

郑贵林,汪体成. 基于 LoRa 的温室环境智能监控系统的设计[J]. 江苏农业科学,2019,47(10):216-219.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.10.049

基于 LoRa 的温室环境智能监控系统的设计

郑贵林,汪体成

(武汉大学动力与机械学院,湖北武汉 430072)

摘要:为了实现对温室农业环境参数信息的远程获取,同时针对 ZigBee、Wi-Fi 等无线技术存在通信距离短、抗干扰能力弱、网络拓扑复杂等缺点,提出一种基于无线低功耗局域网(LoRa)的无线温室环境智能监控系统。系统由传感器子节点和汇聚节点组成。传感器节点由 2 节 18650 锂电池供电,选用互联型芯片微处理机控制单元(MCU) STM32F107 作为主控芯片,选用 SX1278 作为 LoRa 射频模块,通过星型网络连接汇聚节点。汇聚节点下行通过 LoRa 射频模块连接传感器节点,上行通过 4G(指第 4 代移动通信技术)网络连接服务器,同时设计有 SD 卡(secure digital memory card,简称安全数码卡)存储备份数据。试验验证表明,该系统具有安装便捷、通信距离远、抗干扰能力强、维护简单等特点,具有很好的应用前景。

关键词:农业监测;温室;LoRa 技术;传感器;智能监控系统

中图分类号: S126;TP274+.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)10-0216-03

温室又称暖房,通过维持室内的光照、温度、湿度、二氧化碳含量等,可以为培养的植物创造一个良好的生长环境,以达到反季节种植、增加产量等效果。近年来,我国设施园艺得到了快速发展,截至 2012 年,我国玻璃温室面积接近 9 000 hm²,占世界总面积的 22.5%^[1]。随着科学技术的发展,传感器技术、自动控制技术、网络通信技术被逐步应用于农业畜牧业中,促进了温室智能化管理技术的发展^[2-3]。实现对温室环境参数的实时精准测控,可以为作物提供最佳的生长环境,还能提高生产效率,降低管理成本。

韩慧设计了基于 RS485 总线的温室环境监测系统^[4],李世红等设计了基于控制器局域网(CAN)总线和 GPRS(通用分组无线服务技术)的温室大棚监控系统^[5];付焕森等设计了基于 PLC(可编程逻辑控制器)和组态技术的现代农业温室控制系统^[6]。上述系统均需要使用通信线连接传感器,存在成本高、安装维护复杂等缺点。陈高峰等设计了基于 STM32 和 ZigBee 的小型温室环境控制系统^[7],ZigBee 网络拓扑复杂,由于 ZigBee 技术的通信频率高,信号衰减快,以及同一频段 Wi-Fi、蓝牙信号的干扰,导致 ZigBee 传输距离短,抗干扰能力弱^[8]。马增炜等设计了基于 Wi-Fi 的智能温室监控系统^[9],Wi-Fi 通信技术适合用于传输图片、视频等大流量数据,存在传输距离有限、功耗高等缺点。针对 RS485、CAN、PLC 等总线技术以及 ZigBee、Wi-Fi 等无线技术在温室环境监控系统应用中存在的各种缺点,本研究设计了基于无线低功耗局域网(LoRa)无线技术的温室环境智能监控系统。

统,该系统由传感器节点和汇聚节点组成,传感器节点采集温室内光照、温度、湿度、二氧化碳含量等信息,通过 LoRa 网络上传数据到汇聚节点,汇聚节点通过 4G 网络上传数据到服务器。系统兼顾了传输距离和节点功耗,安装便捷,维护方便,具有很好的应用前景。

