

## PIR을 이용한 에너지절감형 자동조명제어 시스템 개발

(A Development of Energy Saving System for Automatic Lighting Control using PIR)

주진환\* · 강신욱 · 권학철 · 이석규 · 박주현\*\*

(Jin-Hwan Joo · Shin-Wook Kang · Hak-Cheol Kwon · Suk-Gyu Lee · Ju-Hyun Park)

### 요 약

본 논문에서는 조명 에너지 사용을 절감하기 위하여 RS-485를 이용하여 기존건물과 신축건물에서 조명을 자동으로 제어하는 장치를 설계하였다. 본 시스템은 조명기기를 제어하고자 하는 장소에 RS-485로 연결된 채실감지센서(ALSU : Auto Light Sensor Unit), 조명통합스위치(ALS : Auto Light Unit), 통신인터페이스를 이용한 모니터링 시스템(Hi-FACS)으로 구성되었다. 제안된 시스템에서 채실감지센서는 움직이는 물체를 감지하여 자동으로 조명기기를 제어하고, 조명통합스위치를 이용하여 자동 및 수동으로 제어가 가능하도록 설계되어 있다. 또한 모니터링 시스템을 이용하여 채실감지센서와 조명통합스위치로부터 조명기기의 상태를 입력받고, 자동제어시스템에 대한 운영, 조작 및 관리가 가능하여 체계적인 관리와 에너지 고효율화를 동시에 추구할 수 있는 구조로 되어 있다. 제안된 시스템의 기능성과 경제성을 기존 조명 제어시스템과 비교하고, 다양한 환경에서의 전력에너지사용량을 비교함으로써 제안된 시스템의 우수성을 보였다.

### Abstract

This paper proposes a novel design of auto light control system with high efficiency using RS-485 to save lighting energy in new and existing buildings. The proposed system consists of ALSU(Auto Light Sensor Unit) which is connected with RS-485 to control lighting appliances, ALS(Auto Light Unit), and Hi-FACS which is a monitoring system using communication interface. Lighting appliances are automatically controlled by ALSU which detects moving objects. The total system is designed to be controlled by either manual or auto mode by using the ALS. In addition, the monitoring system receives the information on the state of the lighting appliances from ALSU and ALS to control the proposed system. We compared the proposed system with the conventional one in functionality and energy saving point of view. Through some experimental results, the proposed system shows better performance in various circumstances.

Key Words : Automatic Lighting System, Remote Control, PIR, Energy Saving

\* 주저자 : 영남대학교 전기공학과 석사과정

\*\* 교신저자 : 영남대학교 전기공학과 교수

Tel : 053-810-3923, Fax : 053-810-4767, E-mail : hwany2145@nate.com

접수일자 : 2009년 11월 9일, 1차심사 : 2009년 11월 10일, 심사완료 : 2009년 12월 22일

## 1. 서 론

최근 세계적으로 부각되고 있는 에너지사용의 문제에 대하여 세계의 각국에서는 다양한 에너지 정책을 펼치고 있다. 국내에서도 3대 전략, 10대 정책방향을 제시하며 “저탄소, 녹색성장”을 목표로 에너지 소비를 줄이기 위하여 많은 노력을 기울이고 있다[1-2]. 특히 최근 건축물이 대형화, 초고층화, 최첨단화 됨에 따라 전기에너지의 수요가 급증하고 있으며 이에 따른 전력설비 용량이 크게 증대하고 있다. 매년 사용량이 급증하는 건물의 에너지소비에 대한 보완책이 시급한 가운데 다양한 건물에너지 절감기술의 개발과 건물에서 사용되는 각종 기기들의 에너지이용효율강화, 고효율기기 보급 확대 등과 같은 구체적인 대안들이 제시되고 있다[3-5].

국내의 최종 에너지소비에서 전력에너지의 사용이 매년 10[%] 증가율을 보이고 있으며, 건물에서 소비되는 전체 전력에너지 가운데 조명설비에 의해 소비되는 에너지는 약 18~25[%]에 해당된다. 이는 소비되는 에너지의 대부분이 값비싼 전력에너지로 소비되고 전체 전력에너지의 약 20[%]에 해당되는 것으로 조사되고 있다[6]. 따라서 조명설비에서의 에너지절약은 전체 건물소비에너지의 전력에너지사용에서 큰 에너지절약효과를 가져온다. 그리고 많은 전기에너지 절감 분석결과에서도 조명기기 분야가 다른 동력이나 신재생에너지 분야보다 훨씬 큰 폭의 절감효과를 가질 것이라는 연구결과가 있고, 선진국에서 상용화된 여러 조명제어 제품의 적용사례를 통해서 현재의 상태에서 수십[%]대의 절약이 가능한 것으로 보고되고 있다[7-8]. 더욱이 조명설비의 경우는 조광제어, 고효율 램프 개발뿐만 아니라 조명기기의 간단한 온-오프제어만으로도 높은 에너지절감 효과를 얻을 수 있어 유용한 에너지절약 수단으로 선호되고 있다.

