

## 面向新疆大田智慧滴灌系统的设计

何蔓蔓<sup>1</sup>, 马龙华<sup>2</sup>, 马占东<sup>3</sup>

(1. 浙江中创天成科技有限公司, 浙江宁波 315000; 2. 浙江大学宁波理工学院, 浙江宁波 315800; 3. 天业节水, 新疆石河子 832000)

**摘要** 节水滴灌是新疆农业现代化的标志性成果, 全疆微灌面积位居全国第 1, 发展滴灌自动化迫在眉睫。但是, 现有滴灌自动化产品存在成本高、野外供电困难、信号传输困难、农艺专家知识无法沉淀和优化等问题。为此, 设计出一套适用于新疆大田的智慧节水滴灌系统。该系统由 3 部分组成: 一是适用于新疆大田环境的滴灌控制器; 二是适用于农业数据交换的通信协议和硬件实现; 三是农业大数据云平台。滴灌控制器整合供电、通信和控制模块, 降低了成本, 增强了鲁棒性。基于 LoRa 的通信协议降低了功耗, 增强了在高秆植物环境下的抗干扰性。大数据云平台可实现对环境的自动感知, 对滴灌系统的智能控制, 对专家滴灌方案的保持和持续进化。三者结合, 可以从整体上提高滴灌系统的自动化、信息化和智能化程度。

**关键词** 微灌; 自动化; 信息化; 智能化

**中图分类号** S274.2 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2019)15-0229-03

**doi**: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.15.063



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Design of a Smart Drip Irrigation System for Xinjiang Agriculture

HE Man-man<sup>1</sup>, MA Long-hua<sup>2</sup>, MA Zhan-dong<sup>3</sup> (1. Zhejiang Zhongchuang Tiancheng Technology Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang 315000; 2. Ningbo Institute of Technology, Zhejiang University, Ningbo, Zhejiang 315800; 3. Xinjiang Tianye Jieshui Irrigation Co., Ltd., Shihezi, Xinjiang 832000)

**Abstract** Drip irrigation is a milestone in the modernization of agriculture in Xinjiang. Xinjiang micro-irrigation area ranked first in the country. However, the existing drip automation products have several problems: the cost is high, on-site power supply is difficult, signal transmission is difficult, expert knowledge can not precipitate and optimize. This paper presents a novel system for smart drip irrigation system to solve the above problems. The system consists of three parts: the drip irrigation controller, the data communication protocol and hardware implementation, the agricultural data cloud platform. The drip controller integrates power, communication and control modules, reducing costs and enhancing robustness. The LoRa-based communication protocols reduce power consumption and enhance the anti-jamming capability. The cloud platform achieves the intellectual decision base on the perception of environment. Combined with the three, the system improves the drip irrigation system as a whole in the aspect of automation, information and intelligent.

**Key words** Micro-irrigation; Automation; Information; Intelligence

新疆是典型的干旱绿洲灌溉农业区, 建设节水型农业是农业可持续发展的关键<sup>[1-3]</sup>。当前, 全疆农业高效节水灌溉面积已达 162.67 万  $\text{hm}^2$ , 几乎在所有作物上都实施了高效节水灌溉技术的推广和普及, 微灌作物种类、微灌形式、微灌面积均处于全国领先地位, 但也存在 3 个方面的不足<sup>[4-6]</sup>: 一是自动化程度不高, 即现有滴灌产品以滴灌管、滴灌带、砂石过滤器等为主, 灌溉自动化产品虽有但不多, 且存在成本高、野外供电困难等问题; 二是信号传输困难, 即大田区域手机信号覆盖不全, 高秆作物干扰信号传输; 三是智能化程度不足, 即当前的节水滴灌作业仍然依靠专家经验, 缺少对环境的自动感知和对滴灌系统的智能控制。以上问题制约了新疆未来节水高效农业的发展。为此, 笔者研制出一套适用于新疆大田的智慧节水滴灌系统。该系统由 3 部分组成: 一是适用于新疆大田环境的滴灌控制器; 二是适用于农业数据交换的通信协议和硬件实现; 三是农业大数据云平台。该系统能实现新疆大田滴灌的环境感知、数据传输、决策分析、智能控制等功能, 可为农业滴灌调控提供科学依据, 达到节约化、自动化、智能化的滴灌目标。

