

Design of Industrial Intelligent Lamp Control System Based on LoRa Technology

Min Xu Gaofu Qu Fagen Huang Qiguo Chen

Shenzhen Huapu Electric Power Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

With the development of industrial automation and intelligent manufacturing, the design of industrial intelligent lamp control system based on LoRa technology has become an important means to improve production efficiency, energy saving and emission reduction. This paper mainly studies the design and implementation of the industrial intelligent lamp control system based on LoRa technology, using the LoRa communication technology with low power consumption, long distance and high stability, combined with the wireless sensor network and lamp control algorithm, to realize the remote monitoring and control of the industrial lighting system. Through system optimization, reduce energy consumption, improve the lighting effect, and provide a safe, reliable, efficient and energy-saving lighting environment for industrial production. Practical application shows that the system has good communication performance, stability and reliability, and can meet the needs of industrial lighting system.

Keywords

LoRa technology; industrial intelligent lamp control system; wireless sensor network; lamp control algorithm

基于 LoRa 技术的工业智能灯控系统的设计

徐敏 屈高夫 黄发根 陈齐国

深圳市华普电力电气有限公司, 中国·广东 深圳 518000

摘要

随着工业自动化和智能制造的发展, 基于LoRa技术的工业智能灯控系统的设计已成为提高生产效率和节能减排的重要手段。论文主要研究了基于LoRa技术的工业智能灯控系统的设计与实现, 采用低功耗、长距离和高稳定性的LoRa通信技术, 结合无线传感器网络和灯控算法, 实现了对工业照明系统的远程监控与控制。通过系统优化, 降低能耗, 提高照明效果, 为工业生产提供安全可靠、高效节能的照明环境。实际应用表明, 该系统具有良好的通信性能、稳定性和可靠性, 能够满足工业照明系统的需求。

关键词

LoRa技术; 工业智能灯控系统; 无线传感器网络; 灯控算法

1 引言

随着工业 4.0 的到来和智能制造技术的迅速发展, 照明系统在工业生产中扮演着至关重要的角色。为了满足工业生产对安全、高效和节能照明环境的需求, 论文结合深圳市华普电力电气有限公司在工业智能灯控系统的研制经验, 进行基于 LoRa 灯控系统的设计。该系统采用低功耗、长距离和高稳定性的 LoRa 通信技术, 结合无线传感器网络和灯控算法, 实现了对工业照明系统的远程监控与控制, 为工业生产提供了安全可靠、高效节能的照明环境。

2 LoRa 技术原理

LoRa (Long Range) 是一种基于扩频调制技术的低功耗、长距离无线通信技术。LoRa 技术的核心是 LoRa 物理层

(PHY) 调制技术, 它采用了一种名为 Chirp 扩频调制的技术, 具有良好的抗干扰性和穿透力。Chirp 扩频调制是一种线性调频调制方式, 它将连续的上升或下降的频率信号作为调制载波。在 LoRa 中, 每个数据比特被映射到一个 Chirp 信号上, 从而实现了信号传输^[1]。

LoRa 通信系统由 LoRa 节点 (终端设备) 和 LoRa 网关组成。LoRa 节点通过 LoRa 物理层进行数据传输, LoRa 网关负责接收来自不同节点的数据并转发给云服务器, 实现数据的集中处理和分析。

LoRa 技术凭借其长通信距离、低功耗、高抗干扰性等特点, 在工业智能灯控系统物联网应用领域具有广阔的应用前景。

3 LoRa 技术在工业智能灯控系统中的应用

LoRa (Long Range) 技术是一种低功耗、长距离的无线通信技术, 具有低成本、低功耗、长通信距离等特点, 非常适合应用于工业智能灯控系统。通过 LoRa 通信技术, 工

