

# 面向环境监测的传感器网络系统设计与实现

钱开国<sup>1</sup>, 李海雁<sup>2</sup>, 罗金龙<sup>1</sup>

(1. 昆明学院 物理科学与技术系, 云南 昆明, 650214;

2. 昆明学院 信息技术学院, 云南 昆明 650214)

**摘要:** 传统的环境监测方法存在着成本高、非实时、难以实现等缺点, 而新兴无线传感器网络技术具有部署简便、成本低、监测范围大的优点, 将其应用到环境监测具有明显的优势。结合项目需求, 设计了应用于精细农业的无线传感器网络监控系统。通过试运行证明, 该系统运行稳定且功耗低。

**关键词:** 环境监测; 无线传感器网络; 硬件设计; 软件设计

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)17-0057-03

## Design and implement of the environmental monitoring sensor network system

Qian Kaiguo<sup>1</sup>, Li Haiyan<sup>2</sup>, Luo Jinlong<sup>1</sup>

(1. Department of Physical Sciences and Technology, Kunming University, Kunming 650214, China;

2. School of Information Technology, Kunming University, Kunming 650214, China)

**Abstract:** The traditional environmental monitoring method has shortcomings such as the high cost, non-real-time and difficult to implement. While WSN technology is applied to environmental monitoring, which improves the traditional environmental monitoring method. This paper designs and realizes WSN monitor system for the precision agriculture planting combining the project requirement. The system has low-power consumption and can work stably and reliably.

**Key words:** environmental monitoring; WSN; hardware design; software design

随着现代微电子技术、无线通信技术、分布式信息处理技术、嵌入式计算机技术和传感器技术的飞速发展, 由随机分布的集成了传感器、数据处理单元和通信模块的微小节点通过自组织的方式构成的无线传感器网 WSN(Wireless Sensor Network)<sup>[1]</sup>也取得了飞速发展。其借助节点内置的功能多样的传感器来探测周围环境的兴趣因子, 如温度、湿度、噪声、光强度、压力、土壤成分、移动物体的大小、速度和方向等, 在节点上对数据进行融合处理后传输到网络监控中心, 网络监控中心根据收集的信息进行决策。

目前的环境检测多采用人工方式或者通过预先部署有线计算机网络, 人工方式加大了工作量, 而且容易对监测区域造成环境破坏; 而有线计算机网络对一些特殊的环境具有限制, 如人类无法到达的区域, 对移动目标的定位, 高温高压的环境等, 另外, 大面积的环境自然导致监测网络成本的不可控制。

作为全新的无线传感器网络技术, 将其应用于环境监测<sup>[2]</sup>具有比较明显的优势, 克服了人工方式及有线方式的缺点, 可适用于大面积的环境监测、移动目标跟踪、高温高压等特殊环境。

### 1 传感器网络及通信协议设计

#### 1.1 无线传感器网络

无线传感器网络是无基础设施的网络, 由随机分布在监测区域的传感器网络节点、Sink 汇聚节点和终端用户管理组成, 如图 1 所示。

传感器网络节点是集环境因子采集、通信网络拓扑控制和路由信息维护以及数据融合处理等多功能于一体的微型化嵌入式计算设备。Sink 汇聚节点汇聚全网的数据并进行融合处理以及完成无线传感器网络的无线通信协议和有线通信网络间的协议转换功能, 相对传感器网络节点, 资源限制较少, 终端用户管理由决策支持系统、特征数据库、无线传感器网络管理用户程序等构

