



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104656617 B

(45)授权公告日 2017.11.10

(21)申请号 201510019263.1

(22)申请日 2015.01.15

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104656617 A

(43)申请公布日 2015.05.27

(73)专利权人 青岛智能产业技术研究院

地址 266109 山东省青岛市高新区智力岛路1号创业大厦B座26层

(72)发明人 康孟珍 范兴容 郭少鑫 王飞跃

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 宋焰琴

(51)Int.Cl.

G05B 19/418(2006.01)

H04L 29/08(2006.01)

G01D 21/02(2006.01)

(56)对比文件

CN 102736596 A,2012.10.17,

CN 101286060 A,2008.10.15,

KR 101031820 B1,2011.04.29,

王纪章.基于物联网的温室环境智能管理系统研究.《中国博士学位论文全文数据库(电子期刊)农业科技辑》.2014,(第5期),

R.Xu et.al.A photothermal model of leaf area index for greenhouse crops.《Agricultural and Forest Meteorology》.2010,第150卷(第4期),

Lu Lin et.al.Modelling the effects of soil water potential on growth and quality of cut chrysanthemum (Chrysanthemum morifolium).《Scientifia Horticulturae》.2011,第130卷(第1期),

刘洋等.基于物联网与云计算服务的农业温室智能化平台研究与应用.《计算机应用研究》.2013,第30卷(第11期),

刘洋等.基于物联网与云计算服务的农业温室智能化平台研究与应用.《计算机应用研究》.2013,第30卷(第11期),

审查员 徐锦超

权利要求书3页 说明书7页 附图2页

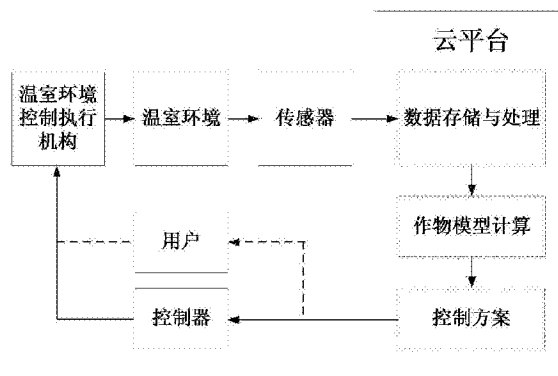
(54)发明名称

基于物联网和云计算技术的温室环境调控系统和方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于物联网和云计算技术的温室环境调控系统,包括:温室环境传感器模块、环境数据传输模块、云平台服务器模块、温室环境控制模块和温室环境执行机构;以及一种基于物联网和云计算技术的温室环境调控方法。本发明对环境的调控结合了作物本身的需求,而不是单一阈值控制,从而使温室的环境控制更为精细;利用自动监测的环境数据,避免了关于作物-环境互作的复杂建模过程,直接将环境视为输入量;利用作物模型,可预测作物的采收上市时间以及产量;对于提高温室管理的智能性、自动性,提高温室生长的经济效益具有重要意义。

CN 104656617 B



1. 一种基于物联网和云计算技术的温室环境调控系统,包括温室环境传感器模块、环境数据传输模块、云平台服务器模块、温室环境控制模块和温室环境执行机构,其特征在于,

所述温室环境传感器模块使用数据采集器和各种环境传感设备对温室内空气或土壤数据进行测量,包括温室空气温湿度、二氧化碳浓度、光照强度和/或土壤温湿度;

所述环境数据传输模块用于传输环境监测数据到所述云平台服务器模块,传输方式包括有线和/或无线方式;

所述云平台服务器模块使用接收到的所述环境监测数据和作物模型进行环境控制决策方案计算,进行数据的存储与处理、作物模型计算和求解温室环境调控方案,并将所述温室环境调控方案发送给所述温室环境控制模块;

所述温室环境控制模块基于所述云平台服务器模块计算所得的温室环境调控方案,对所述温室环境执行机构直接进行自动控制,或者将所述温室环境调控方案发送到管理者的移动客户端,由所述移动客户端对所述温室环境执行机构进行控制;以及

所述温室环境执行机构用于对所述温室内环境因子进行调整;

其中所述温室环境调控方案根据所述温室中种植的作物类别和相应的作物模型计算出对应的温室环境调控方案,其中所述温室环境调控方案包括灌溉调控方案,所述灌溉调控方案包括:在温度和光照均不可控的情况下,灌溉阀门的开关可以根据水势的增加对瞬时总光合速率增益的比例来确定,即阀门控制State可以设置为:

$$\text{State} = \begin{cases} 1 & \Delta\text{WP}/\Delta\text{P}_g \geq R_c \\ 0 & \Delta\text{WP}/\Delta\text{P}_g < R_c \end{cases},$$

