

VLC를 이용한 IoT 기반 스마트 가로등 시스템

이소연¹, 최예원¹, 이강선¹, 심규성², 안병구^{1,◎}

¹홍익대학교, 소프트웨어융합학과

²한경국립대학교, 컴퓨터응용수학부

e-mail : beongku@hongik.ac.kr

IoT-based Smart Streetlight System using VLC

Soyeon Lee¹, Yewon Choi¹, Kangsun Lee¹, Kyusung Shim², Beongku An^{1,◎}

¹Dept. of Software and Communications Engineering, Hongik University

²School of Computer Engineering & Applied Mathematics,
Hankyong National University

Abstract

This paper introduces a novel smart streetlight system leveraging visible light communication (VLC) technology integrated with Internet of Things (IoT) sensors. The proposed system collects environmental information using an IoT sensor installed in each smart streetlight. It employs machine learning algorithms to decide whether streetlights should be turned on or off. Additionally, it can forward data to neighboring streetlights using VLC. Performance evaluations show that the machine learning model effectively determines the operational status of streetlights based on environmental data.

I. 서론

LED 조명이 널리 퍼짐으로, 다양한 장소의 조명이 LED로 교체되고 있다. 도로 옆에 있는 가로등도 마찬가지로 LED로 교체되고 있다. 산간 지역이나 안개가 많이 끼는 호수 주변의 도로의 경우, 밤뿐만 아니라 낮에도 가로등이 필요한 경우가 종종 발생한다. 하지만 현재의 가로등은 저녁에만 점등되고, 모든 지역을 상황을 알 수 없어, 능동적으로 대처하는 데 어려움이 있다^[1].

인공지능은 수많은 데이터를 기계(컴퓨터)가 분석하고 학습하여, 사람과 유사한 판단을 할 수 있게 한다.

이를 통하여, 기존에 해결하기 어려웠던 문제들을 해결하고, 새로운 가능성을 탐구할 수 있게 되었다^{[2]-[3]}. 특히, 가로등 시스템에 인공지능을 이용하면 주변 환경에 따라 시스템이 능동적으로 가로등을 점등 여부를 결정하여 사고를 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

본 논문에서는 기존 가로등의 성능을 발전시켜 가로등 스스로 주변 환경을 측정하고 인공지능을 이용하여 점등 여부를 결정하는 VLC 기반 스마트 가로등 시스템을 제안, 개발하고자 한다. 현재까지 개발된 시스템은 환경 센서를 이용해 주변 환경을 측정하고 측정 결과 값으로 머신러닝을 활용해 가로등의 점등 여부를 실시간으로 판단한다.

II. 제안하는 VLC 기반 스마트 가로등 시스템

그림 1은 본 논문에서 제안하는 VLC 기반 스마트 가로등 시스템의 개념도이다. 제안하는 시스템을 흐름도로 설명하면 그림 2와 같다.

환경 센서를 통해 조도, 습도, 미세먼지(PM10), 초미세먼지(PM2.5) 값을 측정한다. 이를 시리얼 통신을 이용해 송신한다. 수신받은 데이터와 머신러닝을 활용해 가로등의 점등 여부를 결정한다. 수신받은 데이터와 머신러닝 결과 값은 데이터베이스에 저장한다. 전달받은 점등 여부는 가로등을 이용하여 VLC로 옆 가로등에 전달한다.

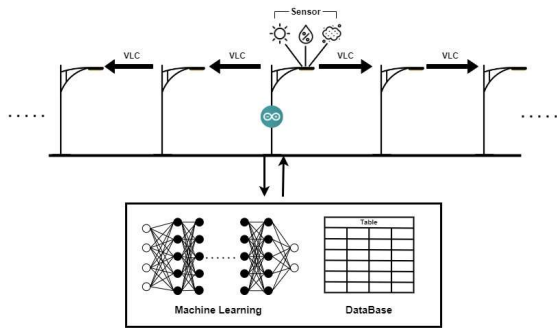


그림1. 제안하는 VLC 기반 스마트 가로등 시스템

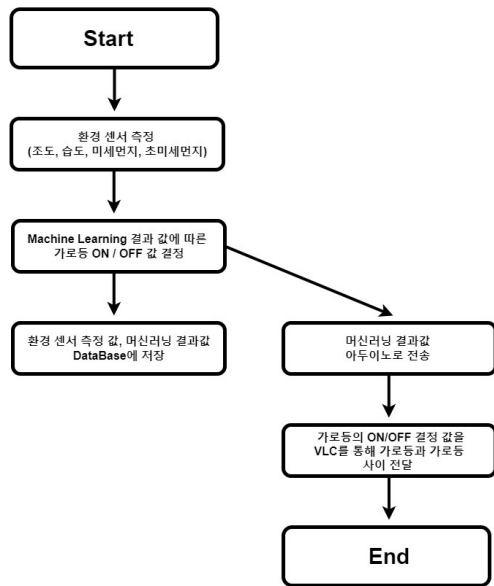


그림 2. VLC 스마트 가로등 시스템의 흐름도

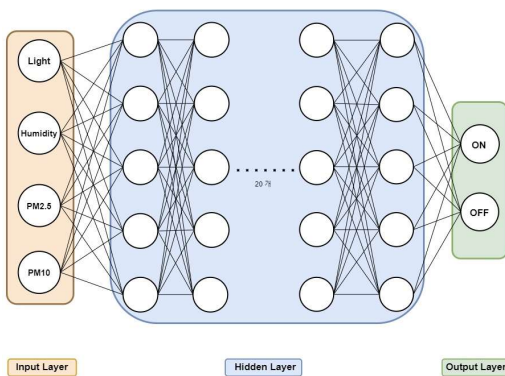


그림 3. VLC 스마트 가로등 시스템의 판단부를 위한 인공지능 모델 개념도

그림 3에서와 같이 제안한 시스템은 4가지 환경 센서(조도, 습도, 미세먼지(PM10), 초미세먼지(PM2.5))를 활용하여 주변 상태를 판단한다. 이를 바탕으로 머신

