

# 스마트 장치를 기반으로 한 에너지 절감 지능형 조명자동제어 시스템

이동우\*

요약

본 논문에서는 전기에너지를 효율적으로 절감할 수 있는 지능형 조명자동제어 시스템을 제안한다. 이 시스템은 크게 하드웨어 부분과 하드웨어를 통합 관리하는 소프트웨어로 구성된다. 하드웨어는 각각 계산능력을 갖고 있는 smart device들로 구성된다. 이들 각 장치는 계산능력을 갖고 있어 설치 환경에 따라 다양한 제어 방식을 사용할 수 있다. 이 들 장치를 통합 관리하는 소프트웨어 관리 시스템은 각 장치와 통신을 할 수 있어 원격으로 기능을 설정하고 조정할 수 있다. 그리고 데이터베이스와 연동하여 시스템 활용 상태를 저장하므로, 이를 분석하여 에너지 절감을 극대화할 수 있도록 제어방식을 조절할 수 있다.

## Smart Device Based Intelligent Lighting Automatic Control System for Energy Saving

Dong-Woo Lee\*

ABSTRACT

This paper presents an intelligent lighting automatic control system to save electric energy efficiently. It consists of hardware components and a software system which integrates and manages the hardware components. The hardware components are smart devices, each of which has its own computing power. Due to their computing power, various control modes can be used adapting to application environment. The software system can communicate with each smart devices and remotely set and modify their functions. A database is used to store the usage data of the system. The stored usage data can be analyzed and applied to appropriately adjust the control modes that results in dramatic saving electric power energy.

Key Words : Smart Device, Lighting Control System, Sensor, Electric Energy Saving, Adaptive Control, Database

---

\* 우송대학교 컴퓨터정보학과 (✉dwlee@wsu.ac.kr)

· 제1저자(First Author) : 이동우 · 교신저자(Correspondent Author) : 이동우

· 접수일(2010년 10월 7일), 수정일(1차 : 2010년 11월 5일), 게재확정일(2010년 11월 8일)

## I. 서 론

전 세계적인 불황과 각국 정부의 환경을 고려한 녹색 성장 정책으로 인하여 에너지 절약에 대한 관심이 고조되고 있다. 이에 따라 정부에서는 에너지 효율관련 각종 시책을 시행 중이며, 한국전력은 정부 시책에 맞추어 전기 에너지 절약을 고취하기 위하여 지능형 조명자동제어 시스템 적용시 KW 당 20만원씩 무상지원 하고 있어, 효율적인 전기에너지 절감을 위한 조명 제어장치와 조명제어 시스템의 연구 개발을 권장하고 있다[1].

현재 시장에 있는 전기 에너지 절감을 위한 조명제어 기술의 국내 수준은 단순한 센서에 의하여 사물이나 조도를 감지하여 조명장치를 작동시키거나 시간을 설정하여 제어하는 것으로, 전체 점등 또는 전체 소등만 가능하다[2, 3, 4]. 그리고 대부분 **hardwired control**을 사용하고 있어 제어방식이 단순하고 다양한 환경에 적용이 어려워 에너지 절감이 비효율적이다.

최근에 중앙 컴퓨터나 센서 네트워크를 이용한 조명제어 연구가 이루어졌으나, 실용화 내지는 사업화가 되지 못하였고, 사업화된 제품들도 과도하게 중앙 컴퓨터에 기능이 집중되어 있다[5, 6, 7, 8].

해외 조명제어 시스템의 경우 미국의 하니웰, **GE**, **Philips**, 일본의 **National**, 유럽의 **Osram** 등의 제품이 세계적으로 적용되고 있고, 이들은 주로 조광제어 및 연출조명에 주력하고 있다[9, 10, 11]. 최근 유럽의 조명 업계들이 주가 되어 콘소시엄을 형성하여 **DALI(Digital Addressable Lighting Interface, IEC62386) working group**을 만들어 조명제어의 표준을 만들어 가고 있다[12].

