

基于 LoRa 技术的物联网智能农场 监控系统的设计

扬扬

(中国石油大学胜利学院 机械与控制工程学院, 山东 东营 257061)

摘要: 针对 ZigBee、WiFi、GPRS 传统无线传感技术在大范围农场等温室环境监测系统的不足, 提出了一种基于 LoRa 技术的低功耗农场环境监测系统; 该系统依托物联网思想, 分三层结构; 其中感知层作为信息采集部分由 MSP430 单片机、温湿度传感器和光照强度传感器等组成; 网络层采用 LoRa 无线扩频通信技术进行数据传输, 可以实现定点、省电、透传和监听 4 种模式; 应用层对网络层传输的数据进行处理和保存, 最终实现灯光控制、灌溉控制、降温控制和人机控制。

关键词: LoRa; 智能农场; 无线传感器; 物联网

Design of Intelligent Farm Monitoring System Based on LORA Technology

Yang Yang

(Department of Mechanical and control Engineering, Shengli College, China University of Petroleum,
Dongying 257061, China)

Abstract: Aiming at the shortcomings of ZigBee, WiFi and GPRS traditional wireless sensor technology in greenhouse environmental monitoring system on a wide range of farms, presents a low power farm environment monitoring system based on LoRa technology. The system relies on the idea of Internet of things, divided into three layers of structure. The sensing layer as part of the information collected by the MSP430 microcontroller, temperature and humidity sensors and light intensity sensors and other components; Network layer using LoRa wireless spread spectrum communication technology for data transmission, can achieve fixed-point, power, transmission and monitoring four modes; Application layer achieve data processing and preservation, and ultimately to achieve lighting control, irrigation control, cooling control and man-machine control.

Keywords: LoRa; intelligent farm; wireless sensor; Internet of Things

0 引言

随着嵌入式技术、无线通信的发展, 无线传感器网络(wireless sensor network, WSN)^[1]在智能家居、智能农业等领域应用越来越广泛。通过国内外温室农场智能控制的经验来看, 如果能够保证农作物的生长环境变量在最佳的范围, 那么农产品的产量会有显著的提高, 质量也会有极大的提升, 从而达到了高效的农业生产。

目前热门的物联网与传感器网络技术, 一般基于 ZigBee、WiFi、GPRS 等无线通信技术。张猛等^[2]设计了温室群环境远程监控系统, 该系统温室监控系统传感器部分基于 ZigBee 网络设计, 网络采用 RS232-RJ45 协议转换器接入局域网。邓小蕾^[3]等开发了移动式土壤水分检测系统, 该系统集成 ZigBee 协调器、GPS 模块、GPRS 模块的 PDA 和基于 ZigBee 的土壤水分传感器移动节点组成。但是 zigbee、wifi 等传统无线通信技术具有无法同时兼备低功耗和远距离传输的局限性。鉴于此, 本文提出了将 LoRa 无线通信技术应用到的大范围农场温室环境的监控中, 鉴于 LoRa 无线通信技术具有低功耗、远距

离传输等特点, 适用于远距离农场大棚环境数据的传输和处理。

1 LoRa 技术介绍

美国 SemTech 公司 2013 年向业界发布了一种新型的基于 1GHz 以下的超长距低功耗数据传输技术^[4] (Long Range, 简称 LoRa) 的芯片, 基于该芯片的扩频技术可实现超远距离无线传输, 改变了以往关于传输距离和功耗之间的矛盾。目前 LoRa 主要在全球免费频段运行, 包括 433、868、915MHz 等, 对比几种常见的无线技术如表 1 所示。黄增波^[5]等人在将 LO-Ra 技术应用到煤矿顶板锚杆应力监测中, 提出了基于无线扩频 LoRa 技术的低功耗锚杆应力传感器设计方案。传感器由锂离子蓄电池供电, 并通过前向纠错编码技术与网关实现数据可靠传输。

