

曹振丽. 1 种面向猪舍的信息物理融合系统模型[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(5): 193–196.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.05.054

1 种面向猪舍的信息物理融合系统模型

曹振丽

(滨州医学院公共卫生与管理学院, 山东烟台 264003)

摘要:针对传统的信息物理融合系统建模方法大多局限于时间域内的分析,且没有考虑计算过程和物理过程,通过网络实时交互对系统行为所带来的影响等问题,扩展了传统模型以刻画系统中的时空相关、网络交互以及模型结合等问题,将时间和空间的事件信息明确地抽象到编程模型中,在大数据背景下进行形式化的描述及一体化建模。以猪舍中风扇开启为例,对每个环节进行详细分析,证明该模型可应用于精准农业中,从而有利于设计人员更好地分析网络化计算过程在与物理过程融合、物理环境交互中的动态行为,对加深系统的理解 and 应用具有重要的意义。

关键词:猪舍;数据流;信息物理融合系统;建模;大数据;实时监测

中图分类号: TP301 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)05-0193-03

随着畜禽养殖工厂化、集约化、规模化发展,饲养密度的增加使得养殖环境不断恶化,导致禽流感、猪流感等疾病大规模暴发,给养殖户造成巨大的经济损失。因此,人们越来越重视畜禽养殖环境,对畜禽养殖环境采用实时监控与调节措施。

信息物理融合系统是指集通信、计算和控制能力于一体的监控物理世界中各实体的网络化计算机系统^[1]。通过建立模型的物理过程和计算平台,可以促进操作过程,有助于用户更好地了解系统状态,最终实现更好的控制^[2]。张侃等针对目前在信息物理融合系统的安全性和正确性较为缺乏的问题上,采用形式化方法,建立了一种可信的框架模型,但是其缺点是缺少描述时空特性的形式化建模方法^[3]。胡雅菲等对信息物理融合系统网络体系结构及关键技术进行综述,指出它是一种全新的全局控制、局部操控、具有多学科交叉应用的混合网络,并预测未来的重点研究方向^[4]。李仁发等介绍了信息物理融合系统的概念、特点和体系结构,分析了信息物理融合系统与嵌入式系统、网络的关联,从 3 个方面概括它在设计上面临的主要挑战^[5]。王小乐等提出了一种面向服务的包含节点层、服务层、网络层和资源层 4 层体系的框架,并结合 4 层架构讨论了信息物理融合系统领域未来的研究方向^[6]。

多数研究集中在特定场景下对信息物理融合系统建模或是对传统的、静态的、精确的数据建模,对农业大数据产生的数据流背景下的信息物理融合系统的数据流建模研究较少。信息物理融合系统中的时间主要是用来预测、度量和控制物理世界的属性。传统的建模方法有一定的局限性,大多局限于时间域内的分析,没有考虑计算与物理过程通过网络实时交互对系统行为所带来的影响,因此,须要扩展现有模型以刻画系统中的时空相关、网络交互以及模型结合等问题^[7]。

此外,基于事件模型的传统研究发现,在特定时间和地点发生的某件事触发了状态变化。然而究其本质,反映到系统中是以数据为核心的数据驱动,导致系统的变化。在大数据时代,数据反映了真实世界的事件、对象及其相互关系,是对真实世界的数字化表达,因此,在大数据时代,人们须要切换到数据视角,以数据为中心来开展业务研究^[8]。

1 系统设计

本研究设计基于无线传感网络的畜禽舍信息物理融合系统,还能根据用户要求,通过控制单元的控制语句自行设定温度、湿度、氨气浓度等环境参数的采集时间和监测范围,结合执行单元的相关环境参数指标,可实现自动控制畜禽舍内相关设备如排气风机、风扇、喷淋装置和电源灯的开关等,使动物能够处在相对适宜的环境下,满足养殖舍内环境监测和环境控制的要求。同时,系统中对采集到的数据流进行实时预测,为养殖户提供预警等。各种传感器按照设定的采样频率,通过无线传感器网络,源源不断地进行数据传送,这些传送的数据就构成数据流。面向猪舍的信息物理融合系统组成架构如图 1 所示。

1.1 物理世界的数据建模

现实世界中客观存在的各种物理实体及其所处的环境都属于物理对象,物理对象可以是物,在某些特定的情况下也可以是人。笔者将物理对象抽象为五元组:

$$PhysObj = \langle po_{id}, po_{attr}, po_{loca}, po_{time} \rangle. \quad (1)$$

