



# 基于 CC2430 的高速公路路面结冰检测系统的设计

冯金龙, 钱 蕾, 窦艳艳

(南京高等职业技术学校, 江苏 南京 210019)

**摘 要:**介绍了一种高速公路路面结冰检测系统的设计方案,采用振动传播情况、温度是否达到冰点、电导率变化等多种检测相结合的办法,综合判别路面的结冰状况。系统以高性能的 CC2430 为核心,简化了外围接口电路的设计,提高了整个系统的性价比,提高了路面结冰的判别准确率。作为交通气象站无线传感网络中的一个节点,该系统具有组网灵活、低成本、低功耗的特点。

**关键词:**路面结冰检测系统;CC2430;ZigBee;交通气象

## 一、引言

近年来,我国高速公路建设持续发展,路网规模日益扩大,与之配套建设的高速公路通信、监控、收费三大系统工程技术迅速发展。其中,道路监控是保证高速公路安全行驶的关键项目,特别地,道路监控系统中的路面结冰状况等气象要素与交通事故有着紧密的联系。

无线传感器网络集传感器技术和网络通讯技术于一身,涉及信息采集、处理和传输等技术。气象观测中涉及多个气象要素,而要素间又相互影响关联,因此无线传感器网络非常适合于气象观测。<sup>[1]</sup>

以 CC2430 为核心,利用振动、温度、电导率等传感检测单元实现路面结冰状况的采集,并定时向网络中的作为汇聚节点的数据通信器发送所测数据,构成交通气象观测的结冰传感器网络节点。

## 二、硬件设计

### (一)设计方案

高速公路路面结冰检测系统通过对多个不同参数的测量来反应路面结冰状况,本文设计的路面结冰系统和路面温度有着紧密的联系,首先应该让 PT100 定时的检测路面温度,将温度值发送给微处理器 CC2430,CC2430 判断温度是否在零度以下,如温度在零度以下就启动振动检测电路与路面阻值检测电路,否则继续检测温度。本文利用三个参数综合判断路面结冰情况,提高了准确性。整个系统的结构框如图 1 所示。

传感器的结构如图 2 所示,包括与路面为一体的传感器整体(2),振动传感元件(3)、路面电导率探头(4)和铂电阻(6)与数据采集电路相连。振动传感元件选用全向微型振动传感器,以感应振动器发出的振动频率。路面电导率探头选用耐压防水材料。

数据采集电路负责将温度检测电路、振动检测电路、路面电导率检测电路采集到的数据上传,并由

收稿日期:2016-01-11

**作者简介:**冯金龙(1985-),男,江苏扬州人,南京高等职业技术学校讲师,研究方向:检测技术、仪器仪表、物联网技术;钱蕾(1985-),女,江苏南京人,南京高等职业技术学校讲师,研究方向:检测技术、图像处理;窦艳艳(1988-),女,江苏连云港人,南京高等职业技术学校助教,研究方向:检测技术、图像处理。