1 LoRa 介绍

近年来,随着物联网技术的兴起,为了满足越来越多远距离物联网设备的接入需求,出现了一种低功耗广域物联网(low power wide area network,简称 LPWAN)接入技术。该技术采用星型网络覆盖方式,具有传输距离远、运行功耗低、运维成本低等特点,适合只有少量数据需要传输的应用场景。LoRa 是 LPWAN 通信技术中的 1 种,它采用线性调频扩频技术,既降低了通信功耗,又增加了通信距离,改变了以往关于传输距离与功耗的折衷考虑方式。特有的扩频技术也使得其通信容量很大,即使不同扩频序列终端使用相同的频率也不会相互干扰,可并行接收处理多个节点的数据。它采用前向纠错技术,在待传输数据序列中增加了冗余信息,在接收端计时纠正数据传输过程中注入错误码元,采用信道冲突检测机制,解决了节点数据并发丢包问题,极大地提高了网络的鲁棒性^[10]。

2 系统架构

为了对温室内环境数据进行远程监控和管理,搭建了如图 1 所示的温室环境智能监控系统。系统包括传感器子节点、汇聚节点、云端服务器、可视化软件 4 个部分。传感器子节点可通过 RS485 方式采集各个传感器的信息,利用子节点与汇聚节点的 LoRa 芯片,实现节点与汇聚节点之间的组网。LoRa 通信网络采用星形的网络拓扑结构,汇聚节点作为网络协调器,承担建立网络的职责,各个传感器子节点可以自主加入网络,并将传感器检测到的温度、湿度、CO₂ 浓度、光照等信息通过 LoRa 网络传送至汇聚节点。

收稿日期:2018-01-17

基金项目:国家自然科学基金(编号:61374064);赛尔网络下一代互联网技术创新项目(编号:NGII20160617)。

作者简介:郑贵林(1963—),男,山西孟州人,博士,教授,博士生导师,主要从事智慧建筑、智能电网、海洋波浪能发电技术和传感器技术等方向的研究。E-mail:glzheng@whu.edu.cn。

通信作者:汪体成,硕士研究生,主要从事智能仪器仪表、物联网方向的研究。E-mail:413626641@qq.com。

本系统使用的 LoRa 芯片为 Semtech 公司的 SX1278 模块, 汇聚节点设备通过 SPI(串行外设接口)接入 SX1278 模块, 并设置模块的相关参数, 传感器子节点也用 SPI 接口接入 SX1278 模块并设置成相同参数, 传感器子节点和汇聚节点便可自动组成通信网络。

汇聚节点通过对收到的数据进行解析、校验, 根据信息中的地址信息判断是哪一个传感器子节点的消息, 并将收到的数据进行保存, 同时通过汇聚节点的 4G 模块将数据发送至云端服务器。云端服务器可对数据进行分析、保存、归类等, 用户可通过计算机或手机打开可视化软件就可查看检测到的信息。

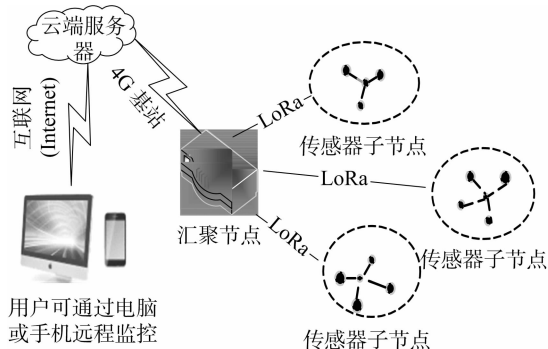


图1 LoRa 温室智能监测系统架构

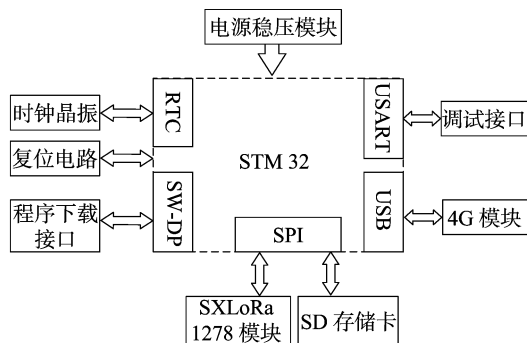
3 系统的硬件设计

本研究设计的温室环境智能监测系统的硬件设计主要包括汇聚节点设计、传感器节点设计 2 个部分。其中汇聚节点用太阳能充电的蓄电池供电, 传感器子节点由 2 节可充电的 18650 锂电池供电。