본 연구에서는 한국전력에서 명시하고 있는 전기 에너지 절약을 위한 지능형 조명자동제어 시스템 개발을 목표로 하고 있다[1]. 개발된 조명제어 시스템의 구성요소인 로컬 컨트롤러, 센서, 부하제어기 등을 계산능력이 있는 **smart device**로 개발하였다. 각 구성요

소가 계산능력을 가지고 있으므로 전체 조명제어 기능이 중앙 컴퓨터에 집중되는 것을 방지할 수 있고, 설치 상황에 따라 다양한 제어 방식을 사용할 수 있으며, 중앙 컴퓨터가 고장이 나더라도 조명제어 기능은 독자적으로 수행이 가능하다. 그리고 데이터베이스를 사용하여 저장된 과거 제어 데이터를 분석하여 제어 방식을 적절히 조절할 수 있어 전기 에너지 절감을 극대화할 수 있다.

다음 장에서 한국전력이 명시한 지능형 조명자동제어 시스템의 기능적 요구사항과 제안된 시스템의 전체구조와 하드웨어 부분의 각 구성요소를 설명한다. III 장에서 조명제어 시스템의 소프트웨어 부분인 관리시스템을 기술하고 IV 장에서 시스템의 구현과 실험에 대하여 설명한다. 마지막으로 결론과 앞으로의 연구에 대하여 기술한다.

## II. 지능형 조명 자동제어 시스템

한국 전력에서 명시하고 있는 지능형 조명자동제어 시스템은 건물 등에 설치된 조명 부하를 밝기, 사용형태 등에 따라 원격으로 자동제어 하는 시스템으로 전기에너지 사용을 절감하는 것을 말한다[1]. 이 시스템이 갖는 기능으로 출퇴근 등 근무형태에 의한 스케줄 제어, 센서에 의한 자동제어, 조도 등에 따른 격등제어 및 패턴 그룹제어, 시스템에서 조명부하를 원격으로 직접 점소등하는 원격제어, 그리고 보고서 기능이 있다.

본 연구에서는 위와 같은 요구조건을 수용하는 조명제어 시스템을 개발하였다. 전체 시스템의 하드웨어 구조도는 그림 1에 있다. 각 구성 요소를 살펴보면 다음과 같다.

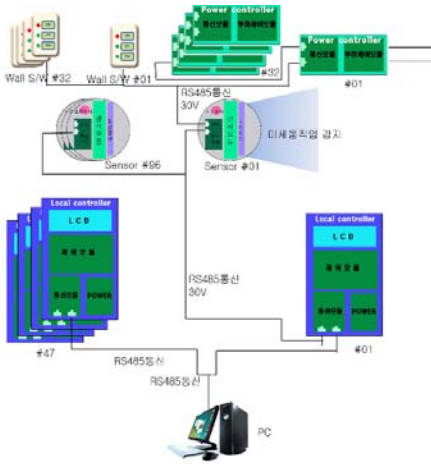


그림 1. 조명제어 시스템 구조  
Fig. 1. Architecture of Lighting Control System

센서와 부하제어기의 현재 기능과 상태를 일시 저장하고 있다가 PC로 데이터를 일괄적으로 전송한다. 지역제어기의 블록도는 그림 2에 있다.

