

基于传感器网络和 GPRS 网络的岩土工程应力监测

陈 果,宋力行,郑 轩,任计羽
(武汉大学 电子信息学院,湖北 武汉 430072)

摘要: 利用 MSP430 单片机、无线传感网络技术以及 GPRS 全球无线通信技术,构造出一个对大型岩土建筑具有远程实时监测的智能系统,实现了对大型岩土建筑的远程监控。实验结果表明,该系统能对被测建筑进行监测,当应力超过预设警戒值时,能在较短时间内收到应力数据。

关键词: 应力监测;无线传感器网络;GPRS;ZigBee

中图分类号: TP274

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2010)20-0094-03

Stress monitoring system of geotechnical construction based on wireless sensor networks & GPRS network

CHEN Guo, SONG Li Xing, ZHENG Xuan, REN Ji Yu
(School of Electronic Information, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: The system combines the security monitoring of constructions with wireless sensor, GPRS technology, which is capable of near real time monitoring geotechnical constructions' stress remotely. The results of our experiments show that the system can monitor the objective and receive the information of stress within a short period of time while it's beyond the safe value.

Key words: stress monitoring; wireless sensor networks; GPRS; ZigBee

随着我国经济的腾飞,公路、大跨度桥梁、大坝等大型岩土建筑数量越来越多。而地质因素、施工质量、建筑老化等问题使岩土建筑的健康状况的监控变得日益迫切,当今主流的检测应力方法多为人工定时持应力监测设备进行实地测量,这就难免导致数据监测的不及时,并产生人为误差。

本系统主要利用了无线传感器网络便捷、成本低和功耗低等优点,结合 GPRS (General Packet Radio Service) 网络的运用,实现了对岩土建筑应力数据的实时采集,并通过 GPRS 网络对数据进行远程传输。在成本方面,大大节约了以往采用人力监测的资源消耗;同时,GPRS 网络和无线传感器网络 WSN (Wireless Sensor Networks) 技术的结合运用,使监测方式变得简单易行,并更具可操作性^[1]。

系统主要利用了无线收发芯片、低功耗单片机以及 GPRS 模块,通过数据采集节点、数据发送节点将从岩土建筑采集得到的应力数据实时传输到远端的监测人员手中,从而实现了远程实时监测的目的。系统主要由数据采集节点、数据发送节点组成,通过写入协议栈,设置协调器、路由器和数据终端,组建基于 ZigBee 协议的传

感器网络,数据采集范围可随采集节点网络的增加而扩大^[2]。网络先通过“多跳的方式”将多点数据进行汇总,然后通过 GPRS 网络以短消息方式发送到远端的接收端。另外,通过使用 GPRS 模块的 TCP/IP 协议的网络传输功能,应力数据可以同步传输到 PC 终端,从而实现在线监测。系统示意图如图 1 所示。

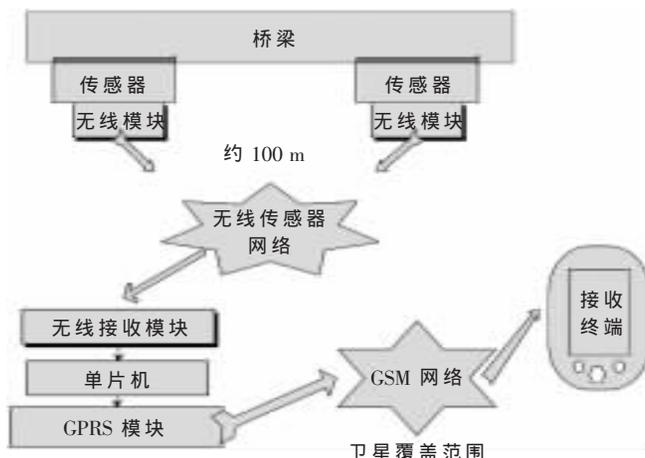


图 1 系统整体示意图

应用奇葩

Example of Application

1 硬件平台的设计

1.1 整体平台

本文系统主要通过单片机分别控制无线发射模块和 GPRS 模块, 通过从传感器采集数据, 再经 2.4 GHz 频段信道传送到终端发送节点, 最后通过 GPRS 模块将数据以短信模式发送出去。硬件结构示意图如图 2 所示。

