

# 전력 절감형 방향성 고속도로 가로등 무선 제어 시스템<sup>1</sup>

박승화<sup>1</sup> 유지훈<sup>2</sup> 장원준<sup>3</sup> 김웅섭<sup>4</sup>

동국대학교 정보통신공학과

e-mail : seung94@hanmail.net<sup>1</sup> ygh0191@gmail.com<sup>2</sup> red0523@naver.com<sup>3</sup> woongsup@dongguk.edu<sup>4</sup>

## Wireless Highway Light Control System Toward Efficient Power Consumption

Seung Hwa Park, Ji Hun Yoo, Won Jun Jang, Woongsup Kim  
Information Communication Engineering, Dongguk University

### 요 약

본 논문에서는 고속도로에서의 방향성을 고려하여 저전력형 가로등 제어 시스템을 설계하고 구현했다. 본 연구에서 제시한 시스템은 조도 센서와 적외선 센서를 이용해 디밍이 가능하고, 차량의 이동 방향에 따라 해당 방향의 가로등이 점등되는 시스템으로 야간에서 가로등에 소비되는 전력량을 줄여 에너지 효율을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

### 1. 서론

기존 국도와 고속도로에 설치되어 있는 가로등은 조도 감지를 통해 광원 제어가 이루어지고 있다. 가로등의 설치 이격 거리는 도로 상황에 따라 다른 간격을 가지도록 규정되어 있으며, 도로에 설치된 가로등으로 인한 전력 소모량을 줄이기 위해 야간 고속도로의 경우 가로등이 격등하여 켜지게 되어 있다. 하지만 차량의 통행량과 상관없이 야간에는 가로등이 항상 켜져 있어 차량 통행이 없는 경우에도 불필요한 전력이 소모되고 있다. 본 논문에서는 가로등 광원을 위한 전력의 소모를 줄이기 위해, 기존 시스템에서는 격등과 광원 제어를 했다면, 도로를 주행하는 자동차의 이동성에 따라 가로등 제어를 하여 전력을 절감하고자 한다.

본 연구에서 제안한 시스템은 유무선 통신장치와 가로등 제어 유닛, 차량의 통행량과 주변의 조도를 감지하는 센서로 구성되어 있으며, 하나의 가로등 제어유닛이 하나의 섹터를 구성하여 무선 통신을 통해 섹터 내의 모든 가로등을 제어하도록 구성되어 있다.

우리는 섹터 별 가로등 무선통신제어를 위해 Wi-SUN(IEEE 802.15.4g) 기술을 사용한다. Wi-SUN 기술은 송수신 전송 거리 최장 3km, 적정전송거리 1km 를 유지하므로 하나의 중앙 제어기기에서 다수의 가로등을 제어할 수 있으며 산술적으로 해당 기술을 사용할 경우에 최대 16 개의 가로등을 하나의 제어기기에서 제어할 수 있다. 본 논문에서는 Wi-SUN 기술을 이용하

기 위해 통신 모듈 AXM100 을 사용한다.(그림 1)



(그림 1) AXM100

[ 표1 ] Wi - SUN 규격

Wi-SUN (IEEE 802.15.4g)			
Frequency band	868MHz, 915MHz and 2.4GHz		
Data Rate	Up to 250kbps		
RF Range	1~100m		
RF Modulation	Gaussian Keying(GFSK)	Frequency Shift	
Goals	General	Low-Power	Sensing/Actuating

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 본 연구에서 제안하는 시스템을 위한 구성 및 기능을 설명하

<sup>1</sup> 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 SW중심대학지원사업의 연구결과로 수행되었음. 과제번호 (2016-0-00017)

고, 3 장에서는 개발된 시스템의 성능을 분석하고 4 장에서 구현에 대한 결론과 향후 추가 연구될 내용을 기술한다.

## 2. 본론

본 논문에서는 가로등을 원격으로 제어하기 위해서 유무선 통신을 통해 가로등 원격 제어 장치를 설계하고 구현했다.

본론은 센서 구성, 가로등 구성, 그리고 제어 부분 총 세 파트로 작성되었다.

### 2.2.1 센서 구성

30 분에 1 번씩 CDS 에서 읽은 조도 값  $C_{val}(0\sim1023, 0V\sim5V)$ 은 전압분배 법칙에 의해 식(1)에 따라 정의되며 상시등의 밝기  $L_{val}(0\sim255)$ 가 식(2)로 정의된다. 정의된  $L_{val}$ 은 설정한 구역의 전체 AXM100 에 전송된다.

$$C_{val} = \frac{CDS}{CDS + R} * V \quad (1)$$

(R = 저항, V= 전압)

$$L_{val} = \frac{C_{val}}{4} \quad (2)$$

적외선 센서 2 개를 한 쌍으로 정의하며, 각 쌍의 적외선 센서는 서로 다른 방향의 차량 통과 유무와 차량의 속도를 확인한다.

