

논문 2011-5-3

# 선택적 원거리 점멸이 가능한 Ad-Hoc 기반의 LED-IT-센서 통합 가로등 시스템 개발

## Implementation of a Ad-Hoc based LED-IT-Sensor Integrated Streetlight with Selective Remote Control

오선진\*

Sun-Jin Oh

**요약** 최근 그린 IT 기술이 이슈화 되면서 전 세계적으로 탄소 배출을 낮추고 에너지 효율을 높일 수 있는 환경 친화적인 광원에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 특히 고유가와 환경오염 등의 문제로 기존의 백열등이나 형광등을 대체하기 위한 새로운 광원으로 LED가 크게 주목을 받고 있다. 본 논문에서는 저전력, 고효율, 고휘도의 LED 모듈에 온도, 습도, 조도, 그리고 이동 감지 센서를 포함한 복합 센서 모듈을 조합하여 가로등을 지능화하고, ZigBee 모듈을 이용하여 가로등 간에 IT기술인 USN 망 융합을 통하여, 가로등 시스템을 중앙에서 모니터링하고 지역 특성에 따라 선택적으로 가로등의 점멸을 원격으로 제어함으로써 효과적으로 에너지 절약을 극대화할 수 있는 Ad-Hoc망 기반 LED-IT-Sensor 통합 가로등을 설계하고 구현하였다.

**Abstract** With the issue of a Green IT Technology, studies on a environment-friendly luminous source that can reduce Carbon discharge and increase energy efficiency are actively progressed all over the world. Especially, with the problems of high oil price and environmental pollution, LED has made a great attention as a new luminous source that can replace the existing incandescent bulbs and fluorescent lights. In this paper, the proposed streetlight system becomes more intellectual by combining the low power consuming, high efficient, and high luminous LED module with a complex sensor module with temperature, humidity, illumination and motion sensors. Then, we design and implement the Ad-Hoc based LED-IT-Sensor integrated streetlight system that can maximize the energy savings efficiently with central monitoring system and selective remote dimming control by connecting them to the wireless ubiquitous sensor network(USN) using a Zigbee module.

**Key Words :** LED Module, Streetlight, USN, Green IT

### 1. 서 론

최근 이슈가 되고 있는 친환경 그린 IT 기술은 IT 기술 자체와 이를 활용하는 분야에 대한 그린화를 통해서 에너지 소비의 효율화, 탄소 배출의 최소화 그리고 유사 기술과의 융합을 통한 새로운 비즈니스의 창출을 통한

유망 신 성장 동력이 될 수 있는 산업의 육성이라 할 수 있다.<sup>[1]</sup> 특히 에너지 자원의 고갈로 인한 고유가와 난 개발로 인한 환경오염 및 파괴 등의 문제로 전 세계가 엄청난 시련을 겪고 있으며 그 어느 때 보다도 친환경적이고 효율적인 그린 IT 기술에 대한 관심이 높아지고 있다. 이에 국가의 에너지 경쟁력을 제고하고, 친환경적이며, 미래지향적인 유망산업으로 광 효율을 획기적으로 높일 수 있는 고휘도 LED 모듈 개발과 인간 친화적인 광색제어

\*종신회원, 세명대학교 정보통신학부 교수  
접수일자 2011.9.4, 수정일자 2011.10.8  
게재확정일자 2011.10.14

기술에 대한 연구가 최근 활발히 이루어지고 있다.<sup>[2]</sup> 저효율의 백열등과 유해물질을 사용하는 형광등 등의 기존의 광원을 환경 친화적인 저 전력, 고효율, 고휘도의 LED 광원으로 대체하기 위한 기술 개발, 관련 기술에 대한 특허 분쟁, 그리고 관련 업체들 간의 사업 제휴 노력이 치열하게 진행되고 있으며, 차세대 조명 시스템으로서 LED 등의 신소재를 활용하여 여기에 IT 제어 기술을 융합시킴으로써 에너지 절감 및 친환경 특징을 가진 응용을 위한 정보통신 분야, 의료 장비 시스템 분야 그리고 농업기술 관련 분야 등 다양한 분야에서 고부가가치를 창출할 수 있고 유망한 신 성장 동력 산업으로 자리매김을 하고 있다.<sup>[3, 4]</sup> 에너지 저 소비용 산업 구조를 위해 차세대 광원으로 저 전력, 고 휘도의 인간친화적인 첨단 LED 모듈을 개발하고, 에너지 절감의 극대화를 위해 이들 LED 모듈을 IT 기술인 USN 망 기술과 융합하여 주변 환경에 따라 점멸제어와 원격제어를 통해 관리하는 방안들에 대한 연구들이 최근 보고되고 있으나 아직 매우 미약한 수준이다.<sup>[5, 6]</sup>