3.1 汇聚节点的设计

汇聚节点的硬件框架如图 2 所示。汇聚节点是监测系统中通信的关键, 需要完成数据的接收、解析、校验、存储、发送 5 个环节。考虑到系统对通信的实时性要求较高, 故采用以 Cortex-M3 为内核的 STM32F107VC 为控制器作为汇聚节点的主控芯片。STM32 外接 25 MHz 晶振, 经内部振荡电路, 时

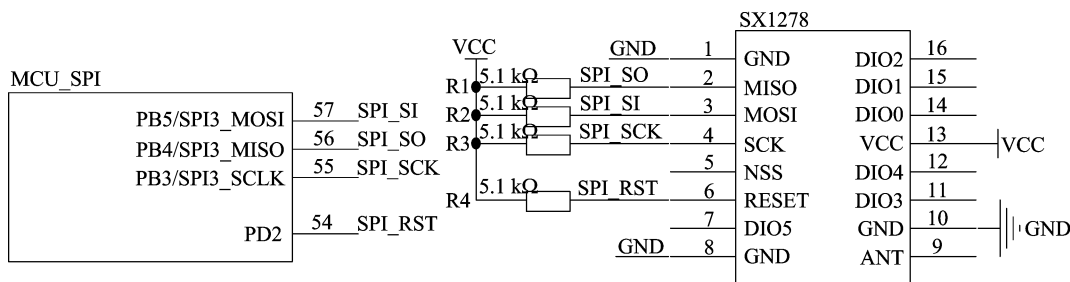
钟频率最高可达 72 MHz, 集成 64 kB SRAM(静态随机存取存储器)、256 kB ROM(只读存储器), 具有 3 路串行 SPI 接口、3 路 USART(通用同步/异步串行接收/发送器)接口, 支持 USB 接口功能。SX1278 LoRa 模块和 SD 卡(secure digital memory card, 简称安全数码)通过 SPI 方式与控制芯片连接, 4G 模块通过 USB 接口与控制芯片连接。电源管控模块将所连接的太阳能电池发出的电力稳压、存储入配套的锂电池中, 系统的全部工作电源包括数据采集、传感器、控制命令等单元均由该蓄电池提供。



RTC—时钟芯片; SW-DP—串行线调试; USB—通用串行总线
图2 汇聚节点的硬件设计框架

3.2 LoRa 通信接口设计

LoRa 芯片选用 SX1278 模块, SX1278 是一款高性能、低功耗、远距离的微功率无线模块, 是标准的 4 线 SPI 接口。系统主控芯片 STM32F107 自带 SPI 接口, 可与之直接连接, 通过 SPI 方式对 SX1278 进行参数配置、数据发送和接收即可实现 LoRa 的通信功能。SX1278 模块与微处理机控制单元(MCU)需要共地连接, 否则模块将无法正常工作。模块的 RESET 管脚用来复位模块, 低电平有效, 高电平运行, 只有在程序初始化时需要对该模块进行复位操作, 之后需要保持复位管脚高电平, 因此将复位管脚设计成上拉方式, 可以保证模块正常运行。SD 卡与 MCU(微控制单元)的连接方式与 LoRa 模块的连接方式相同, LoRa 的 SPI 接口设计如图 3 所示。



VCC—电源; GND—地线
图3 LoRa 模块的通信接口设计

3.3 4G 接口设计

汇聚节点选用 USR-G402TF 作为与服务器的通信模块。USR-G402TF 支持移动/联通 2G、3G、4G 和电信 4G 网络高速接入, 具有 50 Mbps 上行、150 Mbps 下行的最大通信速率。通信端口为 USB 2.0 高速接口。STM32F107 主控芯片是 STM32 互联型产品 OTG_FS 控制器, 可作为 USB 主机和从机双重模式, 支持 USB 高速模式。将 USR-G402TF 模块的 USB 接口与 MCU 的 USB 接口连接, 即可实现 MCU 与 4G 模