其中, ΔWP 为土壤水势变化量, ΔP_g 为作物光合速率变化量, R_c 为水势的增加对瞬时总光合速率增益的比例的临界值。

2. 根据权利要求1所述的基于物联网和云计算技术的温室环境调控系统,其中所述云平台服务器模块执行的所述作物模型计算步骤是基于环境信息和作物模型进行环境因子对作物生长或发育影响的模拟,提炼出反映作物需求的指标,并据此决定对一个或多个环境因子进行调控的温室环境调控方案。

3. 根据权利要求2所述的基于物联网和云计算技术的温室环境调控系统,其中所述作物模型计算步骤包括计算所述作物模型的作物瞬时光合响应曲线:

$$P_g = P_{g,\max} \left(1 - e^{-\frac{\varepsilon \times \text{PPFD}}{P_{g,\max}}} \right),$$

其中,

$$P_{g,\max} = P_{g,\max}(0) \times f(T) P_{g,\max} \times f(\text{WP}) P_{g,\max},$$

$$\varepsilon = \varepsilon(0) \times f(T) \varepsilon \times f(\text{WP}) \varepsilon,$$

$$f(T)_{P_{g,max}} = \begin{cases} 0 & T < T_{min} \\ \sin\left(\frac{\pi}{2} \times \frac{T-T_{min}}{T_0-T_{min}}\right) & T_{min} \leq T < T_0 \\ \sin\left(\frac{\pi}{2} \times \frac{T_{max}-T}{T_{max}-T_0}\right) & T_0 \leq T \leq T_{max} \\ 0 & T > T_{max} \end{cases},$$

$$f(T)_\varepsilon = b_1 - b_2 \times T,$$

$$f(WP)_{P_{g,max}} = \begin{cases} 1 & WP \geq WP_C \\ 1 + b_3 \times (WP - WP_C) & WP < WP_C \end{cases},$$

$$f(WP)_\varepsilon = \begin{cases} 1 & WP \geq WP_C \\ 1 + b_4 \times (WP - WP_C) & WP < WP_C \end{cases},$$

其中, P_g 为作物瞬时总光合速率, 单位为 $\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$, $P_{g,max}$ 为光饱和作物总光合速率, 单位为 $\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$, ε 为作物光化学系数, 即每吸收一个光子所消耗的 CO_2 的量, 单位为 $(\text{mol PAR})^{-1}$, PPFD 为光合光子通量密度, 单位为 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$; $P_{g,max}(0)$ 与 $\varepsilon(0)$ 分别表示没有水分胁迫、温度最佳时的光饱和作物总光合速率与作物光化学系数; $f(T)_{P_{g,max}}$ 与 $f(T)_\varepsilon$ 分别表示温度对光饱和作物总光合速率与作物光化学系数的影响作用, b_1 和 b_2 分别表示光饱和作物总光合速率与作物光化学系数随着温度的变化率, $f(WP)_{P_{g,max}}$ 与 $f(WP)_\varepsilon$ 分别表示土壤水势对光饱和作物总光合速率与作物光化学系数的影响作用; T_0 为植物最适宜温度, T 为离地 1.5 米处的空气温度, 由温度传感器测量得到; WP 为土壤水势, 单位为 kPa , WP_C 为土壤临界水势, b_3 和 b_4 分别表示光饱和作物总光合速率与作物光化学系数随着土壤水势的变化率。

4. 一种基于物联网和云计算技术的温室环境调控方法, 包括以下步骤:

采用物联网技术, 对温室环境信息进行实时采集;

根据温室内种植的主要作物的类别和相应的模型, 计算温室环境调控方案;

根据所述温室环境调控方案, 将控制信息传输到相应的控制设备或管理端, 进行环境的调控;

其中所述温室环境调控方案根据所述温室中种植的作物类别和相应的作物模型计算出对应的温室环境调控方案, 其中所述温室环境调控方案包括灌溉调控方案, 所述灌溉调控方案包括: 在温度和光照均不可控的情况下, 灌溉阀门的开关可以根据水势的增加对瞬时总光合速率增益的比例来确定, 即阀门控制 State 可以设置为:

$$\text{State} = \begin{cases} 1 & \Delta WP / \Delta P_g \geq R_c \\ 0 & \Delta WP / \Delta P_g < R_c \end{cases},$$

其中, ΔWP 为土壤水势变化量, ΔP_g 为作物光合速率变化量, R_c 为水势的增加对瞬时总光合速率增益的比例的临界值。

5. 根据权利要求 4 所述的基于物联网和云计算技术的温室环境调控方法, 其中所述温室环境信息包括温室空气温湿度、二氧化碳浓度、光照强度和/或土壤温湿度。

6. 一种基于物联网和云计算技术的温室环境调控方法, 包括以下步骤:

通过温室环境传感器模块采集温室环境信息数据;

将采集到的所述温室环境信息数据传输到云平台服务器模块;

将所述温室环境信息数据存储在上述云平台服务器模块,并利用环境因子上下限区间法处理和校验所述温室环境信息数据;

