

基于 BP 神经网络的智能灯光控制系统的研究

王云亮^{1,2}, 师庆琪¹

(1. 天津理工大学 自动化学院, 天津 300384;

2. 天津理工大学 天津市复杂系统控制理论及应用重点实验室, 天津 300384)

摘要: 智能灯光控制系统是智能家居控制系统的重要组成部分; 在分析了目前智能灯光控制系统缺陷与不足的基础上, 提出了 BP 神经网络在智能灯光控制系统的应用, 将 BP 算法嵌入到智能灯光控制系统的的核心处理模块, 提高控制系统对于数据的处理能力; 系统通过引入 BP 神经网络的自学习能力, 改善了智能灯光控制系统智能化程度低的问题; 通过实验分析, 该系统能够提高智能灯光控制系统的智能化程度, 给人们提供了一个舒适的居家灯光环境; 同时, BP 神经网络在智能灯光控制系统的应用, 对于解决智能家居控制系统解决智能化程度低的问题也有一定的促进作用。

关键词: 智能灯光控制系统; 智能家居; BP 神经网络; BP 算法; 自学习

Research of Intelligent Lighting Control System Based on BP Neural Network

Wang Yunliang^{1,2}, Shi Qingqi¹

(1. College of Automation, Tianjin University of Technology, Tianjin 300384, China;

2. Tianjin Key Laboratory for Control Theory & Application in Complicated System, Tianjin University of Technology, Tianjin 300384, China)

Abstract: Intelligent lighting control system is an important part of smart home control system. On the basis of the analysis of the current intelligent lighting control system defects and shortcomings, BP neural network is used in intelligent lighting control system and BP algorithm is embedded in the data processing module of intelligent lighting control system. And the ability of control system for data processing is improving. Intelligent lighting control system improved the problem of the low intelligence through the introduction of self-learning ability of BP neural network. The experimental analysis shows that this system can improve the low intelligence and provide a comfortable home environment lighting. At the same time, it has some role in solving the problem of low intelligence of intelligent home control system.

Keywords: intelligent lighting control system; smart home; BP (back-propagation) neural network; back-propagation (BP) algorithm; self-learning

0 引言

智能灯光系统是对灯光进行智能控制与管理的系统, 跟传统照明相比, 它可实现灯光软启、调光、一键场景、一对一遥控及分区灯光全开全关等管理, 并可用遥控、定时、集中、远程等多种控制方式, 甚至用电脑来对灯光进行高级智能控制, 从而达到智能照明的节能、环保、舒适、方便的功能。智能灯光控制系统是智能家居控制系统的重要组成部分, 其品质的高低决定了一套智能家居控制系统的质量的好坏。

智能传感器的发展使得智能家居的发展更加趋向于一体化、智能化。作为智能家居重要组成部分的灯光控制系统也更加便捷化、智能化。但是目前智能灯光控制系统也仅仅利用智能传感器做到了远程监控、场景选择、定时功能等人为操作的一些“呆板”的控制功能, 并没有赋予控制系统一个真正“智能”的控制中心, 无法做到根据实时信号进行自我识别、自我判断、自我决策等控制功能。这种仅仅利用智能传感器作为智能控制策略的智能灯光控制系统的智能化程度比较低, 还需要依赖用户做最终的“决策”^[1]。所以这种低智能化的智能灯光

控制系统还远远不能满足人们对智能灯光控制系统的“智能化”的要求^[2-3]。

21 世纪已经进入了数据时代, 对数据的处理能力是一个智能系统智能化程度高低的一个重要体现。

本文提出将 BP 神经网络引入到智能灯光控制系统, 在系统的核心处理模块引入 BP 算法, 提高系统对于数据的处理能力。利用 BP 神经网络的自学习能力, 学习用户的生活习惯, 制定出符合用户生活习惯的家居灯光环境的控制策略。

智能灯光控制系统从用户生活数据中得到用户的生活习惯的数据参数。根据室内实际的光照情况, 依据用户生活习惯数据参数营造更贴近于用户生活习惯的智能家居灯光环境^[2], 进而解决目前灯光控制系统智能化程度低的问题。

1 智能灯光控制系统的结构

1) 系统硬件结构: 智能灯光控制系统由数据采集模块、无线传输模块、数据处理模块和终端几部分组成。其中, 终端包括 ARM 终端和网络浏览器, 如图 1 所示。

控制系统的网络结构选取 B/S 网络结构, 便于用户通过浏览器远程信息查询和远程控制。ARM 终端——控制系统的室内监控终端, 接收通过 Wi-Fi 模块传输过来的光照采集模块的数据, 在 ARM 终端监控集中监控室内灯光情况, 同时也可以远程通过智能手机或者电脑登陆浏览器随时监控家居灯光

