

文章编号:1671-251X(2010)09-0048-03

# 基于 WSN 的洗煤厂设备无线振动监测系统的的设计

马国礼<sup>1</sup>, 周志华<sup>2</sup>, 汪正东<sup>2</sup>

(1. 国家安全生产监督管理局通信信息中心, 北京 100000;

2. 中国矿业大学信电学院, 江苏 徐州 221116)

**摘要:**针对传统的洗煤厂设备振动监测系统存在布线不方便的问题,提出了一种基于 WSN 的洗煤厂设备无线振动监测系统的设计方案。该系统在洗煤厂内各个监测设备部署微型加速度传感器节点,这些节点通过改进的分簇路由算法形成一个多跳自组织的网络系统,协作地感知、采集和处理各个监测点的振动信号。实验结果表明,该系统采集的振动数据准确性较高,无线振动监测节点工作稳定。

**关键词:**洗煤厂; 振动监测; 无线传感器网络; 加速度传感器; 路由算法; 分簇; ADXL202; WSN; MSP430F2132

中图分类号:TD928.9

文献标识码:B

## 0 引言

洗煤厂的许多设备均是常年 24 h 运转,一旦出现设备故障,会严重影响生产。传统的洗煤厂设备振动监测系统采用有线监测方式,布线非常不方便,所以对洗煤厂设备的振动信息进行无线监测是非常必要的。本文介绍一种基于 WSN 的洗煤厂设备无线振动监测系统,该系统在洗煤厂内各个监测设备部署微型加速度传感器节点,这些节点通过无线通信方式形成一个多跳自组织的网络系统,协作地感知、采集和处理网络覆盖区域中各个监测点的振动信号。该系统具有节点布置简单方便,灵活性高,成本低廉等特点。

## 1 系统硬件设计

如图 1 所示,基于 WSN 的洗煤厂设备无线振动监测系统主要由加速度传感器 ADXL202、微控制器(MCU) MSP430F2132、无线通信模块 CC1100 和电源模块组成,电源模块使用 2 节五号电池,加速度传感器和微控制器采用分别供电模式。

收稿日期:2010-06-21

**作者简介:**马国礼(1965-),男,黑龙江鹤岗人,高级工程师,现主要从事煤矿企业信息化研究和工程实施(包括总体规划设计、矿区网络建设、管理信息系统建设、无线通信系统建设、矿井安全生产监测及矿井综合自动化系统建设)方面的工作。E-mail:guolima@chinasafety.gov.cn.

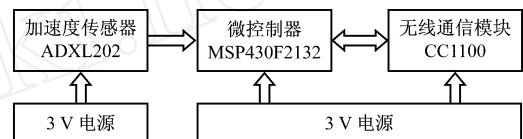


图 1 基于 WSN 的洗煤厂设备无线振动监测系统结构

由于所要监测的洗煤厂设备的振动频率均在 200 Hz 以下,考虑到噪声问题,滤波器的带宽设置为 200 Hz(略高于采集信号的频率);为了保证测量精度,脉冲带宽(即输出方波带宽)设置为滤波器带宽的 10 倍即 2 kHz。MSP430F2132 的定时/计数器采用 16 MHz,无分频,以减少计数器误差。

## 2 系统工作原理

### 2.1 ADXL202 的工作原理

ADXL202<sup>[1-2]</sup>是一种低成本,低功耗,功能完善的双轴加速度传感器(X轴方向和Y轴方向),直接输出数字信号,无需进行AD转换,其输出引脚可直接接微控制器。如图2所示,ADXL202采用先进的MEMS(微机电系统)技术,在一个硅片中蚀刻了一个多晶硅表面微机械传感器,并集成了一套精密的信号处理电路,其中X<sub>OUT</sub>、Y<sub>OUT</sub>分别为X轴、Y轴数字信号输出端口,可直接与基于 WSN 的洗煤厂设备无线振动监测系统的微控制器相连。

微机械传感器主要是由一个利用表面微机械加工的多晶硅机构和一个差动电容器组成,在加速度的作用下,多晶硅结构产生偏移,拉动差动电容器的

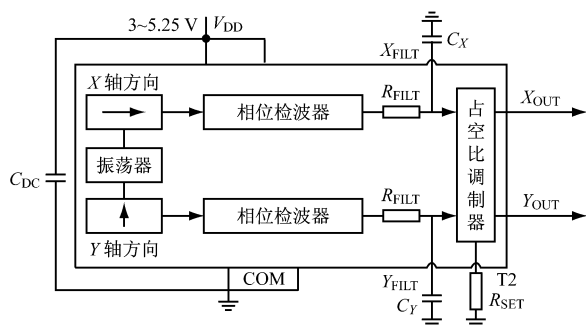


图 2 ADXL202 的内、外部结构

运动极板滑动使电容值发生变化;差动电容器的变化信号由信号处理电路中的解调器解调后通过一个 RC 滤波器(由内部电阻和外部电容  $C_X$ 、 $C_Y$  构成)送到占空比调制器中,通过占空比调制器转换为占空比与加速度成正比的方波,方波的周期  $T_2$  的范围为  $0.5 \text{ ms} < T_2 < 10 \text{ ms}$ ,  $T_2$  的大小由外部电阻  $R_{SET}$  确定;该方波直接送到微控制器进行处理,从而可得到加速度的值。示波器上显示的方波如图 3 所示,其中  $T_1$  为方波的高脉冲周期。

