

Design and Implementation of a Wireless Integrated Temperature and Humidity Sensing System for Greenhouse Application

Wenjie Feng, Tongtong Yin, Jinping Li

College of Information Technology, Beijing Union University, Beijing
Email: fengwenjie0@126.com, yintonton@126.com, xxtjinpj@bnu.edu.cn

Received: Dec. 1st, 2012; revised: Dec. 16th, 2012; accepted: Dec. 26th, 2012

Abstract: This project aims to develop a wireless sensing system to measure the temperature and humidity in greenhouse environment. The system contains the sensor nodes and main nodes. Sensor nodes include sensors and the ADC Megawin MCU (MPC82G516) and master node contains Megawin MCU (MPC82G516) and RS232 interface. The system can successfully measure the right humidity and temperature data and make the communication between sensor nodes and master nodes achievable which uses sensors sensing the environment variables and wireless transceiver module transmitting data. After the system got the humidity and temperature data, it will upload the data to a website, so the user can be informed of the data conveniently.

Keywords: Temperature; Humidity; Wireless Sensing System; Greenhouse

温室中温度和湿度无线传感系统的设计与应用

冯文杰, 殷同同, 李金平

北京联合大学信息学院, 北京
Email: fengwenjie0@126.com, yintonton@126.com, xxtjinpj@bnu.edu.cn

收稿日期: 2012年12月1日; 修回日期: 2012年12月16日; 录用日期: 2012年12月26日

摘要: 研究了用于温室环境参数监控的无线传感系统, 系统包含传感器节点和主节点: 传感器节点包括传感器和内含 ADC 的 Megawin MCU (MPC82G516); 主节点包含 Megawin MCU (MPC82G516) 和 RS232 接口。系统采用传感器感测环境变量, 利用无线收发模组传送数据, 成功的测量到温室中温度和湿度值, 实现了传感器节点和主节点之间的无线通信, 并将系统感知到的数据显示在网页上, 方便用户对温室环境的监测。

关键词: 温度; 湿度; 无线传感系统; 温室

1. 引言

温室不仅为作物生长创造了最佳的气候条件, 而且保证了农作物不受温室以外害虫的侵害, 因此温室作物生产已经成为农业领域最有前景的产业之一。温室环境的控制和监测是作物生产和保护的重要组成部分。随着电子产业的高速发展, 无线传感器网络和电子传感器被广泛应用于环境参数的监测。每种作物都有自己最适宜的温度和湿度, 温度和相对湿度是温

室作物生长的两个最重要参数, 文章中无线传感系统实现了对温室中温度和湿度的监测。

2. 无线传感系统总体构架

无线传感器网络(Wireless Sensing Network, WSN)图 1(a)由无线收发模块实现传感器节点和主节点之间的通信。传感器节点部署在不同的温室中, 主节点部署在温室外部, 分时接收各个传感器节点感测的数据

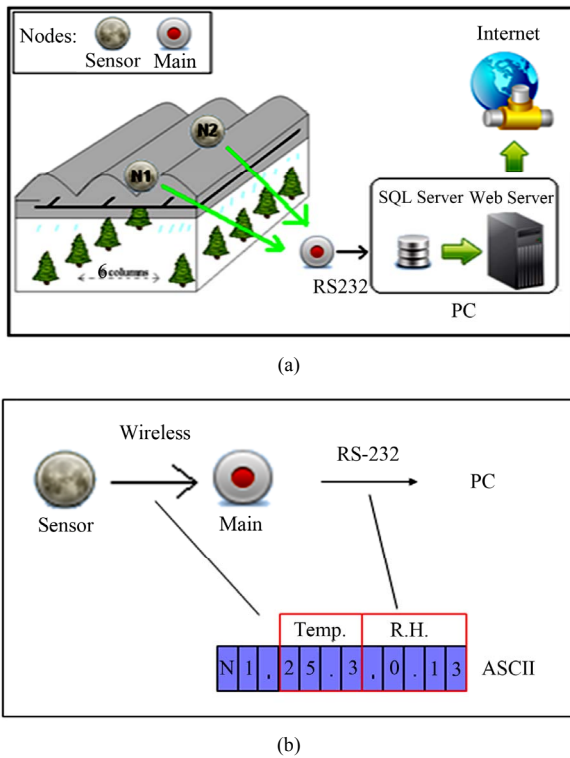


Figure 1. Wireless sensor system

图 1. 无线传感系统; (a)温室中无线传感系统(b)无线收发信息格式

并且通过 RS232 接口传送到终端机。传感器节点和主节点的部署方式形成星形网络结构，监控的环境参数包括：温度，相对湿度，声音，振动，压力，运动或污染物等。用户利用终端机实时的监测温室中环境参数，当温度和湿度值超限时，报警系统通过电子邮件，手机短信等通信方式通知用户。