块之间的通信。

3.4 传感器子节点的设计

传感器子节点的硬件框架如图 4 所示。传感器子节点是系统检测的基础, 需要对温室内温度、湿度、气压、CO₂ 浓度、光照度等信息进行收集。传感器与传感器子模块通过 RS485 方式进行通信, 可随时增加传感器节点数。RS-485 总线采用差分信号传输, 抑制共模干扰的能力较强, 控制芯片的串行通信接口直接与隔离性 RS485 收发器 ADM2483 相连, 完成

RS485 电平与 TTL(晶体管-晶体管逻辑集成电路)电平之间的转换。ADM2483 内部集成磁隔离技术,无需添加额外的隔离电路,且不需要外接限流电路,相比于传统的 RS485 收发器+光耦隔离器的设计方式,极大地简化了电路。传感器子模块使用电池供电,要求功耗低,所以选用低功耗处理器 STM8S103 为控制器作为主控芯片。STM8S103 带 1 路 SPI 接口,与汇聚节点一样可以与 SX1278 LoRa 模块直接连接。为了防止电池出现电量耗尽的情况,系统还添加了电池监控电路,定期测量电池的电量,低电量时便提醒更换电池。

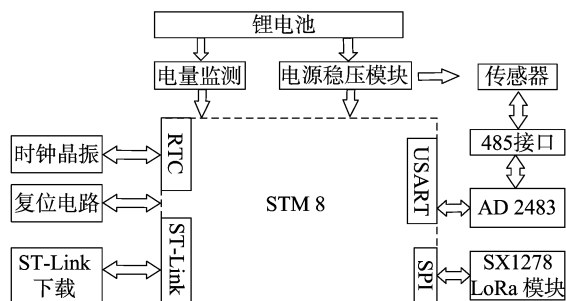


图4 传感器子节点的硬件框架

4 嵌入式软件设计

嵌入式软件设计的重点在于汇聚节点主控程序设计、LoRa 无线通信程序设计、传感器子节点控制程序设计等。嵌入式软件利用 KEIL 5.0 作为开发环境,对于汇聚节点开发完成了串口驱动程序、4G 模块驱动程序、SD 卡驱动程序、LoRa 驱动程序,并移植了 UCOSII 系统,可同步运行多个处理任务。

4.1 汇聚节点的程序设计

汇聚节点执行的任务主要包括数据采集任务和与云端服务器的通信任务。上电后,STM32 对硬件需求进行初始化配置,包括串口 USART 初始化、SPI 接口初始化、USB 接口初始化等。然后利用 UCOS II 系统创建了通信任务和数据采集任务。在通信任务中,汇聚节点与云端服务器之间的数据交互由 4G 通信完成,汇聚节点与传感器子节点之间的数据交互由 LoRa 通信完成,调试时用 USART 完成。数据采集任务将系统设置为周期性采集,当到达采集时间时,系统向传感器子节点发送采集命令,并打开定时器,在一定时间段内若收到传感器子节点上传的数据,则将数据分类保存到 SD 存储卡中。数据采集任务流程如图 5 所示。

4.2 LoRa 通信部分的软件设计

SX1278 工作前先要复位,然后才能进入初始化。操作的主要步骤就是复位、初始化、发射、接收等。

(1)复位。这一步是将 RESET 脚拉低大于 $100\ \mu\text{s}$,然后拉高大于 $5\ \text{ms}$,即可对其进行初始化。(2)初始化。主要通过 SPI 接口进行设置。首先将模块设置为睡眠模式,接着设置为 LoRa 扩频调制模式,再设置为空闲模式,然后依次设置各种参数:端口映射、频率、功率、扩频因子、纠错编码率、CRC(循环冗余校验码)校验、扩频带宽、同步头、有效负载长度、接收超时时间、低数据率优化等,如果需要接收功能,初始化后将模块设置为连续接收模式。之后就可以进行发射与接收处理了。(3)发射。SX1278 的模式切换必须先经过空闲模式,而后才能切换到相应的模式。所以在数据准备好之后,做