본 논문에서는 이러한 요구에 맞게 에너지 고효율의 LED 모듈에 복합 센서 모듈을 장착한 가로등 시스템의 핵심 기술을 첨단 IT 기술인 무선 기반 유비쿼터스 센서 망 기술과 융합하여 원거리에서도 선택적으로 점멸(Dimming) 제어가 가능한 Ad-Hoc 기반 LED 가로등 시스템을 설계하고 구현하였다. 이를 위해 조명 시스템의 LED 모듈에 온도, 습도, 조도, 이동 감지 센서 등을 내장 조합하여 가로등을 지능화 하였고, ZigBee 모듈을 이용하여 Ubiquitous Sensor Network(USN) 애드 혹 무선망을 구축하여 중앙에서 모니터링하고, 지역의 특성을 고려하여 선택적으로 가로등 시스템의 점멸 제어를 할 수 있도록 하여 주위 환경에 따른 에너지 절감의 극대화를 이루도록 하였다. 에너지 절감 효과를 평가하기 위해 가로등 설치 지역을 그 특성에 따라 밀집 상가 지역, 비 밀집 상가 지역, 그리고 인적이 드문 산악 지역 등 세 단계로 구분하였으며, 각 지역에 맞게 에너지 절감을 극대화하기 위한 시나리오를 결정하여 가로등 중앙 통제 시스템에서 모니터링하고, USN 망을 통해 시시각각 수집되는 각 가로등의 센서 정보를 바탕으로 선택적으로 가로등의 점멸 기능을 원격으로 제어하였고, 이를 통해 에너지 절감 효과를 모의실험을 통해 측정하여 그 성능을 평가하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 LED 기반 조명산업 관련 연구와 기술 현황 등을 살펴보

았고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 선택적 원거리 점멸이 가능한 Ad-Hoc 기반의 LED-IT-Sensor 통합모듈 가로등 시스템을 설계하였다. 4장에서는 이 LED 모듈 가로등의 구현 결과를 서술하였고, 5장에서는 구현한 LED 모듈 가로등의 에너지 절감 효과에 대한 성능 평가를 하였으며, 마지막으로 6장에서 향후 연구과제와 함께 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

현재 해외 LED 관련 산업 기술 동향을 보면 원천 기술을 보유하고 있는 미국, 일본, 독일의 기업들이 전 세계 LED 시장의 약 67%를 점유하고 있다. 주요 업체로 “니치아”는 Blue LED칩을 1993년에 최초로 개발하였고, “Cree”는 고휘도 수직형 LED칩을 1995년에 최초 개발하였다. 대만 기업인 “에피스타”는 저휘도 LED 시장에 대해 저가 공략을 펴서 7.7%의 시장을 점유하고 있다. 전 세계 LED 시장은 매우 고성장을 기록하고 있으며 현재 일본과 미국, 유럽 등지의 업체들의 주도하에 새로이 재편되고 있다. 그 예로 오스람, 필립스, GE Lumination 등 3대 메이저는 M&A를 통해 수직통합을 추진하고 있고, 기타 조명업체들도 인수, 합병을 통해 LED 조명 사업을 확장하고 있으며, Philips, Osram, Cree, 도요타 고세이 등은 특허 및 지적재산권을 이용하여 LED 산업에 참여하는 후발업체에 대해 높은 진입장벽을 형성하고 있다. 이 분야는 선발 기업들 간 특허분쟁에서 후발기업의 특허소송 압박으로 확대되고 있으며 최근 선발업체와 후발업체간 특허분쟁이 발생하는 상황으로 후발기업에 대한 특허소송 제기 빈도가 급속히 증가하였다.<sup>[7]</sup> 또한 업체 상호간 전략적 M&A 및 특허 제휴 등을 통해 후발기업들을 견제하고 있으며, 니치아, 오스람, 크리, 루미레즈 및 도요다 고세이가 LED 특허를 공유하고 있는 것이 대표적인 특허 제휴 사례이다. 미국의 LED 산업은 일반 가정에서 옥외 조명으로 LED 조명을 사용하는 등 조명시장에서 LED의 사용량이 점차 급증하고 있는 상황으로 미국의 경우는 DOE (Department of Energy)를 중심으로 조명 로드맵에 따라 조명 효율 개선 작업을 진행하고 있다. 여기서 고효율의 LED Chip 개발은 기존의 형광등의 사용을 대체할 수 있고, 자동차용 전조등 및 LED BLU 등의 생산에 핵심 조건이 된다. 이때 상용화의 주요

