

IoT와 VLC 기반 스마트 가로등 시스템의 설계 및 구현

이소연*, 최예원*, 이강선*, 심규성**, 안병구*

홍익대학교 소프트웨어융합학과*
한경국립대학교 컴퓨터응용수학부**

Abstract

제안된 시스템의 주요한 특징 및 기여도는 다음과 같다. 첫째, IoT 환경 센서를 이용하여 주변 환경 정보를 실시간으로 측정할 수 있다. 둘째, 인공지능을 사용해 측정된 데이터를 바탕으로 가로등의 점등 여부를 자동으로 결정한다. 셋째, 가시광통신(VLC)을 통해 인근 가로등과 정보를 주고받을 수 있다. 넷째, 모니터링 시스템을 통해 언제 어디서나 가로등의 상태와 환경 데이터를 확인할 수 있다. 성능 평가 결과, 제안된 시스템은 효과적으로 가로등의 점등 여부를 판단하고 정보를 교환할 수 있음을 확인하였다.

Motivation

- 기존 가로등 시스템은 고정된 시간에만 작동하여 환경 변화에 적절히 대응하지 못하고, 이로 인해 불필요한 에너지 낭비가 발생하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 IoT와 딥러닝 기술을 사용하여 가로등이 실시간으로 환경 정보를 분석하고 자동으로 제어될 수 있는 시스템이 필요하다.
- 무선 통신 기술은 지속적으로 발전하고 있다. 그러나 무선 주파수 자원의 한계를 극복하기 위해, 가시광을 이용한 통신 방법인 가시광통신(VLC: Visible Light Communication)이 도입되었다. 기존 가로등의 LED를 활용해 추가 인프라 없이 조명 기능과 통신 기능이 동시에 가능하다.

