

基于物联网的新疆干旱区城市防护林温湿度监测系统^①

杨晓迪, 古丽米拉·克孜尔别克, 孙 伟

(新疆农业大学 计算机与信息工程学院, 乌鲁木齐 830000)

摘要: 针对新疆干旱区城市防护林面积广阔、气候干燥缺水, 工作人员测量数据任务量大, 难以做到数据采集及时、准确, 林业管理部门监管难度大等特点, 将 GSM 无线通信技术及嵌入式技术结合在一起, 设计了基于物联网的新疆干旱区城市防护林温湿度监测系统。系统利用温湿度传感器, 结合现有嵌入式微处理器的开发和控制水平, 开展基于 GSM 的远距离无线传输数据的研究, 达到通过手机和电脑实现对温湿度的监测和管理的目的。测试表明, 该系统具有良好的实用性、可靠性和可扩展性。

关键词: 温湿度; 干旱区; 嵌入式; GSM; 传感器

Temperature and Humidity Monitoring System of the City Shelterbelt of Xinjiang Arid Areas Based on the Internet of Things

YANG Xiao-Di, KEZIERBIEKE Gulimila, SUN Wei

(Institute of Computer and Information Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830000, China)

Abstract: Due to the vast of urban shelter forest, water shortage, and dry climate, it is difficult to achieve timely and accurate data collection, and it is difficult for the forestry management department to supervise. Combining the GSM wireless communication technology and the embedded technology, the monitoring system of temperature and humidity of urban shelterbelt in arid area of Xinjiang based on Internet of Things is designed. The system uses the temperature and humidity sensor, combined with the development and control level of the existing embedded microprocessors, to carry out long-distance wireless transmission based on GSM data research, to achieve temperature and humidity monitoring and management purposes based on mobile phones and computers. Experiments show that the system has good practicality, reliability and scalability.

Key words: temperature and humidity; arid areas; embedded; GSM; sensor

1 引言

在世界范围内, 特别是干旱无雨或少雨的荒漠地区, 土地荒漠化对人类生产与生活造成很大威胁, 已引起人们普遍的关注。例如地处中国西北边陲的新疆, 总面积占全国陆地总面积的六分之一, 气候干燥少雨, 是典型的内陆荒漠区, 到处都有遭受荒漠化的可能。在新疆建设以林为主的完整的防护林体系, 能够有效地维护和巩固绿洲的生态平衡, 并进而扩大绿洲^[1-3]。据调查, 在新疆库尔勒市近 10 多年来开展的荒山绿化过程中, 水资源的供需矛盾将会变得日益突出和激烈,

荒山绿化工程对库尔勒市的用水需求量很难得到满足, 会逐步影响到库尔勒市荒山绿化成果的管护水平, 进而极大地影响森林的生态防护能力和效能。建设林业生态情况监控体系将会为林业资源的生态保护和水资源合理利用起到至关重要的作用。

随着信息技术和计算机网络技术的发展, 物联网已经走进了农业生产的各个领域。目前公认的物联网定义是国际电信联盟给出的: 通过智能传感器、射频识别(RFID)、激光扫描仪、全球定位系统(GPS)、遥感等信息传感设备及系统和其他基于物-物通信模式

① 基金项目:2014 年库尔勒科技合作项目(KRLKJHZXM)

通讯作者:古丽米拉·克孜尔别克.Email:gml@xjau.edu.cn

收稿时间:2016-04-28;收到修改稿时间:2016-06-01 [doi:10.15888/j.cnki.csa.005549]

(M2M)的短距无线自组织网络，按照约定的协议，把任何物品与互联网连接起来，进行信息交换和通信，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种巨大智能网络^[4,5]。物联网技术在林业的多个方面已经得到了初步应用，并具有非常广阔的应用前景，但还处于起步阶段，应用范围小，技术水平低，尚需不断总结探索，拓展物联网在林业中的应用领域^[6]。

在国际上，林业方面的技术已经走进了系统性阶段。例如加拿大研究人员高效地使用地理信息技术，并利用遥感和 GPS 系统收集数据，通过功能强大的 Arc/Info 分析工具从各类信息中获取到空间信息，最终建立了著名的加拿大林业资源数据库 CFRDS (Canadian Forest Resource Data System)^[7]。此外，美国的 Patlact 公司建立了林业经营系统，该系统是依托于地理信息系统的，功能强大，既能够即时的提供树木的信息和林业上的采伐情况的信息，又能够显示林业相关专题图^[8]。最近几年，国内许多研究单位和高等学校开展了森林环境的监测研究，但是已经投入使用的很少。中国林业科学研究院构建的对林业环境的监测系统是基于无线传感网的，它能够对传感器的数据进行云存储和共享^[9]。南京林业大学在紫金山地区构建了基于无线传感网的环境监测系统^[10]。此外，香港的科技大学和浙江的农林大学联合构建了一个对林业郁闭度与火灾风险预估的监测性系统^[11]。

