

# 设施农业物联网的可靠性及冗余技术应用研究

刘伟中<sup>1</sup>, 徐海斌<sup>1</sup>, 贺天飞<sup>2</sup>

(1. 江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所, 江苏淮安 223001; 2. 涟水野竹源农业有限公司, 江苏涟水 223442)

**摘要** 通过对设施农业物联网系统实践的总结, 分析物联网系统外部供电环境、系统内所用设备、内部传感器及执行机构内各环节对系统可靠性的影响, 提出相应的解决方法及冗余技术在系统中的应用, 对设施农业物联网技术的应用推广提供技术支持。

**关键词** 设施农业; 物联网; 可靠性; 冗余

**中图分类号** S126 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)19-343-03

在高投入、高产出的设施农业中, 物联网的系统应用, 使得劳动生产率和产品质量大幅度提高<sup>[1-3]</sup>, 然而实践中停电、传感器失灵、网络故障、控制设备损坏等多种因子促成的系统故障, 常带来生产事故, 而系统设计中运用系统学理论和冗余技术保证系统可靠性与稳定性是一个值得深入探讨和研究的问题。物联网技术应用在设施农业中, 其架构分为感知层、传输层、平台层和应用层; 实践中停电、传感器失灵等多种因素导致的系统故障, 常使系统可靠性受到威胁, 并影响该技术推广应用<sup>[4]</sup>。笔者针对当前农业设施分散、基础配套不足和农民使用中维护能力差等问题, 提出了利用物联网技术重点解决如何有效感知、稳定传输和可靠存贮等问题, 以提高物联网系统的可靠性和冗余度。

## 1 物联网系统外部供电环境的可靠性和冗余度

任何一个信息系统都必须有供电系统的支撑, 在设施农业物联网工程中稳定的供电是系统稳定可靠的大前提。市供电是日常常见的供电方式, 但在实际应用中由于农用电时常停电, 为了在市电断电情况下仍然保持系统的正常运行, 供电保证系统的设计则至关重要。

在数据采集集中器处应采用不间断电源系统, 即 UPS 主机和必要的电池, 以确保市电停电时仍可保持数小时对设备的供电。中心机房是整个系统的核心, 其供电系统必须使用 UPS 不间断电源, 以保证系统的可靠运行。

现场采用 Zigbee 无线传输方式的传感器, 一般使用内置充电电池, 如采用小型太阳能电池板对电池及时充电, 可在较大程度上提高现场设备的可靠性。由于现场传感器的耗电量较小, 在实际应用中多采用“太阳能+电池组”供电的方式对远离市电的传感器设备进行供电, 如安装在基地室外的小型气象站即是如此。

## 2 物联网系统内所用设备的可靠性和冗余度

### 2.1 数据传输

数据传输在设施农业物联网的工程实例中常采用有线传输(光缆、铜缆)、无线传输和有线无线相结合的方式, 各传输方式的特点见表 1。在一个联栋大棚的 PLC (或单片机) 自动控制系统, 现场传感器将采集的数据传到 PLC 控制器, 根据所设定的控制参数 PLC 直接发出控制指令

驱动相应的执行设备, 在联栋大棚的小区域内完全采用有线数据传输与控制方式。在某蔬菜基地的一片钢架拱棚种植区域, 如果采用有线的方式分布传感器设备, 由于点的分布分散给布线带来困难, 则常采用无线传输的方式。各传感器数据通过 Zigbee、433 MHz 无线模块或 WiFi 无线网络的方式传到基地控制中心, 该数据链路即为完全的无线传输方式。另外, 如果种植基地的大棚数量较多, 分布面较广, 并有一个集中式的数据采集中心, 例如市(县)农委的信息中心, 则数据传输链路就必须使用有线和无线相结合的方式。从数据传输方式的可靠性、数据传输速率、成本及施工难度分析, 不同传输方式的优缺点比较见表 1(三级评判)。

表 1 物联网系统 4 种传输方式的特点对比

传输方式	可靠性	传输速率	传输距离	成本	施工难度
光纤	高	高	远	高	高
铜缆	高	中	近	中	中
无线串口通讯	中	低	中	低	低
无线 IP 通讯	低	中	远	中	低

在园区基地的物联网项目建设中除数据采集与控制外, 一般会有棚舍的视频监控项目同时设计与安装。在项目采用光缆传输数据的模式下, 可以使用多芯线缆中的富余光纤芯用于监控视频数据传输, 由此可降低光纤数据传输的综合成本。