기술은 고효율 Chip, 형광체, 렌즈설계, 패키지 방열설계, 신뢰성 등을 들 수 있다.<sup>[7]</sup>

LED 조명 제품 기술의 주요 요구사항으로는 우선 자연과 인간 친화적인 조명을 강조하고 있으며, 태양광을 이용한 광 파이프 및 채광 조명, 색온도와 고연색성, 사용자 요구 충족을 위한 다양한 광색 및 백색광 제어 등을 들 수 있다. 광원은 소형 경량화 경향이 강하게 대두되고 있고, 등 기구는 눈부심 방지 및 다양한 재질의 기구물의 사용과 고급화 경향을 띠고 있으며, 제어 시스템은 다양한 광색 표현, Ballast 및 SMPS 고효율과 콤팩트 화 그리고 Hybrid 광원(LED+할로겐/형광램프)을 이용한 조명 제품이 두각을 나타내고 있다.<sup>[5, 7]</sup>

광 기반 전자부품에 대한 융합기술의 경우 센서 기술은 미국이 가장 활발하게 이루어지고 있고 그 규모가 큰 편이며, 독일과 프랑스 영국의 유럽과 응용 기초기술이 발달한 일본이 센서기술을 주도하고 있다. 일본의 센서 기술은 복합재료 기술을 비롯한 응용기술에서 세계적 기술력을 보유하고 있으며, 특히 화학 센서, 가스 센서에서 독보적인 위치를 차지하고 있다. 유럽의 경우는 FET형 이온 센서 및 가스 센서에 관한 아이디어를 대부분 확보하고 있으며 향후에도 유망한 광학 센서 및 복합 센서 개발에도 투자를 집중하고 있다.<sup>[4, 7]</sup>

국내 LED 관련 산업은 대부분 패키지 중심 산업으로 구성되어 있으며 세계 원천 특허 진입 장벽이 높고, 조명 기업의 영세성으로 시장 진입에 매우 어려운 상황에 있다. 국내 LED 조명제품으로는 최근 삼성전기, KDT, 화우엔지니어링, 에이블라이팅 등을 중심으로 광색혼합 필름, 도광판 등을 이용하여 직관형 형광램프 등 기구 대체용 LED 면 발광용 조명제품 등을 개발하여 출시하고 있다. 국내 LED 산업의 강점으로는 세계 최고 수준의 IT 인프라와 관련된 전문 인력을 보유하고 있고, LED 전광판과 LED 신호등의 높은 보급률, 그리고 정부 및 기업의 활발한 기술개발 추진을 들 수 있다. 하지만 약점으로는 선진국에 비해 국내 요소 기술 수준 및 지적재산권 확보율이 미흡하고 국제 표준화 활동 주도권도 부족하며, 감성조명에 대한 인식 부족 및 비즈니스 모델이 부족하다는 것이다. 따라서 이를 통한 기회요인으로는 기술 표준 미확정으로 추후 표준화 참여 가능성이 존재하고, u-City, 광고, 디스플레이, 전자통신 관련 산업분야의 높은 기술 경쟁력, LED에 대한 국내의 수요 증가 및 시범 서비스 확대 등이 있다.<sup>[4]</sup>

