

## PLC를 이용한 개선된 자동 조명제어시스템 구현

(Implementation of Improved Automatic Lighting System using PLC)

강신욱\* · 주진환 · 권학철 · 이석규 · 박주현\*\*

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

### 요 약

본 논문에서는 조명에너지 사용을 절감하기 위하여 설계된 자동 조명제어시스템에 전력선 통신(PLC : Power Line Communication)과 단문문자서비스(SMS : Short Message Service)를 적용한 개선된 자동 조명제어시스템을 구현하였다. 본 시스템은 자동 조명제어장치와 함께 채실감지센서에 의하여 화재나 침입자 발생 시 경고음 뿐만 아니라 관리자나 사용자에게 경고 메시지를 전송하여 2차 사고를 예방할 수 있도록 설계되어 있다. 또한 본 논문에서는 전력전송을 위하여 설치된 기존의 전력선에 데이터를 실어 보냄으로써 신호선과 전원선의 통합하여 조명 제어를 위하여 사용되는 라인의 수를 획기적으로 줄이는 개선된 자동 조명제어시스템을 제안하였다.

### Abstract

This paper proposes a novel design of enhanced auto light control system using PLC(Power Line Communication) and SMS(Short Message Service) to copy with emergent cases effectively. In the proposed system, the indoor sensing system is designed to send emergent messages to the users or system manager in case of fire or invasion, which may prevent secondary accident. In addition, data transmission using PLC may drastically decreases the number of lines. The experimental results show the effectiveness of the proposed system.

Key Words : PLC, SMS, Automatic Lighting System, Remote Control, Energy Saving

### 1. 서 론

화석 연료의 고갈과 과도한 이산화탄소 배출로 인하여 환경 문제가 발생함에 따라 이를 해결하기 위하여 에너지 절감 및 그린 에너지에 관한 관심이 나날이 높아지고 있다. 최근 세계적으로 부각되고 있는 에너지 사용 문제에 대해 세계의 각국에서는 다양한 에너지

---

\* 주저자 : 영남대학교 대학원 전기공학과 석사과정  
\*\* 교신저자 : 영남대학교 전기공학과 교수  
Tel : 053-810-3929, Fax : 053-810-4767  
E-mail : bestsw@yumail.ac.kr  
접수일자 : 2010년 2월 24일  
1차심사 : 2010년 3월 2일, 2차심사 : 2010년 3월 25일  
심사완료 : 2010년 4월 22일

정책을 펼치고 있다. 국내에는 3대 전략, 10대 정책방향을 제시하며 “저탄소, 녹색성장”을 목표로 에너지 소비를 줄이기 위하여 많은 노력을 기울이고 있다 [1-2]. 특히 최근 건축물이 대형화, 초고층화, 첨단화됨에 따라 전기에너지의 수요가 급증하고 있으며 이에 따른 전력설비 용량이 크게 증대하고 있다. 또한 매년 사용량이 급증하는 건물의 에너지소비에 대한 보완책이 시급한 가운데 다양한 건물에너지 절감기술의 개발과 건물에서 사용되는 각종 기기들의 에너지 이용 효율강화, 고효율기기 보급 확대 등과 같은 구체적인 방안들이 제시되고 있다[3-5].

또한 국내의 최종 에너지소비 중 전력에너지로 사용되는 비중이 매년 10[%] 증가율을 보이고 있으며, 건물에서 소비되는 전체 전력에너지 가운데 조명설비에 의해 소비되는 에너지는 약 18~25[%]에 해당된다. 따라서 조명설비에서 에너지를 절약하면 전체 건물 소비에너지의 전력에너지사용에서 큰 에너지 절약효과를 가져온다. 또한 많은 전기에너지 절감분석결과에서도 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 절감이 가능한 것으로 보고되고 있다[6-8]. 더욱이 조명설비의 경우는 조광제어, 고효율 램프 개발 뿐만 아니라 조명기기의 간단한 온-오프제어만으로도 높은 에너지절감 효과를 얻을 수 있어 유용한 에너지 절약 수단으로 선호되고 있다. 특히 상용화된 조명제어시스템의 경우 신설건물의 전기배관 및 배선을 신설하여 설치할 수 있으나, 기존건물의 경우에는 기존에 사용되는 방식으로 조명 자동화를 위해서는 배선을 모두 교체해야 하기 때문에 이에 따른 공사비 증가와 시공상 어려움이 있다.

본 연구를 통하여 개발된 개선된 자동 조명제어시스템은 기존의 배관 및 배선을 그대로 사용할 수 있기 때문에 공사비 절감할 수 있고, 추가적인 시공없이 기존건물의 조명을 자동관리할 수 있으므로 경제적인 측면과 에너지절감차원에서 실용성이 높으며, 또한 외부 침입 모드 및 화재 발생에 따라 관리자가 사용자에게 경고 메시지를 전달하여 추가적인 2차적인 피해를

예방할 수 있는 장점이 있다.