특히 일반적인 조명제어시스템의 경우 신설건물의 전기배관 및 배선을 새로이 함으로 가능하나 기존건물의 경우 기존방식으로 자동화를 하려면 배선을 모두 교체함으로써 이에 따른 공사비 증가와 시공상의 어려움이 있다. 본 연구를 통하여 개발된 조명자동제어시스템은 기존의 배관 및 배선을 그대로 사용함으

로써 공사비 절감과 간편한 시공으로 기존건물의 조명을 자동 관리할 수 있으므로 경제적인 측면과 에너지절감차원에서 우수함을 보이고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 개발한 조명자동제어 시스템의 구성과 특징에 대하여 기술하고, 3장에서는 사용자 인터페이스인 Hi-FACS를 통한 본 시스템의 조명기기의 제어와 관리방법을 설명하고, 4장에서는 본 시스템의 설비를 통한 에너지 절감 추정 결과를 기술한다. 마지막 5장에서는 설계된 시스템의 적용 가능성과 우수성의 결론을 도출한다.

## 2. 시스템 구성

조명 자동제어 시스템은 크게 하드웨어부와 소프트웨어부로 나누어지며, 하드웨어부는 재실감지센서, 조명통합스위치로 구성되어있고, 소프트웨어부는 모니터링 시스템(Hi-FACS)으로 구성되어 있다. 상호간의 통신은 안정화된 통신프로토콜에 의하여 데이터 전송이 된다. 전체시스템의 구성은 그림 1과 같다.

건물의 천정에 설치된 재실감지센서에서 움직이는 물체를 인식하면 통신인터페이스에 의하여 조명통합스위치에 데이터가 전송된다. 이를 바탕으로 계통 연결된 조명기기가 자동으로 점등되고, 모니터링 시스템이 연결된 주조작반에 조명기기의 상태 및 조명통합스위치의 상태까지 표시가 된다.

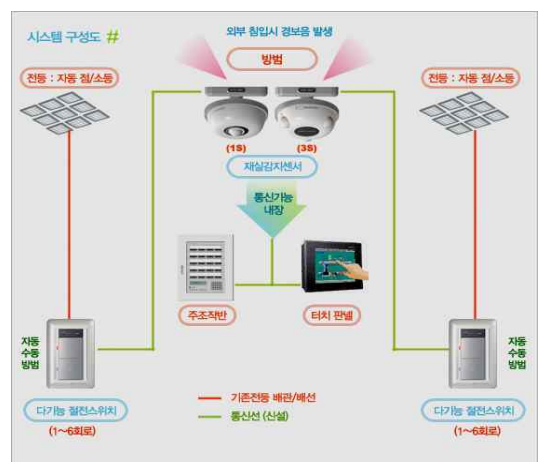


그림 1. 전체 시스템 구성도  
Fig. 1. System configuration

### 2.1 재실감지센서

조명자동제어시스템의 핵심인 재실감지센서는 움직이는 물체를 감지하여 RS-485 통신인터페이스를 이용하여 통합스위치와 모니터링 시스템에 정보를 전달하여 조명기기를 효율적으로 제어하는 저전력 조명제어 시스템이다.

재실감지센서는 그림 2와 그림 3과 같이 센서모듈부, 센서부, 부저부로 구성되어 있다. 이를 다시 세분화하면, 센서모듈부는 상용전원을 내부회로에서 사용하는 저전력으로 변환시키는 전력변환부, 8-bit Microcontroller인 uPSD3233을 사용하여 전체적인 시스템을 제어하는 MCU부, RS-485통신을 이용하여 데이터를 전송하는 통신부로 구성되어있고, 센서부는 인체감지센서(PIR : Pyroelectric Infrared Ray)를 이용하여 움직이는 물체를 감지하는 센서부와 이를 표시는 디스플레이부로 구성되어있다.

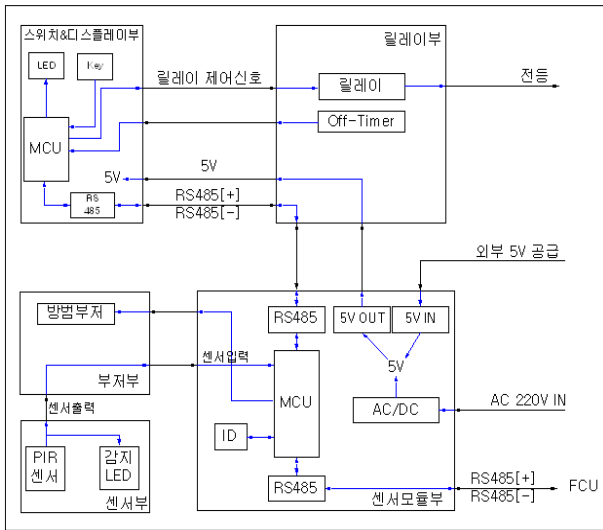


그림 2. 하드웨어 시스템 구성도  
Fig. 2. Hardware System configuration

감지하는 센서의 오작동이 없고, 최소의 크기로 최대의 인식범위를 지닌 센서모듈의 구현과 효율적인 재실감지센서의 배치를 위하여 인식거리가 전방향 10[m]인 PIR센서를 PIR센서를 1개 또는 3개를 장착한 2가지 센서모듈을 그림 4과 같이 개발하였다. 협소한

장소 또는 특정한 장소의 움직임을 감지하기 위하여 센서모듈부와는 별도로 센서부는 유동성 있게 방향전환이 가능하도록 그림 5와 같이 설계하였다.

