

# 基于 6LoWPAN 技术的气体环境监控系统

段宇, 宋海声, 闫佳星

(西北师范大学 物理与电子工程学院, 兰州 730070)

**摘要:** 针对日趋严重的大气污染问题, 提出了一种基于 6LoWPAN 技术的大气环境监测方案; 通过 IPv6 通信协议组建的 6LoWPAN 星型网络, 能够实现大规模传感控制网络, 解决了 IPv4 地址枯竭、各厂商协议不统一等问题; 各个 PAN 采集到的数据通过路由器发送给监控终端, 使用 Labview 为开发平台进行数据汇总后实现对环境中有害气体的实时监控, 并通过以太网进行数据共享; 实验结果表明, 该系统数据采集准确无误, 并对环境污染起到了预防作用, 可保证社会的可持续发展。

**关键词:** 大气污染; 6LoWPAN; 传感器控制网络; Labview

## System of Gas Environment Monitor Based on 6LoWPAN Technique

Duan Yu, Song Haisheng, Yan Jiaxing

(College of Physics and Electronic Engineering, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

**Abstracts:** Aimed at the increasingly serious air pollution problems, a technique based on 6LoWPAN atmospheric environmental monitoring program was proposed. Established by IPv6 protocol, 6LoWPAN star network achieved large-scale sensor control network to solve the IPv4 address depletion, the inconsistent protocols from various manufacturers and other issues. The collected Data via each PAN was sent to the monitoring terminal through a router. To monitor harmful gas in real time, the design used Labview development platform to gather data and share the data via Ethernet. Experimental results show that the design collected data accurately and played an important role in environmental protection, ensuring the sustainable development of society.

**Keywords:** environmental pollution; 6LoWPAN; sensor control network; Labview

## 0 引言

随着我国工业化程度不断加深, 大气环境污染问题日益加剧。大气污染使得城市环境恶化, 人们生活水平降低, 影响了经济的可持续发展。针对上述问题, 我们设计了此系统, 它能够实现对大气中的污染气体进行实时监控和报警, 有效得预防了大气污染, 造福于民。本系统采用 6LoWPAN 技术组成 WSN, 与传统的无线传感器网络相比, 其技术优势在于:

1) 普及性: 6LoWPAN 网络将下一代网络通信协议 IPv6 移植到低速无线个域网中, 使物物通信成为可能, 更好地改善了个域网中通信协议的兼容性。

2) 更多地址空间: 6LoWPAN 最大亮点就是庞大的地址空间, 组网内的每个 PAN 都有自己独立的地址。利用 6LoWPAN 技术地址空间的丰富性可实现大规模数据传输<sup>[1]</sup>。

3) 适用性: IP 网络协议栈架构受到广泛的认可, 6LoWPAN 网络完全可以基于此架构进行开发, 协议的统一减轻了开发人员的负担。

## 1 系统结构设计

气体环境监控系统由 4 个 PAN、路由器、监控终端以及远程传输网络构成。选择大气中的尘埃颗粒进行 PM2.5、PM10.0 的分析, 并选择污染区常见的 SO<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>S 等气

体进行测量。其结构如图 1 所示。其中系统通过传感器将实时采集到的 4 种有害气体在空气中的含量数据通过 6LoWPAN 子节点将数据传送至路由器, 路由器将采集到的数据汇总后发送给与之连接的监控终端。监控终端将数据处理后, 通过远程传输网络实现远程通信。本设计采用 C/S 网络架构, 服务器端由 6LoWPAN 星型网络、监控终端组成, 进行数据的传输。客户端则通过 UDP 协议将数据传输至其他数据监控平台。

在每个子节点 MCU 内移植 Contiki 操作系统, Contiki 支持 IPv4/IPv6 通信, 提供了 uIP6 协议栈、IPv4 协议栈 (uIP), 支持 TCP/UDP, 还提供了线程、定时器、文件系统等功<sup>[1]</sup>。