无线传感系统中无线收发信息格式如图 1(b)所示。无线传感系统采用缓冲区存储无线传输数据。缓

冲区容量是 32 个字节，每个字节占 8 个比特。缓冲区传输的数据包括 3 部分：节点的名称，温度值，湿度值。缓冲区的数值以 ASCII 码形式显示，不同的部分中间以逗号相隔。节点名称占用 2 个字节，用以区分不同的节点，形式为“NX”。温度部分占用 4 个字节，数值精确到小数点后一位，形式为“XX.X”。相对湿度占用 4 个字节，形式为“XX.X”^[1]。

3. 传感器节点

3.1. 纸型传感器节点整体构架

传感器节点的结构如图 2 所示。

传感器节点由传感器及读出电路、微处理单元及无线收发机构成，其中传感器及读出电路供电电压为 5 V，微处理供电电压为 3 V。其具体通信结构如图 3 所示。

3.2. 传感器及读出电路

无线传感系统中温度由热敏电阻 PT100 感测，湿度由 HMZ-333A1 感测。PT100 是电阻式温度传感器，它具有测量范围广(-200℃~+650℃)、偏差小、响应时间短、抗振动、稳定性好、准确度高、耐高压等一系列优点，得到了广泛的应用。其读出电路如图 4 所示。



Figure 2. Sensor node structure

图 2. 传感器节点结构

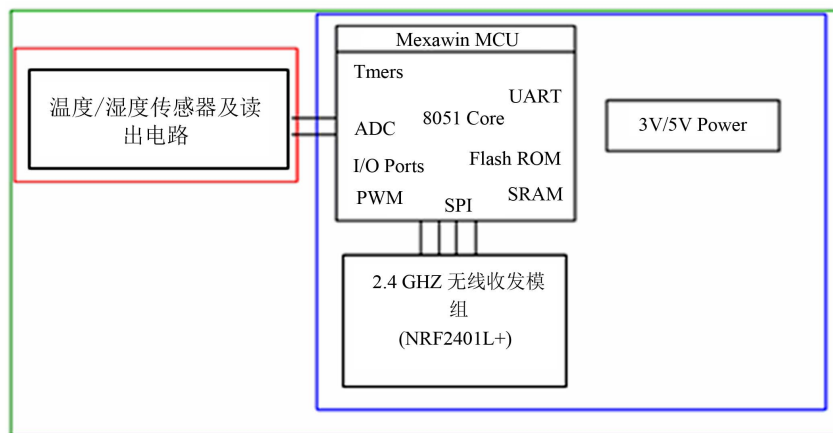


Figure 3. The communication structure of the sensor nodes

图 3. 传感器节点的通信结构

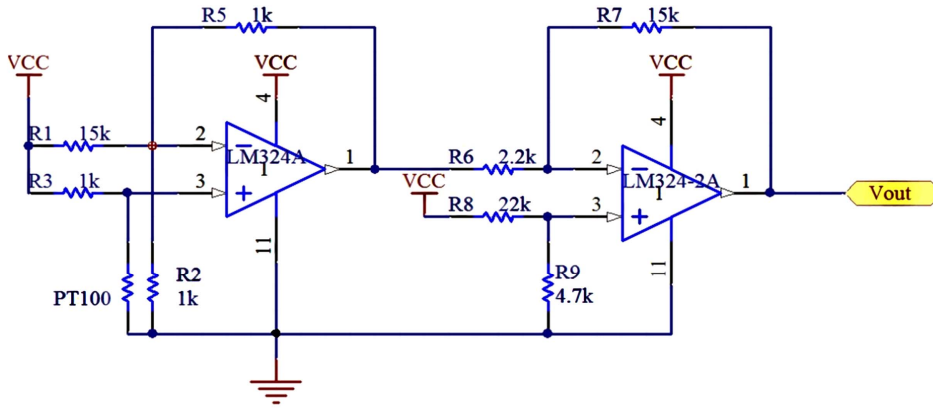


Figure 4. The PT100 readout circuit
图 4. PT100 读出电路

读出电路分为两级，第一级完成温度/电压信号变换，第二级完成电压信号的放大调理。其等效电路如图 5 所示。

由图 5(a)可推导出读出电路第一级输出电压 VO1:

$$VO1 = R5 * Vcc * \left[\frac{1}{R2} + \frac{1}{R1} + \frac{1}{R5} \right] * RPT100 / \left(R3 + RPT100 \right) - \frac{1}{R1}$$