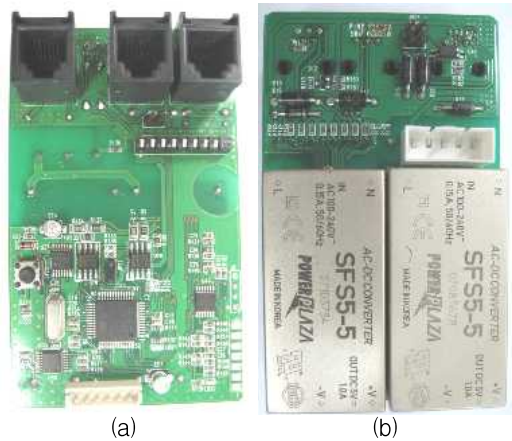


그림 3. 설계한 재실감지센서 회로기판  
(a) 전면회로 (b) 뒷면회로  
Fig. 3. The PCB of ALSU  
(a) The front side (b) The back side



그림 4. 재실감지센서의 종류와 디자인  
(a) ALSU-1 (b) ALSU-3  
Fig. 4. The type and design of ALSU  
(a) ALSU-1 (b) ALSU-3



그림 5. 센서부의 유동성  
Fig. 5. The mobility of sensor parts

개발된 재실감지센서의 사양은 표 1과 같으며, 그림 6은 재실감지센서의 회로도 일부이다.

표 1. 재실감지센서의 사양  
Table 1. The specification of ALSU

사 양	센서부 종류	
	ALSU-1	ALSU-3
SENSOR 수	1[EA]	3[EA]
감지거리	10[M]	20[M]
수평감지각도	110[°]	360[°]
수직감지각도	93[°]	
SENSOR	MOTION SENSOR	
정 격	AC 220[V], 60[Hz]	
통신방식	RS 485C	
통신거리	1,200[M]	
외형(SIZE)	90(W)×127(H)×70(D)	
재 질	난연 ABS,ABS	
사용용도	-40~65[°C]	
사용습도	5~85[%] RH	

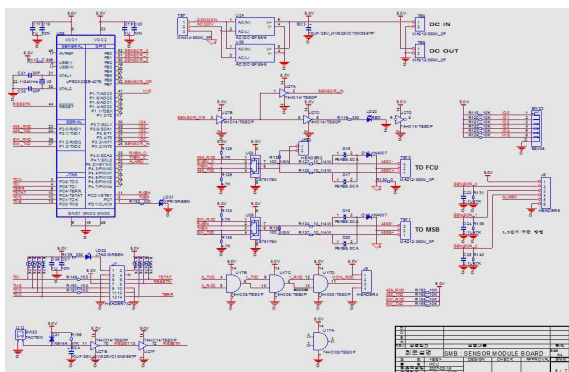


그림 6. 재실감지센서 회로도 일부  
Fig. 6. The circuit diagram of ALSU

## 2.2 조명통합스위치

재실감지센서로부터 받은 데이터를 기반으로 실내 조명기기의 온-오프를 자동적으로 제어하거나 실사용자에 의하여 조명기기를 수동적으로 제어할 수 있다.

조명통합스witch는 그림 2에서와 같이 재실감지센서로부터 데이터를 입력받아 조명기기를 제어하거나 스위치에 의하여 조명기기를 제어하는 스위치부와 수동, 자동 및 방범모드를 표시하거나 조명기기의 온-오프 상태를 표시하는 디스플레이부, 스위칭컨트롤을 이용하여 조명기기의 소등시간을 제어할 수 있는 릴레이 제어부로 구성되어 있다.

제한된 스위치박스 공간 내에 전등을 제어할 수 있는 릴레이 제어부와 센서간의 통신부를 모두 수요할 수 있도록 최소형 집약적 회로설계 및 모듈을 개발하였다.

또한 조명기기의 부하 및 규모, 사용자의 편의성 그리고 에너지절감을 고려하여 스위치 1구에서 6구까지의 다양한 회로를 그림 7과 같이 설계하였고, 그림 8과 같이 실내디자인을 고려하여 외형을 설계 제작하였다.

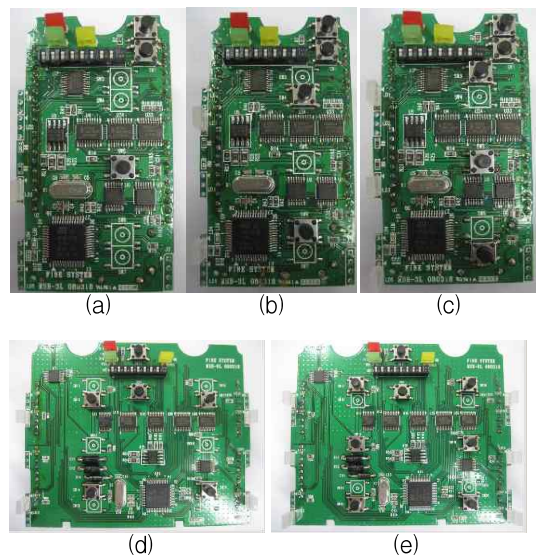


그림 7. 조명통합스위치의 종류 (a) 스위치 1회로 (b) 스위치 2회로 (c) 스위치 3회로 (d) 스위치 4회로 (e) 스위치 6회로  
Fig. 7. The types of ALU (a) ALU-1 (b) ALU-2 (c) ALU-3 (d) ALU-4 (e) ALU-6