结合所述温室环境信息数据和温室内主要作物的作物模型,计算出基于所述主要作物需求的温室环境调控方案;

基于所述温室环境调控方案计算得到灌溉调控方案;

基于所述温室环境调控方案和/或灌溉调控方案对所述温室内可控设备进行直接自动控制,或者将所述温室环境调控方案和/或灌溉调控方案发送到客户端,由客户端对所述温室内可控设备进行控制;

其中所述温室环境调控方案根据所述温室中种植的作物类别和相应的作物模型计算出对应的温室环境调控方案,所述灌溉调控方案包括:在温度和光照均不可控的情况下,灌溉阀门的开关可以根据水势的增加对瞬时总光合速率增益的比例来确定,即阀门控制State可以设置为:

$$\text{State} = \begin{cases} 1 & \Delta\text{WP}/\Delta\text{P}_g \geq R_c \\ 0 & \Delta\text{WP}/\Delta\text{P}_g < R_c \end{cases},$$

其中, ΔWP 为土壤水势变化量, ΔP_g 为作物光合速率变化量, R_c 为水势的增加对瞬时总光合速率增益的比例的临界值。

7. 根据权利要求6所述的基于物联网和云计算技术的温室环境调控方法,其中所述温室环境信息包括温室空气温湿度、二氧化碳浓度、光照强度和/或土壤温湿度。

8. 根据权利要求6所述的基于物联网和云计算技术的温室环境调控方法,其中所述将采集到的所述温室环境信息数据传输到云平台服务器模块的步骤可以采用有线或无线传输方式。

基于物联网和云计算技术的温室环境调控系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及基于计算机技术和电子信息技术的农林业技术应用领域,更具体地涉及一种基于物联网和云计算技术的温室环境调控系统和方法。

背景技术

[0002] 农业物联网,指运用温度、湿度、pH值、光照、CO₂等传感器设备,检测环境中的温度、相对湿度、pH值、光照强度、土壤养分、CO₂浓度等物理量参数,通过实时的远程传输和存储实现农户对环境信息的感知,是工业反哺农业的典型体现。

[0003] 然而,正如行业专业人士所提出的,我们关注的重点不应该是物联网本身,而是如何利用物联网实现对生产生活有用的业务和应用。对于农业物联网,获取农业信息的目的归根结底是通过信息的获取,结合知识进行决策支持,进行农机设备的智能控制,例如保温帘的自动升降、温室的降温设施的开关等。

[0004] 传统的农业专家系统承担部分的决策支持功能,但是基本是基于历史数据,未与物联网实时获取的数据建立联系。另一方面,随着硬件技术成熟到一定程度,温室甚至工厂化农业生产的精细管理在于如何根据环境和作物生长情况进行硬件的智能控制,以提高温室管理效率,降低成本,增加产出。因此,未来温室农业所面临的挑战是基于农业物联网的感知进行农机设备在线的控制决策,提供远程的信息深加工和服务。

[0005] 不同于工业生产,温室中的作物为生命体,具有各自的生长规律与环境需求。如何利用物联网信息和作物需求,提出环境控制策略,实现投入小产出大的温室环境精细控制,是研发人员需要应对的一个技术难题。

发明内容

[0006] 有鉴于此,本发明欲解决的核心问题之一是如何结合作物需求确定温室环境调控方案,包括:(1)根据作物需求给出环境控制的建议;(2)根据可用的控制设备给出环境设备的控制方案,从而解决常见的温室环境控制中不考虑作物类别和需求、缺乏精准的控制目标的问题。

[0007] 为了实现上述目的,作为本发明的一个方面,本发明提供了一种基于物联网和云计算技术的温室环境调控系统,包括温室环境传感器模块、环境数据传输模块、云平台服务器模块、温室环境控制模块和温室环境执行机构,其特征在于,

[0008] 所述温室环境传感器模块使用数据采集器和各种环境传感设备对温室内空气或土壤数据进行测量,包括温室空气温湿度、二氧化碳浓度、光照强度和/或土壤温湿度;

[0009] 所述环境数据传输模块用于传输环境监测数据到所述云平台服务器模块,传输方式包括有线和/或无线方式;

[0010] 所述云平台服务器模块使用接收到的所述环境监测数据和作物模型进行环境控制决策方案计算,进行数据的存储与处理、作物模型计算和求解温室环境调控方案,并将所述温室环境调控方案发送给所述温室环境控制模块;

[0011] 所述温室环境控制模块基于所述云平台服务器模块计算所得的温室环境调控方案,对所述温室环境执行机构直接进行自动控制,或者将所述温室环境调控方案发送到管理者的移动客户端,由所述移动客户端对所述温室环境执行机构进行控制;以及

[0012] 所述温室环境执行机构用于对所述室内环境因子进行调整。

[0013] 其中,所述云平台服务器模块执行的所述作物模型计算步骤是基于环境信息和作物模型进行环境因子对作物生长或发育影响的模拟,提炼出反映作物需求的指标,并据此决定对一个或多个环境因子进行调控的温室环境调控方案。