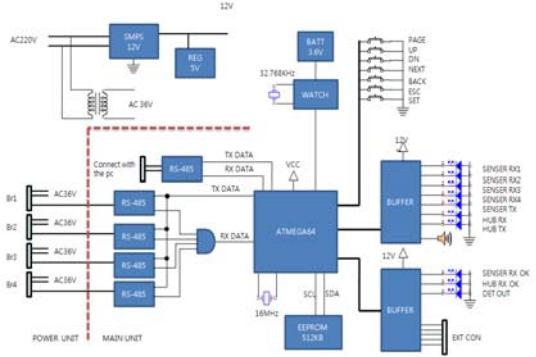


그림 2 지역제어기 블록도  
Fig. 2. Block Diagram of Local Controller

## 2.1 중앙컴퓨터

전체 조명제어 시스템을 총괄 관리하는 조명제어 관리 소프트웨어가 탑재되어 있다. RS485 방식으로 각 장치와 연결되어 통신을 한다. 각 지역제어기에 저장된 각종 데이터를 데이터베이스에 저장하여, 분석 및 현장상황에 맞게 운용 할 수 있으며 센서의 감도조정, 조도조정을 하고 시간대별 스케줄관리, 그룹별 점소등 지정을 자유자재로 할 수 있다. 중앙컴퓨터(PC)가 고장 또는 정지되더라도 각 지역제어기가 해당 센서와 부하제어기에 관한 데이터 전송과 기록을 하므로 시스템 전체 장애는 발생되지 않는다. 소프트웨어에 관한 상세한 설명은 다음 III 장에서 한다.

## 2.2 지역제어기

지역제어기(local controller)는 Atmega64를 사용하여 설계되었고, 최대47개 까지 연결 가능하다. LCD, 제어모듈, 통신모듈, 전원부로 구성되어 있다. 지역제어기에 연결되는 센서, 부하제어기에 전원을 공급하며 RS-485 통신으로 각 장치를 제어하여 시간, 요일별 스케줄제어, 그룹제어, 강제 점소등을 할 수 있다. 각

## 2.3 센서

센서(sensor)는 Atmega8을 사용하며, 센서모듈(조도감지기와 동작감지기), 전원, 통신모듈로 구성되어 있다. 센서가 계산 능력을 가지므로 센서의 감지 레벨을 원격으로 중앙 PC에서 조절할 수 있다. 지역제어기 당 96개 까지 연결 가능하다. RS485 방식으로 지역제어기와 센서에 연결되어 있다. 조도의 변화나 차량 또는 움직이는 사물을 판단하여 지역제어기에 신호를 전송하여 현장 상황을 보고한다. 그림 3에 센서의 블록도가 있다.

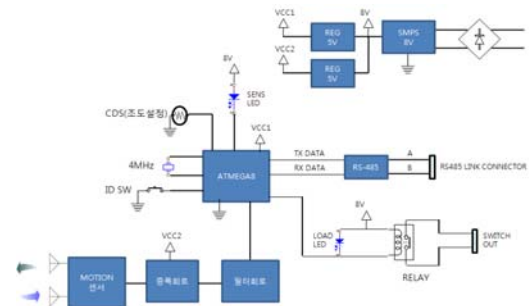


그림 3. 센서 블록도  
Fig. 3 Block Diagram of Sensor

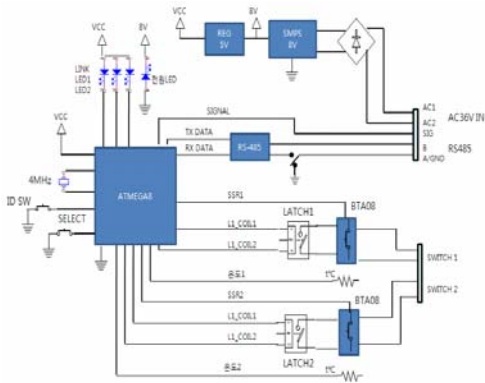


그림 4. 부하제어기 블록도  
Fig. 4 Block Diagram of Power Controller

## 2.4 부하제어기

그림 4의 부하제어기(power controller) 역시 Atmega8을 사용하며, 통신모듈과 부하제어모듈로 구성되어 있다. 한 회로 당 32개 까지 연결할 수 있고 RS485 방식에 의하여 연결되어 있다. 센서, 지역제어기 또는 PC에 의해 전원을 ON/OFF 할 수 있어 조명을 점소등할 수 있고, 에어컨 등 기타 전기제품에도 접목하여 사용이 가능하다.