### III. LED 가로등 시스템의 설계

본 논문에서 제안한 선택적 원거리 점멸이 가능한 Ad-Hoc 기반의 LED-IT-Sensor 통합 가로등 시스템은 에너지 절감 및 LED 수명 극대화를 위해 개발되었다. LED의 사용 수명을 극대화하기 위해 가로등의 LED 모듈은 격자식 점등 방식으로 설계하였고, 열 방출 효율을 높이기 위한 기술적인 노력으로 세라믹 절연층을 Heat Sink 위에 적층하고, 상기 절연층 위에 구리 배선층을 형성함으로써 TIM (Thermal Interface Materials)이 필요 없는 "Heat Sink 일체형 Metal PCB"를 사용하였다. 본 기술은 LED Module의 열전달 경로를 최소화하여 열 방출 특성을 향상시키고 부품 수와 공정 수를 줄임으로서 기술 경쟁력과 LED module의 원가를 절감할 수 있는 가격 경쟁력을 갖추게 한다. 그림 1은 본 논문에서 사용한 Heat Sink PCB형 LED 모듈을 일반 LED 모듈과 비교하여 보여준다.

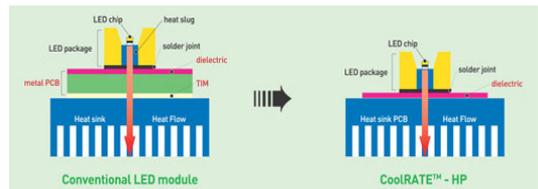


그림 1. 일반 LED모듈과 Heat Sink PCB형 LED모듈  
Fig. 1. Ordinary LED vs. Heat Sink PCB LED Module

에너지 절감을 극대화하기 위해 LED모듈에 온도, 습도, 조도, 이동 감지 센서들을 포함하는 복합 센서 모듈을 조합하여 LED 가로등 시스템을 구현하였다 이들 복합 센서 모듈은 시시각각으로 수집되는 센싱 자료를 중앙의 가로등 통제센터로 전송하여 주위 환경에 맞는 선택적 원거리 점멸제어를 위한 기초자료로 활용하게 된다. 이렇게 구현된 LED 가로등은 근거리 무선 통신망으로 묶어서 유비쿼터스 센서 네트워크를 구성하게 되는데 이때 이들 LED 가로등을 무선 네트워크로 연결하기 위해 Zigbee 모듈이 사용된다. 이 Zigbee 모듈은 근거리의 가로등들을 일시적인 Ad-Hoc 망으로 구성하여 센서로부터 실시간으로 수집되는 센싱 정보를 수집하여 무선망을 통해 유무선 분주기를 거쳐 중앙의 제어 시스템으로 전송하게 되며, 이렇게 수집된 데이터를 바탕으로 현재의 가로등 주변의 환경 상황을 판단하여 에너지를 최대한

절감할 수 있는 방안에 맞춰 원격 가로등 점멸제어가 다시 분주기와 USN 망을 통해 각 LED 가로등으로 전해져서 제어가 이루어진다. 이때 LED는 스위치 On/Off 시간이 짧고 추가적인 에너지 소모가 발생하지 않기 때문에 손쉽게 광량을 조절할 수 있는 장점을 갖는다.

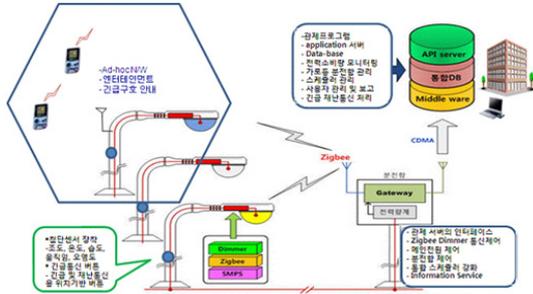


그림 2. LED 가로등 시스템의 구조도  
Fig. 2. Structure Diagram of a LED Streetlight System

그림 2는 본 논문에서 제안하는 선택적 원거리 점멸이 가능한 Ad-Hoc 기반 LED-IT-Sensor 통합 가로등의 시스템 구성도를 보여준다. 그림에 보인바와 같이 각 가로등 주는 격자형 LED모듈과 복합 센서 모듈 그리고 무선 Zigbee 모듈이 장착된 구조를 보이며, 이들 가로등 주들은 Zigbee를 통해 무선으로 근거리 통신망인 USN 망으로 연결되고, 이 네트워크는 기존의 유선망과 유무선 분주기를 통해 통합 망으로 결합되어 중앙의 제어 시스템과 연결되어 있음을 알 수 있다. 이때 센서로부터 수집된 데이터는 무선 USN 망을 통해 분주기를 거쳐 중앙의 제어 시스템으로 전송되며 중앙 시스템은 이 자료를 근거로 현재 주위 환경상황을 파악하고 이에 맞는 제어 신호를 발생시켜 다시 USN 망을 통해 각 가로등에 통제 신호를 전달하여 원격으로 점멸 제어를 함으로써 전체적인 가로등 주의 에너지 절감을 극대화 할 수 있도록 한다. 그리고 이러한 모든 제어 동작은 실시간으로 원격에서 수행된다.

