

环境监测物联网传感器节点设计与实现

朱恒军 于泓博 王发智

(齐齐哈尔大学通信与电子工程学院 齐齐哈尔 161006)

摘 要 针对无线传感器网络中的传感器节点通常使用电池供电且能量不易补充的特点,设计了一种低功耗的适用于环境监测物联网实时监控的节点。节点分为传感器节点和汇聚节点。传感器节点采用 MSP430F1611 作为微处理器,采用 TI 公司的低功耗射频芯片 CC2420 作为通信模块。汇聚节点采用 ARM9 系列 S3C2410 作为微处理器,采用 CC2420 作为通信模块。对节点的硬件结构和软件流程进行了设计。最后,通过实验对网络中节点数据采集精度、节点功耗以及节点丢包率等进行了仿真和分析,结果证明,设计的节点能满足环境监测物联网的需要,具有数据采集精度高、功耗和成本低以及可靠性强的优点。

关键词 环境,物联网,传感器节点,软件流程,硬件

中图分类号 TN929.52 **文献标识码** A

Design and Implementation of Sensor Node for Environment Monitoring Internet of Things

ZHU Heng-jun YU Hong-bo WANG Fa-zhi

(Communication and Electronic Engineering Institute, Qiqihar University, Qiqihar 161006, China)

Abstract Aiming at the properties that the energy of sensor node in wireless sensor network is generally provided by battery and not easy complementing, a low energy consumption node which is suitable for realtime monitor of environment internet of things was designed. The nodes can be divided to sensor node and sink node. MSP430F1611 is used as the MCU and CC2420 as RFIC in the sensor node. S3C2410 is used as the MCU and CC2420 is used as RFIC in the sink node. The hardware structure and software flow was given. Finally, the data mining accuracy, energy consumption and drop data packet ratio of node were simulated and analyzed. The result shows the sensor designed can satisfy the demand of internet of things, and has the advantage of high accuracy for data mining, low energy consumption and high reliability.

Keywords Environment, Internet of thing, Sensor node, Software flow, Hardware

1 引言

物联网(Internet of Things)是一种通过附加在物体上的二维码、RFID 收发器、GPS 和电子标签等组成无线传感网络并通过接口与互联网相连所形成的巨大网络,主要用于将异构信息进行融合,以完成某项特定任务^[1]。欧洲 EPOSS 组织于 2008 年发表了欧洲物联网规划,该规划指出了物联网将会在医药、食品、健康、交通、环境等方面拥有巨大的应用潜力^[2]。

物联网体系结构主要可以分为感知层、网络层和应用层。无线传感器网络^[3]构成了物联网的感知层,是由大量低功耗、低成本、具有数据感知和通信能力的传感器节点组成^[4]。基于无线传感器网络可以建立自动实时采集和监测的环境监测物联网,其具有成本低、部署方便、采集参数全面、可靠性高和适应能力强等特点^[5]。

目前常用的环境监测方法往往使用人工采样的方式,这种监控方法无法进行长期的远程实时监控,且由于依靠人力,使得劳动强度大,不适合信息化管理的要求。

为了克服传统环境监测方法的缺陷,降低监测成本,实现对复杂、多样的环境进行自动实时监控,一些文献已在将物联网的相关技术与环境监测结合上做了尝试。文献[6]提出了基于物联网的海洋环境监测系统的设计方法,综合采用无线传感网络技术、嵌入式技术、3G 无线通信技术等实现了海洋在线监控。文献[7]基于物联网设计实现了三层网络的监测体系,实现了太湖蓝藻预警平台。

上述方法^[6-9]均基于物联网进行环境监测系统的开发,具有重要的意义。其不足在于,没有对物联网感知层中最重要的传感器节点进行设计。因此,本文提出了一种针对环境监测物联网的传感器节点设计方法,对节点的硬件组成和软件流程进行了详细的设计和描述。实验表明,设计的传感器节点具有低能耗、低成本的优点,且能实时采集数据供上位机进行数据收集和挖掘。

2 环境监测物联网感知层体系结构

环境监测物联网感知层即环境监测区域的无线传感网络,由位于监测区域的一组低功耗、低成本、具有数据采集、数

到稿日期:2011-10-05 返修日期:2012-01-11 本文受齐齐哈尔市科技局科技攻关基金项目(GYGG-09007)资助。

朱恒军(1969-),男,硕士,副教授,主要研究方向为信号采集与信息处理、通信与信息系统,E-mail:Hengjun_zhu@163.com;于泓博(1980-),男,硕士,讲师,主要研究方向为数字信号处理和通信系统设计;王发智(1976-),男,硕士,讲师,主要研究方向为模式识别、嵌入式系统。