## 1 系统组成

智慧滴灌系统由 3 部分组成: 滴灌控制器、信号传输协议、大数据云平台。其中, 滴灌控制器<sup>[7-8]</sup>针对现有控制器成

本高和大田环境下供电困难的问题, 将过去各自独立的供电模型、通信模型和控制模块整合到一个滴灌控制器中, 不仅降低了成本, 而且鲁棒性更强; 通信协议针对 433 兆低频窄带组网技术易受高秆农作物抗干扰的问题, 提出使用基于 LoRa 技术<sup>[9]</sup>的具有适用于农业数据的抗干扰强、速率低、功耗低特点的线性调频扩频调制技术; 农业大数据云平台依赖以上通信协议获取气候、作物和土壤墒情等数据, 再结合农资数据, 通过大数据分析, 作出优化决策, 远程控制滴灌控制器完成滴灌作业。

**1.1 滴灌控制器** 已实现的滴灌控制器主要由两部分组成: 一是供电系统; 二是控制系统。在设计供电系统时, 考虑到新疆地区晴热少雨的气候环境, 利用太阳能作为电能来源, 利用长寿命电池储存电能。太阳能电池系统由太阳能板、电压转换芯片、超级电容、长寿命电池和开关电路组成。控制部分由 LoRa 协议控制芯片、AD 转换芯片、触动开关控制芯片、看门狗芯片组成。总体设计如图 1 所示。

供电部分采用太阳能为电能来源, 通过电源管理芯片为 4 组 2.7 V 超级电容供电, 并为 3.0 V 锂电池充电。超级电容可反复充电无上限。电源管理芯片选用德州仪器的 SM72441, 内部集成 8 通道、12 位数模转换器, 可自动充电, 也可 PWM 编程控制充电。锂电池的充放电也由此芯片控制, 直至充满后断电。在白天光照条件良好的情况下, 由超级电容放电供电, 傍晚无光照时, 由锂电池供电。为防止锂电池和电容的互相充电损耗, 在硬件电路设计时将 2 种充电模式

**作者简介** 何蔓蔓(1989—), 女, 河南商丘人, 助理工程师, 硕士, 从事智能控制技术及应用研究。

**收稿日期** 2018-10-16

进行电气隔离。供电系统通过 DC-DC 电压转换芯片,为控制器提供所需电压。

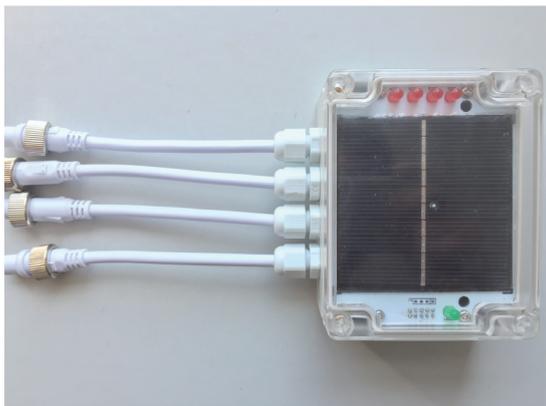


图1 滴灌水泵控制器

Fig.1 Drip irrigation pump controller

控制部分由4个子系统组成,即核心芯片及外围系统、数模转换和传感器系统、看门狗系统、电磁阀控制系统。核心芯片完成充放电管理、电压管理芯片、电压转换芯片和功耗管理。数模转换系统通过低功耗数模转换器向核心芯片传递传感器数据。看门狗系统防止电路死机。电磁阀控制系统通过对阀门电机的正反向通电,控制阀门通断状态。

**1.2 信号传输** 灌溉控制器与首部控制器之间采用自定义的 LoRa 协议<sup>[10]</sup>,首部控制器与大数据云平台之间采用成熟的手机 4G 网络。

LoRa 全称为“Long Range”,是一种低功耗广域网络技术,主要的技术特性为低功耗、低成本和覆盖面广。LoRa 技术基于线性 Chirp 扩频调制,延续了频键控调制的低功耗性能,并因 Chirp 调制而具有长距离传输性能和较好的抗干扰性能。LoRa 是物联网(Internet of Things, IoT)时代物物相连的重要载体,其信号穿透能力强于 Zigbee,传输距离优于 Wi-Fi 通讯,适用于大田农业中通讯距离远、作物造成屏障的特殊环境。

笔者设计的 LoRa 方案基于 433MHz 免费频段,星型组网,并制定了一套适用于农业环境的异构网络通信协议,确保指令的上传下达。采用独立的控制模块负责收集、整合与之相连的传感器模块采集的数据,并将数据送至主控器。通信控制模块围绕数据转发分析处理单元进行,完成数据包的传输,负责对来自服务器的数据包拆包分解通过 LoRa 协议发送给终端控制器,或将来自传感器的数据组包后通过 TCP/IP 协议发送给服务器。通过异构通信协议融合算法实现不同类型数据包的统一资源管理,并根据约定规则重组或转发数据包。在通信出现异常时,具有异常处理功能,可重传或丢弃错误包,保障传输协议的鲁棒性。终端节点在无下行链路请求的情况下,会进入长期休眠状态,以节省能耗,当有下行数据请求时,网关会向该节点发送激活代码,随后终端节点会进入激活状态,进行下行数据的接收。对于不需要频繁通信、延迟要求不高、数据量不大的农业数据传输应用场景来讲,LoRa 协议显然具有较大优势。

