

基于 TinyOS 的温室环境检测系统研究

吴其洲, 姚舜才, 王忠庆

(中北大学信息与通信工程学院, 山西 太原 030051)

摘 要: 传统的温室环境检测通常通过有线传感器来获得信号, 但很多情况下温室现场不便于进行有线测试. 为了解决这一问题, 作者基于近年来出现的无线传感网络技术构建了小型的无线传感网络, 并运用基于嵌入式系统 TinyOS 的结构化编程语言 nesC 编制了系统的软件, 实现了对温室中温度和光照两个参数的无线实时检测. 通过仿真和现场实验证明本系统运行有效可靠.

关键词: 温室环境检测; 无线传感网络; TinyOS; 嵌入式系统; nesC

中图法分类号: TP274⁺.5 **文献标识码:** A

0 引言

在农业生产中, 温室环境的监控是一个非常重要的内容. 温室是农业生产中需要进行采光的建筑, 因此, 温室的采光性是一项很重要的指标. 而与此同时, 温室内的温度、湿度的变化也需要加强监控. 一般的温室环境监控系统由有线传输并通过工业总线构成网络来实现, 这一方法适用于便于敷设传输线的场合. 然而, 在很多情况下温室现场的情况很难以敷设信号传输线. 这样一来, 有线传输的监控系统就很难达到系统所要求的目了^[1]. 近些年来, 无线传感网络及其接入技术有了一定的发展, 并应用在了很多场合.

本文运用新型的集成传感器(无线传感节点)tmote Sky 对温室的环境情况进行采样和检测, 构成了小型的无线传感监控网络. 在此无线传感检测系统平台上, 应用专用无线传感系统 TinyOS 及其编程语言 nesC 编写了相应的无线节点模块, 并使用 LabWindows 软件作为用户检测界面, 实现了在温室环境监控系统的集成化.

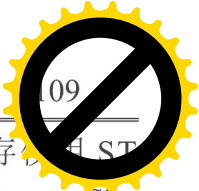
1 系统的硬件平台构成

本温室环境监控系统从本质上来讲是一个无线传感网络的系统, 与普通的无线传感网络一样, 如果要实现信号在一定距离上能够进行可靠的监控, 则整个无线传感网络需要尽可能的降低能量消耗. 故而, 对于节点的传感器件, 以及整个无线网络节点所使用的硬件模块装置必须满足低功耗的要求. 基于以上的总体考虑, 本文选用了由美国 Moteiv Corporation 公司所生产的 tmote Sky 作为本无线传感网络的节点. tmote Sky 是工业级, 用于无线传感器网络、监控系统等领域的低功耗无线传感节点模块, 它使用 USB 口线并按 IEEE 802.15.4 标准协议构成. 在此模块上包含有微处理器、无线传输/接收、天线、外部闪存以及传感器 5 大部分, 此外还预留了若干扩展连接口线. 模块的微处理器部分由 TI MSP430 构成, 具有 8 通道的外部 and 内部 A/D 转换口, 使用 USB 口线与上位计算机通信; 无线传输/接收部分使用 CC2420 芯片, 这是一款基于 IEEE 802.15.4 标准协议的芯片, 可以提供 PHY 和 MAC 功能, 是非常可靠的无线传输芯片;

* 收稿日期: 2011-02-28

作者简介: 吴其洲(1978—), 男, 山西省太原市人, 讲师, 在读博士生, 研究方向: 信号与信息处理

基金项目: 国家自然科学基金项目(基金号: 61071193)



tmote Sky 的天线内置,可在室内覆盖 50 m 的范围以及在室外覆盖 125 m 的范围;外部闪存采用 ST M25P80 芯片,这种芯片具有 1 M 的数据存储空间,与微处理器之间通过 SPI 总线相连^[2].在 tmote Sky 上还集成了 3 种传感器 SHT11,分别是温度传感器、光传感器以及湿度传感器,用户可以根据不同的系统需要进行选用.根据本系统的现场情况及实际需要,作者选用了温度传感器及光传感器,这两种集成传感器模块可以被外部校准,同时也具有数字量输出的功能,校准参数均被存储在 E2PROM 中.温度和光传感器的各项指标如表 1 所示.