林业具有鲜明的行业特点，如面积广阔和树木生长周期长，林业工作人员和管理部门的测量任务量大、时间周期长，难以得到准确的实时数据，监测难度大^[12]。林业的主要测量数据为温湿度数据，温湿度监测对树木生长、火灾预警、病虫害防治和节水等方面起到重要作用^[13-16]。目前，基于 GSM 网路的数据传输在许多领域得到了较好的应用，特别是在工作环境恶劣、地理位置偏僻、无人值守场所等领域。基于以上事实，本文考虑将 GSM 技术与嵌入式技术相结合，利用 GSM 技术实现数据的远距离无线传输，利用温湿度传感器进行数据采集并通过嵌入式技术实现数据的转发和处理，最终，将数据传输到服务器上，实现实时监测，并可以通过短信方式及时提醒工作人员。因此，本系统具有研究的社会价值和经济价值，符合当前的实际应用需要。

2 系统总体设计

本文研究的温湿度监测系统主要由传感器、无线通信模块、STM32 处理器、PC 机和手机等构成，系统结构如图 1 所示。

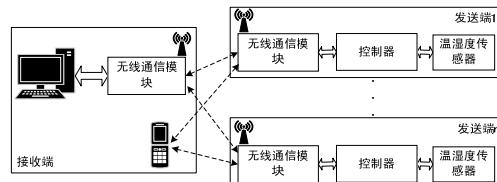


图 1 系统结构图

2.1 数据采集与传输系统

数据采集系统包括空气温湿度传感器、土壤温湿度传感器，STM32 处理器等。采集的数据通过 RS-232 接口与 GPRS 数据传输终端相连，通过 GSM 传输终端将相关数据传送出去。同时，可以接受监测端发送的指令，进行远程控制。

2.2 GSM 网络

采集终端采集的数据，经 GSM 网络接口功能模块对数据进行编码发送，通过多 GSM 网络进行传输，最终传送到数据监测中心。

2.3 数据监控与处理中心

数据监测处理中心负责对数据进行汇总、整理和综合分析。管理人员可以通过电脑查看分析温湿度的变化对植物的生长影响，从而达到预测灾害保护防护林的目的。

3 系统硬件介绍

系统硬件主要分为数据采集平台和数据显示平台两大部分。

3.1 数据采集平台

数据采集平台采用 32 位基于 ARM 微控制器 STM32F103VET6 作为主控芯片，连接温湿度传感器和 SIM900A 无线传输芯片构成数据发送端。

STM32F103VET6 使用高性能的 ARM Cortex-M3 32 位的 RISC 内核，工作频率为 72MHz，内置高速存储器(高达 128K 字节的闪存和 20K 字节的 SRAM)，丰富的增强 I/O 端口和联接到两条 APB 总线的外设，包含 2 个 12 位的 ADC、3 个通用 16 位定时器和一个 PWM 定时器，还包含标准和先进的通信接口：多达 2 个 I2C 和 SPI、3 个 USART、一个 USB 和一个 CAN。

STM32F103VET6 工作于 -40°C 至 +105°C 的温度范围，供电电压 2.0V 至 3.6V，睡眠模式、停机模式、待机模式等一系列的省电模式保证低功耗应用的要求。

无线通信芯片方面采用 SIM900A 串口(UART)通信，使用控制器连接到 SIM900A 的 TTL 接口或 USB 口，使用标准的 AT 指令对 SIM900A 进行控制，实现发短信等功能。

温湿度传感器方面采用密封性好、耐腐蚀的 HL-TR05 型号的土壤温湿度传感器和 SHT20 型号的空气温湿度传感器，可快速、实时测量温度和湿度，稳定性好，测量精度高，响应速度快，数据传输效率高。