收稿日期: 2015-07-21; 修回日期: 2015-08-16。

作者简介: 王云亮(1963-), 男, 天津人, 教授 硕士生导师, 研究生硕士, 主要从事电力电子技术与微机控制、智能控制方向的研究。

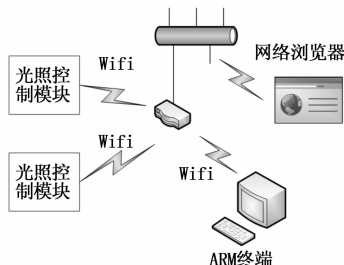


图1 智能灯光控制系统硬件结构图

环境^[4-5]。

2) 系统软件结构：控制系统开始是数据采集模块通过光照传感器进行室内光照数据的采集，采集到的数据通过 socket 网络编程技术经由 Wi-Fi 模块发送到系统数据库进行存储^[7]，web 浏览器调用系统数据库查询和控制室内灯光环境。控制系统在手动调节模式下，将按键控制信号直接发送给灯光控制子系统；智能调节模式下，数据处理模块从系统数据库中提取数据作为训练样本训练网络，最后得出智能控制信号发送给下位机。智能灯光控制系统的程序流程如图 2 所示。

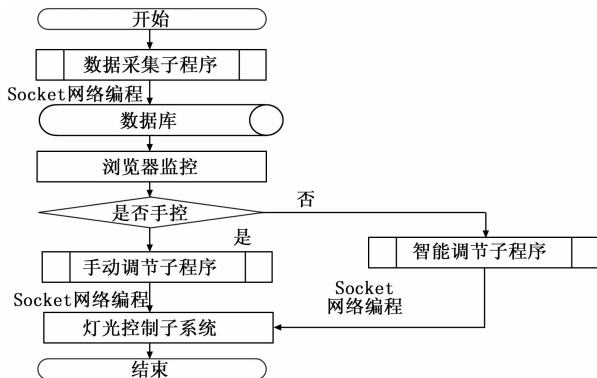


图2 系统程序流程图

2 智能灯光控制系统的结构及原理

目前的智能灯光控制系统依然是人为的进行调节，或者设定在光照条件达到某一条件时，触发某一灯光调节模式控制灯光环境^[1]。现在这种“呆板”或者称作“低智能”的智能控制模式越来越不能满足人们生活中对智能化的需求，有人提出一种将用户的生活习惯作为专家系统规则库的方案^[2]。这种方案需要信息家电的配合，在信息家电状态满足开机、关机、待机条件下调用专家系统规则库的某一规则控制室内灯光。但是，有些时候用户的生活习惯会随着时间的季节发生变化，或者房间换了新的用户，那么灯光的需求也会发生变化，这些新的生活需求并不在原来的规则库中，此时智能灯光控制系统是无法满足这种新的要求的^[6]。

智能灯光控制系统的智能性体现在对于数据的处理上。本文提出在控制系统的的核心引入智能算法——BP 算法，通过该算法的自学习能力，使系统能够通过生活数据学习用户的生活习惯，根据用户生活习惯制定满足用户生活习惯的控制策略。

本文控制方案的 BP 神经网络采用三层网络结构，输入是室内光照数据，输出是预测光照数据，作为灯光控制子程序的控制信号。

BP 神经网络的训练过程实质是一个训练网络权值和阈值的过程。设定最大训练次数 N 和最大误差 e ，如果在最大训练次数 N 的范围内，误差小于等于最大误差 e 则结束训练，否则继续训练，直到计算误差小于等于最大误差 e 或者训练次数达到了最大训练次数 N 训练结束。

2.1 BP 算法过程

1) 初始化网络：输入 X ，输入层到隐层的权值 W ，隐层阈值 a ，隐层到输出层权值 V ，输出层阈值 b ，期望输出 D ；

2) 对输入样本进行前向计算；

3) 计算误差信号，与最大误差 e 进行比较，大于最大误差 e 则进行反向计算，调整更新网络权值和阈值，直至计算误差小于等于最大误差 e 。

4) 数据处理模块训练过程如图 3 所示，训练开始数据处理模块从系统数据库中提取生活数据作为训练样本输入到 BP 神经网络训练网络，判断计算误差是否小于最大误差 e 。大于最大误差 e ，就将得到的新的权值和阈值替换网络旧的权值和阈值重新训练，直到计算误差小于等于最大误差 e ，训练结束。此时便得到一个权值和阈值优良的 BP 神经网络。从系统数据库中提取室内实时的光照数据作为输入，输出是预测信号，作为灯光控制子程序的输入。