系统硬件平台在进行安装调试之前应该首先对传感器进行校准和一些必要的处理,具体的处理方法是采用节点厂家所提供的相关校准程序以及校准参数对传感器进行校准和测试,然后可利用公式(1)对温度传感器所采集和转化后的数字量进行折算,这样便得到了校准后的电压值:

$$DV_{cc} = \frac{ADCCounts}{4\ 096} \times V_{ref} \times \frac{2R}{R} \quad (1)$$

在进行温度监控和实施数据采样时,该模块规定了采样时间必须大于 30 μ s.由于 tmote Sky 的光传感器是采用了 Hamamatsu 公司的传感器,故具体的数据可在 <http://www.hamamatsu.com> 网站找到.

进行完上述的工作以后就可以将 tmote Sky 模块的夹具安装在温室内的需要检测的位置,由于此时还没有对本系统中传感器网络中的各个节点的 tmote Sky 进行编程,可先安装夹具,并不加装 tmote Sky 节点.

2 系统的监控软件构成

由于本系统是一个无线传感器网络的系统,因此在系统软件的设计上选用了一种专门针对无线传感网络的操作系统——TinyOS 作为软件编程平台. TinyOS 嵌入式系统是一个开源的操作系统,它是由美国加州大学伯克莱分校开发的,主要在无线传感网络等方面应用,整个软件采用了一种基于组件的软件架构方式. TinyOS 嵌入式系统在构建一个无线传感网络时需要一个与计算机相连接的基站,以便向各个节点发出信息,控制各个节点的工作状态,并收集和处理各节点所采集到的相关信息. TinyOS 软件在控制台基站发出管理和监控的相关信息,然后由各个终端节点通过树形网络以及中继节点进行信息的互相传递. TinyOS 嵌入式系统提供了很多编程组件以及应用程序(这些资源主要在 tinyos-1.x/apps 子目录下),并使用“任务排队,事件驱动”的编程模式^[3].

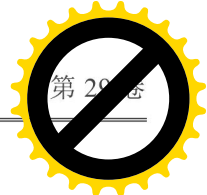
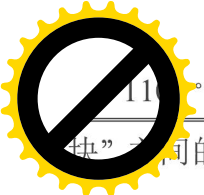
在进行系统编程时,主要使用 nesC(network embedded system C)编程语言,这种语言是类 C 的高级结构化编程语言,是对传统 C 语言的进一步扩展. nesC 语言主要由“架构”(Configuration)和“模块”(Module)组成,此外还有各种相应的“接口”(Interface)和其他的一些组件.

本系统的软件置于 TinyOS 嵌入式编程软件 cygwin/opt/tinyos-1.x/apps 的子目录下,共计有 3 个文件夹文件,其中两个文件夹文件是分别用来进行温度和光照的数据信息采集和进行无线传送的,另外一个文件夹文件是实现无线传送的中继功能的.这是因为在实际的环境参数测试和数据传输过程中,如果单纯使用温度、光照采集单元电路以及无线传送单元电路并不能将所有节点所采集的信息送至基站中控台,必须使用中继节点,以便增强信号的强度和延长其传输的距离.

在环境参数测试采集和信息无线传送的文件中,包含了一个“架构”(Configuration)和一个“模块”(Module),另外还有相应的硬件支持平台文件、系统的配置文件以及相应的自述文件.在系统总的“架构”下,温度监控总共使用了 6 个子“架构”、3 个“模块”和 5 个“接口”.整个无线传感网络系统的“架构”及“模

表 1 传感器的各项参数

传感器类型	参数	最小值	典型值	最大值	单位
温度传感器	分辨率	0.04	0.01	0.01	℃
		0.07	0.02	0.02	F
		12	14	14	bit
	重复性	±0.1			℃
		±0.2			F
光传感器	范围	-40			123.8 ℃
		-40			254.9 F
	波长响应范围	320			730 nm
	波长感应峰值	560			nm
	温度参数	0.01			123.8 %/℃