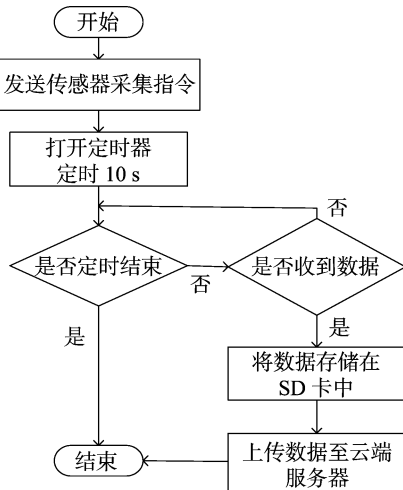


图5 汇聚节点的采集任务流程

发射操作之前,应先将模块设置为空闲模式,然后再配置相应的操作,如跳频设置、端口映射、有效负载长度、FIFO(first input first output,简称先进先出)基址等,然后以 SPI 突发访问的方式往缓冲区中送数据,送完后即可设置为发射模式,让其自动发射。(4)接收。SX1278 的接收可以通过判断映射脚的状态(默认为 DIO0,有高电平出现)或者通过查询中断标志寄存器 0x12 的第 6 位的状态来决定是否接收到了数据,本系统采用的是查询中断标志寄存器的方式。

4.3 传感器子节点的程序设计

传感器子节点的主要任务是接收汇聚节点的采集指令并对传感器下发采集命令。传感器节点利用 485 总线对传感器数据进行采集。未收到采集命令时,子节点控制器与 SX1278 均处于待机状态。当 SX1278 LoRa 模块收到汇聚节点发送的采集命令时,LoRa 模块通过 SPI 的方式唤醒控制器,控制器解析指令后,打开传感器电源并通过 RS485 总线给传感器发送所感知数据的读取指令,当控制器收到传感器反馈的环境数据后,控制器关闭传感器电源并将数据上传至汇聚节点,然后控制器读取电池电量信息,若电量已经过低,则向汇聚节点上报电量低警告,然后子节点系统再次进入待机状态,等待下一个数据读取周期。

5 可视化软件设计

笔者利用 HTML 5 开发了温室环境智能监测软件,仅需要浏览器便可以打开,可跨平台运行,可应用于多种终端设备,安装和维护成本较低。使用者通过该软件可实时在线查看温室内的环境信息,观察历史变化曲线,软件可以帮助用户更好地使用数据和分析数据,提高了系统的智能化水平。软件界面如图 6 所示。

6 应用与总结

将系统运行在某农场内,对其温室环境进行监测,整个农场仅需 1 台汇聚节点设备即可实现整个农场温室环境数据的实时上传,可扩展性的传感器子节点也为其带来了便利,可随时增加对传感器的需求。通过将数据上传至云端服务器,可以随时随地查看温室内的环境信息,基于 HTML 5 的 APP(应用程序)也使得软件更新方便、快捷,跨平台的应用对于开发

吴俊杭,曾宛俊,马本学,等. 基于历史帧路径搜索的红枣动态图像采集[J]. 江苏农业科学,2019,47(10):219-223.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.10.050

基于历史帧路径搜索的红枣动态图像采集

吴俊杭¹, 曾宛俊¹, 马本学², 汪传建^{1,3}, 罗秀芝², 王文霞²

(1. 石河子大学信息科学与技术学院, 新疆石河子 832000;

2. 石河子大学机械电气工程学院/石河子大学图像处理与光谱分析实验室, 新疆石河子 832000;

3. 新疆生产建设兵团空间信息工程技术研究中心/新疆生产建设兵团空间信息工程实验室, 新疆石河子 832000)