3.2 数据显示平台

数据显示平台分为 PC 端和手持终端。考虑到使用的方便性，手持终端使用手机来实现。任何一台可以接收和发送短信的手机都可以作为手持终端来接收温湿度等相关数据。工作人员接到短信后就可以根据当时的温湿度情况及提示信息进行相应操作。PC 端主要由 PC 和 SIM900A 芯片构成。SIM900A 用于接收温湿度传感器测量的数据，并通过串口传输到 PC 中。PC 读取串口数据并且进行存储处理，使得管理人员可以随时查看实时数据及历史数据，起到监督的作用。

4 系统的程序设计

系统的程序主要包括数据采集和发送程序、数据读取和存储程序、数据显示程序。

4.1 数据采集和发送程序设计

数据采集和发送模块是在 STM32 端用 C 语言实现的，主程序流程图如图 2 所示。

STM32 微处理器通过串行接口(单线双向)与传感器进行同步和通讯。系统主要是通过定时和接收命令两个方式确定温湿度的发送时间。首先进行初始化设置，包括所有外设的复位，初始化 Flash 界面和系统定时器，配置系统时钟，初始化输入输出口、收发器、控制器、模数转换接口，设置时钟当前时间。然后使 SIM900A 开机并握手，保证指令能够发送成功。判断定时时间到达或者收到发送短信指令时，获取传感器数据并且编辑成短信发送给指定手机号码，判断是否发送成功，如果发送成功，获取当前时间并重新做判断，否则，重新获取传感器数据并且编辑成短信发送给指定手机号码。

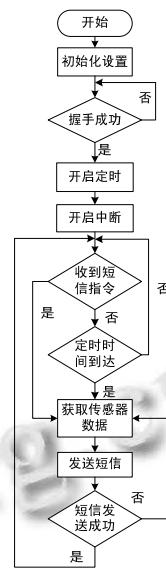


图 2 数据采集与发送模块软件流程图

4.2 数据读取、存储和显示程序设计

数据服务器是在 PC 端实现的，PC 上运行着服务程序。服务程序使用 Python 语言进行开发。选择 Python 语言是因为 Python 具有丰富和强大的库，尤其是有一款轻量级 Web 应用框架 Flask，使用 Flask 结合 HTML 和 JavaScript，能轻松实现采集数据的界面展示。服务程序由串口数据读取程序、数据存储程序、数据显示程序构成。

数据读取和存储程序使用 Python 语言进行开发，通过串口与无线传输模块进行通信，读取接收到的温湿度数据并存储到 Mysql 数据库中。软件流程图如图 3 所示。

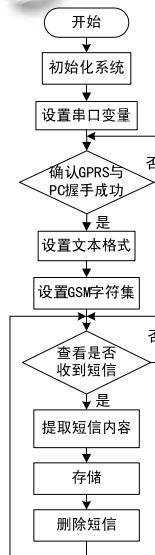


图 3 数据读取模块软件流程图

要将数据显示在网页上需要使用 Flask 技术构建网站，然后连接数据库，从数据库中读取数据并把数据交给显示界面。对于界面的显示，使用一块开源的图表库 chart.js，chart.js 是一款纯 javascript 编写的图表库，能够很简单便捷的在 Web 网站或 Web 应用中添加交互性的图表。其中的一个插件 jQchart 是一个 jQuery 的图表插件，用来绘制图表，支持各种形状的图表。对于界面的浏览采用认证的方式。用户通过浏览器访问 Web 界面。

对系统的软件进行测试，运行结果如图 4 至图 6 所示。系统可以按照预想的结果进行，发送端能够按照设定的内容发送短信到指定手机号码上，时间没有出现太大偏差，内容没有出现乱码，接收端能够正常接收短信并通过串口读取和删除短信内容、提取和存储温湿度等信息，并且能够正确读取数据库数据通过网页的形式显示数据折线图，表明系统能够正常运行，实现预期的功能。



```

$ python receive.py
...
msg count: 0
msg count: 1
AT+CMGR=1

<莫>; "+8618518329780", "", "16/03/31, 00:10:03+32"
tem: 15.14C, hum: 58.32%, tem: 18.48C, hum: 28.21%.

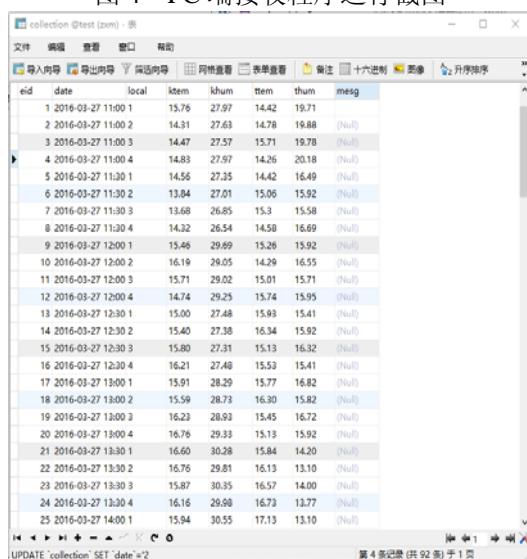
OK

MSG: tem: 15.14C, hum: 58.32%, tem: 18.48C, hum: 28.21%.
Delete Msg Number:1;
msg count: 1
AT+CMGR=1

<莫>; "+8618518329780", "", "16/03/31, 00:10:06+32"
tem: 15.14C, hum: 58.32%, tem: 18.48C, hum: 28.21%.