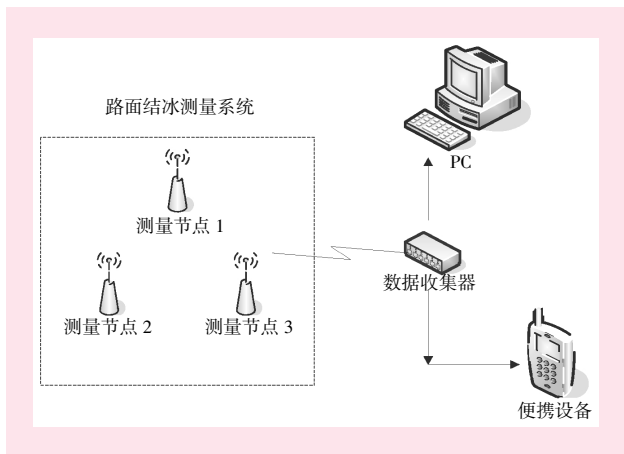


图1 系统结构框图

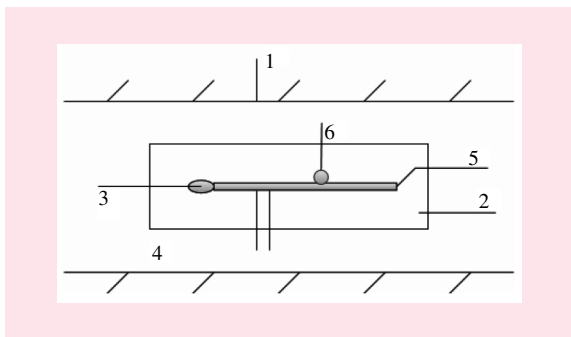


图2 传感器结构图

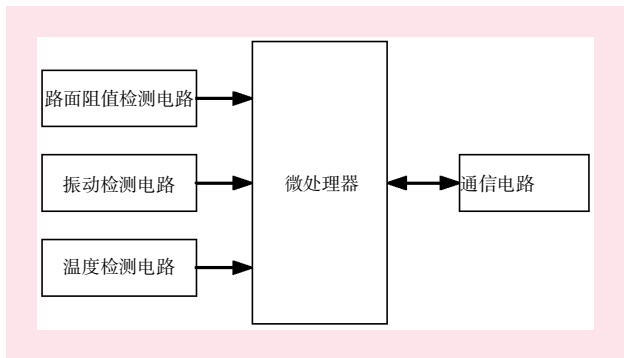


图3 系统硬件结构图

CC2430 进行存储并送至数据通信器节点汇总。整个自动气象站的无线传感网络采用星型拓扑结构,数据通信器可通过串行与 PC 机通信,将采集到的数据送至气象站数据采集系统或经 GPRS 模块实现移动观测。整个系统的硬件结构图如图 3 所示。

微处理器部分采用 CC2430,CC2430 是符合 IEEE802.15.4 规范的 2.4GHZ 射频收发器芯片,它将射频单元与工业级加强版 8051 内核、Flash 存储器等集成在一块 SoC 芯片中,提高了集成度。

## (二)传感器模块设计

### 1.振动传感器

本文采取的振动传感器是微型振动传感元件,具有全向检测、灵敏度可调、体积小、防水防尘等特点。当有振动或倾斜时,导电电阻迅速增大,电平降低甚至断开,从而触发电路,将此信号送入模数转换

器,得到转换以后的电压值。振动检测电路如图 4 所示,主要由电阻 R1、输入端子 JP1 组成。输入端子 JP1 直接与振动传感元件(即图 2 中的物体 3)相连,得到输出信号 S1 直接送到 CC2430,作为路面振动信息。

### 2.温度传感器

铂电阻作为常用的温度传感器之一,具有精度高、线性度和复现性好等特点<sup>[2]</sup>,非常适用于中低温区的温度测量。PT100 采用 0.4mA 左右的激励电流,以降低热电阻产生的自热对温度检测的影响,测温电阻网络如图 5 所示,采用三线制接法,RL 表示引线电阻。

测温电阻网络的电压输入由基准芯片的输出经过 OPA334 来提供,OPA334 是失调漂移小于 0.05 $\mu$ V/ $^{\circ}$ C 的精密放大器,同时具有掉电功能,目的是为了在不需采集温度的时候停止对电阻网络的供电,以起到节能的作用,延长电池寿命,同时,该放大器的掉电模式可以对接触热电阻影响及放大器输入漏电流等误差进行补差<sup>[3]</sup>。

### 3.路面电导率

在非纯净的自然水中包含有不同浓度的电解质,即带有正、负电荷的各种导电离子,如  $H^{+}$ 、 $OH^{-}$ 、 $Na^{+}$ 、 $Cl^{-}$ ,当通过电极在水溶液内施加电场后,由于电场力的作用,水溶液中的离子会在两电极之间产生定向运动,形成电流。这一特性可以通过水的电导率来反映。水的电导率随着温度的降低会逐渐降低<sup>[4]</sup>。当水温处于 0 $^{\circ}$ C 以下时,水的电导率将大大降低,原先呈现导电特性的水溶液电阻值将会在几 M $\Omega$  到