[0014] 其中,所述作物模型计算步骤包括计算所述作物模型的作物瞬时光合响应曲线:

$$[0015] \quad P_g = P_{g,\max} \left(1 - e^{-\frac{\varepsilon \times \text{PPFD}}{P_{g,\max}}} \right),$$

[0016] 其中,

$$[0017] \quad P_{g,\max} = P_{g,\max}(0) \times f(T)_{P_{g,\max}} \times f(WP)_{P_{g,\max}},$$

$$[0018] \quad \varepsilon_{g,\max} = \varepsilon(0) \times f(T)_\varepsilon \times f(WP)_\varepsilon,$$

$$[0019] \quad f(T)_{P_{g,\max}} = \begin{cases} 0 & T < T_{\min} \\ \sin\left(\frac{\pi}{2} \times \frac{T - T_{\min}}{T_0 - T_{\min}}\right) & T_{\min} \leq T < T_0 \\ \sin\left(\frac{\pi}{2} \times \frac{T_{\max} - T}{T_{\max} - T_0}\right) & T_0 \leq T \leq T_{\max} \\ 0 & T > T_{\max} \end{cases},$$

$$[0020] \quad f(T)_\varepsilon = b_1 - b_2 \times T,$$

$$[0021] \quad f(WP)_{P_{g,\max}} = \begin{cases} 1 & WP \geq WP_C \\ 1 + b_3 \times (WP - WP_C) & WP < WP_C \end{cases},$$

$$[0022] \quad f(WP)_\varepsilon = \begin{cases} 1 & WP \geq WP_C \\ 1 + b_4 \times (WP - WP_C) & WP < WP_C \end{cases},$$

[0023] 其中, P_g 为作物瞬时总光合速率,单位为 $\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$, $P_{g,\max}$ 为光饱和作物总光合速率,单位为 $\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$, ε 为作物光化学系数,即每吸收一个光子所消耗的 CO_2 的量,单位为 $(\text{mol PAR})^{-1}$,PPFD为光合光子通量密度,单位为 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$; $P_{g,\max}(0)$ 与 $\varepsilon(0)$ 分别表示没有水分胁迫、温度最佳时的光饱和作物总光合速率与作物光化学系数; $f(T)_{P_{g,\max}}$ 与 $f(T)_\varepsilon$ 分别表示温度对光饱和作物总光合速率与作物光化学系数的影响作用; $f(WP)_{P_{g,\max}}$ 与 $f(WP)_\varepsilon$ 分别表示土壤水势对光饱和作物总光合速率与作物光化学系数的影响作用; T_0 为植物最适宜温度, T 为离地1.5米处的空气温度,由温度传感器测量得到; WP 为土壤水势,单位为kPa, WP_C 为土壤临界水势, b_3 和 b_4 分别表示光饱和作物总光合速率与作物光化学系数随着土壤水势的变化率。

[0024] 其中,所述温室环境调控方案根据所述温室中种植的作物类别和相应的作物模型计算出对应的温室环境调控方案。

[0025] 其中,所述温室环境调控方案包括灌溉调控方案;以及

[0026] 所述灌溉调控方案包括:在温度和光照均不可控的情况下,灌溉阀门的开关可以根据水势的增加对瞬时总光合速率增益的比例来确定,即阀门控制State可以设置为:

$$[0027] \quad \text{State} = \begin{cases} 1 & \Delta \text{WP} / \Delta P_g \geq R_c \\ 0 & \Delta \text{WP} / \Delta P_g < R_c \end{cases},$$

[0028] 其中, ΔWP 为土壤水势变化量, ΔP_g 为作物光合速率变化量, R_c 为水势的增加对瞬时总光合速率增益的比例的临界值。

[0029] 作为本发明的另一个方面,本发明还提供了一种基于物联网和云计算技术的温室环境调控方法,包括以下步骤:

[0030] 采用物联网技术,对温室环境信息进行实时采集;

[0031] 根据温室内种植的主要作物的类别和相应的模型,计算温室环境调控方案;

[0032] 根据所述温室环境调控方案,将控制信息传输到相应的控制设备或管理端,进行环境的调控。

[0033] 其中,所述温室环境信息包括温室空气温湿度、二氧化碳浓度、光照强度和/或土壤温湿度。

[0034] 作为本发明的再一个方面,本发明还提供了一种基于物联网和云计算技术的温室环境调控方法,包括以下步骤:

[0035] 通过温室环境传感器模块采集温室环境信息数据;

[0036] 将采集到的所述温室环境信息数据传输到云平台服务器模块;

[0037] 将所述温室环境信息数据存储在上述云平台服务器模块,并利用环境因子上下限区间法处理和校验所述温室环境信息数据;

[0038] 结合所述温室环境信息数据和温室内主要作物的作物模型,计算出基于所述主要作物需求的温室环境调控方案;