### 2.2 互联网接入方式

设施农业物联网的各种互联网接入方式比较见表 2。设施农业物联网是物联网技术在现代农业领域的应用, 传统互联网(因特网)及飞速发展的手机终端移动网络, 为数据在不受地理位置限制的传输提供了可用的手段。现场传感器及执行机构组成在实际应用的首尾两端, 在应用软件系统的支持下解决了物品与物品(T2T)、人与物品(H2T)之间的互连组成了符合国际电信联盟(ITU)的定义的物联网。以一个市(县)农业信息中心所建的现代农业物联网远程监控系统为例, 信息中心可接收本区域内若干设施农业种植基地的现场传感器信息, 在自动控制状态下系统根据阈值参数实现自制, 使用者也可通过 PC 或手机终端及时访问现场实况、报警信息与实施远程控制。在这一系列过程中网络起到了主要的作用, 故物联网系统可靠性取决于所使用的互联网接入的可靠程度。

**基金项目** 苏北科技专项基金(BN2014116)。

**作者简介** 刘伟中(1971-), 男, 江苏淮安人, 助理研究员, 从事植物保护研究。

**收稿日期** 2015-05-07

表2 设施农业物联网的各种互联网接入方式比较

接入端	方式接入	IP地址	可靠性	费用	实际应用
中心端	ADSL	动态	低	低	很少采用
	光纤	固定	高	高	最佳方案
基地端	ADSL	动态	低	低	成本低较多采用
	光纤	固定	高	高	成本高采用较少
	3G DTU	动态/固定	高	低	稳定可靠多采用
用户端	3G 路由器	动态/固定	高	高	使用成本高未普及
	电脑上网	/	高	低	已普及
	智能手机	/	高	高	已普及

**2.3 中心机房设备** 中心机房由网络路由器、交换机、数据采集上位机服务器、数据库服务器等设备组成。整个系统的传感器数据都将汇总的机房的数据库服务器中,所有的访问者也将从服务器中获得所需数据。中心机房的稳定可靠运行对系统的重要性是不言而喻的。为了避免单点故障对整个系统的破坏性,对数据采集上位机服务器、数据库服务器选用可靠性较强的高端设备或采用双机备份的配置方案是非常必要的。

**2.4 应用软件** 基于物联网的设施农业远程监控的软件系统由传感器设备内部的嵌入式程序、上位机的数据采集程序、数据库、WEB应用及手机、PC客户端程序等若干个模块组成。在投入实际应用前,对软件系统进行大数据量的测试是非常必要的。通过测试,可优化数据处理过程,以提高系统稳定性与可靠性。如嵌入式软件须使用看门狗功能,防止硬件死机。在上位机数据采集程序开发中多线程并发事件处理、内存分配处理、数据库接口处理等环节是影响软件稳定性与可靠性的关键技术点。在WEB应用程序开发时要进行多用户访问测试、海量数据的查询测试,否则在进行为期5个月的作物积温统计曲线查询时,会出现响应时间较长或超时无响应的情况。

**2.5 系统自检功能和故障报警** 设备在使用过程中,可能由于自身或外部环境问题出现各种各样的损坏或故障。及

时发现并解决这些问题,可极大地提高系统运行的可靠性。在系统软硬件设计时,应设置自检程序,可手动或周期性的在系统非执行空闲时间(如设施蔬菜晚上)对系统进行自检。在出现非正常情况时可定位故障部位和发出报警指示;如内含嵌入式系统的无线传感器自身干电池电压过低时,通过报警和系统提示功能,提醒维护人员及时处理;对断电、控制执行机构故障等较严重的系统问题应配置短信猫等设备,可通过短信或语音留言等方式及时告知有关人员,将系统改为人工操作等应急模式,以防引发进一步的生产事故。

**2.6 验证系统的设计** 为了保证系统的可靠性,应设立相互独立的验证系统,以监测执行机构是否动作,以及工作效果,确保系统在可控状态下运行。

如生产中大棚两侧通过电动卷帘通风降温。当棚内温度较高时,系统应当向降温设备发出指令,开启这些设备,执行相关动作,进行通风降温工作。如果电机损坏或机械传动系统失灵,虽然系统表面显示一切运行正常,系统也发出一卷帘动作指令,但实际卷帘不运作,棚内高温就会在1h内造成生产事故。这时可通过远程视频的实时监控来验证上述动作实际操作情况,也可通过软件设计一个独立验证系统来验证上一动作是否被实际执行,如计算指令动作发出后5~10min温度传感器变化的速率,并通过通信手机关联到生产管理人,如果该速率变化是高于设定的最低值(根据专家经验),可通过短信发出“卷帘成功”的验证信号;相反速率变化方向不同、不变化或低于设定的最低值,则可通过短信发出“卷帘失败”、“卷帘故障”的验证信息,并及时通知有关人员采取相应措施,可有效防止生产事故的发生。