据存储、数据处理和数据收发的传感器节点以自组织的方式组成。通过节点之间的合作,将采集的数据经过其它节点的路由逐跳地传输,最后到达汇聚节点,由汇聚节点通过外部网络传送到上位机控制中心,来实现对监控区域的数据采集、收发和控制等。

环境监测物联网的感知层通常是由传感器节点、汇聚节点、上位机组成。传感器节点的主要功能是,它们随机布撒在监测区域,实现数据的采集处理,并通过它们之间的协作,以多跳的方式传递给汇聚节点;汇聚节点的主要功能是负责接收传感器节点采集的数据以及转发由上位机发送过来的查询命令或控制信息;上位机的主要功能是接收由汇聚节点发送过来的数据,并对数据进行分析、处理和加工以做决策,同时发送查询命令或控制命令给汇聚节点。

物联网的感知层体系结构如图 1 所示。

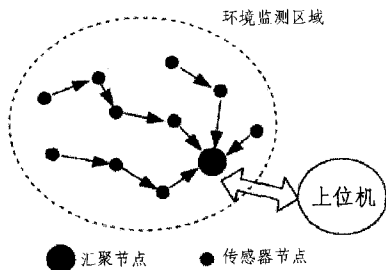


图 1 环境监测物联网的感知层体系结构

3 节点硬件设计

3.1 节点硬件设计原则

从图 1 可以看出,环境监测物联网中主要包含两种类型的节点,即传感器节点和汇聚节点。传感器对采集的数据进行初步的处理、融合后通过多跳路由发送给汇聚节点;而汇聚节点接受上位机的控制命令进行相应的查询和控制等操作。传感器节点通常由飞机布撒在监测区域,而节点往往通过电池供电,所以存在着能量补给困难、容易出现故障等特点。因此节点的设计必须满足下列要求:

- (1)低成本。由于传感器节点通常需要大量地布撒在监测区域,因此节点的硬件成本应尽量低。
- (2)低功耗。由于传感器通常位于野外环境恶劣地区并使用电池供电,当电池用完时节点不能正常工作,因此为了最大化网络生命周期,节点设计应该满足低功耗的要求。
- (3)可扩展性强。由于环境监测的传感器节点需要对环境中的不同指标进行监测,随着需求的变化,可能需要增加新的传感器模块和其他功能模块,因此节点设计应满足可扩展性强的需求。

3.2 传感器节点硬件设计

传感器节点通常是由传感器模块(感知模块),处理器模块、无线收发模块(射频模块)、以及能量供应模块组成,其硬件组成框图如图 2 所示。

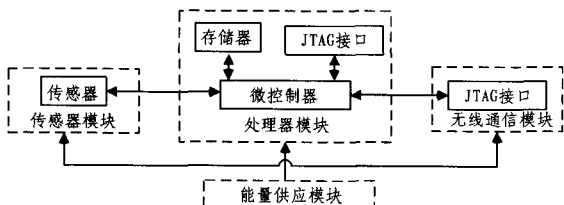


图 2 传感器节点硬件组成框图

在图 2 中,传感器模块用于实现感知外界数据,对数据进行处理、加工、过滤以及 A/D 转换;处理器模块即 MCU 主要用于任务调度、设备控制;无线通信模块主要用于收发数据;能量供应模块用于为节点的各部分提供所需要的电源能量。

3.2.1 处理器模块设计

采用 TI 公司的 MSP430 系列低功耗芯片 MSP430F1611 作为 MCU,其工作电压为 1.8V~3.6V,待机电流仅为 0.8 μ A,正常工作时每百万条指令耗电量仅 250 μ A,具备完整的信号电路,包含 48kB 的闪存。10kB 的程序存储器,12 位的模数转换器 A/D 速率最高可达 200kbit·s⁻¹,配备 10~16 位的缓冲 ADC 接口、通用串行接口 USI、外设串行总线 SPI,以及乘法器、比较器和定时器等,具有 5 级节能机制,可最大程度降低节点总能耗,同时采用先进的线性寻址方式,其强大的硬件支持以及低功耗特征使其非常适合无线传感器网络的要求。