块”之间的关系如图 1 所示。

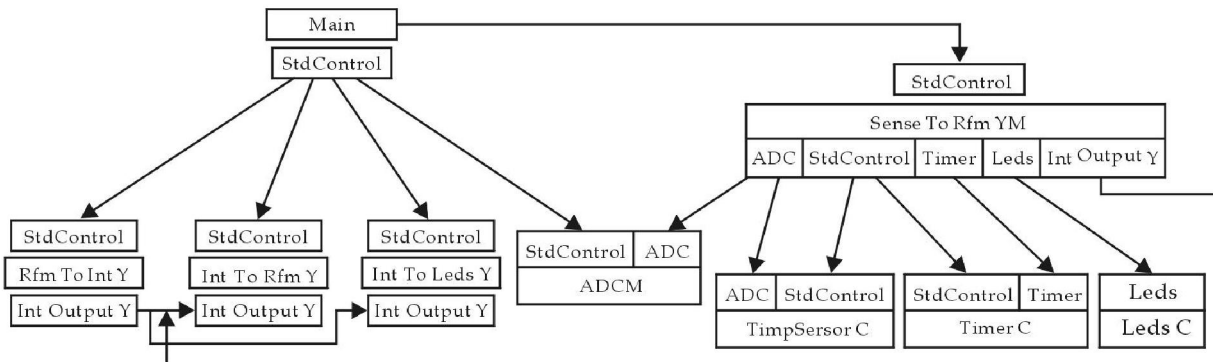


图 1 温度采集与传送文件的结构图

在将系统及其各模块之间相互关系进行合理的安排后,还必须对该系统的各个模块进行基于 nesC 语言的编程.这些编程工作主要集中在“模块”——SenseToRfmYM 上,这个模块的核心任务主要是完成温度检测、越限报警以及进行无线传输上.其核心指令语句如下:

```
.....  
task void TempRfmTask () {  
    uint16_t TValue;  
    atomic {  
        TValue = Stadvl;  
    }  
    async event result_t ADCY.dataReady(uint16_t data) {  
        atomic {  
            Stadvl = data;  
        }  
    }  
    post TempRfmTask ();  
    return SUCCESS;  
} .....
```

这段 nesC 程序中设置了温度采集和传输的“任务”——task void TempRfmTask (),并没有带回任何返回值,程序中使用了“接口”IntOutputY 中的“指令”output 和 ADCY 的“事件”dataReady.首先,系统要进行数据采集和节点地址的确认,在确认成功基础上,将相应的检测值以及节点的地址发送出去.在系统中,无线射频输入输出模块相应的软件子目录:cygwin/opt/tinyos-1.x/tos/lib/counters 的 IntMsg.h 文件必须按照系统的网络构成方式进行相应的修改^[4].

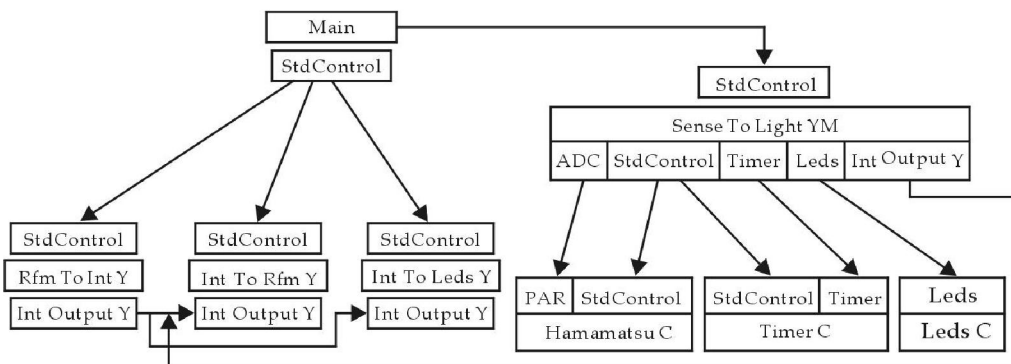


图 2 光采集与传送文件的结构图

在光的强度采集及其无线射频传送的文件中,同样也包含了一个“架构”(Configuration)以及一个“模块”(Module),此外还有硬件平台支持文件、系统配置文件以及自述文件.在系统的总架构下,光强度监控文件共应用了 5 个子“架构”、2 个“模块”以及 6 个“接口”.整个无线传感网络系统的“架构”及“模块”之间的关系如图 2 所示。