【作者简介】徐敏 (1983-), 男, 中国河南驻马店人, 本科, 从事智能工业照明研究。

业智能灯控系统可以实现对照明设备的远程监控与控制，方便工作人员对照明设备进行集中管理，提高工作效率。

LoRa 技术可以广泛应用于各类无线传感器，如光照传感器、温湿度传感器等，构建无线传感器网络，实时采集工厂环境信息，为智能灯控算法提供数据支持。利用 LoRa 技术所搭建的无线传感器网络实时获取的数据，智能灯控系统能够根据各种环境因素（如环境光线、人员活动等）动态调整照明设备的亮度和开关状态。通过对灯控算法的优化，提高照明效果，降低能耗。

LoRa 技术可以实时传输照明设备的运行状态信息，帮助工业智能灯控系统及时发现并处理设备故障，保障生产安全和照明质量。LoRa 技术具有良好的可扩展性和兼容性，使工业智能灯控系统能够方便地扩展传感器和照明设备，满足不断增加的工业生产需求。

4 基于 LoRa 技术的工业智能灯控系统设计

4.1 系统架构

基于 LoRa 技术的工业智能灯控系统主要包括四个部分：LoRa 节点（照明设备及传感器）、LoRa 网关、云服务器和客户端应用。

LoRa 节点包括照明设备及传感器。照明设备采用 LoRa 模块进行通信，接收云服务器下发的控制命令，实现对照明设备的远程控制。传感器节点负责采集环境信息（如光照、温湿度等），并通过 LoRa 模块将数据发送至 LoRa 网关。

LoRa 网关作为 LoRa 节点与云服务器之间的桥梁，负责接收来自 LoRa 节点的数据，并将数据上传至云服务器。

云服务器负责处理来自 LoRa 网关的数据，实现对工业智能灯控系统的集中管理。云服务器运行灯控算法，根据环境信息动态调整照明设备的亮度和开关状态。

客户端应用提供友好的用户界面，方便工作人员对工业智能灯控系统进行监控、配置、调试和维护。用户可以通过客户端应用查看照明设备的实时状态、历史数据、故障信息等，并可进行远程控制。

4.2 无线传感器网络设计

在工业智能灯控系统中，主要采用光照传感器、温湿度传感器、人体红外传感器等。光照传感器可实时监测环境光照强度，为调整照明设备亮度提供依据。温湿度传感器可监测环境温度和湿度，为保障生产设备正常运行和员工舒适度提供数据支持。人体红外传感器可检测人员活动，实现照明设备的智能开关控制。根据实际应用场景，还可以增加如烟雾传感器、有毒气体传感器等，以满足工业生产的安全需求^[2]。

传感器应根据实际工厂环境合理部署，确保有效覆盖所有关键区域。光照传感器应部署在光线变化较大的区域，以便实时监测环境光照强度；人体红外传感器应部署在人员活动较频繁的区域，以实现精确的人员检测。

为确保无线传感器网络的高效稳定运行，需要设计一套合适的通信协议。通信协议应考虑如何最小化传感器节点的功耗、提高数据传输的可靠性、减少网络拥塞等问题。

4.3 灯控算法设计

灯控算法是工业智能灯控系统的核心，负责根据环境信息动态调整照明设备的亮度和开关状态。灯控算法应根据光照传感器采集的环境光照强度，实时调整照明设备的亮度。当环境光照强度低于预设阈值时，照明设备应自动增加亮度；当环境光照强度高于预设阈值时，照明设备应自动降低亮度。通过动态调整亮度，既保障了工作环境的照明质量，又实现了节能目标^[3]。灯控算法应根据人体红外传感器检测到的人员活动情况，控制照明设备的开关状态。当检测到人员活动时，照明设备应自动开启；当一段时间未检测到人员活动时，照明设备应自动关闭。通过智能开关控制，避免了照明设备的无效功耗，进一步实现了节能目标。灯控算法应具备故障检测与处理功能。当检测到照明设备异常（如过载、过热等）时，灯控算法应自动切断电源，保障生产安全。灯控算法应具备自适应调整功能，能够根据环境变化和使用场景，自动调整控制策略。例如，在白天和晚上应用不同的照明控制策略，以满足工作环境的实际需求。灯控算法应具备学习与优化能力，通过对历史数据的分析，不断优化照明设备的控制策略，提高照明效果和节能效果。例如，根据历史数据分析人员活动规律，预测未来一段时间内的照明需求，从而实现更精确的照明控制。