微处理器的硬件电路图如图 3 所示。

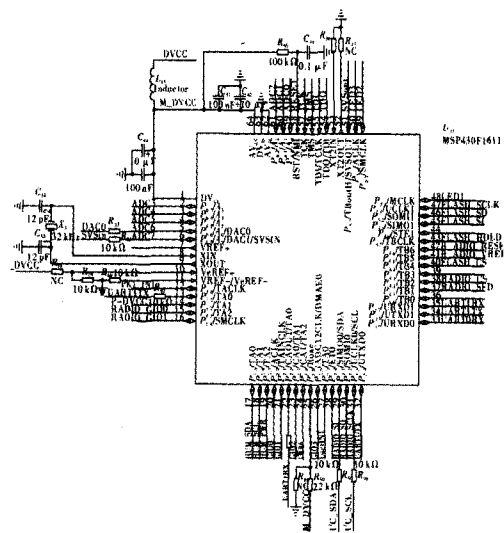


图 3 微处理器硬件电路图

3.2.2 无线通信模块

无线通信模块采用 Chipcon 公司开发的满足 IEEE802.15.4 无线通信技术的 2.4GHz 的 RF 射频芯片,工作频率范围为 2.4GHz~2.4835GHz。它基于 SMARTRF03 技术,并采用 0.18 μ m CMOS 精湛工艺,仅需少量外部电路,易于扩展,是一款具有较高集成工艺的产品;采用 DSSS 直接序列扩频方式,具有很强的抗干扰能力;并采用 O-QPSK 调制方式,收发数据具有超低的电流消耗,分别为接收电流消耗 19.7mA,发送电流耗能 17.4mA,收发灵敏度可高达 -94Bdm。采用 2.1V~3.6V 的低电压供电,且内部集成电源整流器、VCO、LAN 和 PA 等;采用 CTR、CBC-MAC 和 CCM 等完全自动 MAC 层的安全保护。CC2420 芯片的选择性和敏感性指数达到并超过了 IEEE802.15.4 标准,可保证短距离的节点与节点之间传递数据以及节点与基站传递数据的有效和可靠性,实现多点对多点的快速组网。CC2420 芯片的硬件电路图如图 4 所示。CC2420 芯片与 MSP430F161 芯片之间通过 4 线的 SPI 总线进行连接,SPI 总线包含 SI、SO、SCLK 和 CSn 接口,MSP430F161 使用 FIFO、FIFOP、CCA 和 SFD 接口实现对 CC2420 的控制。

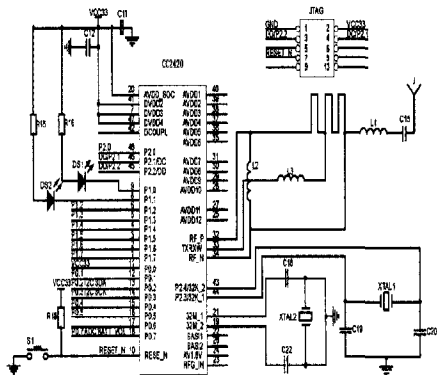


图4 无线通信模块硬件电路图

3.2.3 传感器模块

传感器模块是节点进行数据采集的功能模块,通常由感知电路和信号电路组成。感知电路只要是感知数据,就进行光、温湿度、气体等数据的采集,经过积分电路、放大电路进行整形,并用滤波器进行过滤,最后经过A/D转换器转换为数字信号,通过无线通信模块将数据传输给其他节点或汇聚节点。

环境监测传感器的种类很多,根据采集的数据的不同可分为温湿度、气体、噪声、加速度等传感器。常见的温湿度传感器可以实现对大气、土壤以及水域的环境温湿润等进行实时数据采集;气体传感器可以监测出环境中的各种气体的含量是否处于正常值等。

传感器的数据输出接口可以分为数字接口和模拟接口,模拟接口用于输出模拟电压信号,数字接口用于输出数字信号。

3.2.4 能量供应模块

节点的各部分采用电池供电方式进行供电,其电源电路如图5所示。

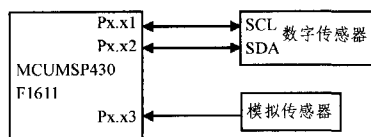


图5 传感器与MCU的硬件接口图

在图6中,采用LM1117芯片作为调压器,它具备电流限制和保护功能,同时提供了1.8V、2.5V、2.85V和3.3V的固定电压输出;LDO作为降压器能使电池所提供的5~9V的电压降压,变为3.3V电压,以提供给系统供电。