LoraWAN 是 LoRa 联盟推出的一个基于开源的 MAC 层协议的低功耗广域网 (low power wide area network, LP-WAN) 标准。这一技术可以为电池供电的无线设备提供局域、全国或全球的网络。LoraWAN 瞄准的是物联网中的一些核心需求, 如安全双向通讯、移动通讯和静态位置识别等服务。LoraWAN 网络架构是一个典型的星形拓扑结构, 在这个网络架构中, LoRa 网关是一个透明传输的中继, 连接终端设备和后端中央服务器。网关与服务器间通过标准 IP 连接, 终端设备采用单跳与一个或多个网关通信。所有的节点与网关间均是

收稿日期: 2017-08-31; 修回日期: 2017-10-05。

基金项目: 中国石油大学胜利学院大学生创新项目。

作者简介: 扬扬 (1986-), 硕士研究生, 讲师, 主要从事电气及自动化方向的研究。

双向通信，同时也支持云端升级等操作以减少云端通讯时间。终端与网关之间的通信是在不同频率和数据传输速率基础上完成的，数据速率的选择需要在传输距离和消息时延之间权衡。由于采用了扩频技术，不同传输速率的通信不会互相干扰，且还会创建一组“虚拟化”的频段来增加网关容量。LoraWAN 的数据传输速率范围为 0.3~37.5 kbps。

本课题基本思想为利用各种传感器采集所需要的数据，通过单片机对采集到的数据进行处理，然后利用 LoRa 组成的网络将数据打包发送给应用平台。应用平台可根据接收到的数据进行逻辑分析与处理。如果设定了当前模式为自动化操作流程模式，那么系统会自动处理这些数据，如剔除不合法数据、重新采集有效数据，给数据分类和评级，自动上报数据，然后根据已经得到的合法评级数据进行控制调节，比如当农场内部湿度值跳过最佳变量范围则自动开启加湿设备对环境湿度进行调节。如果设定模式为认为操作模式，系统将不会进行自动控制，所有的控制都是由管理员发出的命令进行控制，这样增加了智能温室农场自动控制系统的完全性以及可操作性通过对 LoRa 传输模式的切换能够实现各种组网的要求，在智能农场中，系统的感知层设计中数据采集模块的网络应用是工作在定点发射的模式，所有节点采集的数据通过 LoRa 定点发送到应用层的专用数据接收模块，应用层再进行相关处理。而工作在定点模式下的采集节点就避免了诸多节点数据传送的干扰，大大提高了系统工作的稳定性^[6-8]。

应用层下发数据的 LoRa 工作在广播监听模式下，能够直接将数据发送到信道中的所有节点。那么我便诞生一种设计：通过对节点分组，比如感知层的节点我们通过农场分布对其分组，每个分组内的所有节点处于同一信道，不同分组处于不同信道。而所有相同类型的数据采集我们将其设置为统一地址，这就使得批量数据管理成为了可能，同理，也使得批量管理与控制也成为了可能。处于应用层控制模块的各种设备，比如灌溉系统，利用 LoRa 的自由组网技术，也能大大方便系统内部的各个节点的联动管理以及单一控制。如此，可看出 LoRa 自由组网的方便性与实用性。大大简化了开发流程，以及开发难度^[8-13]。

2 系统设计

本课题基本思想为利用土壤温湿度传感器等采集所需要的数据，通过单片机对采集到的数据进行处理，然后利用 LoRa 组成的网络将数据打包发送给应用平台，应用平台可根据接收到的数据进行逻辑分析与处理。如果设定了当前模式为自动化操作流程模式，那么系统会自动处理这些数据，如剔除不合法数据、重新采集有效数据，给数据分类和评级，自动上报数据，然后根据已经得到的合法评级数据进行控制调节，比如当农场内部湿度值跳过最佳变量范围则自动开启加湿设备对环境湿度进行调节。如果设定模式为认为操作模式，系统将不会进行自动控制，所有的控制都是由管理员发出的命令进行控制，这样增加了农场自动控制系统的完全性以及可操作性。

2.1 系统总体设计

该智能农场设计基于物联网 (internet of things) 思想，通过智能感知、识别技术与普适计算等通信感知技术，广泛应用于网络的融合中。本系统物联网结构分为感知层、网络层、