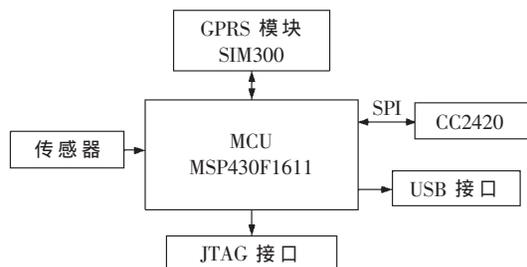


图 2 硬件结构示意图

1.1.1 网络节点

微控制器 MCU (Micro Control Unit) 选用了 MSP430F1611, 它是具有超低功耗的 16 位单片机。在活动模式下, MSP430 的功耗可以达到 280 μA 。其次, 12 位带采样保持的 A/D 转换模块可以为传感器数据采集提供模数转换。两路串行通信口 USART (Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter) 可以满足通过 SPI 口对射频模块进行控制的同时, 还可以对 GPRS 模块实现操作^[3]。

无线收发芯片选用了 TI 公司的 CC2420, 这款芯片兼容 IEEE 802.15.4 无线收发芯片, 性能优良, 功耗低, 体积小, 非常适用于无线传感器网络领域。CC2420 具有完全集成的压控振荡器, 只需要在外围扩充天线及 16 MHz 晶振等少许元件, 就可以在 2.4 GHz 频段使用。该芯片配有 SPI 口, 便于与微控制器连接使用。本方案选用 MSP430F1611 作为微控制器, 对 CC2420 进行寄存器配置、读取状态位, 以及控制收发数据等操作^[4]。

GPRS 模块选用 SIMCOM 300, 它具有支持 AT 命令控制、RS232、TTL 电平双模式控制等优点, 十分有利于系统的应用。

JTAG 接口主要用于下载、调试程序, USB 接口可实现与计算机直接通信。

1.1.2 数据采集模块

传感器: 本系统选用了传统贴式应变片, 通过设计放大、保持电路, 将形变量转换成电信号。应力数据采集部分将应变片黏贴于桥梁模型上, 输出电压为:

$$V = A \times \frac{E}{2} \varepsilon \quad (1)$$

式中 E 为应变片电桥激励电压, ε 为应变片形变量, A 为信号调理电路放大倍数。在本文所用桥梁模型中, 输出电压信号范围为 1 V~2 V。

传感器电路图如图 3 所示。

1.2 硬件连接

CC2420 在通信中主要使用 SFD、FIFO、FIFOP 和

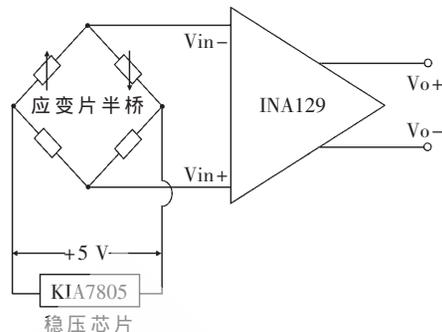


图 3 传感器电路

CCA 4 个引脚说明通信状态。SFD 引脚表明是否在接收或发送数据帧; FIFO 在接收中指示接收缓冲器中是否有数据; FIFOP 用于指示接收数据的上限到达或者完整地接收帧; CCA 用于查看信道是否为空。

CC2420 与 MSP430 的连接非常方便。只需要使用 SFD、FIFO、FIFOP 和 CCA 4 个引脚表示收发数据状态; 而处理器通过 SPI 接口与 CC2420 交换数据、发送命令。SPI 接口由 CSn、SI、SO 和 SCLK 引脚组成。处理器通过 SPI 接口访问 CC2420 内部寄存器和存储器。在访问过程中, 接收来自处理器的时钟信号和片选信号, 并在处理器的控制下执行输入/输出操作。在本方案设计中, MSP430 处于主模式, CC2420 处于从模式。