[0039] 基于所述温室环境调控方案计算得到灌溉调控方案;

[0040] 基于所述温室环境调控方案和/或灌溉调控方案对所述温室内可控设备进行直接自动控制,或者将所述温室环境调控方案和/或灌溉调控方案发送到客户端,由客户端对所述温室内可控设备进行控制。

[0041] 其中,所述温室环境信息包括温室空气温湿度、二氧化碳浓度、光照强度和/或土壤温湿度。

[0042] 其中,所述将采集到的所述温室环境信息数据传输到云平台服务器模块的步骤可以采用有线或无线传输方式。

[0043] 基于上述技术方案可知,本发明结合作物类别和需求将物联网和云平台与自动控制技术有效的结合起来,为解决常见的温室环境控制中不考虑作物类别和需求、缺乏精准控制目标的问题提供了技术支持。本发明的优势在于对环境的调控结合了作物本身的需求,而不是单一的阈值控制,从而为环境控制提供优化的目标,使得温室的环境控制更为精细;利用自动监测的环境数据,避免了关于作物-环境互作的复杂建模过程,直接将环境视为输入量;利用作物模型,可预测作物的采收上市时间以及产量。本发明的方法不仅有助于温室管理的智能性、自动性,而且还有助于提高温室生长的经济效益,节约资源和人力。

附图说明

- [0044] 图1是本发明的基于物联网和云计算技术的温室环境调控系统的框架图；
[0045] 图2是本发明的基于物联网的环境信息采集设施的硬件框图；
[0046] 图3是本发明的基于物联网的环境信息采集设施的软件框图。

具体实施方式

[0047] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白，以下结合具体实施例，并参照附图，对本发明作进一步的详细说明。

[0048] 本发明要设计一套基于物联网和云计算技术的温室环境调控系统，主要需要考虑以下几个方面：

[0049] 一、基于物联网的环境信息采集设施

[0050] 本发明的基于物联网的环境信息采集设施，包括硬件设施和软件设施两部分，如图1和图2所示。

[0051] 硬件设施包括信息采集与发送的计算机和采集环境信息的传感器两大部分。其中，所述的信息采集与发送的计算机由中央处理器(CPU)、内存、NAND闪存(Nand-flash)、I/O接口、wifi模块和电源组成。其中，中央处理器、内存和Nand-flash，作为运行操作系统的必要条件。操作系统中的驱动程序负责从I/O接口采集各个传感器的信息。而操作系统中的应用程序负责把采集到的信息通过wifi模块以无线方式传输或者通过网络接口以有线形式输出。这些数据会被上传到相应的服务器并被服务器所记录。所述的采集环境信息的传感器包括温湿度传感器、光照强度传感器、二氧化碳浓度传感器和pH值传感器。

[0052] 软件设施为在信息采集与发送的计算机上运行的嵌入式linux操作系统。其中，所述的系统植入了读取相关传感器的驱动程序和控制相关控制机构的驱动程序，已经接受控制命令和发送环境信息的应用程序。用户通过APP可以控制相关控制机构，并且读取相关环境传感器的信息数据。

[0053] 二、基于作物需求的环境控制方案计算

[0054] 环境影响作物生长的两个基本过程：生长和发育。其中生长又可分为物质产生和分配两个过程。这些过程相互影响，而每个过程都会影响到最终的产量。

[0055] 环境适宜进一步看是个相对的概念，单一的环境因子合适并不代表一定满足作物需求，需要多因子协调。实际的环境数据往往偏离最优值，例如光强较高而温度偏低；实际作物对某个环境因素的响应与其他环境因子有关，例如在高光条件下作物对二氧化碳的饱和点随之增高，最优温度宜随之变化。

[0056] 在作物建模领域，存在各种复杂度不同的模拟环境对作物生长发育的模型。每种作物都有其特征响应曲线，其曲线形式在作物建模领域中有大量的文献介绍。基于作物需求的环境控制方案的重要工作是选定一个能反映多环境因子相互作用而且简单易实施的模型，具体的模型选择由用户定义，下文将给出具体实施例。

[0057] 三、服务器端的环境调控方案

[0058] 根据环境的可控性，例如有的大棚只有土壤湿度控制，有的则可对温度、光强等进行控制，确定控制目标函数。建立目标函数与设备状态之间的关系，得出对设备控制的环境调控方案；

[0059] 四、控制实施

[0060] 将控制信息实时传送到控制器,对相应的设备进行控制,或者发送到用户客户端,由用户最终决定,发送控制信号。

[0061] 由此可见,本发明的基于物联网和云计算技术的温室环境调控系统,主要包括:温室环境传感器模块、环境数据传输模块、云平台服务器模块、温室环境控制模块和温室环境执行机构,其中:

[0062] 温室环境传感器模块使用数据采集器和各种环境传感设备对温室内空气或土壤数据进行测量,包括温室空气温湿度、二氧化碳浓度、光照强度、土壤温湿度等。

[0063] 环境数据传输模块用于传输环境监测数据到远程的云平台服务器端,包括采用有线,如网线,或者无线,如wifi、3G网络的传输方式。

[0064] 云平台服务器模块使用环境监测数据和作物模型进行环境控制决策方案计算,包括数据的存储与处理、作物模型计算和控制方案;计算所得的控制信息被传输到温室环境控制模块。其中,数据的存储与处理步骤用于存储和处理基于物联网监测的环境数据,包括数据的存储方式、数据正确性校验等;作物模型计算步骤基于环境信息和作物模型进行环境因子对作物生长或发育影响的模拟,提炼出反映作物需求的指标,并据此定义温度、光照、灌溉等一个或多个环境因子调控方案;控制方案根据温室中种植的作物类别和相应的作物模型计算出对应的环境控制方案。

[0065] 温室环境控制模块将基于云平台服务器计算所得的温室环境调控方案和温室配置的可控设备相关联,并进行自动控制,或发送到管理者的移动客户端,由用户进行控制。

[0066] 温室环境执行机构用于温室内环境因子的调整,如灌溉阀门等各类温室环境控制设备。

[0067] 此外,本发明还提供了一种基于物联网和云计算技术的温室环境调控方法,包括以下步骤:

[0068] 采用物联网技术,对温室环境信息进行实时采集,包括温室空气温湿度、二氧化碳浓度、光照强度、土壤温湿度等;

[0069] 根据温室内种植的主要作物的类别和相应的模型,计算环境调控的决策方案;

[0070] 根据决策结果,将控制信息传输到相应的控制设备或温室管理者,进行环境的调控,从而实现闭环控制。

[0071] 更具体地,本发明的基于物联网和云计算技术的温室环境调控方法,包括以下步骤:

[0072] 步骤1,通过温室环境传感器模块采集空气温度、光照、二氧化碳浓度等数据。

[0073] 步骤2,基于无线的传输方式将环境数据传输到远程的云平台服务器端。

[0074] 步骤3,监测的环境数据存储云平台服务器端,并利用环境因子上下限区间法处理和校验数据。

[0075] 步骤4,结合监测的环境数据和作物模型,计算出基于作物需求的环境控制方案,并据此作为环境的调控依据。

[0076] 步骤5,灌溉调控方案计算。上述作物模型反映了温室作物瞬时总光合速率与温度、光照与土壤水势之间的关系,据此可以计算出灌溉调控方案。

[0077] 步骤6,根据计算结果,控制器将建议信息发送到指定的客户端以进行半自动控制,或采取自动控制方式,直接对设备,例如灌溉阀门进行控制。

[0078] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合一个冬季不加温补光、种植菊花的日光温室的例子,并参照附图1,对本发明进行土壤水势控制进一步详细说明。

[0079] 如图1所示,本发明的基于物联网和云计算技术的温室环境调控方法,包括以下步骤:

[0080] 步骤1,基于温室环境传感器模块采集空气温度、光照、二氧化碳浓度等数据,如图2和3所示。

[0081] 步骤2,基于无线的传输方式将环境数据传输到远程的云平台服务器端。

[0082] 步骤3,监测的环境数据存储在云平台服务器端,并利用环境因子上下限区间法处理和校验数据。

[0083] 步骤4,结合监测的环境数据和作物模型,计算出基于作物需求的环境控制方案,并据此作为环境的调控依据。其内容描述如下:

[0084] 其中,所述作物模型的作物瞬时光合响应曲线表示为:

$$[0085] \quad P_g = P_{g,\max} \left(1 - e^{-\frac{\varepsilon \times \text{PPFD}}{P_{g,\max}}} \right),$$

[0086] 其中, P_g 为作物瞬时总光合速率($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$), $P_{g,\max}$ 为光饱和作物总光合速率($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$), ε 为作物光化学系数,即每吸收一个光子所消耗的 CO_2 的量(mol PAR^{-1}),PPFD为光合光子通量密度($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$)。

[0087] 其中,所述光饱和作物总光合速率 $P_{g,\max}$ 与环境温度的关系计算表达式为:

$$[0088] \quad P_{g,\max} = P_{g,\max}(0) \times f(T)_{P_{g,\max}} \times f(\text{WP})_{P_{g,\max}},$$

[0089] 其中,所述作物光化学系数 ε 与环境温度的关系计算表达式为:

$$[0090] \quad \varepsilon_{g,\max} = \varepsilon(0) \times f(T)_\varepsilon \times f(\text{WP})_\varepsilon,$$