第二级的结构是差动放大(differential amplifier (DIFF AMP))其输出电压 VO2:

$$VO2 = V2 * R9 / (R8 + R9) * (1 + R7/R6) - R7/R6 * VO1$$

根据图 4 的电阻值，第一级和第二级的输出电压 VO1 和 VO2 分别为:

$$VO1 = 31/3 * RPT100 / (1 + RPT100) - 1/3$$

$$VO2 = 6.8817 - 6.8182 * VO1$$

由此可计算出输出的电压值范围和对应的电阻值范围，如表 1 所示。

Table 1. The range of the output voltage value and the corresponding range of resistance values
表 1. 输出的电压值范围和对应的电阻值范围

输出节点	VO1	VO2
输出电压(V)	0.52~0.864	0.993~2.98
PT100 的阻值	90~131(Ω)	

对读出电路进行仿真，可得 VO1 和 VO2 的仿真结果，如图 6 所示。

图中，黑线为 VO1 的仿真结果，红色线为 VO2 的仿真结果，由图可见第一级的输出电压随 PT100 阻值的增加线性递增，其电压输出范围为 0.52 V~0.86 V，第二级输出电压随阻值的增加线性递减，其电压输出范围为 2.98 V~0.99 V，其仿真结果与计算结果相一致。线性度是衡量传感器稳定度的一个重要指标，通过对上述输出数据做线性度分析，可得分析结果如图 7 所示^[2]。

从上面两张的线性度分析曲线可以看出，本系统的 PT100 温度读出电路的线性度在 95%以上，故本读出电路的设计方案是可行的。

3.3. MCU (MPC82G516)

无线传感系统中 MCU 选用 Megawin 公司生产的 MPC82G516 芯片，它是基于 80C51 的高效 I-T 结构的单芯片微处理器，每条指令需要 1~7 个时钟信号(比标准 8051 快 6~7 倍)，与 8051 指令集兼容。因此，在与标准 8051 有同样的处理能力的情况下，MPC 82G516 无需很高的运行速度，从而能很大程度的降低系统功耗。MPC82G516 内部除了 8051 MCU 的标

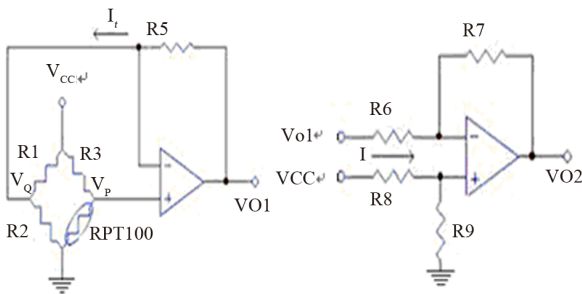


Figure 5. The PT100 equivalent readout schematic: (a) The equivalent circuit of the first stage; (b) The equivalent circuit of the second stage
图 5. PT100 等效读出原理图: (a) 第一级等效电路图; (b) 第二级等效电路图