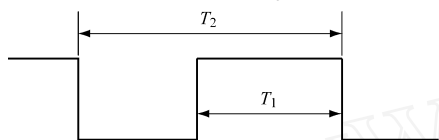


图 3 示波器上显示的方波

根据实际需要,可通过使用不同电容值的  $C_X$ 、 $C_Y$  来为滤波器选择不同的带宽,带宽范围为  $0.01 \sim 5000 \text{ Hz}$ 。

## 2.2 微控制器的工作原理

MSP430F2132 是一款低功耗的微控制器,16 位 RISC CPU(精简指令集中央处理器),16 位寄存器,主频为  $16 \text{ MHz}$ <sup>[3-4]</sup>。MSP430F2132 的定时器资源丰富,本文选用 16 位定时器 A(即 Timer\_A)作为计数器。当微机械传感器输出的方波信号进入微控制器后,可通过 C 语言编程使能相应的寄存器资源,选用微控制器内部的计数器捕获模式,将输出方波的高脉冲周期  $T_1$  用计数器计算出来。再根据加速度计算公式:

$$a = \frac{T_1 / T_2 - 0.5}{0.125} \quad (1)$$

计算出振动对象的加速度,该数据通过 CC1100 发送出去。

式(1)中: $a$  为加速度,  $\text{m/s}^2$ ;  $T_2$  为输出方波的周期,  $\text{s}$ ,其数值固定,可通过外部电阻  $R_{SET}$  设定;  $T_1$  为输出方波的高脉冲周期,  $\text{s}$ ,其值是变化的,可通过计数器计算出来。

## 3 WSN 路由的设计

一般的 WSN 路由协议为避免产生通信拥塞并均衡网络流量,通常节点只能获取局部拓扑结构信息<sup>[5]</sup>。这种方式在洗煤厂节点数相对较少并且分散的环境中已不再适用。洗煤厂的路由设计特点:

(1) 洗煤厂的路由不仅要基于温度、振动等数据,还要考虑到节点的定位和标识,因为在测量的温度和振动数据中需要明确知道节点的标识,才能快速判断出各个检测设备的运行情况。

(2) 路由协议要具有很好的鲁棒性。周围特殊的传输环境容易造成节点出现故障,离开网络。洗煤厂的金属钢架结构会造成信号传输的衍射、折射和绕射现象,影响无线链路的通信质量,降低网络的可靠性。

(3) 采用多跳路由协议时,跳数不宜过多。跳数过多不仅能量消耗较大,在洗煤厂的金属钢架结构这种特殊情况下,数据传输的可靠性也降低。

因此,基于 WSN 的洗煤厂设备无线振动监测系统采用改进的分簇路由算法,该算法能集中控制整个网络,快速定位到网络中的各个检测设备,均衡整个网络能量消耗。分簇路由算法通常根据选择的最优网络分簇个数在网络中选择相等数量的簇首节点个数。每个簇首节点在一定的区域内建立一个分簇,控制和管理分簇内节点的数据传输和工作状态<sup>[5-7]</sup>。传统的分簇路由算法中,分簇的大小和位置随着新一轮的簇首节点的位置是变化的<sup>[8]</sup>。改进的分簇路由算法中,分簇方式发生以下变化:

(1) 洗煤厂车间的每一层形成一个分簇,分簇的大小和位置不再随着新一轮的簇首节点位置的变化而变化。整个网络运行过程中每一轮的变化都不会影响这个分簇区域的大小变化。一个分簇网络的无线信号覆盖车间的一层楼,采用一个特有的 CDMA 编码通信方式就不会对车间的另外一层的分簇网络造成干扰。

(2) 在每一个分簇内,为提高网络数据传输的可靠性,采用 2 个簇首节点的工作方式:一个节点是主簇首节点,担任控制和管理分簇内节点的数据传输和工作状态的任务;另外一个节点是备用簇首节点,当主簇首节点工作时,备用簇首节点处于备用状态。当主簇首节点出现故障时,备用簇首节点就成为主簇首节点,担任主簇首节点的工作。

(3) 簇首节点的选择将充分考虑节点的能量信息。在每一轮中,每个节点产生一个  $0 \sim 1$  之间的随

机数  $t$ 。如果某一个节点产生的随机数值  $t$  小于阈值  $T(n)$ , 那么该节点即为簇首节点。

阈值  $T(n)$  的选择和设置要充分考虑节点的剩余能量, 其计算公式为

$$T(n) = \frac{p}{1 - p \left[ r \bmod \left( \frac{1}{p} \right) \right]} \frac{E(r)}{E} \quad (2)$$