式中: $PhysObj$ 表示物理对象; po_{id} 表示物理对象的编号; po_{attr} 表示物理对象被监测的属性; po_{loca} 表示被监测的物理对象所在的位置; po_{time} 表示监控物理对象的时间,以年-月-日、小时、分的形式表示。

对猪舍而言,监控的各种环境资源便是物理对象的属性,例如,当 $po_{id} = \{1, 2, 3, 4\}$ 时,表示对 1、2、3、4 号猪舍进行监控。对 1 号猪舍进行监控,监控的物理对象便是 1 号猪舍,则有 $po_{id} = 1$; 监控 1 号猪舍内的温度、湿度、光照、氨气浓度这 4 个属性值,则属性集有 $po_{attr} = \{temperature, humidity, illumination, ammonia\}$ 。

收稿日期: 2016-09-08

基金项目: 山东省烟台市重点研发计划(编号: 2016ZH079); 滨州医学院博士科研启动基金(编号: BY2015KYQD13)。

作者简介: 曹振丽(1979—), 女, 山东烟台人, 博士, 讲师, 研究方向为云计算与大数据、物联网。E-mail: caozhenli2004@163.com。

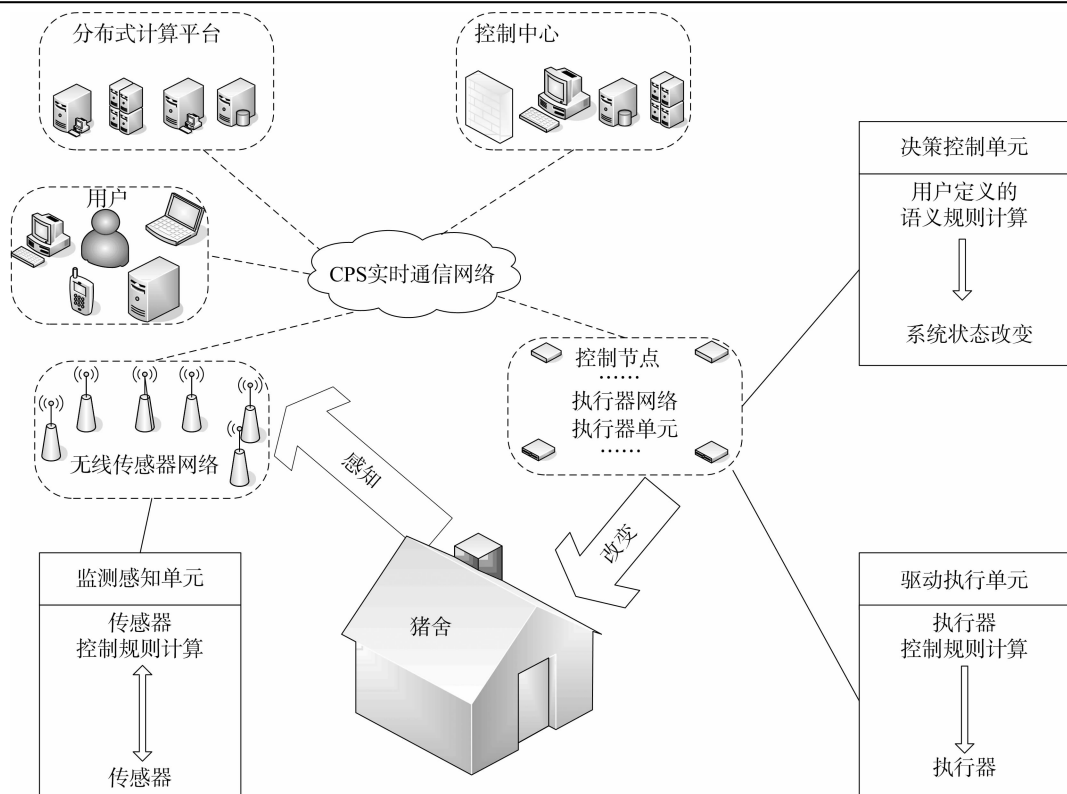


图1 猪舍信息物理融合系统组成架构

1.2 传感器的数据建模

传感器是用于感知物理世界的物理对象所处状态的硬件设备,提供感知服务,是物理世界和信息世界互相交互的纽带,是物理世界与信息世界沟通的桥梁。由于数据流的不确定性、动态性和实时性,因此,对传感器中的数据不能像传统的确定性数据那样描述,对大数据流某一时刻对应的数据的描述须要同时引入时间、数值、概率这3个属性,才能完整刻画不确定数据流。

