

一种无线粮情监测系统的设计

刘 明¹, 赵文敏²

- (1. 浙江省机电设计研究院有限公司, 浙江 杭州 310002;
2. 浙江工商大学 计算机与信息工程学院, 浙江 杭州 310018)

摘要:为了解决有线监测系统布线复杂、易遭雷击、安装及维护成本高等缺陷,提出了一种基于无线传感器网络的粮情监测系统,并对系统架构、FFD/RFD 节点硬件设计和网络通信协议做了详细介绍。在粮库现场,通过布置大量 RFD 节点采集实时信息,经多节点跳传将数据经基站节点传送到 PC 主机,从而实现了远程实时监测,为管理决策提供了依据。实际运行结果表明,该系统具有安装简单、运行稳定可靠、抗干扰能力强等优点,可广泛应用于安防、环境监测等领域。

关键词:无线传感器网络;FFD/RFD 节点;CC2430;通信协议

中图分类号:TP212, TP39

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2011)11-1382-04

Design of wireless depot surveillance system

LIU Ming¹, ZHAO Wen-min²

- (1. Zhejiang Institute of Mechanical & Electrical Engineering Co., Ltd., Hangzhou 310002, China;
2. College of Computer and Information Engineering, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: To avoid defects of traditional wire surveillance systems such as complex wiring, vulnerable to lightening strike and high cost of installation and maintaining, a depot surveillance system based on wireless sensor network was proposed. System architecture, hardware design of FFD/RFD nodes and network communication protocol were studied in detail. A lot of RFD nodes were arranged in grain depots to capture real-time parameters, which were sent to a server computer by multi-hop wireless stations to telemonitor depot systems. Actual running results show that the wireless surveillance system takes advantage of easy installation, stable operation and high noise rejection, and it can be widely applied to safe-guide and environment monitoring systems.

Key words: wireless sensor network; FFD/RFD node; CC2430; communication protocol

0 引言

传统工业过程的现场监控主要采用“传统模拟传感器+主机+多路采集卡”或下位机模式,星形的布线系统需使用大量的电缆,若后期扩容,则需要重新施工,并且对建筑物装潢的破坏性较大,因此系统安装施工的工作量较大,调试复杂,易受施工线路的干扰,稳定性欠佳,日后系统管理和维护成本很高^[1-2]。如何简化监测系统的安装调试,降低系统管理和维护成本,是粮情监测系统必须要解决的关键技术。

无线传感器网络是由部署在监测区域内大量的

微型传感器节点组成,通过无线通信方式形成多跳、自组织的网络系统,协作式地采集和处理网络覆盖区域内感知对象的信息,以弥补传统监测系统施工量大、调试复杂等弊端^[3-4]。

本研究从粮情监测系统的实际需求出发,提出系统的组成结构、节点的硬件设计、数据多节点跳传的通信协议,从而实现对粮库现场温湿度数据的远程实时监测,为管理决策者提供依据。

1 系统组成及工作过程

该系统组成如图 1 所示,整个系统由一台主机、

收稿日期:2011-06-16

作者简介:刘明(1965-),男,浙江诸暨人,高级工程师,主要从事机电一体化、计算机控制系统方面的开发应用和研究工作。E-mail:liuming-666888@163.com

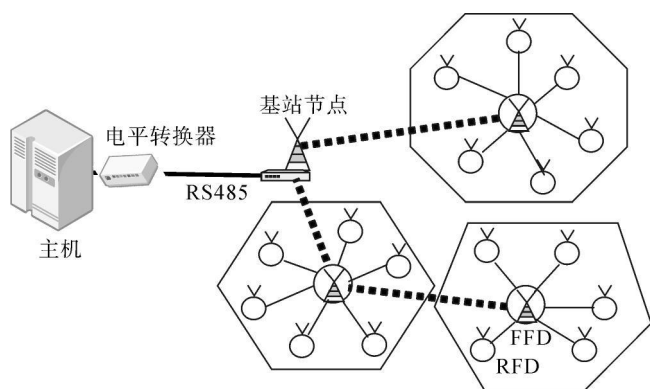


图 1 系统组成结构框图

一个基站节点、大量地分布在各个仓房的 FFD(Full Function Device)节点和 RFD(Reduce Function Device)节点组成。其中 RFD 节点用于采集每个货位的温湿度数据,每个货位布置一个 RFD 节点;FFD 节点用于收集该仓房内各个 RFD 节点采集的数据,每栋仓房布置一个 FFD 节点。对距离基站节点较近的仓房,由该仓房的 FFD 节点直接将该仓房的监测数据发送到基站节点;距离基站节点较远的仓房,其监测数据需通过其他仓房 FFD 节点的转发才能将数据传输到基站节点。基站节点汇聚监测数据后,再以有线通信的方式将数据传输到主机,并保存到主机的数据库系统。