```

图 4 PC 端接收程序运行截图



	date	local	item	khum	item	thum	msg
1	2016-03-27 11:00:01		15.76	27.97	14.42	19.71	
2	2016-03-27 11:00:02		14.31	27.63	14.78	19.88	(Null)
3	2016-03-27 11:00:03		14.47	27.57	15.71	19.78	(Null)
4	2016-03-27 11:00:04		14.83	27.97	14.26	20.18	(Null)
5	2016-03-27 11:00:01		14.56	27.35	14.42	16.49	(Null)
6	2016-03-27 11:30:02		13.84	27.03	15.06	15.92	(Null)
7	2016-03-27 11:30:03		13.68	26.85	15.3	15.58	(Null)
8	2016-03-27 11:30:04		14.32	26.54	14.58	16.69	(Null)
9	2016-03-27 12:00:01		15.46	29.69	15.26	15.92	(Null)
10	2016-03-27 12:00:02		16.19	29.05	14.29	16.55	(Null)
11	2016-03-27 12:00:03		15.71	29.02	15.01	15.71	(Null)
12	2016-03-27 12:00:04		14.74	29.25	15.74	15.95	(Null)
13	2016-03-27 12:30:01		15.00	27.48	15.93	15.41	(Null)
14	2016-03-27 12:30:02		15.40	27.38	16.34	15.92	(Null)
15	2016-03-27 12:30:03		15.86	27.31	15.13	16.32	(Null)
16	2016-03-27 12:30:04		16.21	27.48	15.53	15.41	(Null)
17	2016-03-27 13:00:01		15.91	28.29	15.77	16.82	(Null)
18	2016-03-27 13:00:02		15.59	28.73	16.30	15.82	(Null)
19	2016-03-27 13:00:03		16.23	28.93	15.45	16.72	(Null)
20	2016-03-27 13:00:04		16.76	29.33	15.13	15.92	(Null)
21	2016-03-27 13:30:01		16.60	30.28	15.84	14.20	(Null)
22	2016-03-27 13:30:02		16.76	29.81	16.13	13.10	(Null)
23	2016-03-27 13:30:03		15.87	30.35	16.57	14.00	(Null)
24	2016-03-27 13:30:04		16.16	29.98	16.73	13.77	(Null)
25	2016-03-27 14:00:01		15.94	30.55	17.13	13.10	(Null)

图 5 数据库存储表数据截图



图 6 温湿度变化折线图网页截图

5 测试结果

系统的测试包括系统的性能测试和系统的精度测试。

系统的性能测试主要是系统的稳定性测试，目的是测试系统是否可以正常运行。设置监测系统采集时间间隔为 30 分钟，并发送到接收端手机号码上。接收端读取数据并存储。如图 7 所示是某日对温湿度数据的测量值变化曲线图，在 14:30 由于浇水使得湿度大幅度提升。

系统的性能测试结果：手机可以得到短信提示当时的温湿度情况，同时，从界面上可以看到温湿度的情况，测试结果表明了系统可以在较长时间稳定运行并且测量的温湿度值变化趋势与实际情况没有太大出入，基本相符，该系统具有可行性。

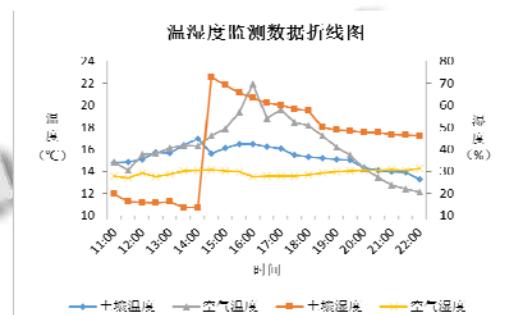


图 7 温湿度变化曲线图

由于市场上买到的温湿度测量仪也是存在误差的，不能当成准确值，只能作为参考，本文的精度测量实验采用自身对比的方式。如表 1 所示是同一时刻连续对空气和土壤的温度和湿度参数进行测量的一组数据值。