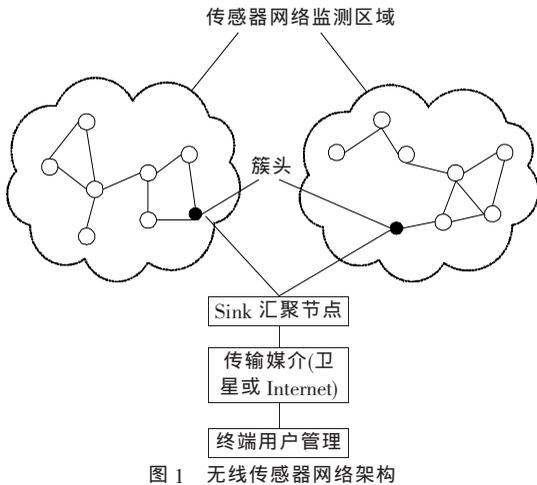


图1 无线传感器网络架构

成,负责控制整个网络。

## 1.2 通信协议设计

IEEE802.15.4/ZigBee<sup>[3]</sup>是面向短距离自动控制领域设计的无线通信技术标准,具有复杂度低、实现成本低、收发信号设备功耗低等特点,和无线传感器网络通信协议的设计目标相符,其工作在 868/915 MHz 和 2.4 GHz 两个频段,2.4 GHz 频段是全球统一的、不需申请的免费频道,目前,TI、Freescale 和 CompXs 等芯片厂商都推出支持 IEEE802.15.4 的通信芯片,为了降低成本,本设计中采用了 2.4 GHz 的无线 RF 模块。

## 2 环境监测系统总体设计

根据无线传感器网络的组织结构和环境监测应用场景,将传感器网络的总体结构设计为 3 个部分,环境监测无线传感器网络整体结构<sup>[4]</sup>如图 2 所示。

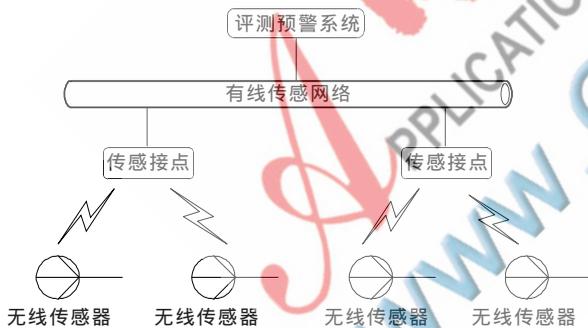


图2 环境监测无线传感器网络整体构架

环境因子数据采集部分主要由部署在检测任务区的传感器网络节点构成,传感器网络节点是低功耗、低成本的微型化嵌入式计算设备,通过内置在节点设备上的功能多样的传感器完成诸如大气、水质、温湿度等环境兴趣因子的采集,并完成数据融合处理。

数据传输网络完成将采集到的有效数据传输到评测预警系统,可以采用有线计算机网络或者是无线通信网络,如果采用有线计算机网络,可以将由数据采集部分采集到的数据在 Sink 节点进行融合处理后进行传输,通过无线传感器网络可在节点上进行数据的融合处理。

评测预警系统对接收到的采集数据进行分析 and 预警处理。将采集到的信息与特征信息数据库中的信息进行对比匹配,调用相应的预警控制规则,完成系统的预警功能和控制功能。

## 3 传感节点设计

### 3.1 传感节点硬件设计

#### 3.1.1 设计思路

根据环境监测功能,无线传感器网络节点是具有计算、存储、感知、通信功能的微型化嵌入式设备,通常分布在监测任务区,要求自身携带电源供电。所以传感器节点硬件设计采用如图 3 所示的结构<sup>[5]</sup>。

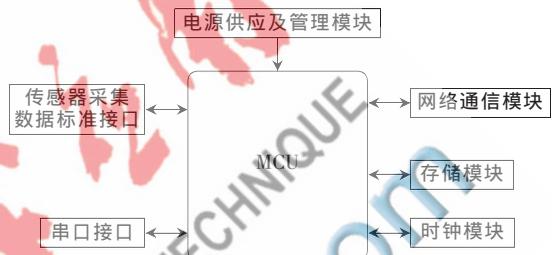


图3 传感器节点硬件原理图

控制模块:传感器节点设备中的 CPU,完成指令的运行。

存储模块:软件系统代码映像的存储和采集到的数据存储,通常包括片内 Flash、RAM 和扩展的片外 Flash。

电源管理模块:选用低功耗的电源管理芯片对传感器节点自身携带的微型电源进行动态控制和对传感器节点各个部分供电。

传感器采集数据标准接口:无线传感器网络在环境监测的应用中,需采集不同形式的环境兴趣因子,需要不同功能的传感器,为增强传感器节点扩展性,本设计为标准通用性传感器采集板提供了传感器采集数据标准接口。