在光强度监控的这部分软件程序中,需要调用包含在 tos/platform/telos 子目录下 Hamamatsu.h 的

头文件,而其他的软件程序构建大致与温度监控部分的软件程序相似^[5]。

系统中,无线射频传送的中继功能文件仅包含一个“架构”的硬件平台文件、系统配置文件以及自述文件。在总的系统架构下,本监控系统共应用了3个子“架构”、2个“接口”。整个系统的“架构”及“模块”之间的关系如图3所示。

这部分的软件指令相对来讲都比较简单,兹不赘述。

3 系统的温度监控实验与结论

在整个系统的初步编程和调试进行完称后,须进行仿真模拟实验。本文所采用的仿真工具是 TinyOS 的专用仿真模拟工具 Tossim,这种仿真工具具有准确、完备以及适于连接和仿真、模拟大规模无线传感网络等特点。本系统应用这种仿真工具对系统的运行情况进行了仿真模拟。仿真试验结果表明,整个系统运行正常。

在系统的仿真试验进行完毕以后,就投入了整个系统的现场实际调试,系统总共投入20个节点,分布于受测温室的不同位置。TinyOS 是一种非图形化的嵌入式系统,它本身只提供检查采集信号的相关指令,而对于采集回来的信号是不能够直接直观地表示出来的。为了使技术及管理人员对于温室环境的总体情况有一个清晰的了解,在接收相应的信号后,本系统采用由 LabWindows 软件进行编程,并提供了友好的用户界面。该人机接口界面是基于串口通信的一种图形化界面。进行监控操作时,首先须在一个 tmote Sky 的节点上下载 opt/tinyos-1.x/apps/TOS-Base 的程序,并将改程序载入上位计算机的 USB 口,将上位机作为通信基站^[6]。由于 LabWindows 软件提供了一种串口通信界面,因此系统在进行信号采集时应首先将基站的 USB 接口口虚拟为一个串行通信的接口。将系统所要求的波特率、采样时间等参数按照系统的相关要求设定完全以后,开启系统界面,就可读出由无线传感网络的各节点送回的温室中温度的实时信息,如图4所示。同时,也可以显示出接收到网络各节点送回的光强度实时信息,如图5所示。

在本系统中,tmote Sky 的硬件平台上虽然提供了湿度检测单元,但由于目前在 TinyOS 中仍没有相应的调理电路模块,因此本系统没有对湿度进行相应的监控。在整个试验的过程中,无线传感网络监控系统运行稳定、正常、可靠,达到了用户所要求的各项指标。

参考文献

- [1] M. Rabbat and R. Nowak. Distributed Optimization in Sensor Networks[Z]. IPSN, Berkeley, CA, 2004.
- [2] <http://www.moteiv.com>[EB/OL], 2010-09-20.
- [3] <http://www.crossbow.com>[EB/OL], 2010-11-17.
- [4] R. Willett, A. Martin, R. Nowak. Backcasting: Adaptive Sampling for Sensor Networks[R]. Proceedings of IPSN, 2004.
- [5] J. Aldrich, C. Chambers, D. Notkin. Architectural Reasoning in ArchJava[R]. European Conference on Object Oriented Program-