Development Tools

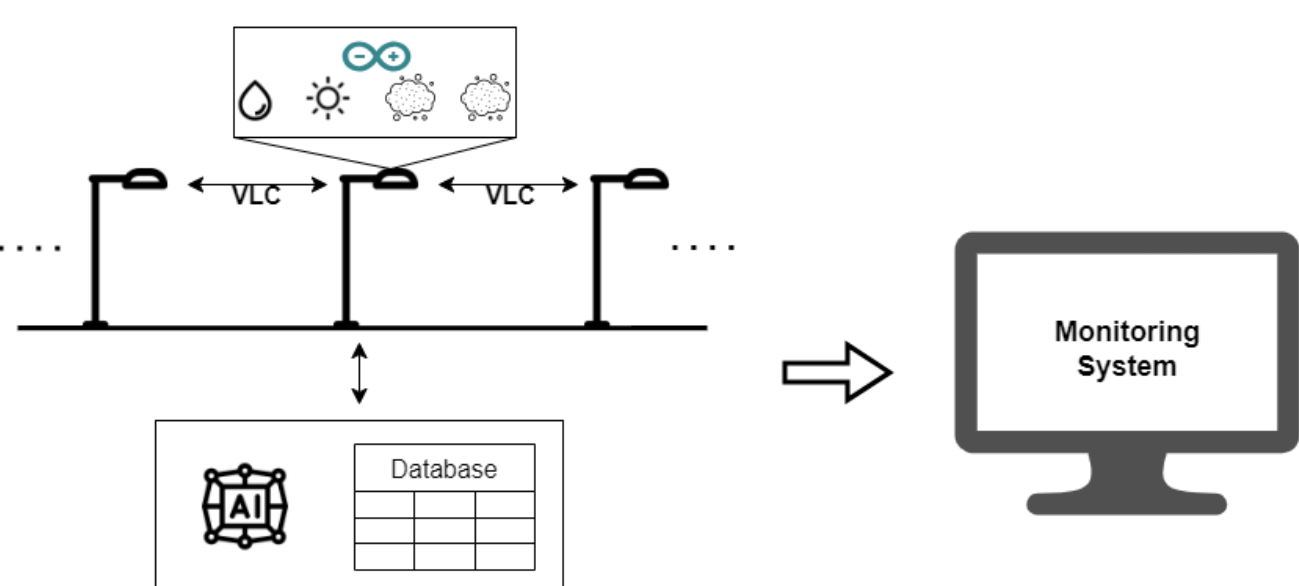


Contributions

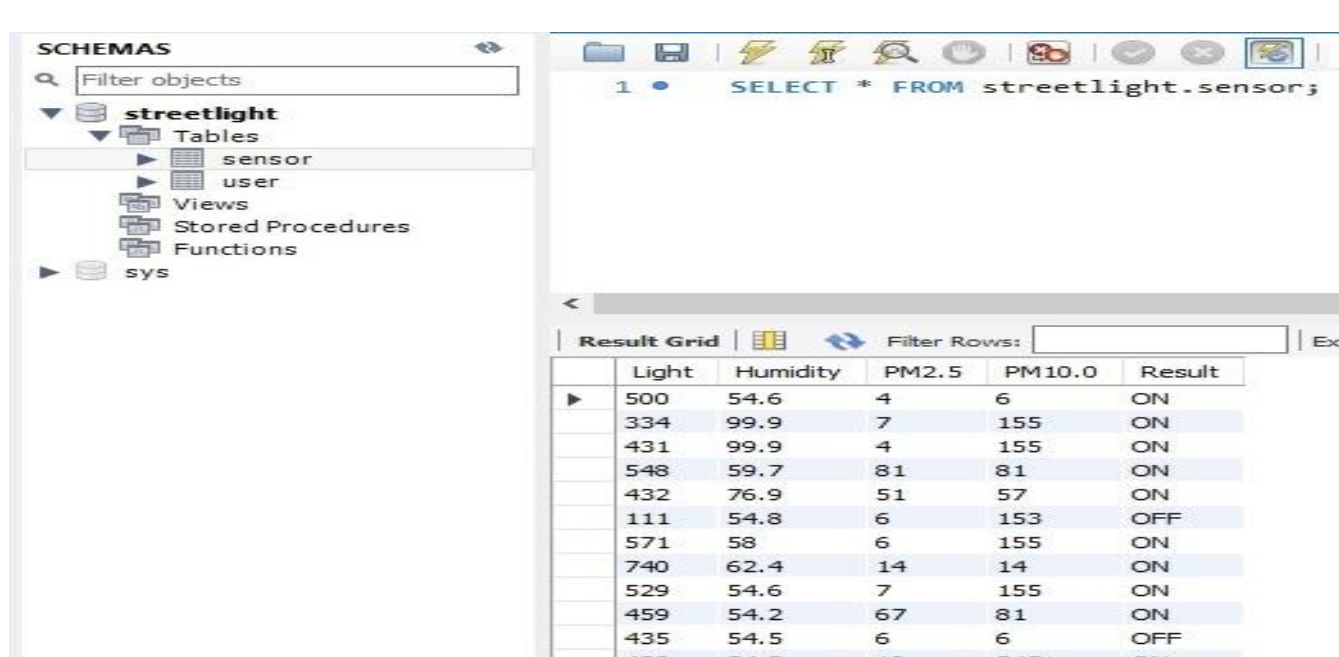
- IoT 환경 센서와 인공지능(딥러닝)을 결합하여 주변 환경 데이터를 실시간으로 수집하고 이를 통해 가로등의 점등 여부를 자동으로 결정한다.
- 모니터링 시스템을 통해 언제 어디서나 가로등 상태(점등 여부)와 환경 정보를 확인할 수 있는 실시간 기능을 제공한다.

Overview

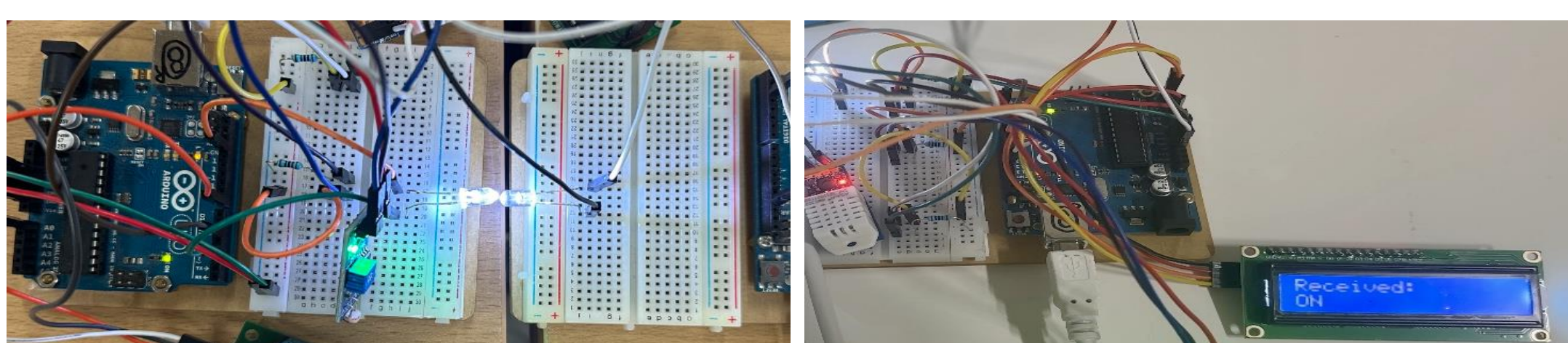
제안하는 시스템의 전체 개념도



데이터베이스 테이블 (일부)



아두이노로 구현한 가시광통신(VLC) 시스템



모니터링 시스템 (모바일 접속)