## 2. 시스템 구성

본 시스템은 크게 건물 하드웨어부와 소프트웨어부로 나누어지며, 하드웨어부는 재실감지센서, 조명통합스위치, 그리고 외부 통신사와 Internet으로 연결하는 SMS 보드로 구성되어 있고, 소프트웨어부는 전체 흐름을 모니터링할 수 있는 윈도우 프로그램으로 구성되어 있다.

그림 1은 본 논문에서 적용된 전체 시스템 구성도를 나타내고 있으며, 그림에서 보는 바와 같이 각 조명시스템은 조명통합스위치와 연결되어 있고, 재실감지센서는 전력선통신을 이용하여 전체 네트워크로 구성되어 사용자에게 단문문자서비스를 제공하기 위해서 Internet을 통해서 외부 통신사와 연결되어 있다. 문자데이터는 외부 통신사를 통해서 최종적으로 사용자에게 현재 조명의 정보 및 여러 가지 정보를 어디서든 받을 수 있도록 시스템이 설계되어 있다.

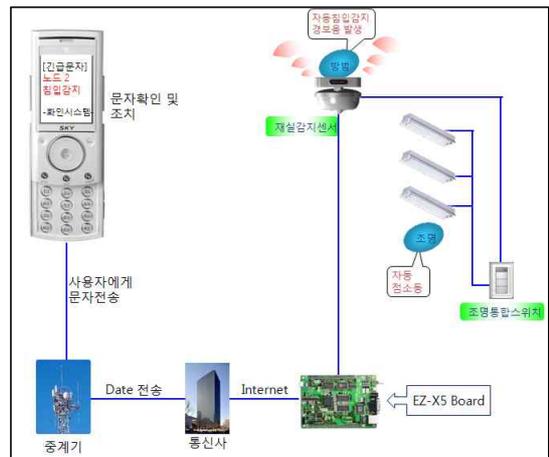


그림 1. 전체 시스템 구성도  
Fig. 1. System Configuration

그림 2는 건물 실내에 장착된 재실 감지 센서이다. 재실 감지 센서의 동작은 그림과 같이 인체를 감지하여 반응 한 후 조명을 자동으로 제어하게 되는데 방법 모드로 설정된 경우 부저와 함께 사용자에게 정보를 보내게 된다. 재실 감지 센서에 인체가 감지되면 그림

2와 같이 센서 주위에 LED를 동작시켜 감지 유무를 표현한다.



그림 2. 재실 감지 센서  
Fig. 2. Auto Light Sensor Unit



그림 3. 조명 통합 스위치  
Fig. 3. Auto Light Switches

그림 3은 조명 통합 스위치를 나타내고 있으며, 자동 조명제어장치의 동작 모드를 선택할 수 있도록 한다. 동작 모드는 자동, 수동, 방법 모드로 구성되어 있으며, 자동모드의 경우에는 재실 감지 센서에 의해 조명이 동작할 수 있도록 되어 있고, 수동 모드는 조명 통합 스위치를 통해서만 작동할 수 있도록 되어 있다. 또한 방법모드를 이용하여 외부의 침입을 감지할 수 있도록 되어 있다. 각 동작 모드를 3가지 LED를 이용하여 나타내며, 전등의 동작 유무를 스위치 주위에 장

착된 LED를 이용하여 적색은 점등, 초록색은 소등을 나타낸다.

## 2.1 전력선 통신(PLC)

전력선 통신은 전기가 공급되는 전력선을 활용하여 데이터를 전송하는 디지털 데이터 통신기술로써 신호선과 전원선을 통합하여 사용하므로 각 전기기기마다 사용하는 선의 수를 획기적으로 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다. 따라서 건물안에서 통신망을 사용하기 위해서 필요한 별도의 통신선 구축이 필요 없게 된다.