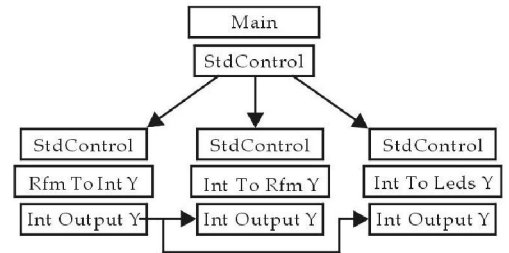


图3 中继文件的结构图

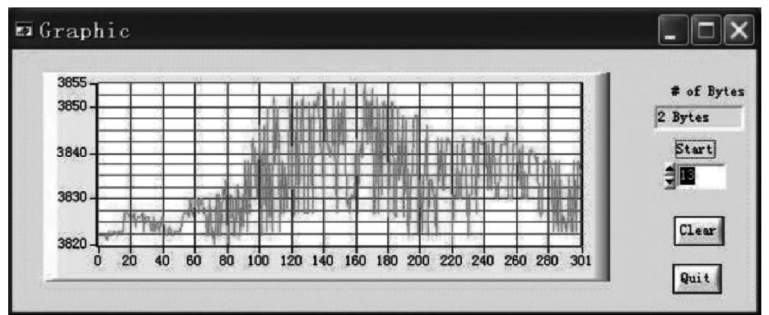


图4 基站收到的某节点的温度信号

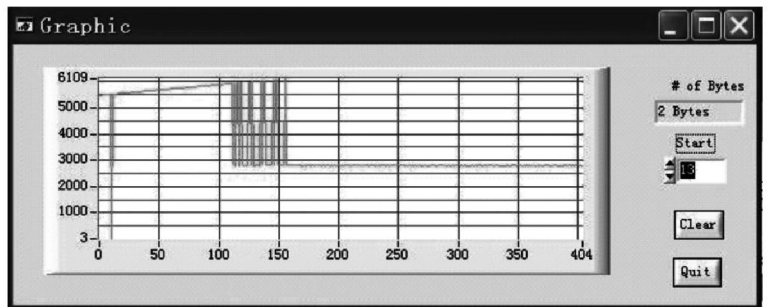
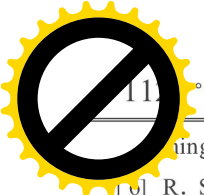


图5 基站收到的某节点的光照信号



A KIND OF CONSERVATORY ENVIRONMENT DETECTING SYSTEM BASED ON TINYOS

WU Qi-zhou, YAO Shun-cai, WANG Zhong-qing

(School of Information & Communication Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: It is usually by cable transmission to get the environment signals of conservatory in traditional. Mostly, it is unsuitable to use the cable detection in practical conservatory cites. In order to solve the problem, this paper configures a kind of small wireless sensor network system. And, using the configuration language nesC, which is based on the embedded system TinyOS, gets the system application software. The conservatory environment real time detection comes into reality. It is proved to be effective and reliable.

Key words: environment detection of conservatory; wireless sensor network; TinyOS; embedded system; nesC

(上接第 88 页)

参 考 文 献

- [1] 龚德利, 张慧敏, 骆德发. 离心泵性能测试装置及其控制系统[J]. 上海应用技术学院学报(自然科学版), 2002, (3): 174-178.
- [2] 孔凡瑜. 泵专业标准汇编[S]. 中国通用机械泵行业协会, 1992.
- [3] 李鲁予. 通用水泵自动测试系统的研制与应用[J]. 科技咨询导报, 2007, 8: 48-49.
- [4] 赵立新, 李志斌, 吴紫峰, 等. 压差测量仪在水泵扬程测试中的应用[J]. 传感器技术, 2001, 20(2): 35-36, 39.
- [5] 曹爱红. 水泵综合参数自动测试系统的研究[D]. 兰州: 兰州理工大学硕士学位论文, 2006.
- [6] 力昌兵. 微机水泵综合参数测试系统的研究与开发[D]. 合肥: 合肥工业大学硕士学位论文, 2002.
- [7] 余晓明, 王明福. 水泵性能全自动测试系统设计与研制[J]. 流体机械, 1999, 27(12): 25-27.
- [8] 查 森. 叶片泵原理与设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 1988.
- [9] 关醒凡. 现代泵技术手册[M]. 北京: 宇航出版社, 1995.

DESIGN AND EXPERIMENT DEVICES ADOPTION FOR THE DATA ACQUISITION MODULE OF THE AUTO-TEST SYSTEM OF WATER PUMP

CAI Li-quan

(Department of Environment and Equipment, Fujian University of Technology, Fuzhou 350000, China)

Abstract: The data acquisition module of the auto-test system of water pump was studied in the paper. The design plan was presented according to the requirements of design. The adoption of the experiment devices for the data acquisition module was verified. The final adoption was: LWGY turbine flowmeter, EAJ 110A Pressure Transducer, NJ torque and rev measurement instrument with NC computer-based torque device and 8902F three-phase electronic parameter measurement instrument.

Key words: water pump; auto-test system; data acquisition module; measurement instrument