网络通信模块:节点支持有线和无线两种通信方式。有线的通信采用以太网芯片,无线的通信采用 IEEE802.11.4 通信协议标准芯片。

串口接口:传感器节点板提供标准的 RS232 接口,用于对传感器节点的在线编程和调试。

#### 3.1.2 部件选型及其电路连接

本设计采用了 TI 生产的 MSP430 系列的 F1611<sup>[6]</sup>,其硬件架构微控制模块如图 4 所示。这款低功耗芯片能提供 6 种不同功耗工作模式,可以配合电源管理模块进行动态电压调节和动态功率控制,以优化电源供给。同时带有片内存储器可方便地进行在线仿真和编程,运行环境温度在  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,能适应恶劣的环境;存储模块的片外存储器采用意法半导体公司生产的 M25P80 型 8 Mb(1M $\times$ 8)串行闪存<sup>[7]</sup>,目的是减少传输频率以降低系统功耗,外部扩展了一片 8 MB 串行 Flash 作为外存储器;电源管理模块设计采用 TI 生产的 TPS60210 线性稳压芯

## 网络与通信 Network and Communication

片<sup>[8]</sup>,具备低功耗电源管理能力。传感器节点电源采用两节 AA 电池供电;RS232 模块的实现;RS232 串口与 MSP430 通过一组 UART 管脚和两个 I/O 引脚连接,两个 I/O 引脚用于同步控制,UART 的 TX 和 RX 负责数据的输入输出,串口的传输速率设置为 9 600 波特/s。无线收发模块采用了 TI 公司的支持 IEEE802.15.4 标准的 CC2420<sup>[9]</sup>芯片,只需很少的外围元件就可以与单片机构成一个无线通信系统。由于本项目用于中药材大棚种植监测,所以传感器模块设计时采用了温湿度 SHT1X 及光照传感器 S1087。

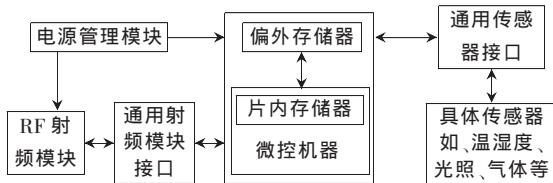


图4 节点硬件模块连接图

### 3.2 传感节点软件设计

#### 3.2.1 设计需求

无线传感器网络节点有限的资源(有限的处理能力、有限的存储能力、携带有限的能量)使得其软件设计非常具有挑战性。软件设计时应满足以下几个要求:

(1)采用超微型内核结构,传感器网络节点设计要求在低于 300 B 的指令空间中运行。

(2)支持处理器的动态电压调节 DNS (Dynamic Voltage Scaling) 和动态电源管理 DPM (Dynamic Power Management) 功能,配合处理器的 6 种低功耗工作模式支持应用的节能设计。

(3)采用短小的微线程技术,针对无线传感器网络环境监测的应用场景,采用事件和任务两层调度算法。

(4)便于应用软件的实现,采用构件化的编程实现模式以及构件间基于接口的静态绑定技术,提高映像代码的执行效率。

(5)对通信协议的支持和对硬件平台的良好封装。

#### 3.2.2 软件系统结构

根据上述设计需求,本文设计的软件体系结构,如图 5 所示,由应用层、操作系统层以及硬件平台层构成。

(1)应用层:无线传感器网络应用部署层次,由开发者实现应用的逻辑功能构件。

(2)操作系统层:操作系统层实现网络协议、任务调度和管理、内存管理和分配、时钟管理、对应用层构件提供编程接口等。具体实现通信协议的消息构件,描述系统各个组件运行状态的状态构件,负责内存申请、分配和回收的内存管理构件,完成任务调度管理功能的任务调度构件以及负责提供系统时钟的时钟构件库等。