**2.7 网络结构** 如市县两级网络采用图1a结构,每个二级服务器只接受本县的传感器上传数据,虽有各县相对独立不相互影响之优点,但是由于数量众多的传感器和访问终端被分散连接到多个服务器,基于各县级服务器的质量与维护能力,增加了故障出现的概率。

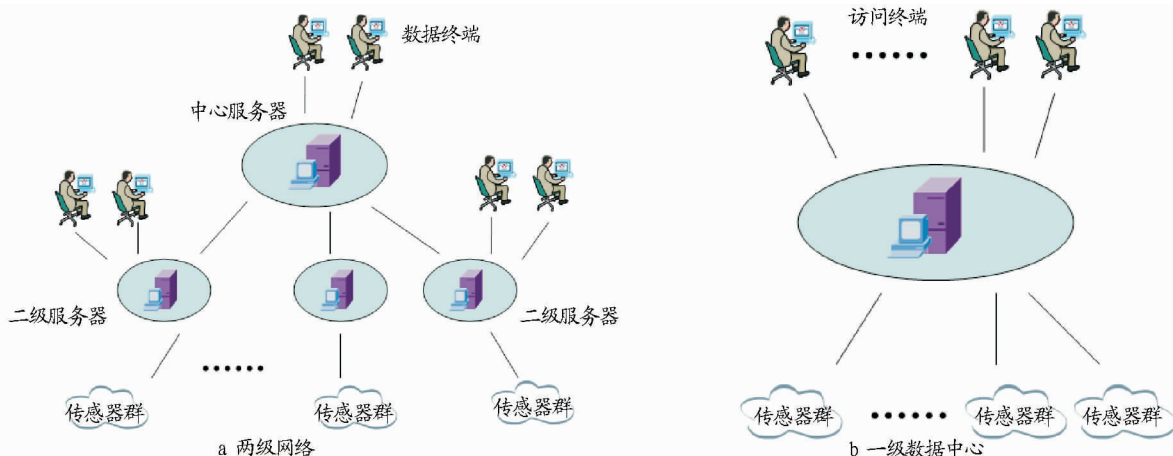


图1 设施农业物联网网络结构示意图

而如图1b系统使用一级数据中心,全市所有的农业物联网传感器的数据全部上传至该数据中心的服务器,所有的访问者也只能访问此服务器,对提高网络有利,但对服务器

和网络性能提出了更高要求。

实践中,该研究采用esc3b一级结构,且随着技术进步,租用“阿里云”云端服务器,对服务器可弹性配置,专业服务

器提供商对系统提供 99.999 9% 的可靠性保障,既节本,又可靠,是农业物联网应用的首选方案。

### 3 物联网内部传感器及执行机构的可靠性和冗余度

**3.1 传感器** 对于某些成本较高的如土壤温湿度传感器,在一个大棚中根据实际情况没有必要多个安装,在喷灌(滴灌)的条件下合理选择一个监测点即可满足要求。在水产养殖鱼塘中溶解氧传感器成本较高,且水中溶氧梯度小,一般同样养殖密度的一片鱼塘安装一台即可满足要求。在畜禽养殖如养鸡场对氨气的检测,由于氨气较空气轻,安装位置可高于鸡舍位置,从成本考虑,在一个鸡舍里将传感器设备安装在可能出现氨气浓度最大值的地方即可。

温湿度是动植物生长影响较大的因素,为设施农业物联网监控系统中不可缺少的监测参数,故在系统设计中都需要有冗余的考虑。光照在设施大棚中一般根据作物对光的不同的要求加以选择,喜光作物的饱和光照强度 25 000 lux 左右,在大棚内部使用的光照传感器选择满量程为 50 000 lux 的即可满足要求。室外光照传感器一般使用量程为 0~200 000 lux,与棚内光照传感器结合使用用以控制遮阳网的开闭。目前虽传感器产品的发展,光照传感器在很多产品中已于温湿度集成在一起,形成温湿光三合一的传感器,故棚内的光照传感器数量可与温湿度传感器的数量相同,室外 0~200 000 lux 光照传感器由于成本原因一般安装一个即可。提高二氧化碳的浓度对 C3 类作物的增产有明显效果,在园艺大棚内种植的黄瓜、番茄和青椒等常见蔬菜,常需要加放 CO<sub>2</sub> 气肥,CO<sub>2</sub> 传感器选型量程一般为 0~2 000 ppm,由于成本的原因,一个棚内安装一个置于最不容易扩散到达位置即可。