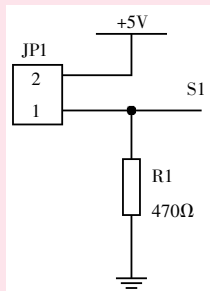


图4 振动检测电路

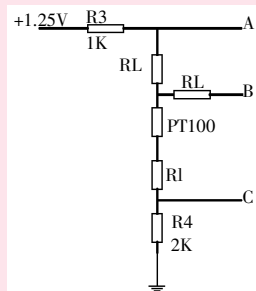


图5 PT100 测温电阻网络

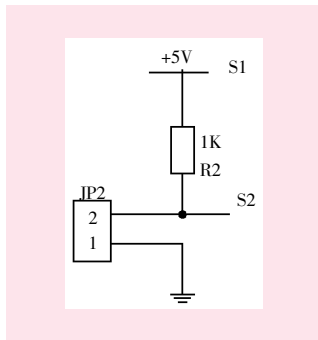


图6 路面阻值检测电路

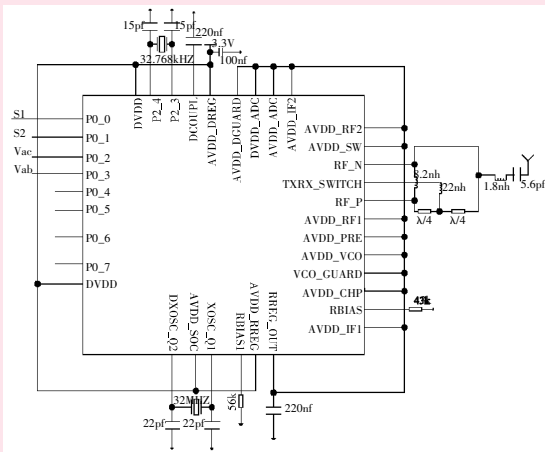


图 7 MCU 与无线收发电路

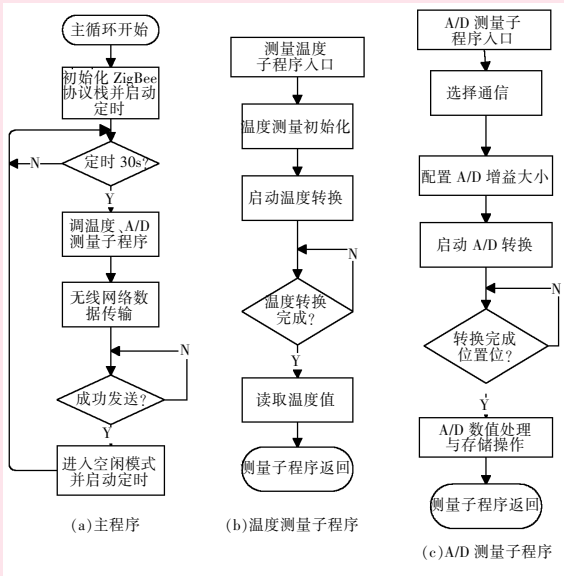


图 8 测量节点流程图

几百  $M\Omega$  变化,水在冰冻条件下具有弱导电性。设计了路面电导率检测电路,用来测量一段距离的路面阻值,其检测电路具体组成如图 6 所示,主要由电阻  $R_2$ 、输入端子 JP2 组成。输入端子 JP2 直接与路面电导率探头(即图 2 中的件 4)相连,输出的信号 S2 直接送微控制器,作为路面阻值信息。

振动信号,温度,路面电导率传感后的信号都是模拟量,需要 A/D 转换环节,而 CC2430 内部自带的内部 14 位 A/D 转换器,可基本达到所需的检测精度。

(三)MCU 与无线模块

无线模块采用了 TI 公司的无线收发器 CC2430。是一款符合 IEEE802.15.4 标准的片上 ZigBee 产品。CC2430 采用 SmartRF 03 技术和  $0.18\mu m$  CMOS 工艺制造,采用 QLP48 微型封装;除

RF 收发器,还集成了加强型 8051MCU、32/64/128KB 的 Flash 内存、8KB 的 RAM、ADC、DMA、看门狗等<sup>[5]</sup>。CC2430 工作在 2.4GHz 频段,采用低电压(2.0V~3.6V)供电且功耗很低(接收数据时为 27mA,发送数据时为 25mA)、灵敏度高( $-97dBm$ )、最大输出为 24dBm、最大传送速率为 250kb/s<sup>[6][7]</sup>。CC2430 模块采集所需的检测信号 S1,S2,Vac,Vab,并进行运算处理以得到结冰状况,并转发给无线网络中的数据通信节点,电路如图 7 所示。

在实际设计过程中,将具有数据采集功能的器件集成在一块 PCB 板上,把射频部分,天线单独制作成射频模块,采用接插件连接,这样做可以避免射频模块的高频信号对数据采集部分的干扰,而且可以节约成本。

显示屏采用液晶显示器,以降低系统功耗,用于显示温度、路面阻值、振幅的测量值。为了节省微控制器的 I/O 口资源,采用 4 位数据线形式。

三、软件设计

系统整体上采用结构程序方法设计,在 IAR Embedded workbench<sup>TM</sup> for 8051 软件集成开发环境下进行程序的设计与修改。考虑到灵活性及易读性,程序中大量使用了子程序段,如延时子程序、发送子程序。整个程序包括主控制模块、数据采集及无线传输模块、上位机通信模块等。