(3)硬件平台层:为了提高操作系统的可扩充性,将硬件功能和表示部分划分为硬件平台层,主要实现硬件平台配置、设备驱动管理、芯片封装表示、电源管理等功

能。将硬件平台抽象出来,使得上层应用和具体平台硬件无关,系统跨平台性能增强。具体有配置形式多样的节点平台的硬件平台配置构件库、完成芯片引脚功能封装和配置的芯片构件库以及电源芯片管理和低功耗管理的电源管理构件库。



图5 节点软件体系结构

#### 3.2.3 具体实现

在项目开发过程中,深入分析了目前具有代表性的 TinyOS<sup>[10]</sup>、SOS<sup>[11]</sup>和 Mantis OS<sup>[12]</sup>等无线传感器操作系统,包括其设计和编程模式、任务调度模型、通信协议支持等特性。由于 TinyOS 操作系统较适用于确定的软件设计思路和目标,最后选定 TinyOS 作为项目的传感器网络操作系统,将其移植到项目平台上,在移植过程中需要对操作系统的硬件抽象层的芯片构件和平台配置构件进行修改。移植工作完成后,可以使用 TinyOS 的应用程序 Blink 进行成功验证。基于该操作系统开发了无线温湿度数据采集应用程序、光强度数据采集应用和 ZigBee 协议实现。

结合项目需要,本文设计了面向环境监测的无线传感器网络监测系统,包括传感器网络节点硬件各构成模块的设计和节点软件系统的设计,该系统在实际项目应用中运行稳定性较好,对传感器节点编程和调试较为方便。

#### 参考文献

- [1] 任丰原,黄海宁,林闯.无线传感器网络[J].软件学报,2003;14(7):1282-1291.
- [2] POLASTRE J, SZEWCZYK R, CULLER D, et al. Wireless sensor networks for habitat monitoring[C]. Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Application, 2002:88-97.
- [3] IEEE 802.15.4-2006/2003.
- [4] 黄小红.传感器网络数据融合技术研究及在温室控制中的应用[D].成都:电子科技大学,2009.
- [5] 屈明佑.基于 IEEE802.15.4 的无线传感器监测系统的研究与实现[D].成都:电子科技大学,2008.
- [6] Texas Instruments Incorporated. MSP430x15x; MSP430x16x; MSP430x161x mix signal microcontroller datasheet SLAS368A

- [R]. 2003.
- [7] ST Microelectronics. M25P80 datasheet[R]. 2004.
- [8] Texas Instruments Incorporated. TPS60210 datasheet [R]. 2004.
- [9] Texas Instruments Incorporated. CC2420 datasheet SWRS041B [R]. 2007.
- [10] LEVIS P, MADDEN S, GAY D, et al. The emergence of networking abstractions and techniques in TinyOS [C]. Proceedings of the First Symposium on Networked Systems Design and Implementation, 2004.
- [11] HAN C C, KUMAR R, SHEA R, et al. A dynamic operating system for sensor nodes [C]. Proceedings of the 3rd International Conference on Mobile Systems, Applications and Services. Seattle, Washington. 2005: 163-176.
- [12] ABRACH H, BHATTI S, CARLSON J, et al. MANTIS: system support for multimodal Networks of in-situ sensors[C]. Proceedings of the 2nd ACM International Conference on Wireless Sensor Networks and Applications. San Diego, CA, USA, 2003: 50-59.

(收稿日期:2011-05-07)

作者简介:

钱开国,男,1979年生,硕士,讲师,主要研究方向:无线传感器网络、嵌入式系统。

