

物联网自动气象站的试制

唐慧强¹ 李超² 李全月¹

(1 南京信息工程大学信息与控制学院, 南京 210044; 2 南京慧明仪器仪表有限公司, 南京 210032)

摘要: 为适应现代气象检测的需求, 试制了物联网自动气象站。温度、湿度、风、气压、降水等气象传感器节点以及路由器、协调器构成局域无线传感器网络, 并通过数据通信器利用3G、GPRS、Internet等与远程计算机组成广域网。远程计算机接收、解析数据, 并经质量控制后保存到网络实时数据库。实现了气象数据的管理及分发, 并可通过用户手机或互联网实现实时数据查询。

关键词: 物联网, 自动气象站, 传感器节点

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2014.03.009

Design of the Automatic Weather Station Based on IOT

Tang Huiqiang¹, Li Chao², Li Quanyue¹

(1 College of Information and Control, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044

2 Nanjing Huiming Corp. of Instruments, Nanjing 210032)

Abstract: In order to meet the needs of modern meteorological detection, automatic weather station of the Internet of Things is developed. Local area wireless sensor networks are composed of temperature, humidity, wind, pressure, precipitation and other meteorological sensor nodes, routers, and the coordinator. Wide area networks are also composed of the data communicator and remote computer through 3G, GPRS and the Internet. Data are received, analyzed and stored to real-time network database by the remote computer after the quality control. Meteorological data management and distribution is implemented and the data can be consulted through the user's mobile phone or Internet computer.

Keywords: Internet of Things, automatic weather station, sensor nodes

1 引言

自2005年物联网概念正式提出以来, 物联网技术得到高度关注与高速发展。物联网通过信息传感设备, 把任何物品与互联网连接起来, 实现信息交换。物联网是泛在网络的重要组成部分, 向下又包容了无线传感器网络、互联网、数据库等技术, 是互联网等技术与应用的延伸。本文针对气象应用, 基于无线传感器网络技术局域连接各气象传感器节点, 构建了自动气象站, 并在此基础上结合远程数据通信、数据库系统、数据分发系统等, 构建了一个典型而完整的物联网概念系统。

基于物联网技术的无线检测系统相对于传统的观测体系就像移动电话相对于固定电话的优势一样: 安装方便, 移动灵活, 维护简单, 备份容易, 数据通信可靠。而这些特性非常适合需要众多气象要素的常规

观测、应急观测、科学试验等场合。

检测系统经历了数字式、智能式、总线式到无线传感器网络为代表的物联网阶段。气象观测由于观测数据连续性、大量台站的更新代价过大等原因而相对保守, 至今仍主要采用集中式的检测方式^[1, 2], 直到近几年才推出了具有CAN总线的混合型的数据通信方式, 但存在安装维护繁琐等问题。而目前基于无线传感器网络的气象观测仪器开始进入应用阶段, 如美国的HOBO ZW系列无线数据节点等, 用于建筑物的能量和温湿度等环境条件检测。美国Vantage Pro2无线自动气象站也开始普及, 但精度较差, 如温度误差约为0.5℃, 相对湿度约为3%, 气压约1hPa。国内的南京慧明仪器仪表有限公司等已经把无线传感器网络技术应用于农业等非气象部门的气象检测。

本文在环境重金属检测网络化技术研究的基础上, 采用物联网技术, 实现无线化、网络化的自动气象观测, 并提高气象仪器的准确度, 采用移动通信网或互联网实现远程通信, 利用数据库技术进行数据管理与分发, 从而降低布站、维护等成本, 并提高集成度, 构建全天候、高精度、高可靠性的气象观测系

收稿日期: 2013年4月24日; 修回日期: 2013年6月18日

第一作者: 唐慧强(1965—), Email: thq@nuist.edu.cn

资助信息: 国家重大科学仪器设备开发专项任务

(2012YQ170003-5)

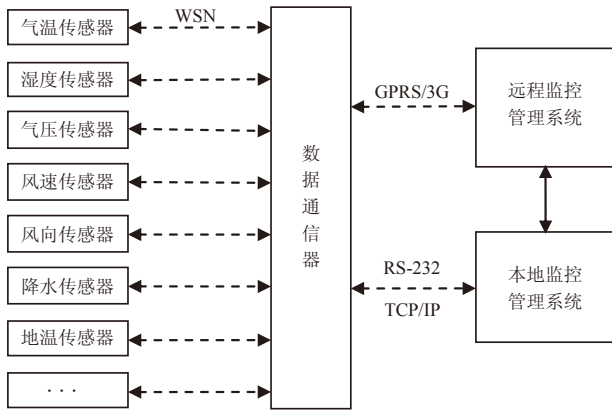


图1 物联网自动气象站的基本架构



图2 HM-DZY1型无线温湿度计

统。本文涉及基于物联网技术的自动气象站系统设计，包括无线气象传感器节点、路由器、协调器、通信器、数据接收软件、本地及远程动态数据库系统以及信息分发系统的设计。

2 气象观测系统架构

物联网自动气象观测系统架构极其简单（图1），由气象传感器节点、数据通信器、数据库等构成。利用温度、湿度、气压、风速、风向、降水、地温等气象传感器，融合无线传感器网络通信部件，构成了气象传感器节点。数据通信器一方面接收气象传感器节点发来的数据，组建局域网，另一方面，通过GPRS、3G或互联网技术，把数据传送到位于监控中心的远程数据库，构建集成气象观测系统。