#### IV. LED 가로등 시스템 구현 결과

이 장에서는 본 논문에서 제안한 선택적 원거리 점멸이 가능한 Ad-Hoc 기반의 LED-IT-Sensor 통합 가로등 시스템을 구현한 결과를 보여준다. 그림 3은 제안한

USN 기반 LED 가로등 시스템을 구현하여 실제 지역에 설치한 모습을 보여준다. 왼쪽 사진은 실제 LED 가로등이 지역에 설치된 모습을 보여 주고 있다. 구현한 LED 가로등의 에너지 절감 성능평가를 위한 Test-bed를 구축하기 위해 건물 주변에 총 7개의 LED 가로등을 설치하였다. 가운데 사진은 각 가로등에 장착된 LED 모듈, 복합 센서 모듈 그리고 Zigbee 모듈을 보여준다. 그리고 오른쪽 사진은 무선으로 형성된 USN 망과 기존의 유선 망을 연결하는 유무선 분주기를 보여준다.



그림 3. LED 가로등 시스템 구현결과  
Fig. 3. Implemented Results of LED Streetlight System

그림에 보인바와 같이 가로등 주의 LED 모듈은 격자형 구조를 하고 있어 각 격자별 부분 점멸이 가능하게 구현되었고, 온도, 습도, 조도, 그리고 이동 감지 센서들을 포함하는 복합 센서 모듈이 부착되어 실시간으로 가로등 주변 환경 데이터를 수집하여 USN 망을 통해 중앙 통제 장치로 전송하도록 되어있다. 또한 추가로 Zigbee 모듈이 각 가로등 주마다 장착되어 가로등들을 하나의 무선 기반의 근거리 통신망으로 연결하여 센서들이 수집한 데이터를 중앙 통제 시스템으로 전송하여 처리하게 한다.

그림 4는 중앙에 구현된 가로등 제어 시스템의 실행 결과 화면을 보여주고 있다. 그림에 보인 바와 같이 실시간으로 센서로부터 수집되는 데이터들은 USN 망을 통해 중앙 제어시스템 화면에 그대로 나타나며, 이렇게 수집된 데이터들은 실시간으로 데이터베이스에 저장되어 분석된다. 이때 데이터가 설정된 임계값을 초과하게 되면 제어신호가 발생되어 원격지에서 선택적으로 제어가 이루어지게 된다. 온도, 습도, 조도에 대한 임계값 설정은 관리자에 의해 이곳 중앙 제어 시스템에서 임의로 수행될 수 있으며 이동 감지 센서에 의한 움직임 감지는 실시간으로 포착되고 점멸제어가 수행된다.



그림 4. 중앙 제어시스템 실행화면  
Fig. 4. Execution Results of Central Control System

### V. 성능 평가

본 논문에서 구현한 선택적 원거리 점멸이 가능한 Ad-Hoc 기반 LED-IT-Sensor 통합 가로등들의 에너지 효율을 극대화하고 주어진 지역의 상황을 센서를 통해 감지하여 이에 따른 에너지 절약을 효과적으로 수행하도록 하기 위해 실제 LED 가로등 설치지역을 그림 5에 보인바와 같이 환경 모델 특징에 따라 세 지역으로 나누어, 에너지 효율에 대한 성능평가를 수행하도록 각각 다음과 같이 시나리오를 적용하였다. 우선 첫 번째 구역은 밀집 상가 지역으로 야간에 주변에 간판 등 다른 조명이 많이 설치되어 있어 비교적 밝고 화려한 지역이고, 두 번째 구