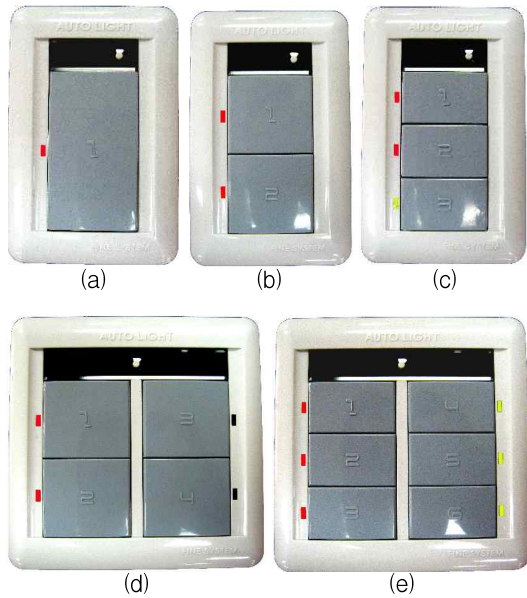


그림 8. 조명통합스위치의 디자인 (a) 1구 회로 (b) 2구 회로 (c) 3구 회로 (d) 4구 회로 (e) 6구 회로  
 Fig. 8. The design of ALUs (a) ALU-1 (b) ALU-2 (c) ALU-3 (d) ALU-4 (e) ALU-6

개발한 조명통합스위치의 사양은 표 2와 같고, 그림 9는 조명통합스위치의 회로도 일부이다.

표 2. 조명통합스위치의 사양  
 Table 2. The specification of ALU

구 분	조명 통합 스위치				
	ALU-1	ALU-2	ALU-3	ALU-4	ALU-6
회로수	1회로	2회로	3회로	4회로	6회로
설치형태	SINGLE BOX		DOUBLE BOX		
외 형	78(W)×120(H)×30(D)		120(W)×120(H)×30(D)		
정 격	AC 220[C], 60[Hz], 6[A] (1회로당)				
기 능	자동기능 / 수동기능 / 방법기능				
Relay Contact Life	100,000 Operation (Openings and Closings)				
재 질	난연 ABS, ABS				
사용온도	-40~65[°C]				
사용습도	5~85[%] RH				

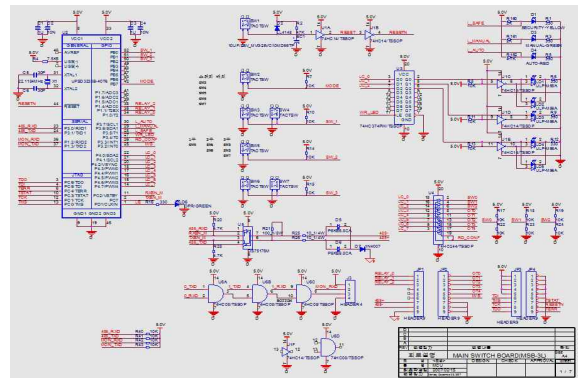


그림 9. 조명통합스위치 회로도 일부  
 Fig. 9. The circuit diagram of ALU.

### 2.3 통신 인터페이스

RS-485에 의하여 계통 연계되어 있는 각각의 재실 감지센서간의 통신, 재실감지센서와 조명통합스위치간의 통신, 재실감지센서와 주조작반 간의 데이터통신에 사용된다.

RS-485는 직렬통신 인터페이스 규격의 하나로서 다중점 연결방식이다. 최대 전송 속도 10[Mbps], 전송 거리 1.2[km], 다대다통신이 가능하고, 노이즈에 강하여 원격 자동화에 많이 사용하는 통신방식이다[9].

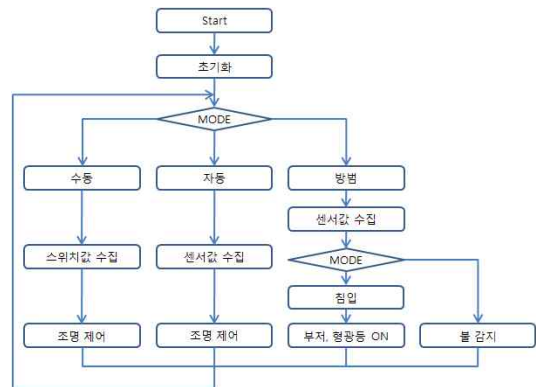


그림 10. 재실감지센서의 통신 순서도  
 Fig. 10. The flowchart of ALSU communication

개발된 조명제어시스템에서 이를 채택하여 상황에 따른 유동적인 통신 프로토콜 ALCU(Auto Light Communication Unit) 통신 프로토콜을 지정하여 사용하였다. 아래의 그림 10과 그림 11은 재실감지센서

와 조명통합스위치에서 RS-485를 이용한 통신 프로토콜의 제어와 관리의 순서를 나타내었다. 통신 프로토콜의 기본 프레임의 구조는 표 3과 같고, 유동적인 통신 프로토콜을 위하여 조명기기의 제어와 상태를 확인할 수 있는 전체 전등상태에 대한 요구와 응답에 대한 통신프로토콜은 표 4와 같다.