**1.3 大数据云平台** 大数据云平台<sup>[11-13]</sup>依托坚实的控制器和信号传输技术,将环境(光照、温度、湿度)、土壤(盐碱度、湿度、温度)、管道(PE/EC、流量、压力)、农资等全方位的数据汇总至平台,实现手机端的田间控制和平台端的集中控制,具体控制方式如图2所示。

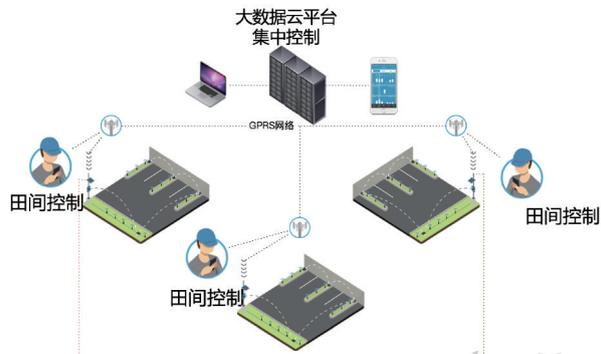


图2 大数据平台控制方式

Fig.2 Big data platform control method

田间控制使用手机接入云平台进行,可根据传感器的反馈,实现水泵等执行机构的手动或自动控制,例如:定时定量的自动滴灌水/肥/药、定比例的自动滴灌肥药、由光照量或湿度触发的自动滴灌水、低温自动管道保护、压差触发的自动反冲洗、压差或流量触发的堵塞或破管自动报警和关阀、恒压滴灌等。使用手机进行远程田间控制不仅方便,还可降低控制器的触摸屏成本。

集中控制使用计算机在大数据云平台上进行,具体如图3、4所示。集中控制有五大类功能:一是田间滴灌控制器的远程控制,支持控制器的远程、滴灌计量、更新控制器程序等,可实现田间控制的所有功能,例如定时定量定点灌溉、条件触发灌溉等;二是可视化,包括基于地理信息系统的管网及设备可视化,传感器状态异常可视化,管网流量、压力、环境、土壤等异常可视化,基于手机定位的田间作业人员实时跟踪,传感器历史状态、作业人员实时轨迹追踪;三是滴灌方案制定,包括基于作物种类/环境/土壤等变量手工制定滴灌方案,历史方案保存与查询,基于历史方案的最优方案学习,对不同农作物滴灌方案的设定与进化等;四是田块管理,包括作物种类登记、土壤类型登记、收成登记、历史信息查询等;五是人员管理,包括作业人员账号管理、作业人员田块权限管理、操作历史记录与查询等。

大数据云平台是云计算、物联网、“3S”技术(遥感技术、地理信息系统和全球定位系统的统称)等多种信息技术在农业中综合、全面的应用,与现代生物技术、种植技术等高新技术融为一体,为农业生产提供精准化种植、可视化管理、智能化决策,实现更精准的农业信息感知、更集中的农业数据资源的互联互通、更深入的智能控制,促进发展资源节约型、环境友好型农业及农业资源由高强度利用向节约高效利用的转变。