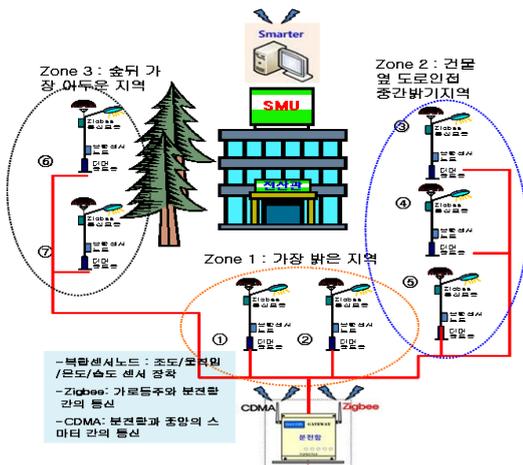


그림 5. 성능평가를 위한 환경모델  
Fig. 5. An Environmental Model for the Performance Evaluation

역은 비 밀집 상가 지역으로 주변에 광원은 있지만 그렇게 밝지 않아 추가로 가로등 조명을 필요로 하는 지역으로 도로와 인접하고 교통량과 사람의 왕래가 빈번한 위험 요소가 있는 지역이다. 마지막 세 번째 지역은 산간 지역으로 주변에 광원은 없고 사람의 왕래가 많지 않은 지역으로 야간에 가로등 조명을 필요로 하지 않는 지역이다. 에너지 절감 효과에 대한 성능평가를 위해 다음과 같이 이들 지역에 대해 각기 다른 시나리오를 설정하였다. 우선 밀집 상가 지역은 주변의 밝은 광원으로 인해 LED 가로등의 추가 조명을 극히 제한적으로 요구하는 지역으로 LED 모듈의 조도 센서가 주변의 빛의 밝기를 측정하여 중앙 통제장치에 보내고 여기서 추가로 필요로 하는 광량을 계산하여 선택적으로 가로등의 LED 모듈을 점등시킴으로써 에너지의 절약을 유도한다. 한편 두 번째 지역은 평소에는 주변의 광원의 영향을 적게 받아 일정량의 조명을 LED 가로등으로부터 공급하도록 하고 있으나 도로변 교통량과 사람 이동량이 많아 사고 위험이 있어 비나 눈 또는 결빙 등 악천후의 날씨에 야간 사고 예방을 위해 추가로 조명을 더 밝게 조정하여 사고 위험을 줄이도록 한다. 따라서 온도나 습도 센서의 측정값에 따라 날씨의 굵은 정도를 판단하여 중앙통제장치에서 선택적으로 LED 가로등의 광량을 조절하게 한다. 마지막으로 세 번째 지역은 평소 인적이 드문 산간 지역으로 야간에 따로 조명이 필요 없어 가로등을 소등하고 있다가 사람들의 움직임이 포착되어 이동 감지 센서에 움직임이 감지되면 중앙통제장치에서 가로등을 점등하도록 하기 위해 LED 모듈 내의 이동 감지 센서를 이용하여 움직임을 감지하여 선택적으로 LED 가로등을 점등하도록 한다.

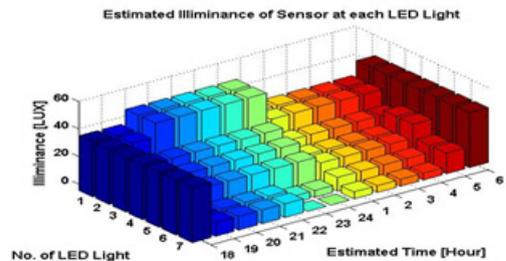


그림 6. LED 가로등들의 지역 조도 측정값  
Fig. 6. Estimated Illuminance of LED Streetlights.

그림 6은 이들 세 지역에 설치된 각 가로등의 조도센서로부터 실제 야간시간 대(오후 6시부터 다음날 새벽 6

시까지)에 측정된 조도 측정치를 그래프로 나타내었다. 그림에 보인바와 같이 밀집 상가지역인 Zone 1에 설치된 LED 가로등 1번과 2번이 다른 지역에 설치된 가로등들 보다 월등히 높은 조도 측정치를 나타냄을 알 수 있고, 특히 해가 지고 주변 조명이 동작하는 시간대인 오후 8시부터 12시까지 다른 지역에 비해 더욱 높은 조도를 나타냄을 알 수 있다. 반면에 산간지역인 Zone 3에 설치된 LED 가로등 6번과 7번은 상대적으로 다른 지역보다 월등히 낮은 조도를 보임을 알 수 있다. 이러한 상황에서 앞에서 언급한 각 지역별 시나리오에 맞추어 에너지 절감효과에 대한 성능 실험을 한 결과는 다음의 그림 7에 보여진 바와 같다.