5 系统实现与优化

5.1 系统硬件设计

为实现基于 LoRa 技术的工业智能灯控系统，需要设计相应的硬件设备，包括 LoRa 节点、LoRa 网关和云服务器。以下是硬件设计的详细介绍：

LoRa 节点主要包括照明设备及传感器。照明设备应采用具有高效能、低功耗、长寿命特点的 LED 照明器件。照明设备的驱动电路应设计为高效稳定，以确保照明设备的可靠性。传感器节点应选用高精度、高稳定性的光照传感器、温湿度传感器、人体红外传感器等。传感器节点还需搭载低功耗的微控制器和 LoRa 模块，实现数据采集与无线通信功能^[4]。

LoRa 网关需具备处理来自多个 LoRa 节点数据的能力，并能通过有线或无线网络与云服务器进行通信。LoRa 网关应选用高性能的处理器、大容量的存储器和灵敏度的 LoRa 收发器，以保证系统的稳定运行。

云服务器负责处理和分析来自 LoRa 网关的数据，实现对工业智能灯控系统的集中管理。云服务器应具备高性能的处理器、大容量的存储器、高速的网络接口等硬件设备，以满足大规模数据处理的需求。

5.2 系统软件设计

系统软件设计是实现工业智能灯控系统功能的关键环节，涉及 LoRa 节点、LoRa 网关和云服务器的软件开发。以下是软件设计的详细介绍：

LoRa 节点的软件设计主要包括传感器数据采集、数据处理和无线通信功能。传感器数据采集功能需根据传感器类型设计相应的驱动程序；数据处理功能需实现对原始数据的预处理，如滤波、校准等；无线通信功能需根据 LoRa 通信

协议实现数据的发送与接收^[5]。

LoRa 网关的软件设计主要包括 LoRa 通信、数据转发和网络通信功能。LoRa 通信功能需实现与 LoRa 节点的双向通信，接收并解析来自 LoRa 节点的数据；数据转发功能需将解析后的数据打包并发送至云服务器；网络通信功能需实现与云服务器的数据交换，包括数据上传和命令下发。

云服务器的软件设计主要包括数据处理、灯控算法实现、数据存储与分析、故障诊断等功能。数据处理功能需实现对来自 LoRa 网关的数据进行解析和预处理；灯控算法实现需根据环境信息动态调整照明设备的亮度和开关状态；数据存储与分析功能需提供历史数据查询和数据统计功能；故障诊断功能需实现对照明设备异常的检测与处理。

客户端应用需提供友好的用户界面，实现对工业智能灯控系统的监控、配置、调试和维护。客户端应用需实现以下功能：实时状态监控、历史数据查询、故障信息查询、远程控制等。

5.3 系统优化与节能策略

为提高工业智能灯控系统的性能和节能效果，需要实施一系列系统优化与节能策略，具体如下：

①节点功耗优化：对于 LoRa 节点，可以通过采用低功耗微控制器、LoRa 模块和传感器，以及合理设计电源管理电路，降低节点的功耗。

②通信协议优化：通过设计合适的通信协议，降低传感器节点的通信频率，减少网络拥塞，提高数据传输的可靠性。

③灯控算法优化：通过对灯控算法进行持续优化，提高照明设备的控制精度，实现更精确的照明控制和节能效果。

④节能策略：采用多种节能策略，如动态调整亮度、智能开关控制、预测照明需求等，实现工业智能灯控系统的高效节能。

6 系统性能评估与实际应用

6.1 通信性能评估

通信距离评估：在设计过程中，我们充分考虑了 LoRa 技术在工业环境中的通信距离，以确保系统具有良好的覆盖范围和通信性能。通过选择合适的 LoRa 节点与 LoRa 网关参数，可以实现不同场景和环境下的优秀通信性能。