式中:  $p$  为分簇数;  $r$  为运行轮数;  $E(r)$  为在  $r$  轮内网络中节点的平均能量;  $E$  为节点的初始能量。

#### 4 实验结果

为验证上述路由算法的正确性, 笔者对基于 WSN 的洗煤厂设备无线振动监测系统进行了实验。

实验中所使用到参数和工具: 21 个无线振动监测节点, 1 个汇聚节点, 1 台计算机和串口显示软件。ADXL202 平放在地面上, 其测量轴  $X$  轴和  $Y$  轴与水平面处于平行状态。

将无线振动监测节点分成 3 组, 每组 7 个。将每组节点放置在一个区域, 相距较远。每组形成一个分簇, 数据的通信和管理限制在一个分簇内。3 组数据汇集到汇聚节点, 由汇聚节点将数据传给上位机, 通过串口显示软件显示振动信号。图 4 显示的是 ADXL202 采集的通过 WSN 传到上位机的数据。该数据是一个 4 位 16 进制数, 如 0x1012、0x107F、0x100E 等, 后面所写  $X$  轴和  $Y$  轴分别代表 ADXL202 的  $X$  轴和  $Y$  轴。由于 ADXL202 是平放在地面上的, 2 个测量轴的加速度值均为 0。由式(1)可知, 加速度值为 0 时显示的 2 个测量轴的理论值应该为 16 进制数 0x0FA0。由于存在微小振动和干扰等问题, 显示出来的数据存在一定的偏差, 但显示数据值与理论值相差不大。

#### 5 结语

基于 WSN 的洗煤厂设备无线振动监测系统采用基于加速度传感器 ADXL202 的无线振动监测节点监测厂房内机器设备的振动情况, 整个节点布置

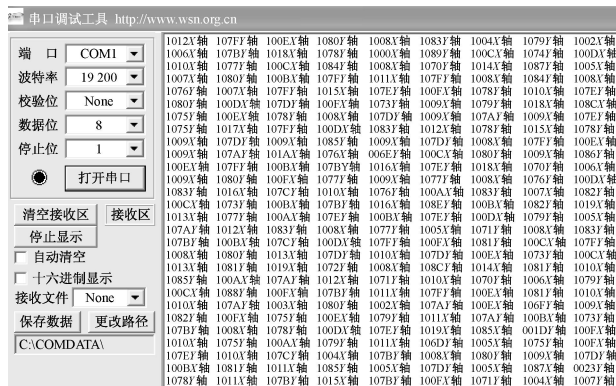


图4 上位机显示的数据

简单方便, 灵活性高, 成本低廉, 避免了布置线缆所带来的诸多缺点。无线振动监测节点除可以应用于洗煤厂设备振动监测外, 还可以应用到其它的工业生产领域。

#### 参考文献:

- [1] 翟云飞, 赵振, 陈润深, 等. 双轴加速度传感器 ADXL202 及其应用设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2008(10): 67-69.
- [2] 姜海英, 盛佳乐, 李杏春, 等. 基于 ADXL202 的风机振动监测系统[J]. 仪器仪表用户, 2007, 14(6): 33-34.
- [3] 包亚萍, 史丽娟, 田峰. 基于 ZigBee 和 MSP430 的商场无线测温系统的设计[J]. 计算机工程与设计, 2010(11): 46-49.
- [4] 廖从研, 杜松怀, 李春兰, 等. 基于 MSP430 单片机的多路电气量检测装置的设计[J]. 低压电器, 2010(1): 17-19.
- [5] 杨东勇, 陈晓倩, 顾东袁. 一种节能的无线传感器网络路由协议的设计与实现[J]. 计算机工程与科学, 2010, 32(4): 110-113.
- [6] 薛建生, 刘建, 任秀丽, 等. 低能耗无线传感器网络路由协议研究[J]. 计算机工程, 2010, 36(10): 136-139.
- [7] 蒋畅江, 石为人, 向敏, 等. 能耗均衡的无线传感器网络两级路由协议[J]. 计算机应用研究, 2010(3): 1142-1144.
- [8] 戴世瑾, 李乐民. 高能量有效的基于分簇的无线传感器网络路由协议[J]. 计算机应用研究, 2010(6): 2201-2203.

### ZWK127 型矿用无极绳绞车控制装置

天地(常州)自动化股份有限公司研制开发的 ZWK127 型矿用无极绳绞车控制装置为煤矿井下无极绳变频绞车的专用控制装置, 可实现井下绞车运行监测、控制和保护功能, 提高现有无极绳绞车的牵引和控制水平, 适用于含有爆炸性气体和煤尘的煤矿井下。

该装置采用液晶屏、数码管、指示灯等多种方式对绞车运行工况进行显示, 同时在启停、坡道、岔道等关键点实现语音自动提示, 具有启动、停止、重载、轻载、上行、下行等变频无级调速功能, 具有过流、过压、过卷、急停、超速、打滑、打点急停等多种保护功能。

(王晖)