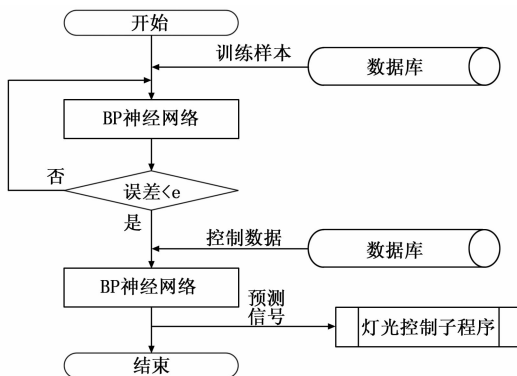


图3 数据处理模块训练过程

3 实验结果与分析

智能灯光控制系统的研究对象选择天津理工大学自动化学院 23 号实验楼 414 室。鉴于光照是一种变化较为频繁的数据，尤其是临近傍晚光照变化更为频繁，所以，每组数据之间的间隔不易太久，此次实验选择每组实验数据的时间间隔为 10 分钟。从系统的数据库中提取出某一天 17:00~18:10 的室内光照数据和用户生活习惯数据作为训练样本和对比样本，如表 1 所示。

表 1 17:40 预测光照和误差

时间	室内光照/Lux	习惯光照/预测光照/Lux	调节误差/Lux
17:00	135	335	—
17:10	127	335	—
17:20	128	320	—
17:30	117	325	—
17:40	110	325/328.7	3.7
17:50	103	319/323.5	4.5
18:00	96	315/320.4	5.4
18:10	87	304/311.5	7.5

室内光照是光照传感器采集并存入系统数据库的历史数据; 习惯光照是用户进行调节以后满足用户要求的数据; 预测光照是控制系统引入 BP 网络以后, 系统智能化预测的数据; 调节误差是用户人为调节和系统预测数据的误差。

17:00~17:30 的四组数据作为训练样本训练 BP 神经网络, 训练好的网络用来预测 17:40 用户生活习惯的室内灯光数据, 并与实际生活习惯数据进行比较; 同样, 17:10~17:40 的数据作为训练样本训练预测 17:50 光照所需的 BP 神经网络, 以此类推, 每一时刻的预测网络的训练样本是前 4 个时刻的依次间隔 10 分钟的历史数据, 而输入是当前时刻的室内实时光照数据。

BP 神经网络的初始阈值和权值取 (0, 1) 上的随机值, 学习精度为 0.5。因为光照数据是大范围波动的数据, 因此需要对数据进行归一化处理。

从四组用户生活习惯和系统预测的光照对比结果中可以得出: 用户生活习惯的光照数据和引入 BP 算法后得到的预测光照数据的误差在 10Lux 以内, 这种误差对于家居灯光控制系统是完全可以被接受的。而且, 傍晚是一天中光照波动较大的时间段, 实验结果也依然满足人们对灯光的需求, 所以, 将 BP 神经网络引入到智能灯光控制系统, 利用 BP 神经网络的自学习能力对使系统对用户的生活习惯进行学习, “智能化”地制定符合用户生活习惯的控制方案, 是完全能够实现的。而且控制效果也基本满足用户对智能灯光控制系统智能化的要求, 即 BP 神经网络的引入, 使系统能够学习用户的生活习惯, 制定出更为贴近于用户生活习惯的灯光环境的控制策略这种方案是切实可行的。控制系统的学习样本来自用户最新 40 分钟的生活习惯, 也使得该系统能够满足用户生活习惯的改变或者用户更换等情况, 实时地学习用户习惯、营造针对新的生活习惯的家居灯光环境。

4 结束语

本文分析了目前智能灯光控制系统存在的问题, 发现目前智能灯光控制系统的智能化程度还很低, 远远不能满足人们对智能灯光控制系统的智能化的要求。目前的智能灯光控制系统仅仅实现了自动化控制、远程监控和场景自动切换等功能, 但是忽略了让系统具备“自我思考”的能力——系统对于数据的处理能力。针对这一问题, 本文提出将 BP 神经网络引入到智能灯光控制系统, 并在此基础上进行了大量的实验, 实验结果表明了此方案的可行性。

但是, 此方案也有一定的不足, 即控制系统需要大量的训练才能得到较好的预测网络, 如果训练次数达到最大训练次数还不能得到很好的预测网络, 就得不到满足用户需求的光照控制信号。所以, 这种方法的引入还不能彻底的解决智能灯光控制系统智能化程度较低的问题, 还需要对算法进行改良或者引入更好的智能算法。但是这种方案的引入对于解决智能化程度低的问题提供了一种很好的解决思路。

参考文献:

[1] 徐一嫣. 智能家居距真正“智能”还很远 [J]. 计算机光盘软件与应用, 2014, 17 (4): 39-40.