系统的精度测试结果：温度误差小于 0.2°C，湿度误差小于 1% RH，空气温湿度和土壤温湿度数据误差都在允许范围内，满足使用要求，表明该系统具有一定的准确性。

表1 温湿度监测数据(单位: °C、%)

	土壤温度	土壤湿度	空气温度	空气湿度
数据 1	15.74	58.62	18.46	28.20
数据 2	15.86	58.52	18.48	28.00
数据 3	15.61	58.62	18.53	27.30
数据 4	15.68	58.45	18.47	27.93

表2是测试不同长度的短信丢包率情况。每组数据100条短信,以每分钟4条短信的速度进行发送,无丢包的现象,表明系统具有可靠性。

表2 短信的丢包率测试

短信长度(字节)	成功发送(条)	成功接收(条)	丢包率(%)
16	100	100	0
64	100	100	0
128	100	100	0
256	100	100	0

从测试结果可知该系统具有稳定性、准确性和可靠性,对未来新疆干旱区城市防护林温湿度监测具有很好的参考价值和指导意义。

6 结语

本文设计了基于物联网的新疆干旱区城市防护林温湿度监测系统,利用STM32处理器获取温湿度传感器采集到的环境温湿度数据并通过SIM900A模块以短信方式远距离无线传输给林业工作人员的手机中和PC端的SIM900A中,PC通过读取SIM900A串口数据,获取环境温湿度数据并存储到数据库中,使林业管理部门可以通过网页查询温湿度数据及变化情况。经测试,系统稳定可靠,具有安装方便,无需布线,可扩展性强的特点,具有很强的实用性。应用于库尔勒市这类典型的极端干旱区域开展荒山绿化工作以改善环境,将有利于节省大量水资源,并有助于实时监管库尔勒市防护林的温湿度状况。总之,基于物联网的新疆干旱区城市防护林温湿度监测系统将对水资源的节约、环境的保护、人力物力的节省和防护林养护情况的监管等有很大的帮助。

参考文献

- 新疆维吾尔自治区林业厅.新疆林业概况.http://www.xjlyt.gov.cn/Get/xjly/183821686.htm.
- 新疆林业科技信息网.新疆农田防护林体系的结构及其基本功能原理.http://www.xjlykj.cn/article/show.asp?id=1357.
- Hostetler JK.城市防护林.林业科技,1981,(3).
- ITU Strategy and Policy Unit. ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things. Geneva International Telecommunication Union(ITU), 2005.
- 卢书海,刘帅,李建军,曹旭鹏.物联网关键技术及其在林业中的应用.中南林业科技大学学报,2012,32(11):181–185.
- 李春勇.物联网及其在林业中的应用.北京农业,2013,(18):84.
- Chenoweth RE. A face analysis of visualization for environmental management. Landscape and Urban Planning, 1999, 21(4): 247–251.
- 张茜.CASS 林业制图功能的集成与实现[硕士学位论文].北京:北京林业大学,2010.
- 陈雄华.林业物联网云网关关键技术研究与初步设计[硕士学位论文].北京:中国林业科学研究院,2013.
- Jiang X, Zhou G, Liu Y, et al. Wireless sensor networks for forest environmental monitoring. 2010 2nd International Conference on Information Science and Engineering (ICISE). 2010. 2514–2517.
- Sabit H, Al-Anbuky A, GholamHosseini H. Wireless sensor network based wildfire hazard prediction system modeling. Procedia Computer Science, 2011: 106–114.
- 蔺生金.简述物联网在智慧林业建设中的应用.内蒙古林业,2014,(4):20–21.
- 徐志刚.物联网技术在智慧林业中应用的探讨.电子技术与软件工程,2014,(7):19.
- 董鑫,赵博.物联网技术在林业信息化管理中的应用.河南农业,2014,(15):58.
- 孙全玲.物联网在林业信息化中的应用.木材加工机械,2013,(2):53–55.
- 王颖,周铁军,李阳.物联网技术在林业信息化中的应用前景.湖北农业科学,2010,49(10):2601–2604.