应用层^[14-16]。感知层是物联网的核心位于物联网三层结构中的最底层，是信息采集的关键部分。其功能为“感知”，即通过传感网络获取环境信息；物联网第二层为网络层，可以通过通讯网络实现信息传输，同时连接感知层和应用层；物联网第三层为应用层，对感知层的数据进行计算和处理^[16-20]。

本课题设计也采用这种三层结构，如图 1 所示。

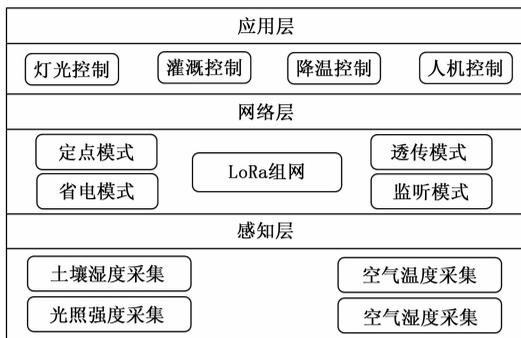


图 1 系统架构示意图

从图 1 示中我们能够知道该系统的整体架构，通过对底层感知层数据获取，然后通过 LORA 组成的网络传输到应用层，应用层得到数据便能够对数据进行解析处理，然后反馈温室农场内的环境变量。同时应用层保存了所有数据，在之后的研究中可以起到相当重要的作用。

2.2 感知层硬件设计

该智能农场监控系统的数据采集均为感知层完成，该层主要分布了土壤湿度传感器，空气湿度传感器，空气温度传感器和光照强度传感器。它们的作用是获取农场大棚内部环境的相关变量，然后将采集到的模拟量通过 AD 转换转换成数字量，同时传递到网络层。

感知层电路设计是基于 protues 软件而设计的，它不仅具有其它 EDA 工具软件的仿真功能，还能仿真单片机及外围器件。它是目前比较好的仿真单片机及外围器件的工具。总体设计电路如图 2 所示。

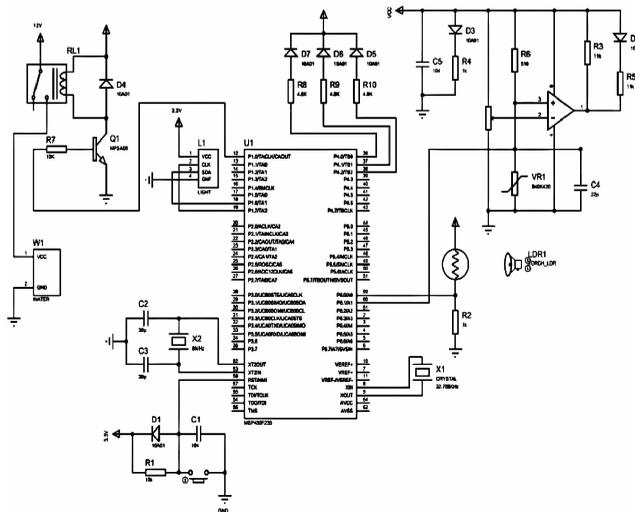


图 2 系统电路图

控制芯片采用 MSP430F149，通过对 MSP430 的用户指导

手册的解读, 绘制了该芯片的复位电路、外部两个晶振源 (8 MHz 和 32 768 Hz), 并采用 3.3 V 供电。

2.2.1 光照强度采集

该课程设计采用的光照采集模块便是采用的光敏电阻作为感光元件的传感器。光敏电阻也是光导管, 在没有光照的情况下, 暗电阻很大; 在有光照的情况之下, 电阻会急剧的减小, 这是一种由可见光线的强弱的变化来改变光量传感器的电阻值。光线采集电路直接采用一个光敏元件代替, 如电路图 3。

