样的情况的原因是由于,在规则集规模减小的情况下,转移边数目对存储的需求大于状态爆炸所引起的存储需求,此时XFA算法压缩效果比较一般。CXFA算法的提出避免了以上情况的发生,在规则集规模较小的情况下,CXFA仍然能够保证非常高的压缩性能。

CXFA算法在XFA算法致力于消除中间状态的基础上,消除了原本自动机中的失败边、重启边、1级反馈边,极大的压缩了边存储空间。在SNORT规则适用性的测试结果表明CXFA算法的存储性能平均是D2FA算法存储性能的40倍,是XFA算法的18倍。

4 总结

本文详细阐述了正则表达式匹配算法中存在的反馈边问题,巧妙的采用cache策略解决了反馈边过多对算法存储规模的影响的问题。并对CXFA算法在SNORT规则集上的适用性进行了全面的测试,结果表明CXFA算法在存储效率方面平均是XFA算法的18倍,D2FA算法的40倍。

参考文献:

- [1] Sidhu R,Prasanna V.Fast Regular Expression Matching using FPGAs[J].In Proceedings of IEEE Symposium on Field-Programmable Custom Computing Machines (FCCM'01),2001(4):227-238.
- [2] Mitra A,Najjar W,Bhuyan L.Compiling PCRE to FPGA for accelerating SNORT IDS[J].In Proceedings of the 3rd ACM/IEEE Symposium on Architecture for networking and communication systems, December,2007.
- [3] Bispo J C,Sourdis I,Cardoso J M,Vassiliadis S.Regular expression matching for reconfigurable Packet inspection[J].In IEEE International Conference on Field Programmable Technology(FPT'06), Dec.2006:119-126.
- [4] Cho Y H,Mangione-Smith W H.A partematching coprocessor for network security[C].In Proceedings of the 42nd Annual Conf.on Design Automation(DAC'05),Jun.2005:234-239.
- [5] Paolieri M,Bonesan I,Santambrogio M D.ReCPU:a Parallel and Pipelined Architecture for Regular Expression Matching[C].In Proc.IF-IP-VLSI,Oct.2007.
- [6] Clark C R,Schimel D E.Design of Efficient FPGA Circuits for Matching Complex Patterns in Network Intrusion Detection Systems[C].In Proceedings of the 13th International Conference on Field Programmable Logic and Applications, June 2003.
- [7] C.H.Lin, C.T.Huang, C.P.Jiang, S.C.Chang.Optimization of regular expression pattern matching circuits on FPGA. In proceedings of the conference on Design, automation and test in Europe(DATE'06),Mar.2006:12-17.
- [8] Sourdis I,Pnevmatikatos D.Pre-decoded CAMs for Efficient and High Speed NIDS Pattern Matching[J].In Proceedings of the 12th Annual IEEE Symposium on Field-Programmable Custom Computing Machines(FCCM'04),Apr.2004:258-267.
- [9] LEVANDOSKIJ,SOMMERE,STRAITM.Application layer Paeket classifier for Linux[EB/OL].[2009-07-07].http://17-filter.soureforge.net/.
- [10] Oracle.Sun Managed Security Services[EB/OL].[2010-03-15].http://www.oracle.com/us/support/systems/ advaneed-customer-services/060570.html.
- [11] Brodie B C,Cytron R K,Taylor D E.A Scalable Architecture for High-Throughput Regular-Expression Pattern Matching[C].In 33rd International Symposium on Computer Architecture.ISCA,2006.
- [12] F.Yu,Z.Chen,Y.Diao,et al.Fast and memory-efficient regular expression matching for deep packet inspection[C].In: Proc of ACM/IEEE ANCS.San Jose,Calif ornia,2006:93-12.
- [13] Kumar S,Turner J,Williams J.Advanced algorithms for gast and scalable deep packet inspection[C].In:Proc of ANCS. San Jose,California, USA:2006,81-92.

(上接第1170页)

溉系统。该系统有灵活性强、安全可靠、低功耗的特点,无需人为操作,免除有线接入的繁琐和种种隐患能长期稳定的工作,是对有线控制方式的补充。同时本文针对园林灌溉系统在软件上运用了基于温湿度的模糊控制算法,使系统具有更高的可靠性,实用性,提高了园林控制系统的实用性及喷灌用水的使用效率。无线传感网络不仅能运用于园林、农业领域中的传感器数据的采集、水表的抄表、电池阀的远程控制等,对于其他领域如家居智能化、自动抄表、远程监控的领域有广阔的前景。

参考文献:

- [1] 高峰,俞立,张文安,等.基于无线传感器网络的作物水分状况监测系统研究与设计[J].农业工程学报,2009,25(2):107-112.
- [2] 裘正军,童晓星,沈杰辉,等.基于模糊控制与虚拟仪器的灌溉决策系统研究[J].农业工程学报,2007,23(8):169-112.
- [3] 孙利民,李建中,陈渝.无线传感网络[M].北京:清华大学出版社,2005:4-21.
- [4] 闻蓄,范征宇,路林吉.基于无线传感网络的景观灯控制系统设计[J].微型电脑应用,2009,25(8):22-24.
- [5] IEEE 802.15.4 specification [OL].[2009-12].http://standards.ieee.org/getieee802/Download/802.15.4-2003.pdf.
- [6] 常波.基于无线于无线传感器网络的节水灌溉智能系统设计[J].安徽农业科学,2010,38(27):15375-15377,15386.
- [7] 李昕,张军.基于嵌入式的温湿度模糊控制系统的实现[J].微计算机信息,2008,24(7-2):35-37,75.