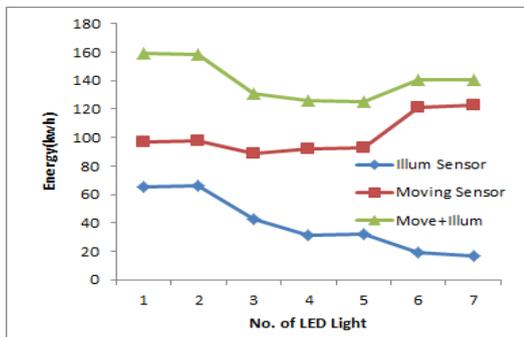


그림 7. 성능평가 결과  
Fig. 7. The Results of Performance Evaluation

그림에서 보인바와 같이 각 센서별 총 전력 에너지 절약 정도가 각 지역별 가로등별로 서로 상이하게 나타나고 있다. 그림에서 맨 아래쪽에 표시된 그래프는 조도센서의 사용으로 인해 절약된 전력 에너지의 총량을 각 지역별 가로등들에 대해 보여주고 있다. 그림에서 보면 밀집 상가 지역인 Zone 1에 설치된 LED 가로등 1번과 2번이 다른 지역에 설치된 LED 가로등들 보다 절약된 전력 에너지의 양이 월등히 크게 나타남을 알 수 있다. 그 이유는 이 지역은 야간에 다른 조명 등에 의한 주변 밝기가 다른 지역에서 보다 밝은 상황으로 조도센서를 이용하여 이 지역의 조도를 측정하여 추가로 필요로 하는 광량만을 밝히도록 하였으므로 상대적으로 어두운 다른 지역에서 보다 작은 전력 에너지 소비량을 보이게 되어 총 절약된 전력 에너지의 양이 크게 나타남을 알 수 있다. 한편, Zone 3와 같은 산간지역의 인적이 드문 곳에서는 야간시간대에 인적이 없을 때 소등을 허용하는데 이 소등 시점

을 결정하기 위해서는 이동감지 센서가 사용된다. 모의 실험을 통해 야간 시간대에 이동 감지 센서에 의한 시간대별 평균 점등 확률을 구한 결과, 밤 12시 이후 소등이 허용되는 시간부터 Zone 1이 0.2, Zone 2가 0.3 그리고 Zone 3가 0.1로 각각 나타났다. 즉 인적이 드문 산악지역에서 점등이 될 확률이 다른 지역에 비해 낮음을 알 수 있다. 그림 7에서 이동 감지 센서와 조도 센서를 사용할 경우 총 전력 에너지의 절약량을 비교한 결과 예상대로 Zone 1의 가로등들이 가장 높았고 이어서 Zone 3의 가로등들이 두 번째로 나타났으며, 상대적으로 Zone 2의 가로등들이 가장 낮게 나타났다. 여기서 산간지역인 Zone 3는 야간 시간대에 주위가 어두워서 에너지 소비량이 매우 클 것으로 예상되었으나 상대적으로 적게 나타났는데 그 이유는 이 지역은 야간시간대에 인적이 없는 경우에 소등을 허용했기 때문에 이로 인해 비교적 에너지 소비량이 적게 나타났음을 알 수 있다.

LED 가로등을 실제 설치하여 주어진 시나리오에 맞춰 30일간 모의실험을 한 결과, 밀집 상가지역에서는 주변의 광원의 밝기에 비례하여 추가로 필요로 하는 광량을 계산하여 가로등의 조명을 선택적으로 점등하여 전력 에너지를 크게 절감할 수 있었으며, 실험 결과 최대 67%까지 에너지 절감효과를 볼 수 있었다. 반면, 비 밀집 상가 지역에서의 전력 에너지 절감 효과는 비교적 적었지만 악천후 등의 날씨 요인에 따라 사고 위험을 줄이기 위해 LED 가로등의 광량을 1단계에서 2단계 상향 조절함으로써 비나 눈이 오거나 결빙이 일어나는 곳은 날씨의 야간에 더욱 조명을 밝게 하여 사고의 위험을 크게 줄일 수 있었다. 하지만 이로 인해 최대 약 7.8%정도 전력 에너지의 소비량이 증가함을 알 수 있었다. 마지막으로 산간 지역에서는 야간 12시 이후 인적이 없을 때 가로등을 소등하고 있다가 사람들의 이동이 감지되면 선택적으로 가로등을 점등함으로써 38%이상 많은 전력 에너지 절감효과를 볼 수 있었다.