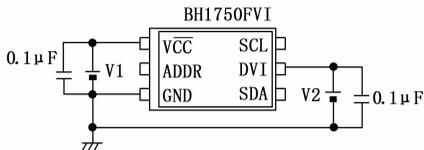


图 3 光线采集模块电路

其中光线采集电路直接采用一个光敏元件代替, 将采集到的光线变化通过下拉电阻 R2 反馈在中间节点上的电压信号, 由 MSP430 直接读取该电压值。该模块电路采用 3.3 V 供电, 所以此电压信号能够直接与单片机进行通信, 无需电压转换。节点输出电压范围 0~3 V, 其中光敏感元件对电路分的 0.3 V 的电压, 单片机 AD 转换内核的采样基准电压值为 3.3 V, 所以能够精确的表现出当前的光照强度值。

2.2.2 温湿度采集

湿度采集是获取测量空间的湿度, 湿度指的是空气中所含水分的百分比, 来表示空气潮湿度。该模块的设计电路如图 4。

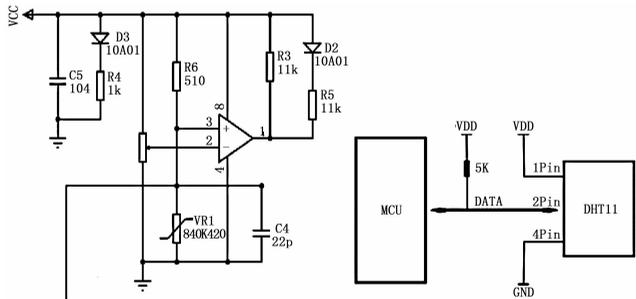


图 4 土壤湿度模块电路图

图 5 温度采集模块电路示意图

土壤湿度模块电路利用简单的湿敏电阻来代替湿度传感器, 湿度改变该电阻的阻值。该电阻的一端直接接地, 另一端通过电阻 R2 连接 VCC, 中间节点与 LM393 比较器向量。比较器的另一端接入一块滑动变阻器, 可通过人为改变阻值与当前湿度折射出的电压信号相比较, 能够直接输出高低电平。同时, 湿度传感器的一端经过一块电容输出模拟电压信号, 单片机通过采集这个电压信号得到数字数据。由于该模块采用 5 V 供电, 所以在与单片机通信时利用一块 mos 管进行电压转换。

温度采集是利用能够感受温度并转换成可用输出信号的传感器, 根据感温元件的不同类型, 温度传感器可以包括铂热电阻温度传感器, 热电偶温度传感器, 热敏电阻等。本系统温度采集模块传感器采用一个 NTC 测温元件, 每个 DHT11 传感器都在极为精确的温度校验室中进行校准, 如图 5 所示。

2.3 应用层硬件设计

通过 3 个 LED 灯来模拟农场内部的灯光控制, 来达到对

农场内部的光控系统, 图 6 为模拟灯光系统电路图。

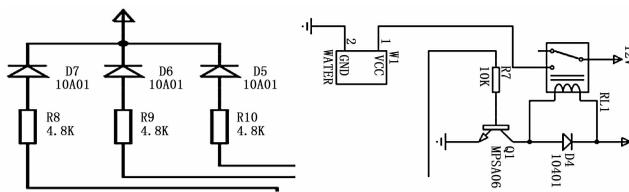


图 6 模拟灯光系统电路图

图 7 模拟灌溉系统电路图

灌溉系统由水源水泵, 输水管道等部分组成。当水源水泵通电工作时, 就会将水送到缺水的地方进行灌溉, 而我们设计的是通过控制水源水泵去控制灌溉系统, 利用一块 12 V 供电的水泵模拟水源水泵, 通过继电器取控制电源的通断, 便能达到控制水泵的开关反应, 图 7 为模拟灌溉系统电路图。

2.4 系统功能调试

该系统程序开发过程中, 根据调试功能需求不同, 前后采用了几种方法, 最后决定通过串口数据上位查看数据, 进行调试。该方法不受软件的编程的干扰, 最为接近硬件实际运行情况。但在确定利用此种调试模式之前我们采用的调试的模式是采用专用的硬件调试器件, 通过用软件仿真的模式去模拟硬件, 以此来查看程序的运行状况, 但发现在软件仿真的模式下中断系统响应很容易丢失, 使整个程序陷入一个错误的进程。