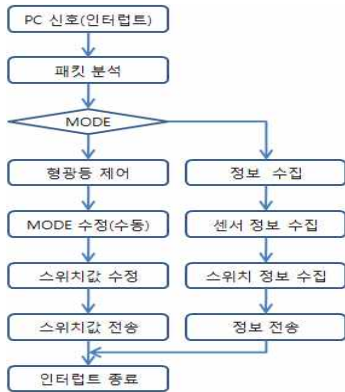


그림 11. 조명통합스위치의 통신 순서도  
Fig. 11. The flowchart of ALU communication

표 3. ALCU 통신프로토콜 기본 프레임  
Table 3. Basic forms for ALCU communication protocol

(a) 프레임

Format (Byte)	HEAD (1)	Command (2)	Port# (1)	Sensor# (1)	Data (1)	TAIL (1)
Frame	<					EOT
ASCII	H3C					H04

(b) Command

Command		
RS	Read Status	전등 상태요구
WL	Write Lamp Control	전등 제어
WM	Write Mode Control	자/수동 모드 설정
RT	Read Timer	전등 off 타임 읽기
WT	Write Timer	전등 off 타임 쓰기

(c) Data

		1 Byte							
		7	6	5	4	3	2	1	0
자/수동	방법	Lamp6 상태	Lamp5 상태	Lamp4 상태	Lamp3 상태	Lamp2 상태	Lamp1 상태		
0:수동	1:방법	0:소등	0:소등	0:소등	0:소등	0:소등	0:소등	0:소등	0:소등
1:자동		1:점등	1:점등	1:점등	1:점등	1:점등	1:점등	1:점등	1:점등

표 4. 전체 전등상태에 대한 요구와 응답  
Table 4. The request and response for the states of lighting appliances

(a) 요구

Format (Byte)	HEAD (1)	Command (2)	Port# (1)	Sensor# (1)	TAIL (1)
Frame	< (h3C)	RS (h52 h53)	hFF	hFF	EOT (h04)

(b) 응답(정상시)

Format (Byte)	HEAD (1)	Command (2)	Port# (1)	Sensor# (1)	Data (1)	TAIL (1)
Frame	ACK (h06)	RS (h52 h53)	hFF	hFF	h00~hFF	ETX (h03)

(c) 응답(이상시)

Format (Byte)	HEAD (1)	Command (2)	Port# (1)	Sensor# (1)	Data (1)	TAIL (1)
Frame	NAK (h15)	RS (h52 h53)	hFF	hFF	h00~hbF	ETX (h03)

### 3. 시뮬레이션

Hi-FACS는 Fine system Automation Control System의 약호로 각종 자동제어 시스템에 대하여 운영, 조작 및 관리를 통합적으로 하는 전력제어 시스템이다. 이는 전기 시설물인 배전반, MCC, 발전기, 변압기로부터 전송되어 오는 데이터인 T/D, 전자식디지털 계전기를 중앙관제장치인 M.O.S가 자동으로 수집하고 분류, 분석하여 모니터 상에 표시함으로써 건물의 전력계통을 한눈에 감시 및 제어할 수 있도록 하여, 특정상황에 대한 조치 및 조작을 신속히 수행함으로써 미연의 사고방지 및 전력계통에 대한 효율적 관리와 에너지 절약을 목적으로 설치되는 시스템이다.

본 시스템은 32bit 운영체제에서 최적화로 운영되도록 설계되어, 산업 자동화 분야에서 원격 감시/제어 솔루션을 제공하며, 소규모 및 대규모 시스템에 적용할 수 있다. 편집통합환경인 Designer와 실행통합환경인 HiFACS로 구성되어있다.

감시, 제어, 보고서의 주요 기능을 바탕으로 세부내용은 표 5와 같다.

표 5. Hi-FACS 세부기능  
Table 5. The function of Hi-FACS

주요 특징	내 용
실시간 데이터 수집	1) 시스템과 연결된 I/O 디바이스와 실시간으로 통신을 수행하여 데이터 수집, 저장 2) 다양한 디바이스와 통신지원
대용량 DB 관리	1) 대용량 I/O포인트에 대한 데이터 베이스 작성 및 관리가 용이 2) 탐색기와 유사한 형태와 기능으로 작성, 관리가 용이 3) EXCEL과 자료호환 4) 아날로그 태그, 디지털 태그, 가상태그
경보 관리	1) 경보발생시 실시간처리 2) 지역별, 등급별 경보관리 3) 경보요약, 경보검색, 출력
트렌드	1) 실시간 트렌드 2) 히스토리컬 트렌드-> 과거경보 3) 멀티포인트 트렌드
보고서	1) EXCEL로 작성/저장 2) 일보/주보/월보/년보
보안 관리	1) 1~10등급 사용자 보안등록 및 관리 2) 사용자 로그인/로그아웃 이력 저장
편리한 그래픽 화면 작성	1) 도구모음을 이용한 편리한 작업 2) 다양한 그래픽 객체 지원으로 다양한 그래픽 화면구성이 용이 3) Object Based Graphic Editor 윈도우 그림판과 그래픽 데이터 호환
인터넷 지원	1) HiFACS WEB VERSION을 사용할 경우 인터넷이 설치된 원격지에서 웹 브라우저를 통하여 현장 상황을 감시/제어가 가능
문자 서비스 지원	1) 경보발생 및 중요기기사용에 대하여 등록된 사용자의 휴대폰으로 문자메시지 전송

이를 바탕으로 OO 건물 1층의 조명설비에 전력사용량과 부가적인 기능에 대한 시뮬레이션을 하였다. 전체적인 조명의 설비는 아래의 그림 12와 같다.



그림 12. 조명설비 화면  
Fig. 12. The screen of lighting equipments

설비된 조명기기의 기호와 범례는 아래의 표 6과 같다.