MSP430 与 SIM300 的硬件连接通过 RX、TX 和 GND 三线连接。处理器用 USART0 串行通信口通过此三线运用异步通信模式向 GPRS 模块写入 AT 命令, 以达到控制其发送短信的目的。具体硬件连接图如图 4 所示。

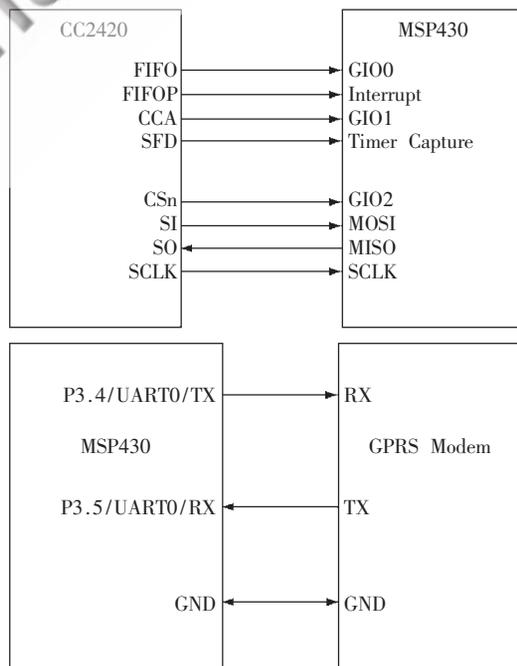


图 4 MSP430 与 CC2420 以及 SIMCOM 300 的硬件连接图

传感器与单片机的连接通过将传感器的输出端连接到单片机上相应的模数转换通道接口。

应用奇葩

Example of Application

2 软件设计

系统主要通过 TI 公司提供的编译器 IAR Embedded Workbench 430 4.21 进行编程, 通过对 SPI 口、ADC 口、定时器以及 CC2420 的配置, 完成一系列数据收发。本文将点对点通信为例, 将系统程序分为数据发送模块和数据接收模块予以介绍。

2.1 数据发送模块

本模块主要负责控制传感器定时采集数据, 并通过模数转换将采集到的电信号转换为数据, 最后通过设置 CC2420 将数据通过 2.4 GHz 信道发送出去。

程序首先对单片机的各个需要模块进行初始化, 再通过 SPI 串口对 CC2420 进行配置寄存器以及设置源地址、目的地址等。初始化完成后, 单片机进入低功耗模式等待定时中断到来。通过软件设置, 可以设定采集数据周期。当采集数据数目达到预定值后, 将按预先规定格式将所采集数据、目的地址等依次写入发送缓冲器, 然后发送出去。按照自定义协议, 若数据成功接收, 发送端将会接收到确认帧。具体发送流程如图 5 所示。

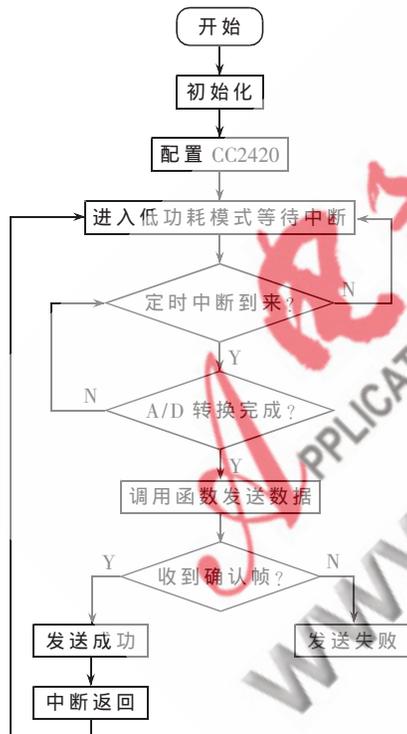


图 5 数据发送模块流程图

2.2 数据接收模块

数据接收模块的功能是把从发送节点发送过来的数据, 通过单片机控制 GPRS 模块, 将数据以短信形式发送出去, 具体程序流程如图 6 所示。初始化过程与数据采集模块相同, 初始化完成后单片机进入低功耗模式等待接收数据。在配置 CC2420 时, 已预先设置好触发 FIFOP 中断的条件, 当接收数据长度超出预设值时, FIFOP 电平变化, 触发单片机中断。CC2420 首先进行地址确认, 若数据中的目的地址与本节点地址吻合, 则地址确