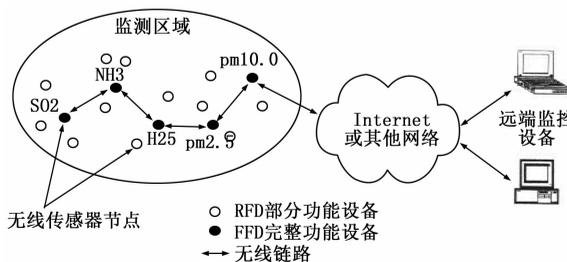


图 1 气体环境监控系统结构图

### 1.1 6LoWPAN 节点

每个 6LoWPAN 子节点都采用 STM32 作为微处理器, 采用半导体射频收发芯片 AT86RF231 为数据发送和接收芯片, 同时连接 USB 转串口电路、E<sup>2</sup>PROM 电源电路、晶振和复位电路。6LoWPAN 子节点硬件结构图如图 2 所示。

### 1.2 气体传感器

系统中分别选取 4 种气体传感器来传输数据, 其中检测 SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub> 选择 mq 系列传感器的 MQ136, MQ137,

收稿日期:2014-10-23; 修回日期:2015-01-09。

基金项目:甘肃省自然科学基金(1208RJZA191)。

作者简介:段宇(1990-),男,天津人,硕士研究生,主要从事计算机测量与控制方向的研究。

宋海声(1964-),男,甘肃兰州人,副教授,硕士研究生导师,主要从事计算机应用方向的研究。

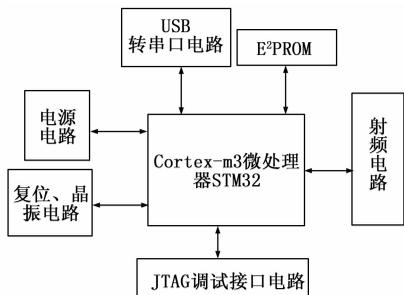


图 2 6LoWPAN 子节点硬件结构图

MQ138。MQ 系列气体传感器的敏感材料是活性很高的金属氧化物半导体，最常用的如 SnO<sub>2</sub>。该传感器具有很灵敏的响应特性，响应曲线呈线性关系。其精度符合国家标准，可以应用于气体环境检测。PM2.5/PM10.0 传感器采用了扩散式 PM2.5/PM10.0 传感器，其检测精度高达 1 μg/m<sup>3</sup>，测量精度（误差）：≤±10%，可满足系统测试要求。

### 1.3 路由器

无线路由器是将各个子节点数据汇总后通过无线局域网将数据传送给监控终端。这里我们选择了 LJ601 作为物联网协议路由器。LJ601 路由器严格符合 6lowpan 标准，它完整实现了 RPL 路由协议，支持 IPv4 和 IPv6 通信协议，其实质也是以硬件形式实现 IPv6 通信协议到 IPv4 通信协议的转换。

## 2 监控系统的软件设计

### 2.1 6LoWPAN 星型网络

6LoWPAN 星型网络由 4 个 6LoWPAN 子节点、气体传感器以及协调器构成。每个子节点都有自己独立的 MAC 层地址，通过设置 MAC 层地址，可以将每个节点所发送的数据区分出来。由于 IPv6 具有强大的地址空间，可支持大规模组网，6LoWPAN 具有强大的可推广性，可覆盖范围极广。

#### 2.1.1 6LoWPAN 技术简介

6LoWPAN 是 IPv6 over Low power Wireless Personal Area Network 的简写，即基于 IPv6 的低速无线个域网。6LoWPAN 技术是一种在 IEEE 802.15.4<sup>[4]</sup> 标准基础上传输 IPv6 数据包的网络体系，可用于构建无线传感器网络。其物理层和 MAC 层采用 IEEE 802.15.4 标准，上层采用 TCP/IPv6 协议栈<sup>[3]</sup>，图 3 为 6LoWPAN 协议栈。

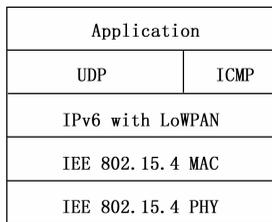


图 3 6LoWPAN 协议栈

IEEE 802.15.4 中 MAC 层的数据帧结构分为 MAC 帧头、MAC 帧载荷以及 MAC 帧尾三部分，MAC 层最大帧长度为 127 字节，在考虑安全机制的前提下，需要在负载中扣除 21 个字节用于安全保护，如果 MAC 层直接接入网络层的话，仅剩 81 个字节空间来传输网络报文，这显然是远远不能满足 IPv6 对于最大传输单元的要求。因此必须要在 MAC 层以及网络层之间增加一个 6LoWPAN 适配层，以满足对 MAC 层报文进行拆分和重组的需要。6LoWPAN 适配层主要的功能也就是