표 6. 설비된 조명기기의 사양  
Table 6. The Specification of equipped light equipments

심 불	범 레
	FL 2/40[W]
	FL 1/40[W]
	EL 1/60[W]
	U-Lamp*2
	U-Lamp*1
	삼과장 2/20[W]
	상제리
	할로겐

이를 통하여 현재 사용되는 전력량을 그림 13과 같이 확인 할 수 있을 뿐만 아니라 그림 14와 같이 EXCEL 형식의 보고서, 전력사용에서 발생하는 상황에 대한 경보, 탐색기와 유사한 형식의 데이터 베이스로 관리됨을 알 수가 있다.

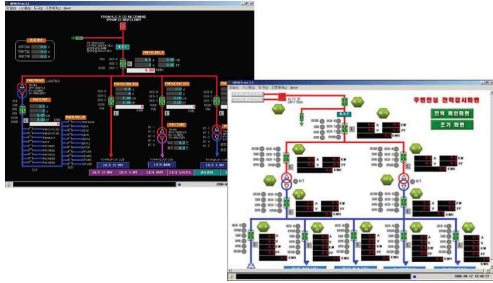


그림 13. 실시간 전력 사용량 화면  
Fig. 13. The monitoring screen of on-line Power consumption

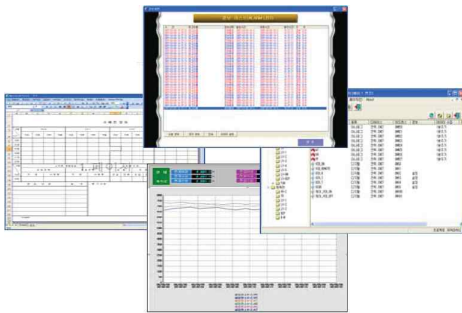


그림 14. 추가적인 Hi-FACS 화면  
Fig. 14. The monitoring screen Hi-FACS

#### 4. 실험 결과

본 연구에서 개발된 시스템과 기존 조명제어 시스템과의 기능적인 측면과 시공 및 설치적인 측면에서의 비교는 아래의 표 7과 표 8과 같다.

표 7. 기능적 측면 비교  
Table 7. The comparison in functions

항 목	기존 조명제어 시스템	개발된 조명제어시스템
사람 유/무 인지	추가적인 기기 설치시 감지 가능	재실감지센서에 의하여 감지 가능
자동 점/소등	타임 스케줄 예약한 경우에 한하여 제어 가능	자동모드에 의하여 제어 가능
수동 점/소등	프로그램 스위치에 의하여 제어 가능	수동모드에 의하여 제어 가능
방법기능	없음	있음
원격 감시 및 제어	가능	가능
에너지 절감방법	타임 스케줄에 의한 점/소등	센서에 의한 실시간 점/소등

표 8. 시공 및 설치적 측면 비교  
Table 8. The comparison in constructional and installation side

항 목	기존조명제어시스템	개발된 조명제어시스템
기본 구성요소	조명제어반 (조명제어모듈, 릴레이 제어모듈/릴레이, 프로그램 스위치)	재실 감지 센서 다기능 절전 스위치
설치 공간	별도의 조명제어반 설치 공간 필요	조명제어반 불필요
기존 건물 적용	필요시 전면 노출시공	기존 배선 사용
단위 룸별 설치	설치 불가능	설치 가능

본 연구에서 개발된 시스템은 위의 표에서 나타난 것과 같이 기존의 조명제어 시스템에 비하여 다양한 기능과 우수한 성능을 가지고 있다. 경제적 측면에서 역시 우수함을 아래의 표 9와 그림 15를 통하여 알 수가 있다.

이는 시스템 도입비용을 10층 건물, 100실의 실당 3 회로를 기준으로 산출 비용을 비교함으로써 본 연구에서 개발된 시스템의 경제성을 보이고 있다.

표 9. 경제적 측면 비교  
Table 9. The comparison of economical side

항 목	기존 조명제어시스템	개발된 조명제어시스템
중앙관제장치	산업용 컴퓨터 HMI S/W UPS, SYSTEM DESK	
통신변환장치	RS-485 1PORT RS-232 1PORT 개당 256회로 수용	RS-485 1PORT Ethernet 1PORT 개당 256개 재실감지센서 수용
현장기기	조명제어반 10면 30회로기준 프로그램스위치 (3회로) 재실감지센서 재실감지센서 제어기 (센서 4개 제어)	다기능절전스위치 (3회로) 재실감지센서 (3센서)
설치비	중앙관제장치, 통신변환장치, 현장기기 설치	
배관배선	전등, 통신 배관배선	통신 배관배선
합계	약 ₩ 100,000,000	약 ₩ 68,000,000



PIR을 이용한 에너지절감형 자동조명제어 시스템 개발

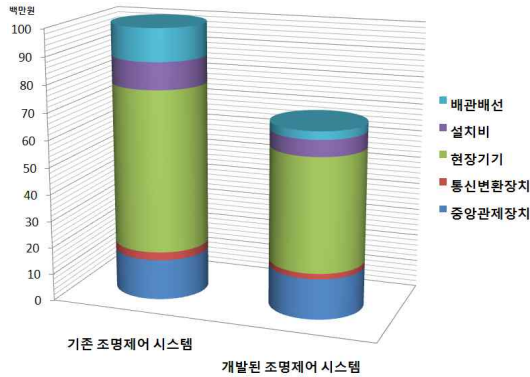


그림 15. 경제적 측면 비교  
Fig. 15. The comparison of economical side

기존 조명제어 시스템과 비교하였을 경우, 시스템 도입 비용에서만 약 30%의 비용을 절감 할 수가 있다.