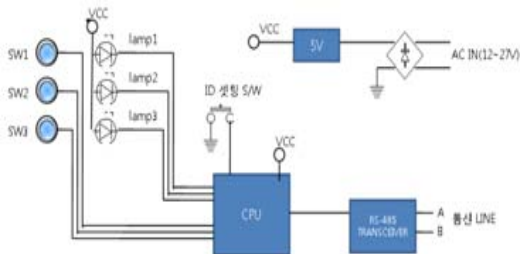


그림 5. 벽스위치 블록도  
Fig. 5. Wall Switch Block Diagram

## 2.5 벽스위치

그림 5에 벽스위치(wall switch) 블록도가 있다. Atmega8을 사용하였고 스위치가 3개가 있어 프로그램 제어에 관계없이 현장 운용자가 우선적으로 ON/OFF 할 수 있도록 하였고, 프로그램 제어상태로

전환 운용 할 수도 있게 한다.

## III. 조명제어 관리 시스템

전체 조명제어 시스템을 총괄 관리하는 조명제어 관리 소프트웨어가 그림 6과 같이 PC에 탑재되어 있다. 조명제어 관리 시스템은 크게 두 부분으로 구성되어 있다. 즉, 하드웨어 컴포넌트를 제어하는 조명제어 모듈과 각종 데이터를 관리 및 분석하는 데이터베이스 모듈이다. 각 지역제어기에 저장된 각종 데이터를 데이터베이스에 저장하여, 분석 및 현장상황에 맞게 운용 할 수 있으며 센서의 감도조정, 조도조정을 하고 시간대별 스케줄관리, 그룹별 점소등 지정을 자유자재로 할 수 있다. PC 고장 또는 정지되더라도 각 지역제어기가 해당 시스템 데이터 전송과 기록을 하계하여 시스템 전체 장애는 발생되지 않는다.

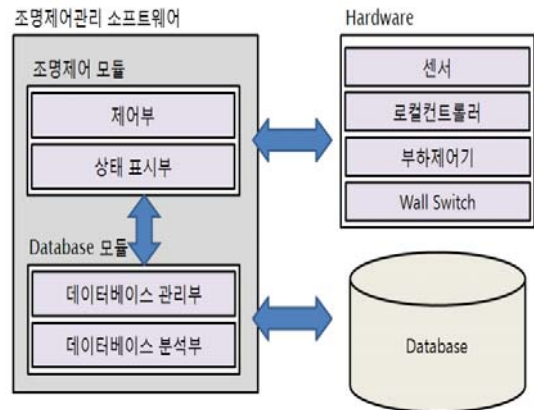


그림 6. 조명제어 관리 시스템  
Fig. 6. Lighting Control Management System

### 3.1 조명제어 모듈

조명제어 모듈은 제어부와 상태표시부로 구성된다.

#### 3.1.1 제어부

제어부는 지역제어기를 ID별로, 그리고 센서들을 그룹으로 설정하여 각 센서들의 동작 모드를 설정하

거나, 스케줄 제어를 설정할 수 있다. 제어부에는 이러한 설정 기능과 RS485 통신을 위한 기능, 지역제어기와 센서의 상태를 읽어서 표시할 수 있는 기능이 포함되어 있다. 그림 7에 제어부 화면이 있다. 제어부 화면은 선택한 지역제어기의 점, 소등시간 및 현 상태의 데이터를 최근 48개를 읽어 표시할 수 있다. 또한 읽어온 데이터를 파일에 저장하여 데이터베이스 모듈이 관리할 수 있도록 한다.