전력선통신은 사용하는 범위에 따라 전력선통신(PLC), 광대역전력통신(BPLC)로 나눈다. 전력선통신은 근거리(100m이내)를 목적으로 사용되지만 광대역 전력통신은 증폭기를 사용하므로 훨씬 더 먼 거리에 대해서 통신이 가능하고 또한 다수의 전력선통신의 연결하기 위하여 사용된다. 우리나라의 경우 전국적으로 통신망이 비교적 잘 구축되어 있기 때문에 전력선통신의 중요성이 상대적으로 인식되지 않고 있지만 인구 밀도가 높은 외국의 경우에는 통신망을 구축하는 것은 막대한 비용의 문제로 어려움이 있다. 따라서 기존의 전력선을 이용하여 전력선통신을 구성하게 되면 통신망 구축에 필요한 비용을 절감할 수 있다. 전력선통신은 사용하는 전원에 따라 교류전원(AC)과 직류전원(DC)으로 나눌 수 있다. 교류전원은 일반적으로 우리나라에서 사용하는 상용전원으로 기존 건물에 대해 그대로 사용이 가능하며, 기존에 연결되어 있는 콘센트에 모뎀을 탈부착하는 방식으로 사용이 가능하며, 이 방법의 경우에는 교류전원을 사용하기 때문에 전송선에 의한 전력 소모가 적다는 장점을 가지고 있다. 하지만 전기기기는 교류전원을 직류전원을 변환하여 사용하는 경우가 많기 때문에 정류회로를 그대로 유지한 채 통신을 위한 모뎀을 장착해야 하기 때문에 전원 변환으로 인한 손실을 감수해야 하는 단점이 있다.

그림 4는 본 논문에서 구현된 전력선통신의 구성도를 나타내고 있다. 구현된 시스템은 재실감지센서와 통합 스위치 그리고 전체 시스템을 모니터링을 수행하는 PC로 구성되어 있고, 각각 시스템은 전력선으로

## PLC를 이용한 개선된 자동 조명제어시스템 구현

만 전체 시스템의 연결되어 있고, 외부 전력과의 단절을 위해 코일(i7A3)이 연결되어 있다.

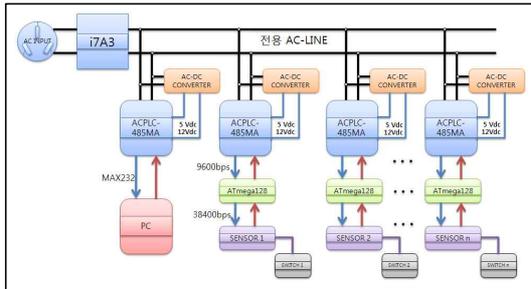


그림 4. 전력선통신 구성도  
Fig. 4. Structure of PLC

## 2.2 단문문자서비스(SMS)

단문문자서비스는 휴대폰과 같은 통신기기를 이용한 문자전송으로 일반적인 음성통화와는 달리 사용자 간에 문자나 데이터를 전송할 수 있다. 본 시스템에서는 단문문자서비스를 이용하여 건물내에 침입자나 화재 발생시 2차 피해를 예방하기 위해서 자동으로 사용자에게 문자를 전송한다. 그림 5는 단문문자서비스를 이용한 본 시스템의 구성도를 나타내며, 본 시스템은 센서와 스위치로 구성된 계통시스템과 계통시스템에서 얻어진 정보를 이용하여 외부시스템에 전송하기 위한 내부 시스템, 그리고 사용자에게 문자 서비스를 제공하기 위한 외부 시스템으로 나누어져 있다.

내부 시스템은 재실 감지센서를 이용하여 내부의 침입을 감시하고 각 센서의 정보를 제어 보드가 센서와 통신하여 각 정보를 수집하고 침입이 감지되면 SMS 전송 보드(EZ-X5)로 메시지를 전달하게 되고 전송 보드는 인터넷을 이용하여 사용자에게 단문 문자 서비스를 제공하기 위해 외부 호스팅 업체에게 데이터를 전송한다. 외부 시스템은 호스팅 업체와 통신사로 구성되어 있는데 각 통신사는 호스팅 업체에서 받은 데이터를 이용하여 각 관리자와 사용자에게 단문 문자 서비스를 제공하게 된다.

그림 6은 계통 시스템의 데이터를 획득하고 이를 는 단문 문자서비스를 제어하는 SMS 제어 보드이다. SMS 제어 보드는 사용자에게 입력으로 사용된 키패

드를 이용하여 여러 가지 모드 및 휴대폰 번호를 저장하며, LCD를 이용하여 그 정보를 표시한다. 그리고 계통시스템에서 얻어진 정보를 근거로 이를 SMS 전송할 것인지를 판단하여 SMS 전송 보드에 명령을 내려 전체 시스템을 제어한다.