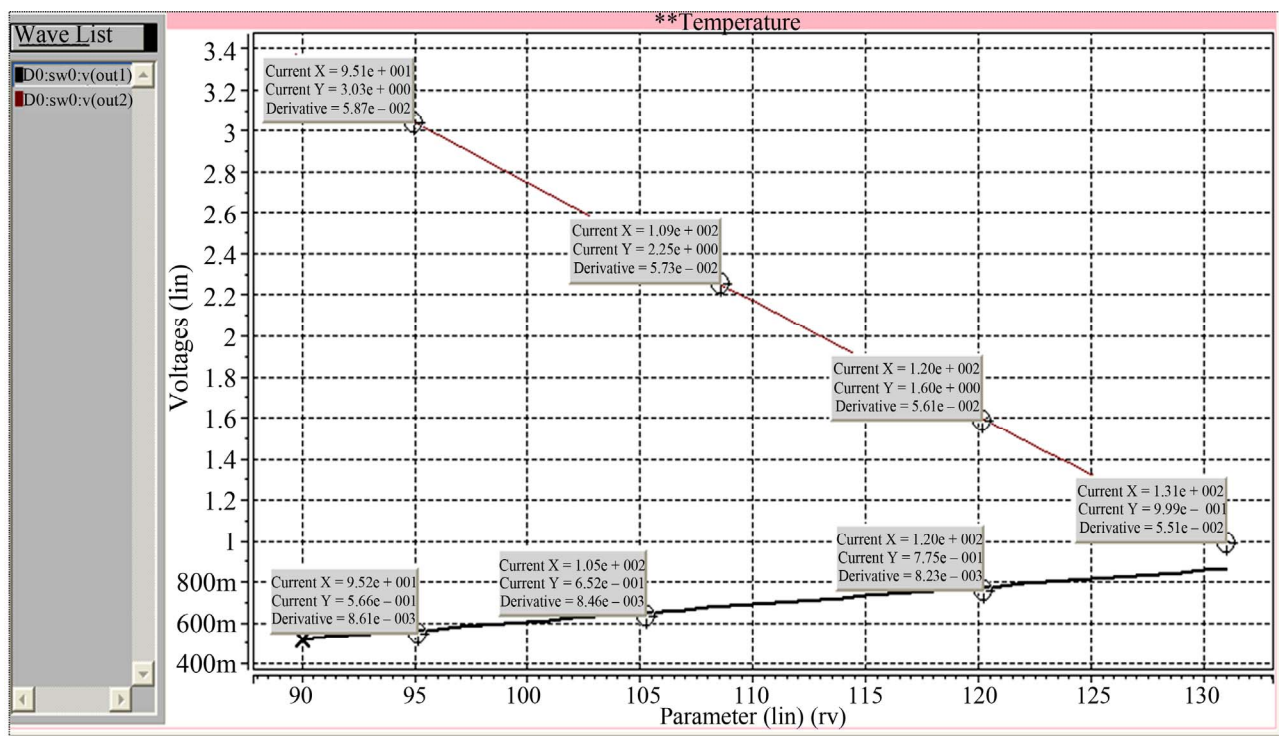


Figure 6. The simulation result of VO1 and VO2
图 6. VO1 和 VO2 的仿真结果

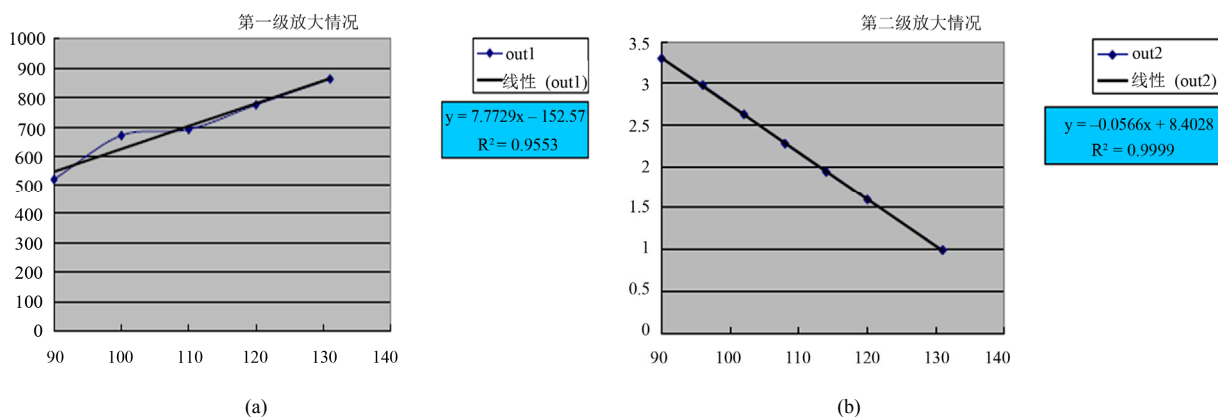


Figure 7. The linearity of PT100 readout circuit: (a) The linearity of the PT100 for the first stage; (b) The linearity of the PT100 for the second stage
图 7. PT100 读出电路的线性度: (a) PT100 第一级线性度; (b) PT100 第二级线性度