数据采集主要负责温度、阻值、振动的振幅的采集及转换;无线通信单元主要负责节点组网、数据传输和数据安全。这两个单元是本系统的核心,主要涉及应用程序与 ZigBee 协议栈的交互,采集数据的补偿及校正,通过调用相应的子程序实现。测量节点程序流程图如图 8 所示,系统设定了 30s 的采样时间,每隔 30s 采样一次,采样实现后系统转入省电模式,在数据实时性高的同时使节点功耗降到最低。

四、实验结果

实验结果如表 1 所示,利用三个参数的变化来反应路面结冰状况,从实验结果可以很好的看到测量结果的准确性,防止了误检测。

表 1 温度、路面振动幅值、路面阻值与结冰状况关系

温度( $^{\circ}C$ )	振动(V)	阻值( $M\Omega$ )	结冰状况
10	—	—	无冰
5	—	—	无冰
0	2.0	18	无冰
-2	0.2	39	有冰
-5	2.0	21	无冰
-5	0.18	42	有冰
-8	2.2	18	无冰
-10	0.18	48	有冰

## 五、结束语

该测量系统由于采用了高性能的 CC2430 为核心硬件系统,简化了外围接口电路的设计,提高了系统的性价比。所设计的系统检测准确率高,能够满足使用要求,系统运行稳定可靠。选用 ZigBee 技术来实现无线传感网络,提高了系统的灵活性。这种新型的高速公路路面结冰检测方法,设计了一种新型的高速公路路面结冰传感器平台,科学地利用三个参数即温度、路面振动信息、路面阻值的变化来反应路面结冰状况,最大程度地避免了误检测,提高了检测的准确度。

### 参考文献:

[1] 唐慧强,元保军.基于 ZigBee 技术的交通气象站中雨量

测量系统设计[J].电子技术应用,2010,(4):87-89.

[2] 瞿咏梅.0℃-419.527℃标准铂电阻温度计大区比对的评述[J].计量学报,2004,25(1):27-30.

[3] 李殊骁,郝赤,龚兰芳.高精度三线制热电阻检测方法研究[J].仪器仪表学报,2008,29(1):135-139.

[4] 闻瑞梅,王在忠.高纯水的制备及其工艺[M].北京:科学出版社,1999:262-269.

[5] Texas Instruments CC2430 Data Sheet[Z].2008.

[6] 贾伯年,俞朴,宋爱国.传感器技术[M].南京:东南大学出版社,2007.

[7] 孙利民.无线传感器网络[M].北京:清华大学出版社,2005.

[责任编辑:刘 骋]

## On Design of the Detection System for Icy Highway Pavement Based on CC2430

FENG Jin-long, QIAN Lei, DOU Yan-yan

(College of Information and Control, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing210019, China)

**Abstract:** In this paper, the design of detection system for icy highway pavement is introduced, and the general schematic of hardware design is given. The CC2430 microcontroller is used in the design, the hardware structure is simplified, and the cost-effectiveness of the system is improved. As a network node in wireless sensor network of the automatic meteorological station, the system has flexible networking, low in power consumption and high in precision and reliability.

**Key words:** detection system for icy road; CC2430; ZigBee; traffic meteorological station

(上接第 57 页)

[2] 郑红玲. 基于区域经济三次产业下发展协同物流的思考[J].价值工程,2011,(2).

[3] 欧阳文旭,等.广东物流业的灰色关联度分析[J].市场经济与价格,2011,(2).

[4] 刘敬严.新常态下“互联网+”物流业发展转型分析[J].物

流技术,2015,(6).

[5] 唐卫宁. 基于共生理论的物流产业集群发展机理及政策支持研究[J].企业经济,2009,(5).

[责任编辑:张 磊]

## Grey Relational Analysis of Symbiotic Development of Logistics Community in Nantong under New Normal

ZHU Tian-gao ZHOU Yan-chun

(Nantong Vocational University, Nantong226007, China)

**Abstract:** Logistics industry is the key component of the modern industrial system. In this paper, the grey correlation model is used to analyze the relationship between the development of the logistics community in Nantong and the regional economic growth. The analysis results show that the development of modern logistics industry in Nantong has a positive correlation with the regional economy, and mutual and coordinate development can be achieved. In the end, the countermeasures and suggestions are put forward to start up the logistics community and develop regional economy in Nantong.

**Key words:** new normal; logistics community; symbiosis; grey relational analysis