### 3.1.2 상태표시부

상태 표시부는 시스템 전반의 상태를 감시할 수 있게 한다. 지역제어기의 설치수량과 설치위치를 ID별로 확인할 수 있다. 그리고 각 지역제어기의 각 그룹별 위치와 센서 단선 알람기능, 센서검출기능(검출), 센서부하 출력(출력), 오토 등 센서의 상태 값을 표시한다. 최대 40대까지 지역제어기의 상태화면을 제공한다. 그림 7에 상태표시부 화면이 있다.



그림 7. 조명제어관리 시스템 인터페이스  
Fig. 7. Interface of Lighting Control Management System

## 3.2 데이터베이스 모듈

데이터베이스 모듈은 데이터베이스 관리부와 데이터 분석부로 구성되어 있다.

### 3.2.1 데이터베이스 관리부

데이터베이스 관리부는 점소등 횟수, 점등시간, 실시간 사용전력 등의 데이터를 저장하고 관리한다. 여기에는 조명제어 모듈의 제어부가 읽어온 데이터를 데이터베이스에 저장하는 기능과 데이터 분석부의 각종 기능이 필요로 하는 데이터를 제공하는 기능이 있다.

### 3.2.2 데이터 분석부

데이터 분석부는 데이터베이스에 저장되어 있는 데이터를 가공하여 전력량 절감을 위한 각종 정보를 제공할 수 있다. 현재 구현되어 있는 기능은 전력량 Report, 점소등 Report, 전력사용량 그래프로 시간별 전력사용량이 있다. 추후 사용자의 편의를 위한 다양한 기능 추가가 가능하다.

## IV. 구 현

본 연구에서 설계한 조명제어 시스템의 센서와 지역제어기는 시제품을 제작하여 전파연구소로부터 시험 인증을 받았다. 그림 8에 실험을 위한 시스템 시제품이 있다.



그림 8. 시제품  
Fig. 8. Pilot System

이의 구성 요소는 지역제어기 1대, 센서 2대, 부하제어기 5대, 조명장치를 나타내는 5X5 소형전구, 2개의 벽스위치로 되어 있다. 전구는 3X5, 2X5 두 그룹으로 나뉘어 각각의 센서와 벽스위치에 그리고 각 라인은 독립된 부하제어기에 할당되어 있다.

배정 현황은 표 1에 정리되어 있다. 각 장치를 위한 프로그램은 VMLAB과 Atmel의 AVR Studio4를 이용하여 작성하였고, USB-ISP를 통하여 각 장치의 Atmega MCU에 다운로드 되었다[13]. 조명제어관리 소프트웨어는 MS의 C#과 SQL 서버를 사용하여 구현하였다. 그림 7에 조명제어관리 시스템의 사용자 인터페이스인 메인화면, 조명제어모듈의 제어부, 상태표시부, 데이터베이스모듈의 데이터분석부가 순서대로 있다.

표 1과 같은 장치 배정에서 센서의 동작감지 기능, 조도 감지 기능을 이용한 전구의 점소등, wall switch에 의한 현장 강제 점소등, 중앙 PC에 의한 강제 점소등, 그리고 스케줄제어 기능을 이용하여 한국전력에서 요구하는 지능형 조명자동제어 시스템의 기능들을 실험하였다.

표 1. 실험용 장치 배정표  
Table 1. Device assignment for experiment

Area	Sensor	Lamp	PC	WS
A1	S1	line1	PC1	WS1
		line2	PC2	
		line3	PC3	
A2	S2	line4	PC4	WS2
		line5	PC5	

표 2에 기존제품과의 비교를 정리하였다. 본 연구에서 개발한 센서와 부하제어기는 계산능력을 갖는 스마트 장치로, 중앙 PC와의 통신을 통하여 센서의 감지 레벨 값을 원격으로 조정할 수 있고, 센서와 관계없이 부하제어기를 스케줄에 따라 동작시킬 수 있다.