## 2 系统中的科学问题

**2.1 复杂网络的云端控制问题** 在传统自动化控制中,被控对象的数学模型是控制和测量的前提,但在引入大数据云

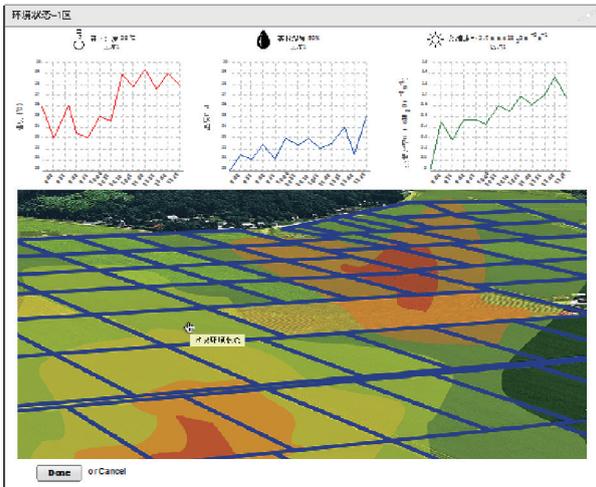


图3 云平台上显示传感器信息

Fig.3 Sensor information on the cloud platform

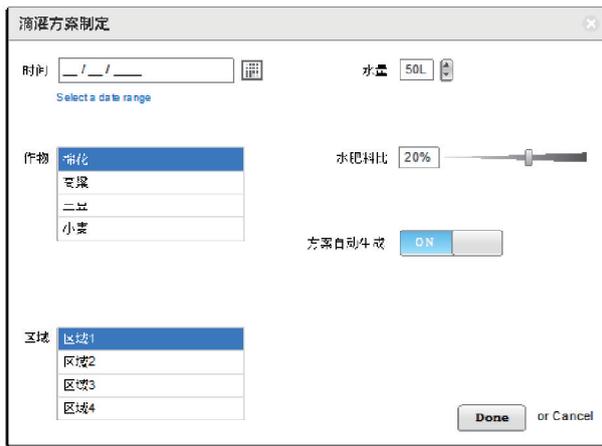


图4 云平台上制定滴灌方案

Fig.4 Drip irrigation scheme developed on the cloud platform

计算后,系统建模过程中不可避免地引入建模误差,对应这种复杂系统,由于变量众多,无法建立精确的数据模型,数据驱动的控制应运而生。然而在这一新领域还存在很多问题,例如在数据驱动的控制方法下,如何根据已接收到的数据来区分线性系统和非线性系统;如何分析基于数据驱动的非线

性系统的稳定性;如果有数据丢失或时间延迟发生,如何计算间歇性观测的子空间等。这些都有待进一步探索。

**2.2 云端平台的安全性** 云控制系统的安全问题是最重要的问题<sup>[11]</sup>。针对云控制系统的攻击形式多种多样,除了针对传输网络的 DDOS 攻击,还有攻击控制信号和传感信号本身的欺骗式攻击和重放攻击等。对于云控制系统而言,设计的目标不仅仅要抵御物理层的随机干扰和不确定性,更要抵御网络层有策略、有目的的攻击。因此,云控制系统的安全性对现有控制安全技术提出了更高的要求。

### 3 结语

设计出一套适用于新疆大田环境的智慧化农业滴灌系统。该系统覆盖控制器、无线传输协议和云平台 3 个方面,可实现滴灌作业下的环境感知、数据传输、智能控制、远程服务、决策分析等功能,为滴灌调控提供科学依据,达到增产、改善品质、调节生长周期、提升滴灌管理效能、提高农产品经济效益的目的。

### 参考文献

- [1] 李久生,栗岩峰,王军,等.微灌在中国:历史、现状和未来[J].水利学报,2016,47(3):372-381.
- [2] 陈林,程莲.新疆滴灌自动化技术存在的问题及对策[J].大麦与谷类科学,2015(3):1-3.
- [3] 逢焕成.我国节水灌溉技术现状与发展趋势分析[J].中国土壤与肥料,2006(5):1-6.
- [4] 郭庆人,陈林.水稻膜下滴灌栽培技术在我国发展的优势及前景分析[J].中国稻米,2012,18(4):36-39.
- [5] 张婷,白安龙.自动化滴灌系统在新疆农业灌溉中的应用前景[J].石河子科技,2009(1):18-19.
- [6] 尹飞虎,周建伟,董公社,等.兵团滴灌节水技术的研究与应用进展[J].新疆农垦科技,2010,33(1):3-7.
- [7] 李加念,洪添胜,卢加纳,等.柑橘园低功耗滴灌控制器的设计与实现[J].农业工程学报,2011,27(7):134-139.
- [8] 刘永鑫,洪添胜,岳学军,等.太阳能低功耗滴灌控制装置的设计与实现[J].农业工程学报,2012,28(20):20-26.
- [9] 刘琛,邵震,夏莹莹.低功耗广域 LoRa 技术分析与应用建议[J].电信技术,2016(5):43-46,50.
- [10] 万芬.浅谈 LoRa 物联网技术及应用[J].通讯世界,2017(2):91-92.
- [11] 冯登国,张敏,李昊.大数据安全与隐私保护[J].计算机学报,2014,37(1):246-258.
- [12] 程学旗,靳小龙,王元卓,等.大数据系统和分析技术综述[J].软件学报,2014,25(9):1889-1908.
- [13] 王元卓,靳小龙,程学旗.网络大数据:现状与展望[J].计算机学报,2013,36(6):1125-1138.