完成报文分片以及重组分配以解决 MAC 层的载荷不满足 IPv6 协议的要求。

#### 2.1.2 6LoWPAN 星型网络的软件流程图

系统上电后，首先初始化，包括初始化系统时钟，初始化 contiki 操作系统，初始化 6lowpan 网络协议栈等，系统开始运行 6lowpan 协议栈。由于 RPL 根路由器充当一个 RPL Root 的功能，所以需要先给其分配一个子网前缀，以便和 MAC 地址采用 EUI-64 的算法自动配置 IP 地址，主机会应答待配置的子网前缀。如果主机没有应答，将会每隔 1 秒再去请求 1 次。当根路由器获取到子网前缀后，就以此子网前缀为基础建立 RPL Root，并定时负责维护网络。当 RPL 网络中有节点向外网发送数据时，它会将其发给 RPL Root，RPL Root 节点判断目的 IP 地址不是自己，甚至不是本子网的，就通过根路由器发给主处理器，主处理器同样运行 IPv6 协议栈，会对该数据包进行处理。在通信过程中，RPL 根路由器通过 SLIP 接收到一包数据。这包数据，如果是请求 MAC 地址的，它会将自己的 MAC 地址告诉主处理器；如果是普通的 IP 包，则会传入 IP 层进行处理，是发给 RPL 的节点还是直接丢弃都是由路由表决定的。6LoWPAN 星型网络软件流程图如图 4 所示。

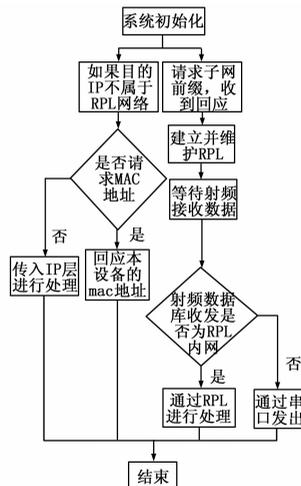


图 4 6LoWPAN 星型网络软件流程图

### 2.2 pm2.5/pm10.0 传感器与 6LoWPAN 节点的通讯

在这套系统中，我们采用了扩散式 PM2.5/PM10.0 传感器。此传感器采用 RS232 通讯，波特率 9 600，传感器一上电就会启动数据上传，直到传感器断电。上位机发送来的指令会保存在传感器的 EEPROM 中，下次开启时自动调用。传感器模块每收到上位机命令后会返回一个应答数据包，通常数据的回传时间宜设定在 30 s 以上回传一次，如果设定的回传时间过短，会增加一定的误码率<sup>[4-5]</sup>。

### 2.3 监控终端部分软件

在监控终端中选择 Labview 为软件开发平台，用来进行数据接收以及处理。其软件流程图如图 5 所示。同时利用 UDP 协议在以太网中进行数据共享，以达到远程监控的目的。

## 3 试验结果与分析

本系统的污染气体浓度测量范围是 1~1 000 ppm 之间，使用温度为 -20~50 ℃，经多次传输试验，数据传输准确无误，其监控软件界面如图 6 所示。

表 1 数据上传率

数据应收	数据实收	丢包率/(%)
14400	14376	1.7
14400	14380	1.4
14400	14372	1.9

从表 1 中可见, 数据丢码率小于 0.2%, 通过增加补发应答机制, 可确保有效数据接收率达到 100%, 很好的满足了系统要求。

## 6 结束语

本系统给出了一种浮纹织造智能控制系统, 采用新型的结构设计和无线传感器网络技术, 摆脱了浮纹织造一直依赖纯机械控制的局面, 通过实际运行, 性能稳定、可靠、控制精度

.....