准功能(例如 256 字节的随机存储器,四个 8 位 I/O 口,三个定时/计数器,全双工的串口和一个多源 4 级中断控制)外,还集成了许多系统级的功能,如: 1024 字节的扩展随机存储器(XRAM),一个额外的 I/O 口(P4), 10 位的模/数转换器, PCA, SPI, 第二个 UART 接口, 辅助键盘中断, 一个看门狗定时器等。这些功能能够有效地减少电路板面积和系统成本。

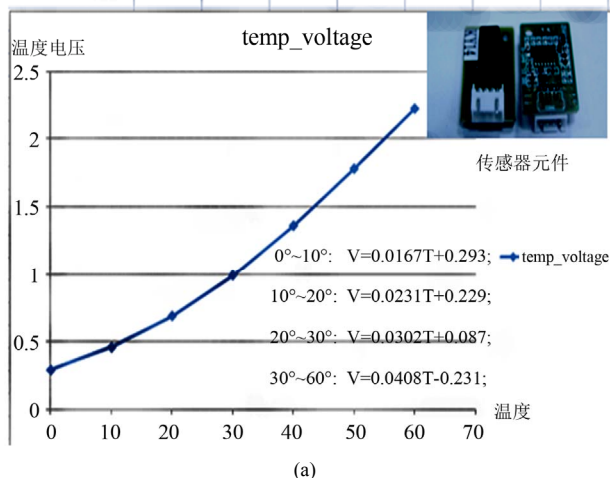
3.3.1. ADC 转换

模拟/数字转换器将模拟量转换为数字量,使输出

的数字量与输入模拟量成正比。MPC82G516 内部含有一个 10 位、8 通道逐次逼近型(SAR)模数转换器,多路输入还带有一个采样保持电路,它将模拟电压输入到比较器的输入端,比较器的输出连接到 SAR 进行逐次逼近操作。根据厂家提供的电阻阻值与温度,湿度的关系,可以计算出不同温度,湿度条件下的输出电压值,它们之间的对应关系曲线如图 8 所示。

ADC 将温度、湿度的真实值转化为数字形式,通过无线收发模组发送给主节点^[3]。

temperature	0	10	20	30	40	50	60
pin4 output resistor	160.56	98.714	62.328	40.356	26.756	18.138	12.554
temp_voltage	0.293	0.46	0.691	0.993	1.36	1.777	2.217



Temperature	Humidity								
	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	
10° C	0.75	1.03	1.32	1.64	1.97	2.3	2.64	2.97	
15° C	0.72	1	1.3	1.63	1.97	2.3	2.64	2.96	
20° C	0.69	1	1.31	1.64	1.98	2.31	2.63	2.94	
25° C	0.66	0.99	1.32	1.65	1.98	2.31	2.64	2.97	
30° C	0.62	0.96	1.3	1.64	1.98	2.31	2.63	2.94	
35° C	0.59	0.93	1.28	1.63	1.98	2.31	2.63	2.92	
40° C	0.55	0.9	1.25	1.61	1.96	2.3	2.61	2.9	

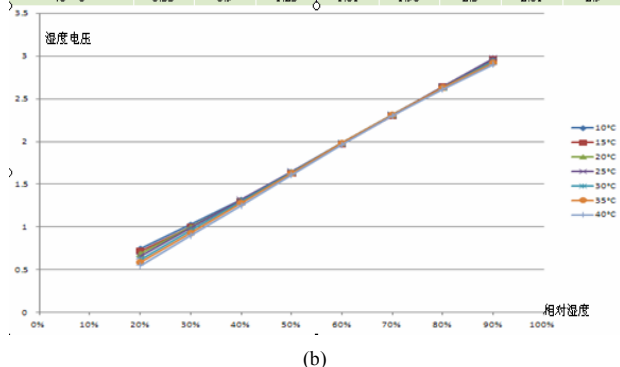


Figure 8. The relationship between corresponding output voltage and temperature/humidity: (a) The relationship of temperature with the output voltage; (b) The relationship of relative humidity with the output voltage

图 8. 温度/湿度与其对应的输出电压值: (a) 温度与输出电压对应关系; (b) 相对湿度与输出电压关系

3.4. 主节点总体结构

本系统中无线收发模块采用了 Nordic 公司的 NRF24L01。nRF24.L01 是一款新型单片射频收发器件，工作于 2.4 GHz~2.5 GHz ISM 频段。它内置频率合成器、功率放大器、晶体振荡器、调制器等功能模块，并融合了增强型 ShockBurst 技术，其中输出功率和通信频道可通过程序进行配置。nRF24L01 的最大优点是功耗低，在以 -6 dBm 的功率发射时，工作电流只有 9 mA；接收时，工作电流也只有 12.3 mA，多种