예를 들어, 한 쌍의 적외선 센서를 센서 1,2 라고 정의하면, 센서 1 에서 차량이  $T_1$ 의 시간에 통과한 뒤, 센서 2 에서는  $T_2$ 의 시간에 통과하게 된다. 센서 1 과 2 의 거리가  $D_{12}$  일 때, 차량의 속도  $v_{12}$ 는 식(3)으로 정의가 가능하다.

$$v_{12} = \frac{D_{12}}{(T_2 - T_1)} \quad (3)$$

$v_{12}$ 의 데이터 값을 해당 구역을 제어하는 AXM100 1 대에만 전송함으로써 해당 방향으로의 LED 점등이 이동하는 차량의 속도에 맞춰 이루어진다.

### 2.2.2 가로등 구성

가로등은 LED 로 대신하며 LED N 개당 1 개의 섹터(sector)로 정의한다. 본 연구에서는 N 을 3 으로 두고, 섹터는 A 와 B, 2 개가 있다고 가정하고 구현을 하였다. 야간에는 하나의 섹터에서 하나의 가로등만 상시등(가로등 A-1, 가로등 B-1)으로 사용한다. 상시등의 밝기는 식(2)의 계산을 통해서 나온  $L_{val}$ 을 사용한다.

### 2.2.3 제어 부분

본 연구에서는  $C_{val}$ 이 400 이하일 경우 낮으로 간주한다. 필요에 따라 섹터 제어 및 밤과 낮 강제 제어가 가능하며 섹터 단위로 점등 및 소등이 가능하다.

낮의 상태에서는 전체 LED 가 소등되며 차량이 지나가더라도 점등되지 않는다. 밤일 경우에는 상시등을 사용하며, 차량이 지나갈 경우 LED 가 차량의 속

도에 맞춰 차례대로 최대 밝기로 점등되고 속도에 맞춰 차례대로 소등된다. 본 연구에서 시연한 시뮬레이션 환경에서 실험 차량의 최대 속도는 실험환경의 제약상 15km/h 로 설정하였으며 차량이 지나간 후에도 안전을 위해 적절한 시간동안 가로등의 점등이 유지되어야 하기 때문에 점등 시간 계산을 위한 보정값 상수  $I$ 를 최대 속도의 2 배인 30km/h 로 정의하였다. 한 가로등의 점등 지속 시간  $t_{con}$ 은 식(4)로 정의된다.

$$t_{con} = \frac{I}{v_{12}} \quad (4)$$

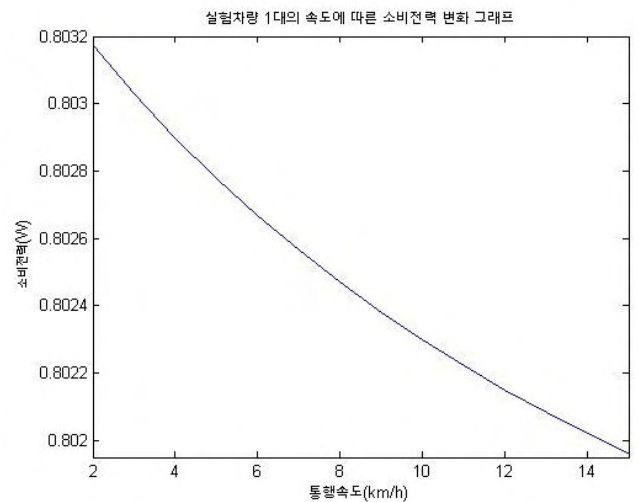
## 3. 성능평가 및 구현

본 논문에서 제시하는 시스템의 성능 평가는 기존 가로등 격등 제어 시스템과 방향성을 가진 제어 시스템을 시뮬레이터를 이용하여 진행하였다.

사용 전력  $W$ 을 계산하기 위해서 가로등은 LED 로 입력하는 전원 값으로 계산하며 기존 방법과 제안하는 방법 모두 상시등으로 5V, 전류는 40mA 이다. 가로등은 한 방향으로 6 개, 총 12 개의 LED 를 사용하였다. 차량이 통과하여 가로등이 지속되는 시간은 3 초, 한 시간 동안 최대 교통량은 1200 대로 정의하였다. 전압  $V$ 와 전류  $A$ 를 통해 LED 소비 전력  $P$ 는 식 (5)로 계산한다.