[0091] 其中, $P_{g,\max}(0)$ 与 $\varepsilon(0)$ 分别表示没有水分胁迫、温度最佳时的光饱和作物总光合速率与作物光化学系数,分别为 $29.8\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 与 $0.067\text{mol CO}_2(\text{mol PAR})^{-1}$ 。 $f(T)_{P_{g,\max}}$ 与 $f(T)_\varepsilon$ 分别表示温度对光饱和作物总光合速率与作物光化学系数的影响作用, $f(\text{WP})_{P_{g,\max}}$ 与 $f(\text{WP})_\varepsilon$ 分别表示土壤水势对光饱和作物总光合速率与作物光化学系数的影响作用。

[0092] 其中,所述温度影响的 $f(T)_{P_{g,\max}}$ 计算表达式为:

$$[0093] \quad f(T)_{P_{g,\max}} = \begin{cases} 0 & T < T_{\min} \\ \sin\left(\frac{\pi}{2} \times \frac{T - T_{\min}}{T_0 - T_{\min}}\right) & T_{\min} \leq T < T_0 \\ \sin\left(\frac{\pi}{2} \times \frac{T_{\max} - T}{T_{\max} - T_0}\right) & T_0 \leq T \leq T_{\max} \\ 0 & T > T_{\max} \end{cases},$$

[0094] 其中,所述 $f(T)_\varepsilon$ 的计算表达式为:

$$[0095] \quad f(T)_\varepsilon = b_1 - b_2 \times T,$$

[0096] 其中,以菊花为例, T_0 为植物菊花最适宜温度(25°C), T 为离地1.5米处的空气温度,由温度传感器测量得到。

[0097] 其中,所述土壤水势影响的 $f(\text{WP})_{P_{g,\max}}$ 和 $f(\text{WP})_\varepsilon$ 计算表达式为:

$$[0098] \quad f(WP)_{P_{g,\max}} = \begin{cases} 1 & WP \geq WP_C \\ 1 + b_3 \times (WP - WP_C) & WP < WP_C \end{cases},$$

[0099] 以及

$$[0100] \quad f(WP)_\varepsilon = \begin{cases} 1 & WP \geq WP_C \\ 1 + b_4 \times (WP - WP_C) & WP < WP_C \end{cases},$$

[0101] 其中,WP (kPa) 为土壤水势,WP_C为土壤临界水势,b₃和b₄分别表示光饱和和作物总光合速率与作物光化学系数随着土壤水势的变化率。对于菊花,其经验值分别为0.0189 (kPa⁻¹)、0.0207 (kPa⁻¹)。

[0102] 步骤5,灌溉调控方案计算。上述作物模型反映了温室作物瞬时总光合速率与温度、光照与土壤水势之间的关系,据此可以计算出灌溉调控方案。具体来讲,在温度和光照均不可控的情况下,水势的控制,即灌溉阀门的开关可以根据水势的增加对瞬时总光合速率增益的比例来确定,即阀门控制可以设置为:

$$[0103] \quad \text{State} = \begin{cases} 1 & \Delta WP / \Delta P_g \geq R_c \\ 0 & \Delta WP / \Delta P_g < R_c \end{cases},$$

[0104] 其中,State为灌溉阀门的开关状态,取值为0或1,ΔWP为土壤水势变化量,ΔP_g为作物光合速率变化量,R_c为水势的增加对瞬时总光合速率增益的比例的临界值。其意义在于,当温度、光照条件不同时,土壤水势的增加对于提高光合速率的贡献不同。比如,在弱光环境下,增加水势对提高光合速率的意义不大,这时即使土壤湿度不高,也不必打开灌溉阀门。