Implementation

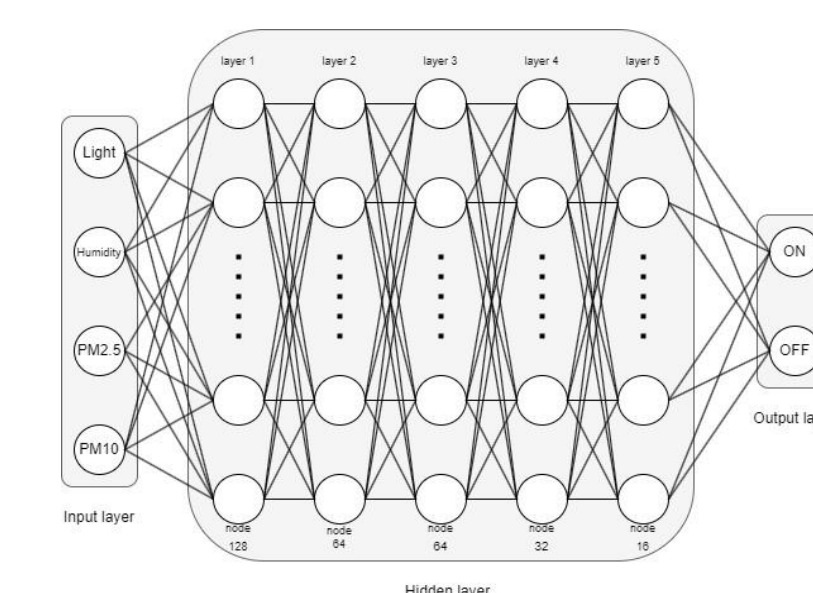
성능평가 파라미터

Python	ver 3.9
Arduino UNO	ver 1.8.16
Arduino IDE	ver 2.2.1
MySQL	Server version 8.0.36
LED Sensor	5 Φ LED
Amplifier	OP-Amp
조도 센서	SZH-SSBH-011
온습도 센서	DHT22
미세먼지 (초미세먼지)센서	PM57003

딥러닝 구조

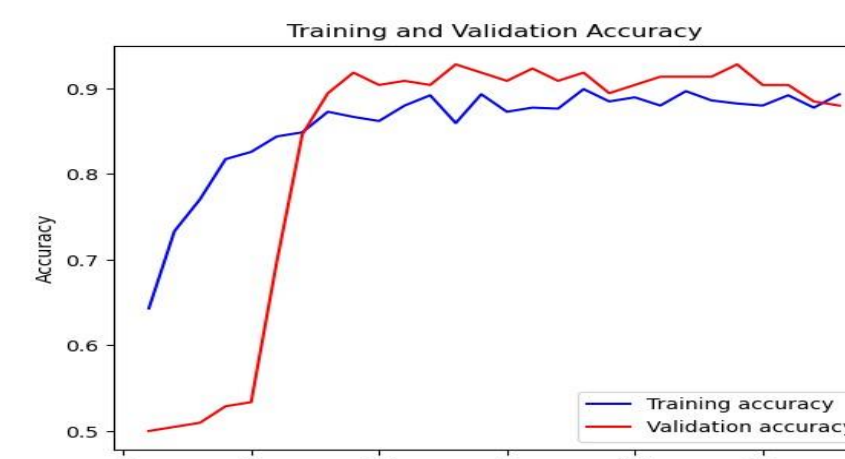
계층	유닛	활성 함수
입력 계층 (Input Layer)	4	X
은닉 계층1 (Hidden Layer 1)	128	ReLU
은닉 계층2 (Hidden Layer 2)	64	ReLU
은닉 계층3 (Hidden Layer 3)	64	ReLU
은닉 계층4 (Hidden Layer 4)	32	ReLU
은닉 계층5 (Hidden Layer 5)	16	ReLU
출력 계층 (Output Layer)	1	Sigmoid

인공지능 모델 개념도



< 성능평가 >

학습횟수(Epoch)에 따른 정확도



딥러닝 모델의 Confusion Matrix (혼동 행렬)

Confusion Matrix:
[[95 9]
[5 99]]

다양한 지표의 모델 성능평가

	precision (정밀도)	recall (재현율)	F1-score	support
0 (OFF)	0.95	0.91	0.93	104
1 (ON)	0.92	0.95	0.93	104

conclusion

본 연구에서는 주변 환경 데이터를 기반으로 가로등이 스스로 점등 및 소등을 결정하고, 그 정보를 주변 가로등에 전달할 수 있는 가시광통신(VLC) 시스템을 개발하였다. 이를 시간과 장소에 구애 받지 않고 모니터링할 수 있는 기능도 구현되었다. 성능평가를 통해 개발된 딥러닝 모델과 가시광통신 시스템이 환경 데이터를 효과적으로 활용해 정확한 판단을 내리는 것을 확인하였다.