3 传感器节点设计

3.1 气象传感器

气象传感器是自动气象观测系统的基础。由于气象传感器繁多，本文仅以温度传感器节点的设计要点为例来介绍。

气温是最成熟的检测参数之一，可以利用热电阻、热敏电阻、热电偶、半导体PN结等方法来进行数字化检测。铂热电阻的稳定性相对较好，但目前气象检测应用还是不够理想，误差的原因有传感器自身的准确性，以及自热效应、通风、迟滞、辐射等。

本文采用了稳定性优越的Pt1000铂电阻，并经过进一步的筛选、老化处理来保证精度。铂电阻在温度为 t 时，阻值为： $R=R_0(1+at+\beta t^2)$ ，具有二次项，因此需要进行非线性校准。极端精度需求的情况下，可以采用高次函数或神经网络等方法来提高精度。通过24位的高精度模数转换器等电路来检测铂电阻值，并利用微控制器来反演出温度值。自热效应是影响检测精度的重要因素之一，根据 $P=U^2/R$ ，在输出电压 U 不变时，由功率与电阻的反比关系说明电阻越大，则功率越小所以自热效应越小。如零度时可以确保Pt1000正常工作的 $100\mu A$ 的激励电流就可以取得 $100mV$ 的输出电压，而采用Pt100时需要 $1mA$ 的激励电流才能输出相同的电压，并且增加了自热效应。经试制，单要素的温度计精度可达到 $0.01^\circ C$ ，而试制的气象用HM-DZY1型无线温湿度计（图2），精度为 $0.02^\circ C$ ，相对单要素温度计略有下降，具体检测结果如表1所示。测试时，所采用温度发生器为FLUKE7080，温度标准器采用配备二等基准铂电阻的FLUKE1529，由于温度发生器与温度标准器之间也具有较大误差，所以测试过程中以温度标准器为基准。此外，HM-DZY1型无线温湿度计的相对湿度在10%~95%的量程范围内的精度达到0.5%，也可较好地满足气象检测的要求，在环境温度 $15^\circ C$ 时的测试结果如表2所示。

表1 HM-DZY1型无线温湿度计的温度误差（单位： $^\circ C$ ）

发生器 设定	标准器		传感器1		传感器2		传感器3		传感器4		传感器5	
	读数	偏差	读数	误差	读数	误差	读数	误差	读数	误差	读数	误差
-40	-39.928	-0.072	-39.940	-0.012	-39.916	0.012	-39.945	-0.017	-39.943	-0.015	-39.925	0.003
-10	-9.983	-0.017	-9.998	-0.015	-9.965	0.018	-10.001	-0.018	-9.969	0.014	-9.990	-0.007
-1.5	-1.498	-0.002	-1.516	-0.018	-1.484	0.014	-1.516	-0.018	-1.500	-0.002	-1.510	-0.012
20	19.979	0.021	19.968	-0.011	19.981	0.002	19.973	-0.006	19.976	-0.003	19.971	-0.008
25	24.975	0.025	24.963	-0.012	24.971	-0.004	24.964	-0.011	24.969	-0.006	24.963	-0.012
40	39.953	0.047	39.943	-0.010	39.942	-0.011	39.970	0.017	39.935	-0.018	39.941	-0.012

表2 HM-DZY1型无线温湿度计的相对湿度误差 (%)

标准值 读数	传感器1		传感器2		传感器3		传感器4		传感器5	
	读数	误差	读数	误差	读数	误差	读数	误差	读数	误差
18.00	18.28	0.28	18.11	0.11	18.12	0.12	18.15	0.15	18.14	0.14
30.00	30.07	0.07	29.92	-0.08	29.86	-0.14	29.84	-0.16	29.92	-0.08
53.00	53.04	0.04	52.89	-0.11	52.80	-0.20	52.71	-0.29	52.87	-0.13
77.00	77.07	0.07	76.81	-0.19	76.71	-0.29	76.63	-0.37	76.74	-0.26
95.00	95.15	0.15	94.96	-0.04	94.81	-0.19	94.70	-0.30	94.85	-0.15

3.2 无线传感器网络及通信系统设计

本系统中采用CC2530片上系统等电路构成无线传感器网络基础模块,并利用IEEE 802.15.4协议等构建路由器、协调器。气象数据通信器由协调器、ARM处理器、GPRS/3G模块、TCP/IP接口、液晶显示器等构成(图3)。其中,协调器用于无线传感网络的组网与数据的无线接收;液晶显示器用于显示局地的气象观测数据;利用GPRS/3G通信模块进行无线远程通信,利用TCP/IP协议的以太网接口实现互联网的接入。此外,通过路由器实现数据的转发与延长通信距离,确保在数千米以内,采用无线传感器网络实现局域通信;由于气象要素众多,网络结构复杂,因此统一了各网络层的数据通信格式,包括传感器节点与协调器、协调器与数据通信器、数据通信器与远程主机等之间的协议规范。