主机采用工控机,通过串口以 RS485 方式连接基站节点,所以基站节点是连接主机和无线传感器网络的桥梁,既与主机进行串口通信,又与无线传感器网络中的 FFD 节点进行射频通信。

2 节点的硬件设计

由于该系统的主要用户之一是粮库,并非人们无法到达或长期无人值守的环境,FFD/RFD 节点也不是一次性的,而是可更换电池的,在节点硬件设计时对功耗要求不是很高^[5-6]。

基站节点由 FFD 节点模块和 RS485 通信模块两部分组成,其硬件结构框图如图 2 所示。

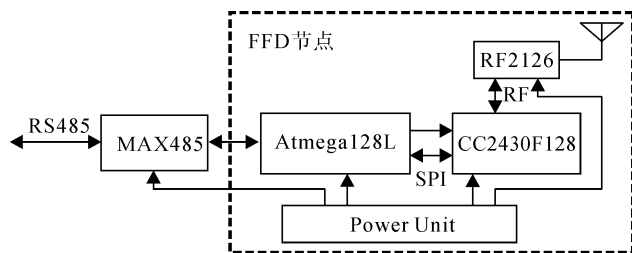


图 2 基站节点结构框图

2.1 FFD 节点

FFD 节点^[7-9]由微处理器模块、射频通信模块以及电源模块组成,该系统中,FFD 节点主要有两个功能:

①汇聚本仓房各 RFD 节点采集到的数据,并根据货位号和监测地址依次将数据发送到基站节点;②根据节点内部路由表转发其他仓房的数据,所以 FFD 节点的发射功率较大,其射频通信模块总是处于工作状态,以保证数据的实时性。

FFD 节点的主控芯片选用 Atmega128L,射频通信模块选用 CC2430^[10],二者之间通过 SPI 方式连接。由于 CC2430 的有效通信距离最大为 100 m,需要为 FFD 节点添加功率放大器 RF2126,将 CC2430 的 RF 输出信号线性放大,以满足 400 m 通信距离的组网要求,FFD 节点的结构如图 2 中虚线框部分所示。

2.2 RFD 节点

RFD 节点原理框图如图 3 所示。由于 CC2430F128 集成了 RF 收发器、加强型 8051MCU、128 KB Flash、8 KB RAM、ADC、看门狗等,并采用 2.0 V ~ 3.6 V 低电压供电,功耗很低,其休眠模式和转换到主动模式的特性,特别适合 RFD 节点的应用。

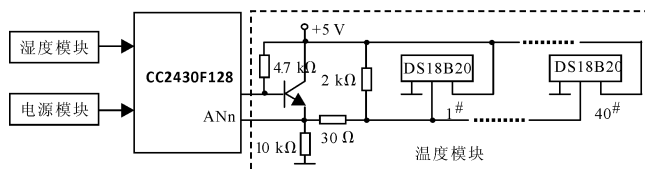


图 3 RFD 节点结构框图

图 3 中的虚线部分为温度模块的电路图,本研究选用 DALLAS 公司的由单片集成电路构成的单信号线数字化温度传感器 DS18B20,采用外部供电方式,通过单一信号线与多个 DS18B20 相连,采集各测温点的温度数据。需要特别注意的是为了使监测点的位置与监测点的温度数据一一对应,必须事先或在线将传感器监测点的位置编号固化到 DS18B20 的 EE-PROM 中。

3 WSN 数据传输协议

无线传感器网络中,每个传感器节点都有一个唯一的 16 位地址。FFD 节点的高 8 位用来表示其辖区内传感器子网地址(一般取其仓房的编号),低 8 位地址恒为 00H。RFD 节点的高 8 位为其上一级 FFD 节点的高 8 位地址,即所属传感器子网的地址,低 8 位地址为其所测的货位编号,即 01H~FEH(00H 用于子网地址,FFH 为子网广播地址)。0000H 表示基站节点地址,FF00H 表示 FFD 节点的广播地址,xxFFH 表示 xxH 子网的广播地址。