[0105] 步骤6,根据计算结果,控制器将建议信息发送到指定的客户端(半自动控制),或直接对设备,例如灌溉阀门进行控制(自动控制)。

[0106] 步骤7,重复上述过程。

[0107] 以上所述的具体实施例,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

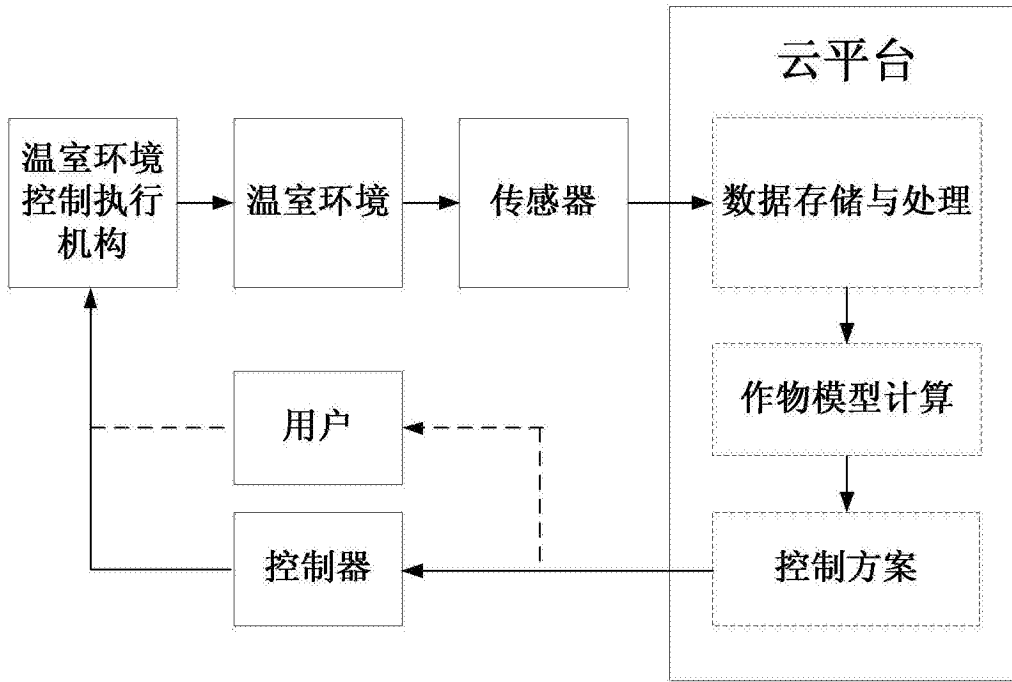


图1

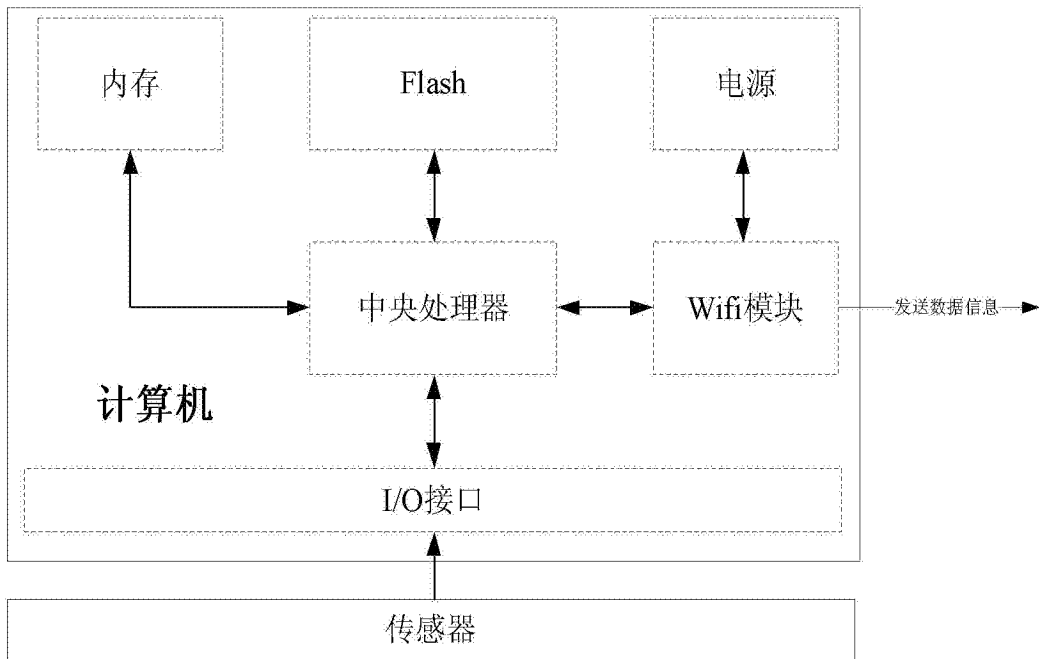


图2

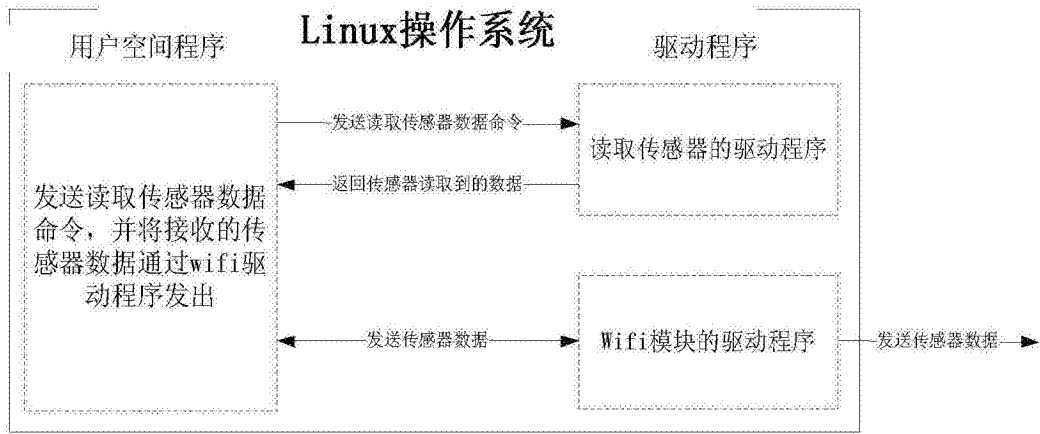


图3