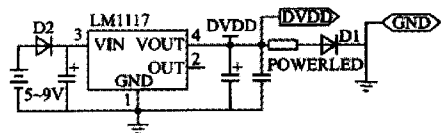


图6 电源电路硬件图

3.3 汇聚节点硬件设计

汇聚节点的作用主要可以分为两个部分:

(1)负责传感器节点和上位机之间的中转,接收来自上位机的控制命令,并启动传感器节点进行相应的数据采集,同时将传感器节点采集到的数据发送给上位机。

(2)作为网关,实现无线传感器网络和互联网或移动通信网之间的联接。

采用高端ARM9系列的微处理器S3C2410作为核心,满足汇聚节点的较强处理能力和运行速度的要求,采用嵌入式

系统作为控制中心,节点设计集成了32位的S3C2410处理器、16M的闪存和64M的数据存储器,并支持JTAG-ICE程序调试接口、LCD显示频、电源管理电路、USB接口电路以及其它接口电路等。采用无线接口来实现和传感器节点的通信。其硬件电路如图7所示。

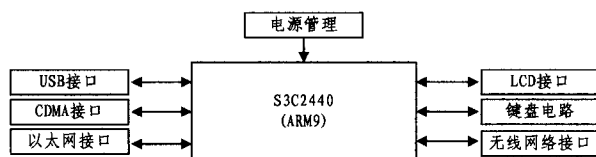


图7 汇聚节点硬件框图

4 节点软件设计

4.1 传感器节点软件设计

传感器节点的任务是采集数据并响应来自汇聚节点的查询或控制命令。节点通过周期性地采集数据,设定时间间隔,通过定时器来实现中断,而对查询和控制命令采取信号中断响应的方式。传感器节点的软件工作流程如图8所示。

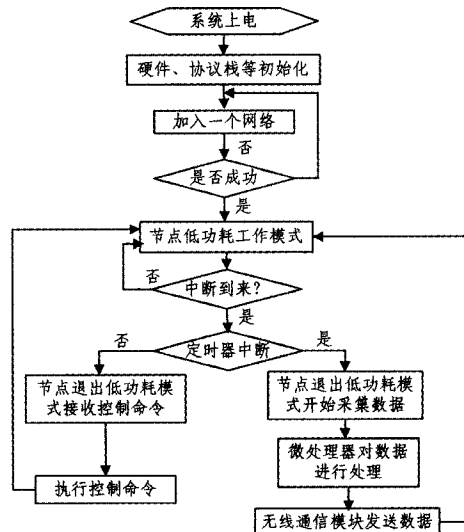


图8 终端传感器节点软件流程

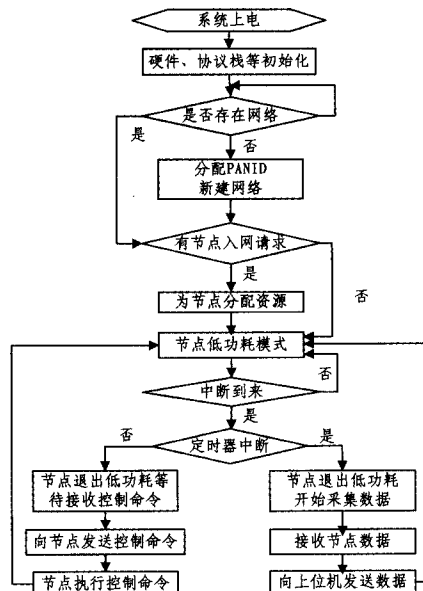


图9 汇聚节点软件流程图

4.2 汇聚节点软件设计

汇聚节点主要负责建立网络,对节点入网请求进行处理,维护网络路由信息及拓扑结构;将节点采集的数据进行收集并发送给上位机;转发由上位机发送的控制命令。其软件流程图如图9所示。

5 实验及结果分析

以某智能家居监控系统为例,对某公寓楼环境参数如温湿度和有害气体进行监控。假设此公寓楼共5层,在每层东、西、天花板以及楼梯处各放置1个传感器节点,共20个传感器节点;节点类型为温度传感器、湿度传感器、CO₂气体传感器、SO₂传感器,汇聚节点布置在3楼中央。下面主要从节点数据测量精度、节点功耗和节点丢包率等方面进行分析。