通信速率评估：在设计过程中，我们权衡了通信速率与通信距离的关系，以实现 LoRa 节点与 LoRa 网关之间数据传输的高效性。通过调整信道宽度、扩频因子等参数，系统在不同距离、不同信号强度条件下都能保持良好的数据传输性能。

通信可靠性评估：在设计过程中，我们关注 LoRa 节点与 LoRa 网关之间数据传输的成功率。为了提高系统的通信可靠性，我们采用了一些有效的技术手段，如自适应数据速率、信道多路复用等，以确保系统在不同场景下都能实现高可靠性的通信。

6.2 稳定性与可靠性评估

系统稳定性评估：在设计过程中，我们采用了高性能、低功耗的硬件设备，并对软件进行了优化，以确保系统具有较高的稳定性。

故障检测与处理模块：在设计过程中，我们加入了故障检测与处理模块，以确保系统在遇到故障时能够及时发现并采取相应措施，如自动恢复或报警等。

组网与通信稳定性评估：在设计过程中，我们充分考虑了 LoRa 节点与 LoRa 网关之间的自组网与通信稳定性。通过采用自组织网络技术，我们实现了系统在不同条件下的通信性能和稳定性。

6.3 实际应用案例分析

为了验证基于 LoRa 技术的工业智能灯控系统在实际应用中的效果，以下是几个典型的实际应用案例：

①工厂车间照明。在工厂车间内部署 LoRa 节点和 LoRa 网关，实现车间照明的智能控制。通过实时监测环境光照、温湿度等参数，动态调整照明设备的亮度和开关状态，提高照明效果和节能效果。

②仓库照明。在仓库内部署 LoRa 节点和 LoRa 网关，实现仓库照明的智能控制。根据仓库内部人员活动情况，实现照明设备的精确控制，提高照明效果和节能效果。

③停车场照明。在室内停车场部署 LoRa 节点和 LoRa 网关，实现停车场照明的智能控制。根据车辆和行人的活动情况，自动调整照明设备的亮度和开关状态，提高照明效果和节能效果，同时增加安全性。

④办公楼照明。在办公楼内部署 LoRa 节点和 LoRa 网关，实现办公楼照明的智能控制。结合人体红外传感器，实现照明设备的精确控制，提高照明效果和节能效果。

7 结语

论文针对基于 LoRa 技术的工业智能灯控系统进行了详细探讨，从需求与应用、技术原理及特点、系统设计、实现与优化、性能评估与实际应用等方面展开分析。通过对系统的通信性能、稳定性与可靠性评估以及实际应用案例的分析，证明了该系统在实际应用中具有良好的性能和广泛的应用前景。在未来的工业照明领域，基于 LoRa 技术的工业智能灯控系统有望为各类场景提供安全可靠、高效节能的照明环境，为工业生产和企业发展提供强有力的支持。

参考文献

- [1] 唐铭轩.LoRa技术原理及关键参数研究[J].网络安全技术与应用,2021(11):73-74.
- [2] 董文斌.基于LoRa的线性无线传感器网络监测系统[D].哈尔滨:东北农业大学,2021.
- [3] 王出航,刘峰.采用遗传算法和WSN的智能灯控方法设计[J].控制工程,2017,24(2):341-345.
- [4] 陈菁,刘伊莉.公用照明设备节能控制系统设计[J].现代电子技术,2013,36(22):156-159.
- [5] 桑远标.LoRa无线传感器网络节点的设计及路径规划算法的实现[D].杭州:杭州电子科技大学,2022.