在应用层,根据数据的类型可分为数据帧、命令帧、应答帧 3 种,在无线传感器网络的数据传输中,数据包必须有统一的格式,如表 1 所示。

表 1 数据包格式

Ctrl.	To	End	From	Attr.	Data	Check
1 B	2 B	2 B	2 B	2 B	1 B~1 024 B	1 B

表 1 中的 Ctrl. 表示控制域, 控制域各位的含义如表 2 所示, 其中最高 2 位用来区分不同的帧类型; b5 和 b4 位表示传递的模式; b3 位表示 ACK 请求, 当该位为 1 时, 接收方在收到该帧后需发送一个应答帧给发送方, 如果该位为 0, 则接收方不需要发送应答帧; b2 位表示寻址模式。

表 2 控制域的定义

b7 b6	b5 b4	b3	b2	b1 b0
帧类型	传递模式	ACK 请求	间接寻址模式	保留
00: 数据帧	00: 单播传递	0: 不应答	0: 来自基站的	
01: 命令帧	01: 间接寻址	1: 应 答	间接寻址	
10: 应答帧	10: 广播方式		1: 传输到基站	
11: 保 留	11: 保 留		的间接寻址	

3.1 数据帧

数据帧格式中: To 表示本次发送数据的目的地址域; End 表示本次发送数据最终要到达的地址域; From 表示本次数据发送发起者的源地址域; Attr. 表示数据属性域, 其中低 10 位表示数据域中的有效字节数, 高 6 位表示数据域中的数据跳传的次数, 所以网络中每个数据包最多包括 1 024 Bytes 的有效数据, 最多被跳传 64 次; Data 为数据域, 用来表示传输的数据, 其长度可变, 为 1 Byte~1 024 Bytes 的有效数据; Check 表示校验域, 对 Data 域的数据进行校验和算法。

3.2 命令帧

命令帧中 Ctrl. 域、To 域、End 域、From 域、Attr. 域的含义与数据帧中含义相同, 数据域 Data 用于标识所使用的命令, 仅 1 个字节, 目前常用的命令只有以下 3 个:

- (1) 01H: 复位命令, 复位下一级的节点, 恢复到上电初始化状态;
- (2) 02H: 取数命令, 要求下一级节点发回采集到的数据;
- (3) 03H: 节点监测命令, 及时发现新加入的节点, 检查原有节点的生存状况。

当传递模式为广播方式时, To 地址域和 End 地址域均采用相应的广播地址。

3.3 应答帧

应答帧中 Ctrl. 域、To 域、End 域、From 域、Attr. 域的含义与数据帧中含义相同, 数据域 Data 表示应答的内容, 主要包含对什么的应答和应答的具体数据, 用

户可自行定义, 例如当节点无法向前传输数据时, 可通过应答帧反馈路由错误的信息。

4 系统的软件结构及其实现

主机采用 Delphi + SQL Server 2000 开发环境, 通过 TurboPower 公司的 APRO 通信组件对基站节点进行控制, 由基站节点控制每个仓房中的 FFD 节点, 再由 FFD 节点控制本仓房各个货位上的 RFD 节点。RFD 节点只与该仓房的 FFD 节点通信 (RFD 节点接收命令或发送应答数据), 即使 RFD 节点接收到其他仓房 FFD 节点的命令, 因节点地址的高 8 位不符而丢弃命令; 同理 FFD 节点接收到其他仓房的 RFD 节点的数据也会因节点地址的高 8 位不符而丢弃数据。

RFD 节点的软件设计要尽量使各模块处于休眠状态以减小 RFD 节点的能耗, 主程序流程框图如图 4 所示, 当 RFD 节点完成数据采集, 并向 FFD 节点发送数据成功后, 立即进入休眠状态。只有当 RFD 节点定时唤醒或接到上一级 FFD 节点的取数命令时, 再次启动现场数据的采集。

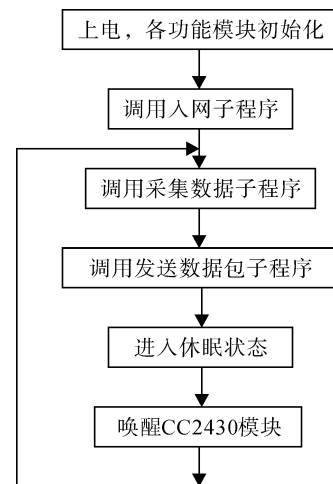


图 4 RFD 主程序框图

主机监控系统软件根据系统功能将其分为现场数据采集和后台数据管理 2 个进程, 2 个进程之间通过 Winsock 通信。

现场数据采集进程主要完成以下任务:

- (1) 定时呼叫基站节点, 通过基站节点收集各仓房现场的实时数据, 并经过符号处理、转换及计算, 最后保存或更新到 SQL Server 数据库;
- (2) 定期监测 FFD/RFD 节点生存状况, 并根据新增节点和死亡节点更新节点配置表;
- (3) 接收后台数据管理进程的命令, 并对 FFD/RFD 节点进行控制。