4 远程气象检测及数据库系统

数据采集系统采用C/S架构,以SQL Server 2005作为后台数据库,选择Delphi 7.0作为系统的开发工具,来实现系统中各模块的设计与开发。远程计算机接收自动气象站通信器发送的气象数据,包括站点编号、采集时间、气象要素等有关信息,并进行解析后取得观测数据,GPRS数据采集界面如图4所示。研制

了气象要素数据质量控制系统,发现问题时返回重发或重测命令,以取得正确的气象数据并保存到数据库中,以进一步处理。

网络服务系统采用了B/S架构,通过实时数据库系统的访问提供了数据查询功能,包括实时及历史数据的显示及时间变化曲线图、数据下载、地图显示及等值线绘制等功能。同时还提供了台站信息等的管理,实现了数据备份、下载、上传等系统维护的功能。台站设置、资源开放等管理功能见自动气象观测系统管理平台网页(图5),其中部分功能对匿名用户开放,可直接通过<http://www.chinahuiming.cn/qx.html>查询。图5显示的界面中,温湿度是放置于环境相对稳定的房间以及具有空调的房间中的一体化无线温湿度传感器所测得,整体一致性相对较好,而误差主要来源是环境中的温湿度不一致性,与恒温槽中相比明显变差。

地图显示系统可以对全国各自动站在Google Map、Google Earth等地图或系统上进行布置,并可查询各站点的实时气象数据情况(图6)。

手机端采用了C/S架构,利用Android操作系统设计了手机客户端软件,提供实时观测及预报的气象信息,并对温度、湿度、气压等气象要素进行等值线的绘制,并利用手机GPS定位功能实时更新地图及位置



图3 气象数据通信器

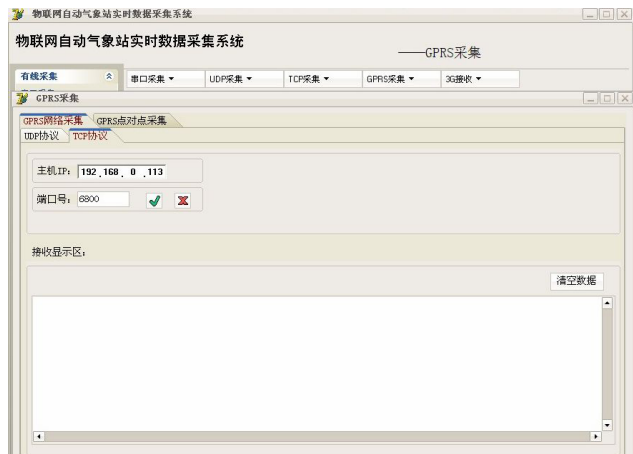


图4 远程实时数据采集系统



图5 自动气象观测系统的网络平台



图6 气象信息显示系统



图7 手机用户系统



图8 三传感器气温日变化的对比观测

信息的同时，能根据需要查询实时气象信息，其中实时天气界面如图7所示。

5 小结

本文试制的物联网自动气象站，相对传统的有线式观测系统具有机动性好、高精度、低功耗、可远程操作等特点。尤其是高精度特性，本系统的温度传感器与其温度二等基准达到优于 0.02°C 的一致性，其分辨率可以定制成 0.002°C ，甚至可以敏感地监测到百叶箱或室内的微弱辐射影响。图8是室温日变化观测结果，最大偏差 0.04°C ，其他如防辐射罩之间、百叶箱内等温湿度的观测比较也可以在该网站上直接查询到。联网几个月以来，观测数据稳定，各传感器之间的偏差也没有发生明显变化，除观测计算机停电外，没有出现数据故障现象。室外观测由于环境温度变化较快，一致性会略有降低，而气压观测由于响应速度快，研制的各HM-AP1无线气压传感器的一致性可以达到 0.05hPa 以内。

该物联网自动气象站安装使用简单，适合于科学研究、大型试验，也可用于实际气象业务观测中，温度、气压、湿度等传感器具有极高的精度，已经远远超出WMO的要求^[3]，可以充当观测现场或计量室计量检定的标准仪器。所研制的温湿度、气压传感器按1次/min的观测频率，其内置电池考虑自放电后还可以确保6年以上的工作时间。目前物联网自动气象站已经具有温度、湿度、气压、风速、风向、降水、多种辐射、各层地温、各层土壤水分、日照时数等多种传感器。部分功能已经在农业环境检测上应用，近一年的运行使用情况表明，系统运行稳定可靠，能够胜任长期的环境气象观测工作。

参考文献

- [1] 中国气象局. 地面气象观测规范. 北京: 气象出版社, 2003.
- [2] 李黄. 自动气象站实用手册. 北京: 气象出版社, 2007.
- [3] WMO-No. 8. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (Seventh edition). 2008.