**3.2 执行机构** 传感器设备的体积较小,可根据需要随时在已建成的系统中配置添加。但针对体积执行机构设备而言,这类问题必须在设施棚舍设计时给予充分考虑。通风机必须多组使用,如一个连栋大棚安装了 8 个通风机,我们在配电电路上至少要将其分成两组,即 1、3、5、7 奇数组为一组;2、4、6、8 偶数组为一组,这样一方面是满足功能效果上的要求,另一方面也不至于在某电路出现问题时造成完全不能通风的情形。同理棚舍的降温加湿水帘机也应在 2 组以上。在控制喷灌(滴灌)管路上的电磁阀在设计安装中一般也需要有一个并联的阀门作为冗余备份,出于成本考虑,至少也要有一个手控的阀门,在电磁阀失效时亦可手工操作。棚舍大棚的水源一般采用水池储水或地下水,通过水泵向管网供水。如果是水池泵水,需有一套前段的过滤处理设备,需要定期维护,所以供水管网的水泵及过滤设备一般均应有冗余备份。

### 4 设施农业物联网应用注意事项

设施农业所涉及的领域一般为园艺大棚种植类、水产养殖类及畜禽养殖类这 3 大领域。所使用的现场传感器及控制执行机构见表 3。

由表 3 可知,现场传感器及现场执行机构是系统构成的首尾两端的重要设备,一旦此环节出现故障则系统无法工作。为了提高现场设备的可靠性,可从以下 4 个方面考虑:

表 3 传感器及控制执行机构

设施分类	现场传感器	现场执行机构
大棚种植	温湿度传感器	通风机、水帘机、环流机、保温层、卷帘机
	光传感器	外遮阳网、内遮阳网、补光灯
	土壤温湿度传感器	滴灌电磁阀(水泵)、微喷电磁阀(水泵)
	CO <sub>2</sub> 传感器	通风机、CO <sub>2</sub> 发生器
水产养殖	水溶解氧传感器	增氧机
	HP 值传感器	补水泵
	水层温度传感器	循环水泵
	氨氮值传感器	补水泵
畜禽养殖	光传感器	灯光控制
	温湿度传感器	通风机、水帘机
	氨气传感器	通风机

(1) 在产品的设计或选型时,必须考虑实际使用环境,针对环境要求采用能够可靠运行的设备。在实际应用中有的传感器工作在高温高湿的环境中,该产品除传感器探头之外的所有电路板及接线端子必须完全密封,防止水分的进入。

(2) 采用设备数量的冗余,在一个大棚中须安装至少 2 个以上的传感器设备。如在一个 5 联栋大棚中,温湿度传感器一般选择安装 4 套,按图 2 位置相错安装。一方面是因为棚的面积较大,棚内各点存在温度差,冬季夏季有南北温度差,上午、下午有东西温度差,当温度差或湿度差大于所设定值时,内环流风机启动工作;另一方面棚内的多个传感器也形成了设备的冗余,当某个传感器故障时,不至于采集不到现场数据。

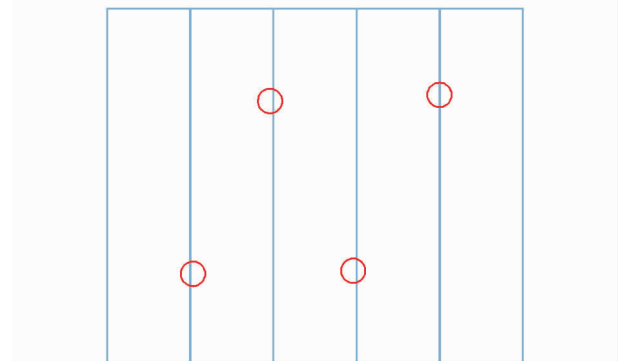


图 2 5 联栋大棚中温湿度传感器安装位置示意

(3) 数据中心应使用云计算架构的网络系统。供电系统一定要有 UPS 做保障。

(4) 在设施农业物联网网络中应用软件需保持协议的一致性,避免非统一通讯协议的接入给网络系统带来危害。

### 参考文献

- [1] 江懋华. 物联网农业领域应用发展对现代科学仪器的需求[J]. 现代科学仪器, 2010(3): 5-6.
- [2] 李道亮. 农业物联网导论[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [3] 刘海明. 物联网技术在农业生产中的应用探究[J]. 农业与技术, 2012, 32(5): 30.
- [4] 沈苏彬, 范曲立, 宗平, 等. 物联网的体系结构与相关技术研究[J]. 南京邮电大学学报: 自然科学版, 2009, 29(6): 1-11.