또한 본 연구에서 가장 중점이 되는 에너지절감 측면에 대하여 살펴보면 다음과 같다.

임의의 중·소규모 건물에서 다른 기능을 하는 3곳의 장소에 대하여 기존과 동일한 조건에서 기존 조명제어시스템을 이용한 운영방식과 본 연구에 의하여 개발된 조명제어시스템을 이용하여 에너지사용량을 추산하고 에너지 절감액을 시산하였다.

갑의 경우, 지하 1층에서 지상 4층까지의 시설규모를 가진 OO 초등학교의 지하층을 제외한 층당 남, 여 화장실 8개소를 비교하였다. 1년 중 휴일과 방학기간을 제외한 230일, 12시간 사용의 동일 조건하에 기존 운영방식의 경우 12시간 점등, 개발된 시스템의 경우 수업시간 소등을 기준으로 부하를 계산하고, 에너지사용량을 산출하고, 교육용 한전전기료를 기준으로 연간 사용금액과 에너지 절감액을 시산하면 표 10과 표 11과 같다.

표 10. 초등학교의 화장실 조명 부하 산출  
Table 10. The lighting load on public school's rest room

항 목	부하수량[W]
지상 1층	EL 20[W] × 10[EA] × 8개소 = 1,600
지상 2층	EL 20[W] × 10[EA] × 8개소 = 1,600
지상 3층	EL 20[W] × 10[EA] × 8개소 = 1,600
지상 4층	EL 20[W] × 10[EA] × 8개소 = 1,600
계	6,400

표 11. 초등학교의 에너지사용량과 절감액 시산  
Table 11. The energy reduction and power use on public school

항 목	기존운영방식	개발된 조명제어 방식
전력 사용량 [kWh]	$6,400 \times 1.0 \times 12 \times 230$ = 17,664	$6,400 \times 1.0 \times 3 \times 230$ = 4,416
전기료[원]	$45 \times 17,664$ = 794,880	$45 \times 4,416$ = 198,720
절감액	기존운영방식 대비 약 600,000원 절감	

기존운영방식 대비 개발된 조명제어시스템 방식의 경우 연간 전력량 13,000[kWh], 기존 대비 약 74%의 에너지 절감효과를 도출할 수 있다.

을의 경우, 채광을 조명기기에만 의존하고 FL 2/40[W]의 동일한 조명기기를 사용하는 OO 아파트의 지하주차장을 비교하였다. 기존운영방식의 경우는 연중 24시간 전체 점등을 기준으로 하고, 개발된 조명제어 시스템의 경우는 260일 근무기준 출퇴근 4시간 전체점등, 휴일과 출퇴근시간외는 전체의 30% 점등을 기준으로 에너지사용량을 산출하고, 연간 사용금액과 에너지 절감을 시산하면 그림 16과 표 12와 같다.



그림 16. 지하주차장 일일 전력사용량 비교  
Fig. 16. The daily power consumption in case of underground parking lot

표 12. 지하주차장 전력사용량과 절감율 시산  
Table 12. The calculation of energy consumption and reduction ratio of underground parking lot

항 목	기존운영방식	개발된 조명제어 방식
전력 사용량 [kWh]	$16,480 \times 1.0 \times 24 \times 365$ = 144,364	$16,480 \times 1.0 \times 4 \times 260$ = 17,139 $16,480 \times 0.3 \times 20 \times 260$ = 25,708 $16,480 \times 0.3 \times 24 \times 105$ = 12,458
전기료 [원]	$72 \times 144,364$ = 10,394,208,000	$72 \times 55,305$ = 3,981,960
에너지 절감율	기존운영방식 대비 약 61[%] 절감	

기존운영방식 대비 개발된 조명제어시스템 방식의 경우 연간 전력량 89,059[kWh], 기존 대비 61[%]의 에너지 절감효과를 도출할 수 있다.

병의 경우, FL 2/40[W]의 동일한 조명기기를 사용하는 OO 빌딩의 사무업무를 담당하는 2층의 조명 전력량을 비교하였다. 연중 260일, 일일 12시간 근무를 기준으로 기존운영방식의 경우 12시간 전체 점등을 기준으로 하고, 개발된 조명제어 시스템의 경우는 점심과 저녁식사 시간 2시간 소등과 나머지 10시간의 50[%] 점등을 기준으로 에너지사용량을 산출하고, 연간 사용금액과 에너지 절감을 시산하면, 그림 17과 표 13과 같다.