将传感器(Sensor)抽象为五元组:

$$Sensor = \langle S_{id}, S_{attr}, S_{type}, S_{loca}, S_{ti}, S_{di}, S_{pi} \rangle. \quad (2)$$

式中: S_{id} 是传感器的编号,采用猪舍号加传感器类型的首字母加数字来进行标注; S_{attr} 是传感器属性,如传感器的精度范围; S_{type} 是传感器的类型, $S_{type} = \{T, H, I, A\}$ 表示对应的传感器类型分别是温度传感器、湿度传感器、光照传感器、氨气浓度传感器; S_{loca} 是传感器所处的位置,文中采用三维坐标 (x, y, z) 进行描述; S_{ti} 表示传感器 S_{id} 感知该数据时所对应的时刻; S_{di} 表示传感器在某一时刻 ti 所感知到的有关于物理对象的数据取值; S_{pi} 表示传感器在时刻 ti 感知到该数据 S_{di} 的概率,对于不确定数据流有:

$$S_{pi} > 0, \sum_{i=1}^n S_{pi} = 1. \quad (3)$$

式中: n 为不确定数据流在时刻 ti 的不确定对象的实例数。

1.3 无线网络数据建模

已有的系统建模研究大都忽视了计算与物理过程通过网络实时交互对系统行为所带来的影响,这正是建模研究中所需要进行扩展的部分。可靠性是无线传感器网络性能的重要指标,由于无线传感网络自身的特点,如节点能量损耗、环境

影响等,常常会出现大量的数据包丢失,导致网络的可靠性能较低。由于传感器网络缺失数据,从而极大地影响了整个信息物理融合系统的准确性。针对这一点可以采用在无线传感器网络的设计阶段设计出合适的网络拓扑结构、高效的节点部署策略、可靠的传输技术和可靠性管理技术等,以便提高无线传感器网络的传输性能。无线传感器网络中的数据流按传递的方向可分为上行和下行2种,上行方向表示源节点将感知的数据流向sink节点进行传送,主要用于信息的采集。研究发现,大部分学者关注的是上行方向数据包的可靠传输,下行方向表示发送的广播或单播数据流是由sink节点指向整个网络或局部网络。

$$WirelessNet = \langle s_{id}, up_{data}, down_{data}, cu_{id}, ws_{time} \rangle. \quad (4)$$

式中: $WirelessNet$ 表示无线传感网络; s_{id} 表示向无线网络上行传送数据的传感器编号; up_{data} 表示该传感器向无线网络上行传送的数据; $down_{data}$ 表示该无线网络下行传送的数据,该下行数据不仅仅传送给计算控制单元,也传送到用户的计算机及手机上; cu_{id} 表示该无线网络下行发送数据对应的计算(控制)单元的编号, ws_{time} 表示该无线网络传送数据的对应时间。由于传送的数据是不确定数据流形式,因此该数据的描述形式采用公式(5)的三元组进行刻画:

$$up_{data} = \langle s_{ti}^{up}, s_{di}^{up}, s_{pi}^{up} \rangle. \quad (5)$$

式中: up_{data} 表示无线传感网络上行传送数据; s_{ti}^{up} 表示传感器 s_{id} 上传的感知该数据所获取的对应时刻为 ti ; s_{di}^{up} 表示传感器 s_{id} 上传的在时刻 ti 所感知到的有关于物理对象属性的数据取值; s_{pi}^{up} 表示传感器上传的在时刻 ti 感知到数据 s_{di}^{up} 的概率,同样的基于不确定数据流的特性,有公式(6)成立:

$$s_{pi}^{up} > 0, \sum_{i=1}^n s_{pi}^{up} = 1。 \quad (6)$$

与之相类似,下传的数据是不确定数据流形式,也采用三元组的形式该描述数据:

$$down_{data} = \langle s_{it}^{down}, s_{di}^{down}, s_{pi}^{down} \rangle。 \quad (7)$$