该智能农场监控系统采用 IAR system 编程, 配合 MspFet 烧录软件, 通过设置 IAR 软件, 在编译完成后会生成一个 txt 的文件, 将这个文件烧写进芯片中, 芯片运行时所产生的调试数据通过串口发送到电脑, 电脑就可以清晰的查看到当前得到的调试信息。通过设置控制电脑的网络层节点, 设置成监听模式, 所有网络层的数据都会流进控制电脑, 电脑会记录所有的网络层经过的数据。具体步骤为:

- 1) 宏定义一个 DEBUG 变量, 能控制全局程序调试的模式开启与关闭;
- 2) 在需要调试的程序点添加 DEBUG;

友善串口助手可以支持常用的 110-921 600 bps 波特率和自定义波特率, 支持串口自动识别、自由设置校验、数据位和停止位, 同时以 ASCII 码和十六进制接受或者发送任何数据及字符, 可以任意设定主动发送周期、接收数据并保存文本文件。如图 8 为友善串口助手操作界面。

通过设置网络层节点, 系统改为监听模式, 所有的网络层数据都会输入电脑, 同时电脑记录所有的网络层历史数据, 如图 9 所示。



图 8 友善串口助手的操作界面



图 9 网络层数据日志

3 结束语

LORA 无线通信结束具有传输距离远、低功耗等有点,适用于无线传感器网络、无线遥控系统、无线温度压力采集等领域。本设计将 LORA 无线通信技术应用与农场大棚温度的检测, 最远通信距离可达 3 km, 适用于多节点远距离的大范围农场, 实验证明该方法是可行的。

参考文献:

[1] 龚天平. LORA 技术实现远距离、低功耗无线数据传输 [J]. 电子世界, 2016; 114-117.

[2] 张猛, 房俊龙, 韩雨. 基于 ZigBee 和 Internet 的温室群环境远程监控系统设计 [J]. 农业工程学报, 2013, 29 (1): 171-173.

[3] 邓小蕾, 李敏赞, 武佳, 等. 集成 GPRS、GPS、ZigBee 的土壤水分移动监测系统 [J], 农业工程学报, 2012, 28 (9): 130-135.

[4] 黄增波, 叶锦娇, 赵华玮. 基于 LoRa 技术的低功耗无线锚杆应力传感器设计 [J]. 煤矿现代化, 2017 (1): 39-43.

[5] Morais R, Fernandes M A, Matos S G. A ZigBee multi-powered wireless acquisition device for remote sensing applications in precision viticulture [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008, 62 (2): 94-106.

[6] Morais R, Miguel A. Fernandes, Samuel G. Matos. A ZigBee multi-powered wireless acquisition device for remote sensing applications in precision viticulture [J]. Computers & Electronics in Agriculture, 2008, 62 (2): 94-106.

[7] 钟以崇, 卢博友. 基于 GSM 的土壤水分监测与决策支持系统 [J]. 农机化研究, 2009 (6): 174-176.

[8] 孙利民, 梁江涛, 魏然. 基于 GPRS 与 ZigBee 的远程分散多点监控系统 [J]. 郑州大学学报 (工学版), 2012, 33 (1): 24-27.

(上接第 34 页)

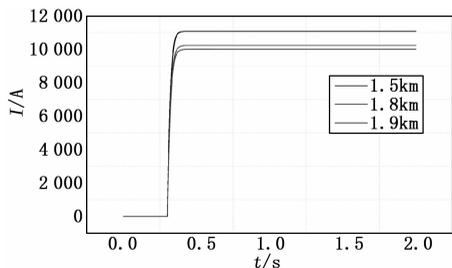


图 7 远端短路电流

引供电系统短路故障类型和分析计算集肤效应作用下接触网与钢轨阻抗值的基础上, 建立了城市轨道交通牵引供电系统牵引网短路故障仿真模型, 利用仿真研究了短路故障暂态过程中线路电流的暂态变化规律。

1) 当牵引网发生短路故障, 电流值呈指数形式增长, 且在极短时间内趋于稳定;