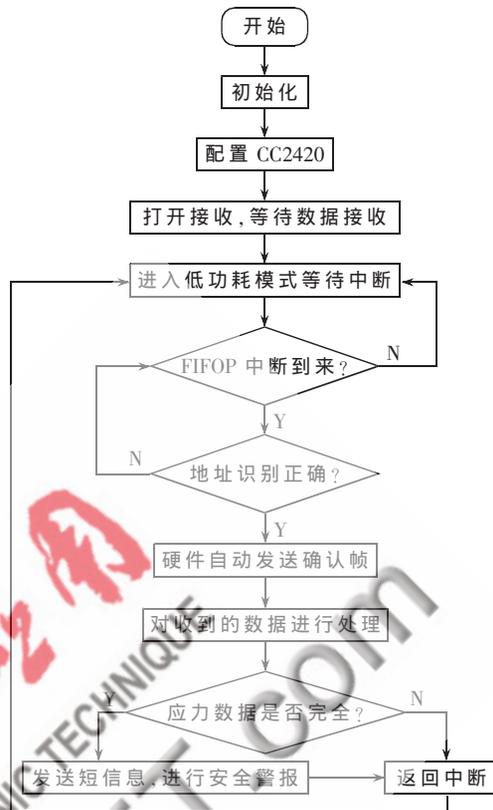


图 6 数据接收模块流程图

认成功, 硬件自动发送确认帧。发送后, 按照协议规定, 依次读出帧长度、控制帧以及用户数据等。通过对收到数据的分析, 在应力数据值超过预定门限值时, 调用函数将应力数据通过短信发送到监测人员手机。

另外, 传感器采集节点发送的整型数据需要通过 ASCII 码转换将其变为字符型数据才能发送。将编码后的数据封装到 AT 命令中, 然后通过串口写入 GPRS 模块便可达到发送短信的目的。

3 模拟验证

通过钢条模拟桥梁状况, 用本文设计的系统进行模拟验证, 可实现应力数据的实时采集。在 9 V 干电池供电的情况下, 通过施加给钢板不同大小的垂直作用力, 产生不同强度的形变量, 电压信号可从 2 V~1 V 变化。相应经过模数转换和线性处理后的数字信号, 指示的数据可从 0 N~80 N 之间进行对应的线性变化。通过软件设置大约 20 s 的采样间隔, 并设置固定门限值后, 在人力施加外力导致钢板形变大约 15 s 后能接收到短信报警信号, 并能显示相应的应力值。

本文介绍的应力监测系统将高性能、低功耗的 MSP430 单片机与射频模块和 GPRS 网络结合起来, 通过利用 2.4 GHz 频段的便捷通信使远程实时监控变得更容易, 同时大大降低了人力物力的消耗。节点在低功耗模式下, 功耗电流可低至 36 μ A, 使用单节 AA 电池供电就可以支撑较长时间。无线数据传输的模式, 摆脱了由

于布线受地理因素影响的限制。该系统硬件连接简单,易于实现和维护,功耗极低,便于长期使用。

参考文献

- [1] 吕志涛,刘钊,孟少平.浅论我国预应力混凝土桥梁的技术与发展[J].桥梁建设,2001(1):52-55.
- [2] 戴日辉,韩光照.ZigBee 协议的研究及无线传感网络的节点设计[J].中国科技博览,2009(12):124-125.
- [3] 沈建华,杨艳琴,翟晓曙.MSP430 系列 16 位超低功耗单

片机原理与应用[M].北京:清华大学出版社,2004.

- [4] 王水璋.基于 MSP430 和 CC2420 的自组织无线传感网络设计[J].科技情报开发与经济,2008,18(33):134-136.

(收稿日期:2010-05-31)

作者简介:

陈果,男,1989年生,本科生,主要研究方向:嵌入式系统与无线传感器网络技术。

宋力行,男,1988年生,本科生,主要研究方向:嵌入式系统与无线传感器网络技术。