러닝 모델은 학습 단계를 거쳐 입력값을 적절하게 판단할 수 있도록 각 계층의 뉴런의 가중치와 편향을 업데이트한다. 이를 통하여 학습된 머신러닝 모델을 가로등의 점등 여부를 판단할 때 사용하게 된다. 조도의 측정값이 500 이상인 경우, 습도의 측정값이 70% 이상인 경우, 미세먼지(PM10)의 측정값이 151 이상인 경우, 초미세먼지(PM2.5)의 측정값이 76 이상인 경우 중 한 가지 이상이 해당하는 경우에는 가로등의 점등 여부를 'ON'으로 설정하였다.

표 1. 판단부를 위한 머신러닝 구조

계층	레이어	유닛	활성함수
입력계층 (Input Layer)	1	4	없음
은닉계층 (Hidden Layer)	20	20	ReLU
출력계층 (Output Layer)	1	2	Sigmoid

III. 성능평가

표 2. VLC를 이용한 IOT 기반 스마트 가로등 시스템을 위한 IoT 센서

센서	종류	단위	측정 범위
DHT22	온도 센서	℃	-20~60 (±0.5)
PMS7003	미세먼지 센서	ug/m ³	0~999
SZH-SSBH-011	조도 센서	없음	0~1023

표 2는 본 연구 개발을 위해서 사용한 IoT 센서 목록이다. DHT22는 AM2302 센서를 사용한 온습도 측정 센서이다. 보정된 디지털 신호를 출력한다. PMS7003은 대기 중 입자 농도를 감지하는 레이저 방식의 미세먼지 측정 센서이다. 미세먼지와 초미세먼지 측정이 가능하다. SZH-SSBH-011 센서는 CDS 센서를 이용하는 광량 감지 센서이다.

본 논문에서는 VLC 기반 스마트 가로등 시스템의 인공지능 모델의 성능을 평가한다. 이를 위해서 주피터 노트북 프로그램을 사용하였고, 실제 측정 센서를 이용한 1,040개의 학습 데이터를 사용하였다. 사용된 학습 데이터 중 832개는 학습에 사용하였고, 208개는 검증에 사용하였다. 학습 데이터와 검증 데이터의 결과 값(ON, OFF)의 비율은 거의 5:5인 데이터 셋을 사용하였다.

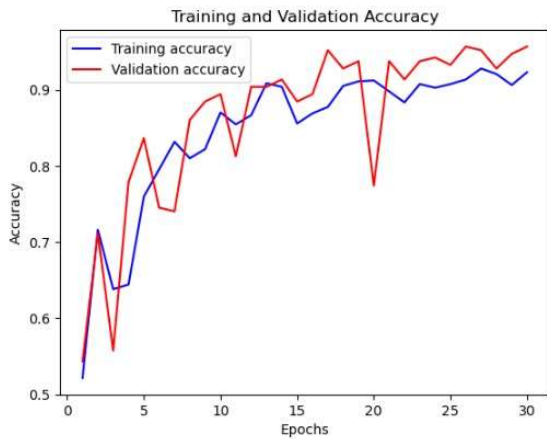


그림4. 학습 횟수(epoch)에 따른 정확도 변화

그림 4는 머신러닝 모델 학습 횟수(epoch)의 수가 증가함에 따른 학습 데이터(Training data)와 검증 데이터(Validation data)의 정확도 변화를 나타낸다. 그림 4에서와 같이, 학습 횟수(epoch)의 수가 증가함에 따라서 정확도가 향상되는 것을 확인하였다. 이를 통하여, 제안한 VLC 기반 스마트 가로등 시스템을 위한 인공지능 모델이 성공적으로 학습한 것을 확인하였다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 연구에서는 다양한 주변 환경에서 측정한 센서 값을 통해 스스로 가로등을 켜고 옆의 가로등으로 전달하는 VLC 기반 스마트 가로등 시스템을 제안하고, 이를 위한 시스템을 개발하였다. 성능평가를 통하여, 개발된 머신러닝 모델이 성공적으로 주변 환경 데이터를 활용하여 판단 내림을 확인하였다.

현재 본 연구진은 머신러닝을 이용하여 판단한 결과를 주변의 다른 IoT 기기에 전송하기 위한 VLC 전송 부분과 시간과 장소에 구애받지 않고 이를 확인하고 제어 가능한 시각화 부분에 관한 연구와 개발을 진행하고 있다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (NRF-2022R1A2B5B01001190).

Prof. An is the Corresponding author.

참고문헌

- [1] 이소연, 최예원, 심규성, 안병구, "VLC 기반 스마트 가로등 시스템", 2023년 대한전자공학회 추계학술대회 논문집, pp470-471, 2023년 11월.
- [2] Nayoung Ko, Dabom Choi, Kyusung Shim, and

Beongku An, "Intelligent Multi-to-One Visible Light Communication-based Smart IoT Monitoring System," 2022년 대한전자공학회 하계학술대회 논문집, pp. 531 - 534, June 2022.

- [3] 고나영, 최다봄, 김동훈, 심규성, 안병구, "One-to-One 가시광 통신 기반 IoT 모니터링 시스템", 2022년도 한국통신학회 학술대회논문집, pp.1204-1205, 2022년 02월.