式中: $down_{data}$ 表示无线传感网络下行传送数据; s_{it}^{down} 表示传感器 s_{id} 下传的感知该数据的获取时间为 ti , s_{di}^{down} 表示传感器 s_{id} 下传的在时刻 ti 传感器所感知到的有关于物理对象的数据取值; s_{pi}^{down} 表示传感器下传的在时刻 ti 感知到数据 s_{di}^{down} 的概率,同样的基于不确定数据流的特性,有公式(8)成立:

$$s_{pi}^{down} > 0, \sum_{i=1}^n s_{pi}^{down} = 1。 \quad (8)$$

式中: n 为不确定数据流在时刻 ti 的不确定对象的实例数。

1.4 计算控制单元的数据建模

大数据背景下数据流中的数据具有不确定性,而且由于数据流特有的高速、动态、无限的特性,因此,对无线传感器网络传送到控制单元中的数据,需要融合处理,将计算控制单元抽象成五元组:

$$ContUnit = \langle cu_{id}, cu_{time}, cu_{data}, cu_{initdata}, pu_{id} \rangle。 \quad (9)$$

式中: $ContUnit$ 表示计算控制单元; cu_{id} 表示计算(控制)单元的编号; cu_{time} 表示计算(控制)单元对应的时间,从而对系统进行控制; cu_{data} 表示计算(控制)单元在相应时间内接收到的无线网络的下行数据; $cu_{initdata}$ 表示计算控制单元内的初始化数据; pu_{id} 表示计算(控制)单元所连接的执行器编号。采用三元组表示:

$$cu_{data} = \langle s_{it}^{down}, s_{di}^{down}, s_{pi}^{down} \rangle。 \quad (10)$$

式中: s_{it}^{down} 表示计算控制单元 cu_{id} 在时间 cu_{time} 所接收到的下传数据的获取时间为 ti ; s_{di}^{down} 表示计算控制单元 cu_{id} 在时刻 ti 接收到的下传的传感器所感知到的有关于物理对象的数据取值; s_{pi}^{down} 表示计算控制单元 cu_{id} 接收到的在时刻 ti 感知到数据 di 的下传数据概率值,同样的基于不确定数据流的特性,有公式(8)成立。

采用三元组的形式描述,如公式(11)所示:

$$cu_{initdata} = \langle cu_t, cu_{initd}, cu_p \rangle。 \quad (11)$$

式中: cu_t 表示计算控制单元 cu_{id} 预期的时间; cu_{initd} 表示计算控制单元 cu_{id} 预期在时刻 t 对应的数据; cu_p 表示计算控制单元 cu_{id} 预期的在时刻 t 接收到下传的传感器数据取值为 cu_{initd} 的概率。

同样, cu_t 、 cu_{initd} 、 cu_p 这 3 个属性也是通过组合用来共同描述不确定数据流中的数据,也具有不确定数据的特征。当 s_{di}^{down} 与 cu_{initd} 越接近, s_{pi}^{down} 与 cu_p 越接近, pu_{id} 则表示事件被该数据驱动发生的可能性就越大。

1.5 执行器的数据建模

执行器根据与它相连的控制单元所发送的控制指令,执行相应的动作,从而改变物理对象的状态,实现对整个系统的闭环控制。

$$PerfUnit = \langle pf_{id}, pf_{attr}, pf_{time}, pf_{data} \rangle。 \quad (12)$$

式中: $PerfUnit$ 表示执行器; pf_{id} 表示与计算控制单元相连的执行器的编号; pf_{attr} 表示执行器的属性; pf_{time} 表示执行器的时间; pf_{data} 表示执行器中的数据,例如当 $pf_{data} = 1$ 时,表示执行开启的命令; $pf_{data} = 0$ 时表示执行关闭的命令。

模型实例现有位于山东省烟台市牟平区的某生猪养殖

场,对 4 个编号分别为 1、2、3、4 的猪舍进行监测,在每个猪舍的相应位置分别安放了温度、湿度、氨气浓度传感器,在舍内同一平面取 5 个点,在同一垂直方向各取 3 个点,育肥猪舍的适宜温度为 $[14\text{ }^{\circ}\text{C}, 23\text{ }^{\circ}\text{C}]$,相对湿度在 $[60\%, 80\%]$ 为适宜湿度,氨气浓度不超过 207 mg/m^3 ,以风扇开启事件为例进行详细分析,其他事件与此类似。

根据猪舍类型的不同,当猪舍内的温度高于该生长阶段的适宜温度,系统会通过传感器获取数据,通过数据驱动,触发一系列的事件操作,以风扇开启为例的建模如下:

$$PhysObj = \langle 1, Temperature, (3, 4, 5), (2016-05-01, 12:10) \rangle。 \quad (13)$$