低功耗工作模式(掉电模式和空闲模式)为节能设计提供了方便。

4. 主节点

4.1. 主节点总体结构

主节点总体结构如图 9 所示，包含无线收发模组 (NRF24L01)，MCU (MPC82G516)和硬件接口(RS232)，主要负责接收数据并通过 RS232 传递到终端机上，终端机再将数据上传到数据库中，Webserver 持续的向网络发布数据库中的数据，绘制出温度和湿度的实时曲线。

4.2. 软件设计

本系统中软件的主要作用是从 RS232 接口读出数据，将数据格式化并将此数据存储在 MySQL 数据库中。在系统软件控制下，系统从主节点无线接收机自动的接受数据，读出数据包中有用的信息，并将这些信息传送到数据库中的 SQL(结构化查询语言)。

温室中温度和湿度无线传感系统的数据库元素包括：实体关系模型，MySQL 数据库设计模式，用于插入读出数据的 SQL(结构化查询语言)。实体 - 关系模型描述了无线传感系统数据库中的实体，以及各个实体之间的联系。在本系统中包括 6 个实体：读，传感器，温室，用户，通知规则和通知。最重要的实体是“读”，它代表一个单独的数据从一个传感器节点收到的数据包。其次是传感器，它标识每一个给定的传感器节点。再次就是温室实体，它代表独立的温室。

考虑到系统的实用性，本系统加入了信息提示系统，它采用电话，短信或邮件的服务形式通知用户某个

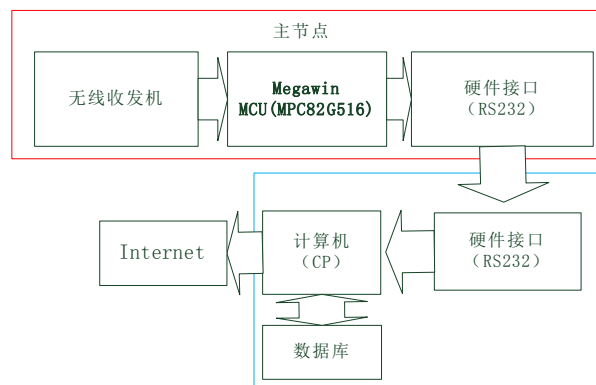


Figure 9. The main node whole structure
图 9. 主节点总体结构

温室中的温度或湿度超出规定的阈值。通知规则相当于数据结果的过滤器，当数据超限时，发出报警信息。

本次设计实验，只选取了一个节点(即节点 1)，节点 1 的窗口和数据库中数据如图 10 所示^[4]。

图 10(b)为无线传感系统的数据库数据，其中包含接收数据的时间，温度值，湿度值，节点的名称。为了方便用户的使用，数据库中存储的数据将会被上传到用户的个人网页上，用户只需要登陆用户名和密码就能通过网页轻松监控温室中各个环境参数。图 11 为用户网站上温度和湿度的监控曲线。从该监控曲线可以看出：这段时间温度和湿度都比较稳定，温度保持在 27 摄氏度，相对湿度保持在 33%左右。

5. 结论

温室中温度、湿度无线传感系统，完成了一个节

Node 1

N1:	temperature: 26.99	humidity: 28.1
N1:	temperature: 30.01	humidity: 67.6
N1:	temperature: 29.15	humidity: 62.2
N1:	temperature: 28.70	humidity: 49.3
N1:	temperature: 28.27	humidity: 42.3

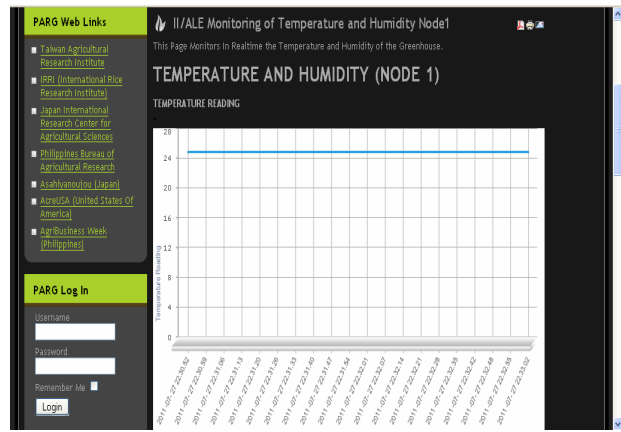
(a)