[2] 刘培奇, 马 斌, 侯 鑫. 基于神经网络专家系统的智能家居的研究 [J]. 计算机应用工业, 2014 (1): 52-54.

[3] 詹尔豪, 汪大鹏, 孙 刚, 等. 新型教室 LED 自动调光灯的研发 [J]. 机电产品开发与创新, 2014, 27 (5): 39-41.

[4] 向少华, 朱向东. 基于 Wi-Fi 及 Web 控制的智能家居系统设计 [J]. 物联网技术, 2014, 27 (5): 39-41.

[5] 郭稳涛, 何怡刚. 智能家居远程监控系统的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2011, 19 (9): 2109-2113.

[6] 姚庆梅, 牟 洵, 贾 燕, 等. 地下车库灯光智能控制系统 [J]. 科学资讯, 2014, 14 (14): 241-245.

[7] 高 鹏, 郑 超, 任岐鸣. ARM 和 ZigBee 的智能家居监控网络设计 [J]. 计算机测量与控制, 2014, 22 (10): 3206-3209.

[2] 沈艳霞, 贺庆楠, 潘庭龙, 等. 风能转换系统 T-S 模糊鲁棒容错控制 [J]. 信息与控制, 2013, 42 (6): 750-757.

[3] 傅 强, 樊 丁. 航空发动机被动容错控制器优化设计研究 [J]. 热动力工程, 2013, 28 (1): 28-32.

[4] 傅 强, 樊 丁, 彭 凯. 航空发动机主供油计量活门故障主动容错控制器设计 [J]. 航空动力学报, 2014, 29 (4): 973-979.

[5] 刘新娟, 孙文安, 李丕贤, 等. 一类时延网络控制系统的 H_∞ 容错保成本控制 [J]. 计算机工程与应用, 2013, 49 (24): 224-228.

[6] 赵 瑾, 顾幸生. 动态不确定系统的鲁棒乘性故障检测与重构 [J]. 中南大学学报: 自然科学版, 2007, 32 (7): 810-813.

[7] 于 臻, 刘利军, 沈 毅. H_∞ 容错控制器设计设计及其在线优化选择容错控制 [J]. 控制理论与应用, 2014, 31 (4): 417-424.

[8] 杨慧丽. 时滞正系统的有界实引理及 H_∞ 状态反馈控制器设计 [D]. 山西: 山西师范大学, 2013: 31-37.

[9] Wu L, Lam J, Shu Z, et al. On stability and stability of positive delay systems [J]. Asian Journal of Control, 2009, 11 (2): 226-234.

[10] 俞 立. 鲁棒控制——线性矩阵不等式处理方法 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.

[11] 陈 青, 吴 敏. 具有网络丢包和时延的网络控制系统设计 [J]. 控制与决策, 2011, 26 (2): 293-296.

(上接第 90 页)

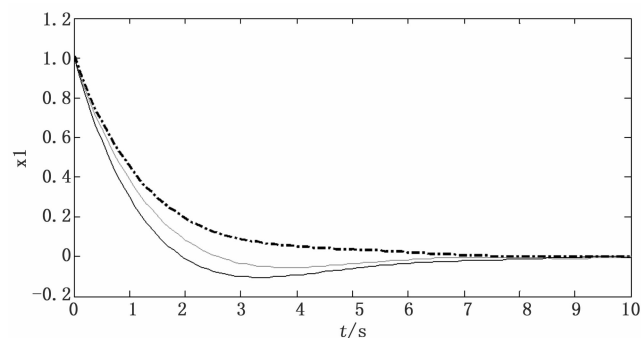


图 3 状态 x_2 的响应曲线

现的情况, 并针对该系统设计了 H_∞ 指数稳定容错控制器, 最后通过 LMI 工具箱证明了设计的容错控制器对执行器出现的故障具有很好的控制作用, 很有效。

参考文献:

[1] 卢军锋, 吴钟鸣, 王荣浩. 不确定非线性切换系统鲁棒容错 H_∞ 控制与仿真 [J]. 计算机仿真, 2013, 30 (6): 320-325.