后台数据管理进程主要实现人机交互功能、数据

库管理和系统管理功能,使现场的实时数据按详细列表、最值数据统计、三维立体图形、动态曲线等方式显示,还可进行节点配置、上下限报警、历史数据查询、各类数据打印、数据库管理以及系统管理等功能。后台数据管理进程的主界面如图 5 所示。

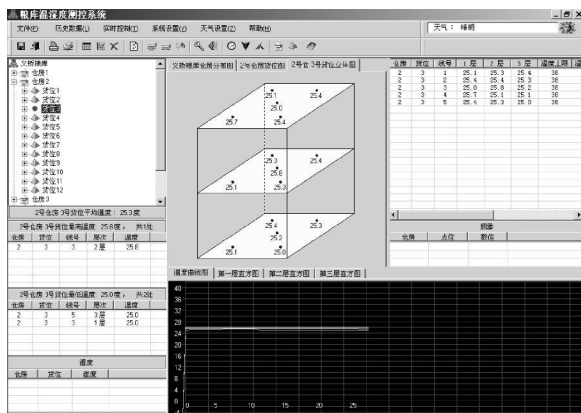


图 5 主机系统主界面

5 结束语

本研究在原来有线粮情监测系统基础上,对原有下位机和数据传输方式进行了改造,不再需要铺设专用的通信线路,使得系统安装、拆卸和布点简单灵活,硬件维护非常方便,大大降低了系统的建设和维护成本。改造后的无线粮情监测系统运行稳定可靠,抗干扰能力强,具有较大的市场竞争力和广阔的发展前景。

参考文献(References):

- [1] 赵文敏, 琚春华, 朱安定. 粮情监测系统传感器网络的混合路由算法[J]. 传感技术学报, 2010, 23(3): 423-427.
- [2] 尹航, 张奇松, 程志林. 基于 ZigBee 无线网络的温湿度监测系统[J]. 机电工程, 2008, 25(11): 20-23.
- [3] 李建中, 李金宝, 石胜飞. 传感器网络及其数据管理的概念、问题与进展[J]. 软件学报, 2003, 14(10): 1717-1727.
- [4] 杜晓明, 陈 岩. 无线传感器网络研究现状与应用[J]. 北京工商大学学报: 自然科学版, 2008, 26(1): 41-44.
- [5] LAN/MAN Standards Committee of the IEEE Computer Society. IEEE Std 802.15.4 for Part 15.4: Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs) [S]. [s.l.]: [s.n.]: 2003.
- [6] SAJDL O, BRADAC Z, FIEDLER P, et al. ZigBee Technology and Device Design [C] // Proceedings of ICNICONSMCL'06 the International Conference on Networking, International Conference on Systems and International Conference on Mobile Communications and Learning Technologies. [s.l.]: IEEE Computer Society, 2006: 129.
- [7] 王 韧, 郭晓春, 郭 航. 双核架构在无线传感器网络节点设计中的应用[J]. 传感技术学报, 2007, 21(2): 353-356.
- [8] 沈君黎, 朱 华, 姚明海, 等. 面向应急环境监测的无线传感器网络节点设计[J]. 机电工程, 2010, 27(11): 65-70.
- [9] 吴 键, 袁慎芳. 无线传感器网络节点的设计和实现[J]. 仪器仪表学报, 2006, 27(9): 1120-1124.
- [10] Chipcon. SmartRF CC2430[Z]. Chipcon, 2005.

[编辑: 张 翔]

(上接第 1341 页)

参考文献(References):

- [1] 黄洪钟, 姚新胜. 塔式起重机安全性研究与展望[J]. 建筑安全, 2001, 16(3): 1-6.
- [2] 徐云岳, 何 函. 基于 ANSYS 的塔式起重机塔身设计平台开发研制[J]. 机械, 2010, 35(7): 33-36.
- [3] 万宏权, 蔡 亮, 马荣章, 等. 塔机监控系统的工作区域限制逻辑算法[J]. 建筑机械化, 2009, 30(11): 41-43.
- [4] BLANCHETTE J, SUMMERFIELD M. C++ GUI Program with Qt4 编程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.

- [5] 成 洁, 卢紫毅. Linux 窗口程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
- [6] RONIE N. Automated project performance control of construction projects [J]. **Automation in Construction**, 2005, 14(4): 467-476.
- [7] YEHIEL R, AVIAD S. Automation of existing tower cranes: Economic and technological feasibility [J]. **Automation in Construction**, 1998, 7(4): 285-298.

[编辑: 张 翔]