	r_id	recorded	temp	humidity	input_voltage	recorded by
	62	2011-07-22 13:22:54	28.7	34.3	NULL	1
	63	2011-07-22 13:22:59	31.25	29.2	NULL	2
	64	2011-07-22 13:23:05	28.7	33.9	NULL	1
	65	2011-07-22 13:23:11	30.3	35.1	NULL	2
	66	2011-07-22 13:23:20	28.27	33.9	NULL	1
	67	2011-07-22 13:23:24	10.73	39	NULL	2
	68	2011-07-22 13:23:29	10.73	38.6	NULL	2
	69	2011-07-22 13:23:33	10.73	38.2	NULL	2
	70	2011-07-22 13:23:37	10.73	38.2	NULL	2
	71	2011-07-22 13:23:41	10.73	37.8	NULL	2
	72	2011-07-22 13:23:46	10.73	37.8	NULL	2
	73	2011-07-22 13:23:50	10.73	37.4	NULL	2

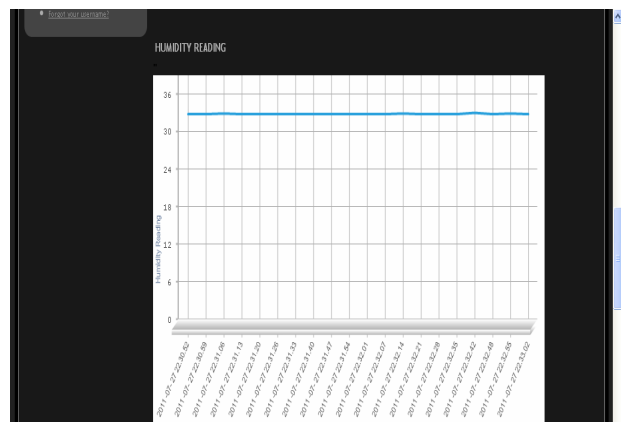
(b)

Figure 10. The date of the database and the data of node 1 of the wireless sensing system: (a) The received data of node 1 from RS232; (b) The data of the database for the wireless sensing system

图 10. 节点 1 与无线传感系统数据库的数据: (a) RS232 中读到的节点 1 的数据; (b) 无线传感系统数据库的数据



(a)



(b)

Figure 11. The monitoring curve of temperature and humidity in internet: (a) Temperature monitoring chart; (b) Humidity monitoring chart
图 11. 互联网中温度和湿度的监控曲线: (a) 温度监控图表; (b) 湿度监控图表

点和主节点之间的无线数据传输，并且将数据(温度和湿度)成功的上传到因特网上，实现了温度和湿度的无线传输一体化设计。本系统的局限在于：通信的网络结构采用了星型结构，这种结构只能实现传感器节点与主节点的互通，当某个节点出现故障可能会丢失数据，在一定程度上影响到监控系统的可靠性；再次是无线传输的部分没有中继节点，使得传输的距离受到限制。但是加入中继节点后，系统的耗电量就会增加(现实的系统是电池供电)，所以传输的距离和耗电量是两个矛盾的变量，可以根据现实的情况调节。

在以后的工作中可以改善星型网络结构，使各个传感器节点互相通信，减少因为某个节点出现故障造成的数据丢失。另外此无线系统通过增加相应的传感器还可以实现对环境中其他参数的监测，例如 PH，矿物质等，使得用户更全面的监测农作物生长的环

境。为了促进产品的商业化，未来的工作还包括将传感节点和主节点的各个 PCB 模块集成化为较小的芯片，方便使用，同时减少成本。

参考文献 (References)

- [1] C. Von Zabeltitz. Integrated greenhouse system for mild climate. Berlin: Springer, 2010: 1-4.
- [2] S. L. Yang, Y. Zhang. Wireless measurement and control system for environmental parameters in greenhouse. International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA), Changsha, 13-14 March 2010, 3: 1099-1102,.
- [3] R. Salazar, A. Rojano, I. López and U. Schmidt. A model for the combine description of the temperature and relative humidity regime in the greenhouse. 2010 9th Mexican International Conference on Artificial Intelligence (MICAI), Pachuca, 8-13 November 2010: 113-117.
- [4] J. B. Jones Jr. Tomato plant culture in the field, greenhouse and home garden. New York: CRC Press, 1999.