2) 由于非线性的整流机组的影响, 近端短路会产生极大的暂态冲击电流, 该电流呈现振荡收敛趋势, 使用整流机组等效数学模型无法准确描述该现象。

3) 随着短路点距离增加, 整流机组对短路瞬态值的影响减小, 短路电流增量减小, 稳态电流值下降, 此时影响线路电

[9] 徐伟恒, 张晴晖, 李俊菽, 等. 基于 GPRS 和 ZigBee 的精准林业环境因子监测模式研究 [J]. 安徽农业科学, 2011, 39 (23): 114403-114405.

[10] 孙彩云, 李世中, 李丽丽, 等. 基于 ZigBee 技术的设备监控系统设计 [J]. 水电能源科学, 2010 (11), 2011 (23).

[11] 刘颖, 王再英, 彭倩, 等. 基于 ZigBee 和 GPRS 的远程无线抄表系统设计与实现 [J]. 科学技术与工程, 2012, 12 (30): 8058-8062.

[12] 宫红彩, 韩庆玉, 刘影. 浅析无线传感器网络技术在物联网中的应用 [J]. 企业技术开发, 2012 (8): 25-26.

[13] 王凯, 彭瑜, 郑丽国, 等. 基于 ZigBee 无线水表自动抄表系统的研究与设计 [J]. 自动化仪表, 2006, 27 (S1): 166-169.

[14] 赵静, 苏光添. LoRa 无线网络技术分析 [J]. 移动通信, 2016, 40 (21): 50-57.

[15] 杨磊, 梁活泉, 张正, 等. 基于 LoRa 的物联网低功耗广域系统设计 [J]. 信息通信技术, 2017 (1): 40-46.

[16] 鲁义轩. 中兴通讯基于 LoRa 通讯技术开创智能电表新模式 [J]. 通信世界, 2016 (8): 32.

[17] 郑华开. LoRa 技术给未来物联网产品带来新的起点 [J]. 电子世界, 2016 (15): 146.

[18] N Sornin, M Luis, T Eirich. Lo Ra WAN Specification (V1.0.1 Draft 3) [Z]. 2015.

[19] Zhang W X, Ru Y D, Ma Y H, et al. The study on communication energy saving algorithm of wireless sensor network [A]. Advanced Materials in Microwaves and Optics (AMMO 2011) [C]. 2011.

[20] mer zcan, Mesut Gündüz. investigation and implementation of a PIC-based sensor node for wireless sensor networks [A]. Proceedings of 2014 Conference on Information Security [C]. 2014.

流的主要因素是牵引网阻抗值。

参考文献:

[1] 单保强, 张红江, 薛思才, 等. 城轨车辆受流器熔断器的选型研究 [J]. 铁道机车车辆, 2014, 34 (5): 51-54.

[2] 曹晓明, 庄军. 高速断路器试验台的研制 [J]. 铁道车辆, 2015, 53 (9): 39-40, 10.

[3] 肖涛谷. 地铁直流供电系统模型及直流短路分析 [D]. 广州: 华南理工大学, 2012.

[4] 宋国兵, 蔡新雷, 高淑萍, 等. 高压直流输电线路故障定位研究综述 [J]. 继电器, 2012, 40 (5): 133-137, 147.

[5] 王俭朴. 城市轨道交通电力牵引与控制 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2011.

[6] 谢方. 城市轨道交通直流供电整流机组研究 [D]. 成都: 西南交通大学, 2009.

[7] 吴命利, 范瑜. 圆导线内阻抗的数值计算 [J]. 电工技术学报, 2004, 19 (3): 52-58.

[8] 鲁小兵, 周文卫, 王元贵. 基于集肤效应的地铁短路时间常数研究 [J]. 电气化铁道, 2012, 23 (4): 41-43, 47.

[9] 张勋. DC1500V 牵引供电系统故障测距研究 [D]. 成都: 西南交通大学, 2014.

[10] 李献, 骆志伟, 于晋臣. MATLAB/Simulink 系统仿真 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2016.