式中:表示在 2016 年的 5 月 1 日的 12:10 对位置坐标为 (3, 4, 5)、编号为 1 的猪舍的温度进行监测; $Temperature$ 表示监测的属性是温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

$$Sensor = \langle 17002 \pm 0.3, T, (11, 10, 2), (2016-05-01, 12:10), 26, 90\% \rangle。 \quad (14)$$

式中:17002 的 1 表示猪舍编号,002 表示第 2 个传感器,即 1 号猪舍温度传感器 002 号; ± 0.3 表示温度的精度范围, T 标识传感器为温度传感器,温度传感器的位置坐标是 (11, 10, 2)。在 2016 年的 5 月 1 日的 12:10,位于 1 号猪舍的位置坐标是 (11, 10, 2),编号为 17002 的温度传感器监测到温度是 $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的概率是 90%,概率值越大,表示可信度越高。

$$wirelessNet = \langle 17002, up_{data}, down_{data}, 006, (2016-05-01, 12:10) \rangle; \quad (15)$$

$$up_{data} = \langle (2016-05-01, 12:10), 26, 90\% \rangle; \quad (16)$$

$$down_{data} = \langle (2016-05-01, 12:12), 26, 90\% \rangle。 \quad (17)$$

式中:表示无线传感网络在 2016 年的 5 月 1 日的 12:10 接收来自编号为 17002 的温度传感器的上传数据为 $\langle (2016-05-01, 12:10), 26, 90\% \rangle$,下传数据为 $\langle (2016-05-01, 12:12), 26, 90\% \rangle$,下传数据的接收控制计算单元的编号为 006;当 $ws_{time} > s_{it}^{up}$ 时,说明无线网络传输有延迟,二者时间相差越大,说明网络延迟时间越长;同理,当 $s_{it}^{down} > ws_{time}$ 时,说明无线网络下传数据有延迟,二者时间差越大,说明延迟时间越长。

$$ContUnit = \langle 006, (2016-05-01, 12:12), cu_{data}, cu_{initdata}, 007 \rangle; \quad (18)$$

$$cu_{data} = \langle (2016-05-01, 12:12), 26, 90\% \rangle; \quad (19)$$

$$cu_{initdata} = \langle (2016-05-01, 12:10), 26, 88\% \rangle。 \quad (20)$$

式中:表示编号为 006 的计算(控制)单元在 2016 年的 5 月 1 日的 12:12 分别接收到无线网络下传的数据为 $\langle (2016-05-01, 12:10), 26, 90\% \rangle$,该计算(控制)单元中的初始化数据 $\langle (2016-05-01, 12:10), 26, 90\% \rangle$ 为系统预期的数据,系统预期在 2016 年的 5 月 1 日的 12:10 接收到的温度传感器感知温度为 $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的概率为 88%, $s_{pi}^{down} > cu_p$,说明事件发生的可能性越大,与该计算(控制)单元相连的执行器的编号为 007。

$$PerfUnit = \langle 007, pf_{attr}, (2016-05-01, 12:12), 1 \rangle。 \quad (21)$$

pf_{attr} 为编号为 007 的执行器的属性,如工作电流、节点电压等,公式(21)表示编号为 007 的执行器在 2016 年的 5 月 1 日的 12:12 分打开风扇。

2 结论

首先,本研究介绍了畜禽养殖环境的监控越来越被重视

周良富,周立新,薛新宇,等. 气体喷射压缩机关键参数设计与试验[J]. 江苏农业科学,2017,45(5):196-199.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.05.055

气体喷射压缩机关键参数设计与试验

周良富,周立新,薛新宇,孔伟,张学进

(农业部南京农业机械化研究所,江苏南京 210014)

摘要:气体喷射压缩机具有结构简单、工作可靠的特点,广泛应用于农业、水利、化工、核工业等领域。主要从气体喷射压缩机关键参数计算角度,理论分析最佳面积比、工作喷嘴位置与性能参数关系;研究了面积比、工作压力、引射压力对喷射压缩机性能的影响。根据应用工况计算出面积比为 11.0,喷嘴距混合室距离 25 mm 的喷射器完全满足设计要求,喷射器性能试验结果表明,面积比对气体喷射压缩机的喷射系数具有较大影响,不同面积比呈现出不同的性能特点,适当增大面积比可提高喷射系数,但喷射器可达到的最大压缩比会减小;不同工作压力下喷射器工作体积流量基本不变,但是引射流量随工作压力增大而增大;在相同工作压力和出口压力下,喷射系数随引射压力增大而增大;在相同工作压力和引射压力下,喷射系数随出口压力增加而减少,为同类型喷射器设计与应用提供参考。