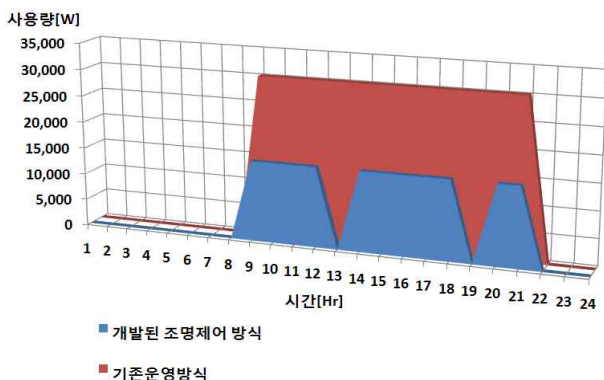


그림 17. 사무실 일일 전력사용량 비교  
Fig. 17. The daily power consumption in office

표 13. 사무실 전력사용량과 절감율 시산  
Table 13. The energy reduction ratio and power consumption in office

항 목	기존운영방식	개발된 조명제어시스템 방식
전력 사용량 [kWh]	$30,160 \times 1.0 \times 12 \times 260$ = 94,099	$30,160 \times 0.5 \times 12 \times 260$ = 39,208
전기료 [원]	$72 \times 94,099$ = 6,775,128	$72 \times 39,208$ = 2,822,976
에너지 절감율	기존운영방식 대비 약 58[%] 절감	

기존운영방식 대비 개발된 조명제어시스템 방식의 경우 연간 전력량 54,891[kWh], 기존 대비 58[%]의 에너지 절감효과를 도출할 수 있다.

이상의 결과에서 기존의 조명제어방식과 비교하여 개발된 자동조명제어시스템은 에너지 효율적인 측면에서 우수하다고 판단된다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 현재 세계적으로 화두가 되고있는 에너지 사용에 대한 문제점 가운데 일상생활과 밀접한 관계를 맺고 있는 전력에너지의 에너지 절감에 대한 한가지의 방안을 제시하였다. 특히 전력에너지 가운데 조명에 대한 에너지 절감 방안의 한가지인 고효율 조명기기를 설계하였다. 인체감지센서를 이용하여 조명의 온-오프제어를 자동으로 하는 시스템을 설계하여 시스템의 구성, 시스템의 특징, 시스템의 관리 그리고 일반적인 장소에 대한 기존의 운영방식과 개발된 조명시스템 방식의 전력 에너지 사용량을 산출하고 전기요금과 에너지 절감을 시산하였다. 그 결과 기존의 조명제어 방식에 비하여 에너지 절감에서 우수성을 보였다. 이는 소비자 및 국가적인 입장에서도 경제성을 보이고 있으므로 본 시스템이 더욱 활성화 될 것이다.

본 연구는 건물의 전력에너지 가운데 각 실별 조명 부하를 대상으로 연구를 하였지만, 대형건물전체를 사용할 수 있는 시스템에 대한 연구가 진행 중이다. 또

한 소비자의 요구를 충족할 수 있는 부가기능에 대한 연구로 신 수요를 창출할 수 있어 연구된 자동조명제어시스템은 국가적으로도 이바지 할 것으로 생각된다.

### References

[1] Ministry of Knowledge Economy, “제4차 전력수급기본계획(2008-2022년)”, December, 2008.

[2] Jin-Ho Kim, Seong-Cheol Kim and Jong-Bae Park, “A Demand-side Valuation and Application of Office Lighting Dimming Control in Electricity Markets”, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 22, No. 2, pp. 35-41, January, 2008.

[3] Chol-Kon Chee, “(최신)조명환경원론”, Munundang, January, 2008.

[4] Kyeong-Koog Lee, “A Study on the Improvement of Energy-Efficiency through TPM Procedure”, Master’s Theses, Ajou University, 2006.

[5] An-Seop Choi and Min-Ki Sung, “A Study on System Performance of a Developed Automatic Lighting Control System Using the Photosensor”, Architectural Institute of Korea, Vol. 15, No. 9, pp. 139-146, September, 1999.

[6] Han-Seong Kim and Kang-Soo Kom, “A Study on Lighting Energy Conservation in a Small Office Space with Daylight Dimming control System”, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 17, No. 5, pp. 15-21, September, 2003.

[7] Seung-Ki Ryu and Do-Hyuk Choi, “A Study on the energy Saving Lighting Control system and Application in Office Buildings”, Korea Institute of Construction Technology, December, 1994.

[8] Jin-Sook Lee, “건축조명 설비분야의 새로운 기술 동향”, Korea Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 33, No. 11, pp.19-29, November, 2004.

[9] Jin-Wook Jeong, “Wireless Communications and Networks”, Hongrjung Publishing Company, 2004.

[10] M. Bodart, A. De Herde, “Global energy saving in office buildings by the use of daylighting”, Energy and Buildings 34, 2002.

[11] Ministry of Knowledge Economy, “에너지 통계연보 (2008)”, 2008.

[12] Ministry of Knowledge Economy, “제1차 국가에너지기본 계획(2008-2030)”, 2008.

### ◇ 저자소개 ◇

#### 주진환(周鎭煥)

1983년 10월 8일생. 2008년 영남대 전기공학과 졸업. 현재 영남대 대학원 전기공학과 석사과정.

#### 강신욱(姜信郁)

1982년 10월 10일생. 2008년 영남대 전자공학과 졸업. 현재 영남대 대학원 전기공학과 석사과정.

#### 권학철(權學澈)

1962년 7월 10일생. 1985년 경남대 전기공학과 졸업. 2003년 영남대 산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 화인시스템(주) 대표이사.

#### 이석규(李錫圭)

1956년 12월 7일생. 1979년 서울대 전기공학과 졸업. 1981년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 UCLA 전기공학과 졸업(박사). 1982년부터 영남대학교 전기공학과 교수.

#### 박주현(朴住炫)

1968년 1월 11일생. 1990년 경북대 전자공학과 졸업. 1992년 경북대 전자공학과 졸업(석사). 1997년 포항공대 전기전자공학과 졸업(박사). 영남대학교 전기공학과 교수.