摘要:图像采集是实现红枣品质分级和检测的关键前提。针对基于静态图像的采集方式不能全面反映外观品质、实时性差和基于传输式图像采集方式的机械、电路设计复杂且适用性不足的缺点,提出一种基于历史帧最小路径搜索,实现对视频中红枣目标进行跟踪、标定,建立红枣动态样本集的方法。首先利用 RGB(red, green, blue)颜色空间转换 HSV(hue saturation value)空间图像的明度(V)分量,基于 V 分量建立掩膜对 RGB 图像执行掩膜去背景。同时,针对视频图像中获得的二值图像,建立坐标系,获得每帧图像基于轮廓外接最小正矩形的特征向量,将当前帧和前一帧中的特征向量基于最小路径搜索的方法,加入约束条件,实现对视频中每个红枣目标的跟踪和标定,最后基于正矩形参数的感兴趣区域(region of interest, 简称 ROI),实现动态样本建立。利用此算法,对拍摄的视频图像的检测表明建立的动态样本集能更全面地反映红枣外观品质。该算法简单、有效,特别在实现基于深度神经网络的红枣在线检测中具有较大的应用潜力。

关键词:机器视觉;红枣检测;路径搜索;跟踪标定;动态样本

中图分类号: TP391.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)10-0219-05

新疆红枣具有极高的营养及药用价值,又被称为“黄金

收稿日期:2018-01-08

基金项目:国家自然科学基金(编号:61561041、61763043);国家重点研发计划(编号:2017YFB0504203);新疆兵团空间信息创新团队项目(编号:2016AB001)。

作者简介:吴俊杭(1991—),男,江苏常州人,硕士研究生,研究方向为信息采集与处理、计算机视觉研究。E-mail:shzu_wujh_0925@163.com。

通信作者:曾宛俊,博士,讲师,硕士生导师,主要从事数字信号处理、信号处理与数字优化计算研究。E-mail:zengtiaojun@163.com。

寿枣”,受到了越来越多的消费者青睐,社会需求量也在不断加大,大大地激发了自治区规模化发展、产业化经营枣树的积极性^[1]。但同时,霉烂、虫害等缺陷严重影响了红枣的品质和价值,必须进行滤除。机器视觉具有效率高、精度高、检测信息丰富、非接触等优点,在农产品缺陷检测和品质分级领域获得了广泛应用^[2]。

目前,国内外基于机器视觉的水果分选已经较为成熟,但对红枣的研究还相对较少。Wang 等采用了可见光和近红外光谱对枣内部进行了无损检测,并实现枣的无损评价^[3-5]。张萌等基于红枣近红外图像,提出一种亮度快速校正算法,实

机械学报,2014,45(4):236-243.

[2]何勇,聂鹏程,刘飞. 农业物联网与传感仪器研究进展[J]. 农业机械学报,2013,44(10):216-226.

[3]李道亮. 物联网与智慧农业[J]. 农业工程,2012,2(1):1-7.

[4]韩慧. 基于 RS-485 总线的温室环境监测系统[J]. 仪表技术与传感器,2012(3):60-61.

[5]李世红,陈斌,胡慧铺. 基于 CAN 总线和 GPRS 的温室大棚监控系统的设计[J]. 浙江农业学报,2014,26(4):1090-1094.

[6]付焕森,赵振江. 基于 PLC 和组态技术现代农业温室控制系统设计[J]. 农机化研究,2013(12):185-188.

[7]陈高锋,熊刚,龙建明,等. 基于 STM32 和 ZigBee 的小型温室环境控制系统设计[J]. 江苏农业科学,2017,45(8):191-195.

[8]赵太飞,陈伦斌,袁麓,等. 基于 LoRa 的智能抄表系统设计与实现[J]. 计算机测量与控制,2016,24(9):298-301.

[9]马增炜,马锦儒,李亚敏. 基于 WIFI 的智能温室监控系统设计[J]. 农机化研究,2011,33(2):154-157,162.

[10]霍振龙. LoRa 技术在矿井无线通信中的应用分析[J]. 工矿自动化,2017,43(10):34-37.



图6 软件界面的设计效果

人员减少了开发周期,便于及时修补漏洞,使得用户的体验度更好。总体可见,本研究搭建的基于 LoRa 的温室环境智能监测系统有一定的应用价值,值得推广。

参考文献:

[1]李萍萍,王纪章. 温室环境信息智能化管理研究进展[J]. 农业