(上接第 2358 页)

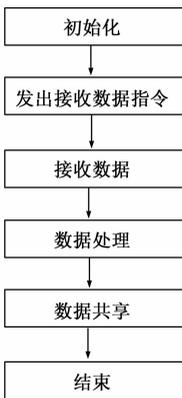


图 5 监控终端软件流程图

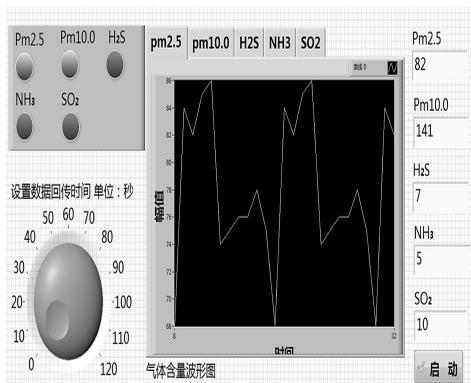


图 6 气体环境监控系统监控软件界面图

我们整个 6LoWPAN 星型网络布置于实验室中, 系统上电后监控软件开始显示测试数据。从监控软件的界面中我们可以看到:

1) 监控软件的主界面会显示 5 种监控气体的采样波形图, 其中  $x$  轴为时间轴, 每个单位的间隔时间由设置数据回传时间决定,  $y$  轴为监控气体在大气中的含量值, 且数据会根据采样含量值近似调整上下限。

2) 左边的轮轴可设置数据回传的时间, 通常在实际使用中设置回传时间越久, 所读取到的数据越精准。

3) 当数据出现异常, 监控气体的含量超标时, 左边栏的报警灯会由绿色变为红色, 波形图会随着监控气体含量的增大

高、更换品种方便快捷, 为其他特种布的自动化织造起到很好的借鉴意义。

## 参考文献:

[1] 束 慧, 陈卫兵, 等. 智能浮纹织造控制系统 [P]. 中国专利: 201310014066.1, 2014-04-16.

[2] 束 慧, 陈卫兵. 基于 ARM 和 ATT7022C 的电质量监测终端的设计 [J]. 制造业自动化, 2012, 34 (8): 34-35.

[3] 解英玄, 尤 洋, 谢慕君. Smith-Fuzzy-PID 在集中供热控制系统中的应用研究 [J]. 计算机测量与控制, 2014, 22 (9): 2823-2825.

[4] 束 慧. 基于物联网技术的污水处理过程动态监控系统 [J]. 计算机测量与控制, 2014, 22 (8): 2441-2443.

[5] 季建华. 基于 ARM 和 ZigBee 的智能温湿度监控系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2014, 22 (4): 1108-1110.

表 1 五天测试数据平均值

星期	一	二	三	四	五
	一	二	三	四	五
采样气体/ppm					
pm2.5	53	57	68	62	50
pm10.0	70	62	81	78	65
H <sub>2</sub> S	7	6	7	7	7
NH <sub>3</sub>	5	4	4	3	4
SO <sub>2</sub>	12	6	10	9	6

而呈上升趋势。

经过 5 天的测试, 数据传输稳定, 丢包率极低。表 1 为五天的测试数据的平均值, 从数据可知, 实验室内的环境相对稳定, 所采集气体均未达到报警上限。

## 4 结论

本文讨论了基于 6LoWPAN 技术了气环境监控系统, 完成了整套系统的整体设计, 在底层成功移植了 Contiki 操作系统进行数据传输, 实现了一个 6LoWPAN 星型网络。采用虚拟仪器技术开发了上位机监控软件, 实现了对大气中 PM2.5、PM10、SO<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>S 浓度的测量, 并能将大气信息进行实时采集与传输并进行存储。经过实际应用证明, 数据传输准确、稳定, 具有良好的应用前景和实际意义。

本设计为甘肃省自然科学基金支持的重点科技项目, 目前已进入推广阶段, 效果良好, 适宜大规模推广应用。

## 参考文献:

[1] 盛李立. 基于 Contiki 操作系统的无线传感器网络节点的设计与实现 [D]. 武汉: 武汉工程大学, 2012.

[2] 张 莹, 吴德伦, 陈山枝. 基于 IEEE802.15.4 的嵌入式 IPv6 技术 [J]. 现代电信科技, 2006, (5): 35-39.

[3] 高 倩. 深入浅出讨论 6LowPan 技术 [J]. 网络与信息, 2007 (6): 44-45.

[4] Kushalnagar N, Montenegro G. 6lowpan: Overview, Assumptions, Problem Statement and goals. [EB/OL] draft-ietf-6lowpan-problem-05.txt, 2006.

[5] 侯庆志, 熊继军. 嵌入式传感器节点设计及其应用 [J]. 中国新通信, 2014 (8): 80-81.