표 2 기존제품과의 비교  
Table 2. Comparison with conventional product

비교항목	제안제품	기존제품
스케줄제어	Yes	Yes
센서자동제어	Yes	Yes
패턴그룹제어	Yes	Yes
원격제어	Yes	No
DB분석기능	Yes	No
센서감도원격조정기능	Yes	No

## V. 결론

본 논문에서는 전기에너지를 효율적으로 절감할 수 있는 조명제어 시스템 개발에 대하여 기술하였다. 제안된 시스템은 하드웨어 컴포넌트와 이들을 통합하고 관리하는 소프트웨어 시스템으로 구성된다. 하드웨어 컴포넌트에는 각각 계산능력을 갖는 지역제어기, 센서, 부하제어기, 벽스위치가 있다.

이들 하드웨어 컴포넌트들은 계산능력을 지니고 있어, 원격으로 센서의 감지 레벨 값을 조절할 수 있고, 다양한 형태의 제어 방식을 자유롭게 설정할 수 있으므로, 상황에 맞게 적절한 제어방식을 선택할 수 있다. 또한 소프트웨어인 조명제어 관리 시스템에 의해 제어되므로 조명제어시스템의 설치비용이 절감된다. 그리고 제어관리 시스템에는 데이터베이스 기능이 있어 제어 상황과 제어 데이터 분석에 의한 에너지 절감 효과를 파악할 수 있고, 이를 바탕으로 절감율을 향상시킬 수 있게 제어 방식을 쉽게 수정할 수 있고 또 확인할 수 있다.

현 시스템은 각 컴포넌트사이의 통신을 RS485유선 방식을 사용하고 있어 제어시스템의 설치에 제약점이 되고 있다. 즉, 신축 건물이 아닌 기존 건물에 설치시 건물의 층간 설치가 쉽지 않으며 비용문제가 발생하

고 있고, 또한 거리가 떨어져 있는 건물들에 설치 할 때에는 시스템에 신뢰성이 떨어질 수 있다. 이는 차후 연구로, 이를 해결하기 위해서는 무선 방식을 이용한 컴포넌트 사이의 통신 방식을 도입하거나 각 건물에 설치되어 있는 인터넷을 활용하는 방법이 가능하다.

### 참고문헌

- [1] <http://www.kepco.co.kr/dsm/>
- [2] <http://www.finesys.kr/>
- [3] <http://www.energyco.kr/>
- [4] <http://www.han-tec.net/>
- [5] 김정현, “무선센서네트워크 기반의 조명제어 및 관리 시스템” 한양대학교 대학원 석사논문, 2008.2
- [6] 전구양, “USN 기반의 조명제어 시스템 구현”, 한양대학교 대학원 석사논문, 2008.2
- [7] 지현, “홈네트워크 적용을 위한 자동조명제어시스템의 실험적 연구”, 단국대학교 대학원 석사논문, 2006.6
- [8] 손병락, 김중규, “유비쿼터스 센서 네트워크 기반 지하주차장 조명제어 시스템”, *한국통신학회논문지*, '10-01 vol.35 no.1 pp.125-135
- [9] Joseph Zupko and Magy Seif El-Nasr, "A tool for Adaptive Lighting Design", *Sandbox Symposium 2008*, ACM, pp.135-142.
- [10] Vipul Singhvi, et al., "Intelligent Lighting Control using Sensor Networks", *SenSys'05*, ACM, 2005, pp.218-229.
- [11] Heemin Park, et al., "Design and Implementation of a Wireless Sensor Network for Intelligent Light Control", *IPSN'07*, ACM, 2007, pp.370-379.
- [12] <http://www.dali-ag.org/>
- [13] 백동철, “시뮬레이터를 이용한 C & MICOM 기초와 응용”, 복두출판사, 2008



이동우(Dong-Woo Lee)

1984년 고려대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)  
2005년 고려대학교 대학원 컴퓨터학과 (이학박사)

1955년~현재 우송대학교 컴퓨터정보학과 교수  
※ 관심분야 : 분산처리/분산시스템, 데이터베이스, 임베디드시스템