## VI. 결론

전 세계적으로 기존 광원을 환경 친화적인 저 전력 광원으로 대체하기 위한 노력이 활발하게 진행되고 있으며, 차세대 조명 시스템으로 신소재를 활용하여 IT 기술과 융합시킴으로써 다양한 시장을 선도할 수 있는 그린 IT,

고부가가치 산업 창출에 많은 기대가 모아지고 있는 실정이다.

본 논문에서는 이러한 요구에 맞는 에너지 저소비용 산업 구조를 위해 LED 조명 시스템의 핵심 기술을 첨단 그린 IT 기술과 접목하여 원거리에서도 선택적 점멸 제어가 가능한 Ad-Hoc 기반 LED-IT-Sensor 통합 가로등 시스템을 설계하고 구현하였다. 이를 위해 조명 시스템의 LED모듈에 온도, 습도, 조도, 그리고 이동 감지 센서를 내장하여 가로등을 지능화 하였고, ZigBee 모듈을 이용하여 USN 무선망을 구축, 중앙에서 모니터링하고 지역의 특성을 고려하여 선택적으로 가로등을 제어할 수 있도록 하였다. 모의실험 결과, 일률적으로 이루어지던 가로등 점멸방식에 비해 전력 에너지 절약을 효과적으로 할 수 있었고, 환경 친화적인 그린 IT 기술을 실현할 수 있음을 알 수 있었다. 향후 연구로는 안개 상습 발생지역에서 비교적 낮은 투과력을 가지는 LED 모듈 가로등의 문제에 대한 개선 방안이다.

### 참 고 문 헌

[1] 신중현, “그린 IT기술 동향”, 한국정보처리학회지, 제 16권 제 6호, 한국정보처리학회, pp. 31 - 45, 2009.

[2] T. Little, P. Dib, K. Shah, N. Barraford, B. Gallagher, “Using LED Lighting for Ubiquitous Indoor Wireless Networking”, WIMOB’08 IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, pp. 373-378, 2008.

[3] 서봉수, 김태준, “이동성과 에너지 수집 기능이 있는 무선 센서 네트워크에서 센서 노드의 동작 방법 및 이의 성능 분석”, 한국정보기술학회, 한국정보기술학회논문지, 제9권 제1호, pp. 119-125, 2011.

[4] 박두일, 장대현, “IT 융합기술을 활용한 LED 지능 제어 네트워크”, 한국조명전기설비학회지, 제 23권 제 4호, pp. 12-17, 2009.

[5] Y. Aoyama, T. Yachi, “ An LED Mobile Array System Designed for Streetlight Use”, Applied Power Electronics Conference and Exposition, pp. 620-625, 2009.

[6] L. V. Long, B. Suh, “Design And Implementation of Multi-Functional Sensor Node and Sensor Networks for Internetworking with the Internet”, 한국정보기술학회, 한국정보기술학회논문지, 제9권 제1호, pp. 137-145, 2011.

[7] “The Prospect of LED Illumination Market Share”, Yano Research Institute(YRI) and PIDA, Digitimes, 2005.

[8] 이기영, “ZigBee를 이용한 실내 위치 인식의 정확성 향상에 관한 연구”, 한국정보기술학회, 한국정보기술학회논문지, 제8권 제5호, pp. 85-91, 2010.

### 저자 소개

#### 오 선 진(중신회원)



- 제6권 제2호 참조
- 현재 세명대학교 정보통신학부 교수  
<주 관심분야 : VANETs, MANETs, USN, Mobile Computing, 스마트 응용, 그린 IT, LED 등>

※ 본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2010년도 산학연공동기술개발사업(No. R1100161)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.