关键词:喷射器;气体压缩机;面积比;喷射系数;压缩比

中图分类号: S49 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)05-0196-03

气体喷射压缩机是指以气体为工作介质,来抽吸和压送气体的流体输送设备,具有结构简单、工作可靠的特点,广泛应用于农业水利、化工、核工业、航空航天等领域^[1]。国内外学者针对各类喷射器开展的研究主要包括以下 3 个方面:(1)结构参数对性能的影响。龙新平等研究了喷嘴位置对射流泵性能的影响^[2-3];Prabkeao 等研究了射流泵喉管直径、扩散角度对性能的影响^[4];Oumar 等研究了面积比、喷嘴位置对射流式混药装置性能的影响,均认为面积比与喷嘴位置是喷射器最主要的结构参数^[5-6],为本研究的设计与试验提供

依据。(2)内部流场与相变过程分析。Yosr 等分析了蒸汽喷射器、射流器二维与三维内部流场^[7-8],为喷射器应用工况参数选择提供依据;严海军等分别从试验数值和高速摄影等方面分析喷射器内部流场及空化过程,认为空化是喷射器特点工况下必然的物理现象^[9-11]。(3)喷射器数学模型研究。Chen 等从喷射器流体动力学,结合 2 项流理论,分析喷射器一维的数学模型^[12-13],为喷射器设计与运用提供依据。

目前的研究主要基于不可压缩流体的喷射器,对于工作流体与引射流体均为可压缩气体的研究较少,且针对气体喷射压缩机的设计计算类研究更少。本研究针对气体喷射压缩机特点与参数要求,设计符合要求的产品并试验研究面积比、工作压力、引射压力对其性能的影响。

1 主要结构与性能参数

1.1 主要结构与原理

气体喷射压缩机由工作喷嘴、接受室、混合室和扩散管组成,具体如图 1 所示。工作流体以一定压力和速度进入工作喷

收稿日期:2016-01-12

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201220025);国家高技术研究发展“863”计划(编号:2013AA102303);江苏省农机三新工程项目(编号:NJ2014-09)。

作者简介:周良富(1983—),男,江西上饶人,硕士,助理研究员,主要从事植保机械装备与仿真研究。E-mail:326310253@qq.com。

通信作者:周立新,硕士,研究员,主要从事植保机械与雾化工程技术研究。E-mail:525751791@qq.com。

的原因,以及信息物理融合系统的相关知识,并对国内外建模的研究现状及存在问题进行了陈述。接着,摒弃传统的以事件为中心建模,提出在大数据背景下切换到数据视角,以数据为中心来研究面向养殖环境的猪舍信息物理融合系统的建模。然后,在考虑计算与物理过程通过网络实时交互对系统行为所带来的影响后,对传统建模的组成部分进行相应扩展,分别描述数据流情形下的物理世界、传感器、无线网络、计算(控制)单元、执行器的数据建模的形式化,实现计算世界与物理世界异构信息的交互融合,将时间和空间的事件信息抽象到编程模型中,设计一种面向猪舍养殖环境的信息物理融合系统模型。最终,通过实例分析,证明该模型可应用于精准农业中。

参考文献:

[1]刘明星,马武彬,邓苏,等. 面向服务的信息物理融合系统建模

与验证[J]. 计算机应用,2014,34(6):1770-1773.

[2]路易斯·阿尔梅达. 信息物理系统的网络挑战[J]. 杨盛隆,译. 中国计算机学会通讯,2012,8(3):26-31.

[3]张侃,张广泉,张茗泰. 一种可信的信息物理融合系统设计框架初探[J]. 计算机研究与发展,2011,48(增刊2):242-246.

[4]胡雅菲,李方敏,刘新华. CPS 网络体系结构及关键技术[J]. 计算机研究与发展,2010,47(增刊2):304-311.

[5]李仁发,谢勇,李蕊,等. 信息-物理融合系统若干关键问题综述[J]. 计算机研究与发展,2012,49(6):1149-1161.

[6]王小乐,陈丽娜,黄宏斌,等. 一种面向服务的 CPS 体系框架[J]. 计算机研究与发展,2010,47(增刊2):299-303.

[7]周兴社,杨亚磊,杨刚. 信息物理融合系统动态行为模型构建方法[J]. 计算机学报,2014,37(6):1411-1423.

[8]潘廷廷. 切换到数据视角,以数据为中心[J]. 中国计算机学会通讯,2013,9(7):44-48.