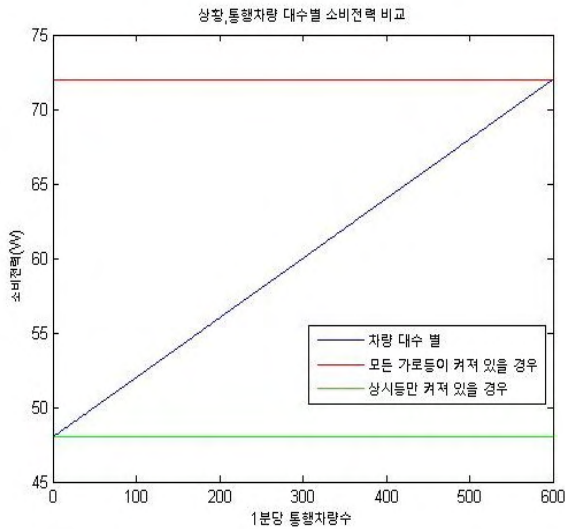
$$P = V \times A \quad (5)$$

차량 1 대 기준 통행 속도에 따른 전력사용량은 (그림 4)와 같다.



(그림 4) 실험차량 1 대의 속도에 따른 소비전력 변화량

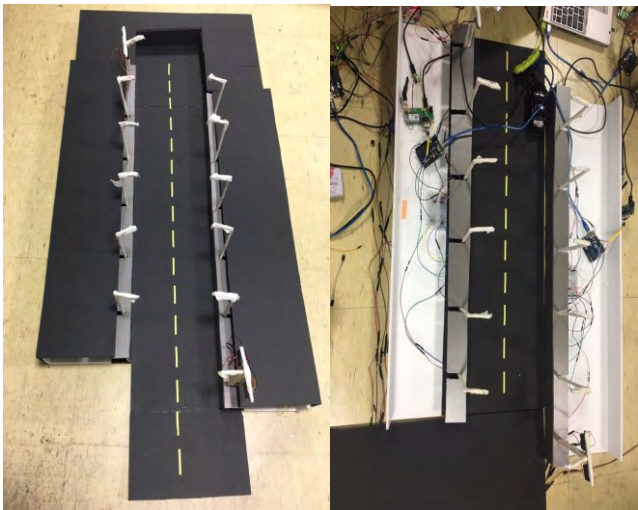
1 분당 통행차량에 따른 전력사용량은 (그림 5)와 같다. 그림 5 의 실험에서 통행차량의 속도는 모두 10km/h 를 기준으로 설정하였다.



(그림 5) 상황, 통행차량 대수별 소비전력 비교 그래프

(그림 5)에서 보이듯이 통행 대수가 적은 경우 50%에 가까운 전력 절약을 할 수 있으며 분당 통행이 300 대에 가까운 경우에도 10W에 가까운 전력 절약을 할 수 있다.

시뮬레이션을 통해 도출된 값을 시험하기 위한 하드웨어로 양측에 6개의 LED를 설치하여 고속도로를 구현하였다. 상시등을 포함한 세 개의 LED를 한 섹터로 지정하여 적외선 센서를 통해 차량의 속도를 입력 받고 LED를 제어하도록 구축했다.



(그림 6) 시뮬레이션 환경 구현된 내부와 외부

#### 4. 결론

본 논문에서는 야간에 차량의 운행 빈도와 상관없이 소비되는 전력량을 줄이기 위하여 차량의 이동 방향과 운행 빈도에 따른 가로등 제어 시스템을 제안하였다. 시뮬레이터를 이용하여 기존 시스템과 해당 시스템을 비교하였을 때 제시된 시스템이 전력 소모량에서 크게 경제적인 것을 알 수 있었다.

해당 시스템은 고속도로에 설치되는 가로등 뿐만 아니라 국도와 도심 속 가로등에 위치한 가로등에 적용시킴으로 효과적으로 전력 절감에 새로운 방향을

제시할 것으로 기대된다.

#### 참고문헌

- [1] Sung-Wook Park and Woo-Young Ohm, Development of the LED Street Lamp by using Wired and Wireless, Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 51, No.10, pp.235, 2014
- [2] Sang Hoon Lee, Design and Implementation of LED Streetlight System for Remote Control and Wi-Fi Service, The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol.40, No.01, pp.233, 2015
- [3] Eui-Seok Oh, Performance of SUN and Wi-Fi P2P for M2M Communication, The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol38, No.09, pp.740, 2013