以温度数据采集为例,将上位机收到的5个温度传感器所得到的数据进行处理分析,并与实际用温度计得到的测量值进行对比,其对比图如图10所示。

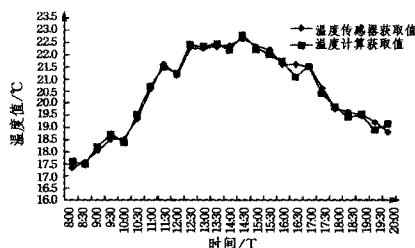


图10 采集温度与实际温度对比图

从图10中可以看出,节点采集的温度值平均误差仅为0.9%,感知精度较高。

系统运行40min后,可以发现,与汇聚节点距离较近的节点既要负责采集数据,又要充当网络的多跳路由节点负责数据包的转发,因此功耗相对较大。节点的功耗与转发数据包的关系如图11所示。

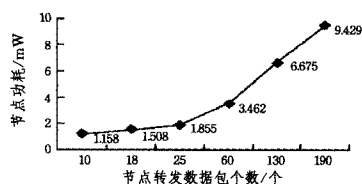


图11 节点功耗与转发包对应关系

系统运行15天后,对实验数据进行分析,计算网络中各类型传感器节点产生的平均数据包和汇聚节点收到的平均数据包并进行对比,判断网络的丢包率,如表1所列。

从表1中看出,节点的最大丢包率为4.44%,整个网络的

平均丢包率仅为2.34%,因此节点具有数据丢包率低的优点。

表1 网络数据包丢包率统计

传感器	发送包	接收包	丢包率%
温度	2500	2467	1.32%
湿度	2500	2500	0%
CO ₂	2500	2389	4.44%
SO ₂	2500	2410	3.6%

基于上述实验结果表明,设计的传感器节点不仅能高精度地采集数据,而且满足采集数据的实时性、可靠性的要求。

结束语 针对传统的人工采样环境监测方法具有劳动强度大、实时性低的缺点,本文提出了一种环境监测物联网传感器节点的设计方案,对普通的数据采集节点即传感器节点以及网关节点即汇聚节点进行了软、硬件设计。传感器节点的设计采用MSP430F1611作为微控制器,采用CC2420作为无线通信模块。汇聚节点采用高端ARM9系列的微处理器S3C2410作为核心。实验证明,设计的节点具有感知数据精确、功耗低、数据丢包率低、可靠性强等优点。

参考文献

- [1] 赵志军,沈强,唐晖,等. 物联网构架和智能信息处理理论与关键技术[J]. 计算机科学,2011,38(8):1-8
- [2] Aiger M, et al. Internet of Things in 2020 [EB/OL]. Eposs, May, 2008
- [3] 孙利民,李建中,陈渝,等. 无线传感器网络[M]. 北京:清华大学出版社,2005
- [4] Tia Gao, Dan G, Matt W, et al. Vital Signs Monitoring and Patient Tracking Over a Wireless Network [C]// Proceedings of the 27th IEEE EMBS Annual International Conference, September 2005
- [5] Pakzad S N, Sukum K, Fenves G L, et al. Multi-iPurpose Wireless Accelerometers for Civil Infrastructure Monitoring [C]// Proceedings of the 5th International Workshop on Structural Health Monitoring (IWSHM 2005). Stanford, CA, September 2005
- [6] 何世钧,陈中华,张雨,等. 基于物联网的海洋环境监测系统的研究[J]. 传感器与微系统,2011,30(3):13-15
- [7] 杨宏伟,吴挺峰,张维易,等. 基于物联网技术的太湖蓝藻水华预警平台[J]. 计算机应用,2011,31(10):2841-2843
- [8] 李长庚,刘威鹏,胡纯意,等. 基于ARM和ZigBee的WSN节点设计与实现[J]. 计算机工程,2010,36(17):135-137
- [9] 姜华,袁晓兵,付耀先,等. 无线传感器网络中信道仿真模型的研究[J]. 计算机仿真,2006(11):129-132

(上接第98页)

- [5] Zhang Z K, Liu C. Hypergraph model of social tagging networks [J]. J. Stat. Mech., 2010, P100005
- [6] Zhang Z K, Liu C, Zhang Y C, et al. Solving the coldstart problem in recommender systems with social tags [J]. EPL, 2010, 92(2): 28002
- [7] Zhou T, Ren J, Medo M, et al. Bipartite network projection and

personal recommendation [J]. Phys Rev E, 2007, 76:046115

- [8] Liu J, Deng G S. Link prediction in a use-object network based on time-weighted resource allocation [J]. Physica A, 2009, 388(17):3643-3650
- [9] Zhou T, Jiang L L, Su R Q, et al. Effect of initial configuration on network-based recommendation [J]. Europhys Lett, 2008, 81:58004