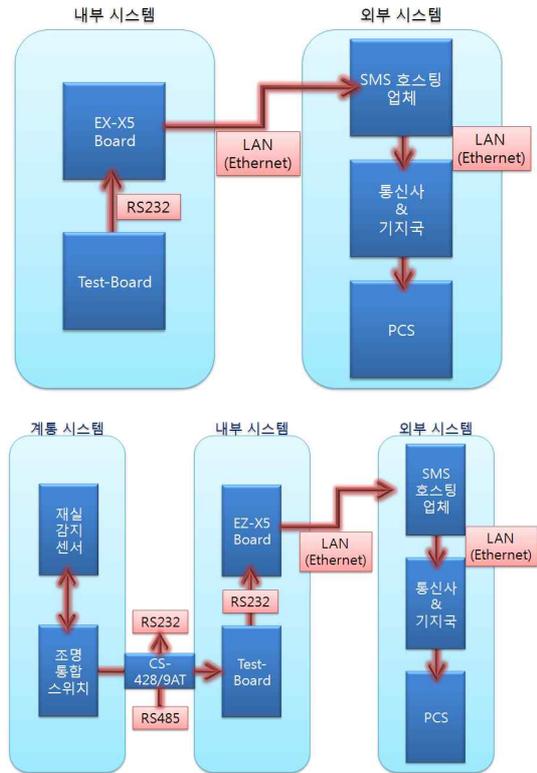


그림 5. 단문 문자 서비스 구성도  
Fig. 5. Structure of SMS system

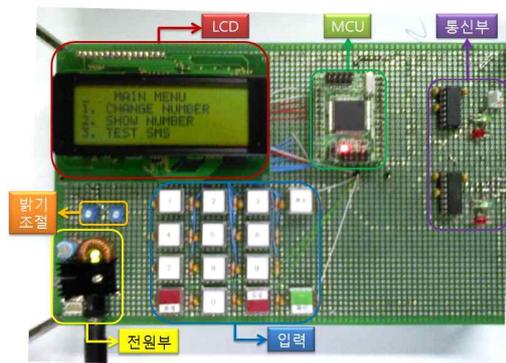


그림 6. SMS 제어 보드  
Fig. 6. SMS control board

그림 7의 SMS 전송 임베디드 보드(EZ-X5)는 ARM 계열의 PXA255칩으로 구성되어 있다. 내부 운영체제는 Linux로 구성되어 있고, 내부 플래쉬 메모리에 본 논문을 위해 구현한 SMS 전송 프로그램이 저장되어 있어 부팅 후 자동으로 인터넷을 연결하여 외부 호스팅 업체로 전송하도록 되어 있다.



그림 7. SMS 전송 보드(EZ-X5)  
Fig. 7. SMS transmission board (EZ-X5)

### 3. 시뮬레이션

PLC를 이용한 개선된 자동 조명제어시스템은 그림 8과 같이 구성되어 있다. 각각의 재실 감지 센서와 스위치는 서로 연결되어 있지만 각각의 모듈은 기존의 AC 전원선만으로 연결되어 있다. 그림 8의 1은 통합 제어를 위해 PC와 연결하기 위한 모듈이고, 2는 AC 전원을 통신망으로 구축하기 위해 사용된 멀티탭이다. 3은 AC 전원선으로 통신망을 이루기 위해 외부전원을 차단하기 위한 코일 소자이고 4와 5는 각각의 재실 감지 센서와 통합스위치로 구성된 각 모듈이다.

이를 각 모듈로 나타낸 그림은 그림 9에 나타나 있으며, 하나의 재실 감지 센서와 통합스위치를 연결한 상태이고 위의 전력선통신 모듈을 이용하여 다른 통합 제어 기기와 통신을 하며, 원격으로 제어가 될 수 있도록 구성되어 있다.

그림 10은 본 논문에서 사용된 전력선통신을 이용한 자동 조명제어설비의 전체 순서도이다. 전체적으로 3가지 동작 모드로 구성되어 있는데 이를 그림 11로 나타내었다. 각 센서통신은 전력선 통신을 기반으로 동

작하며, 수동 모드에서는 통합 스위치의 정보에 따라 조명이 점등 및 소등되도록 구성되었고, 자동인 경우 재실 감지 센서의 감지 유무에 따라 조명이 점등 및 소등된다. 그리고 방범 모드에서는 침입자가 감지 될

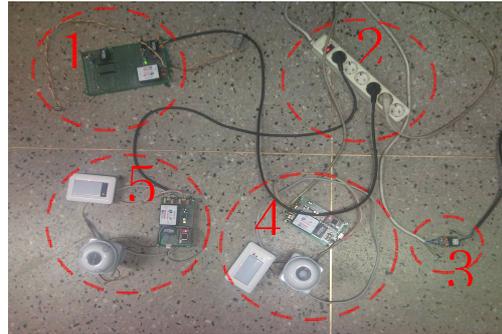


그림 8. 전력선통신을 이용한 개선된 자동 조명제어설비  
Fig. 8. Auto Light System using PLC



그림 9. 개선된 자동 조명제어설비 모듈  
Fig. 9. Module of enhanced Auto Light System

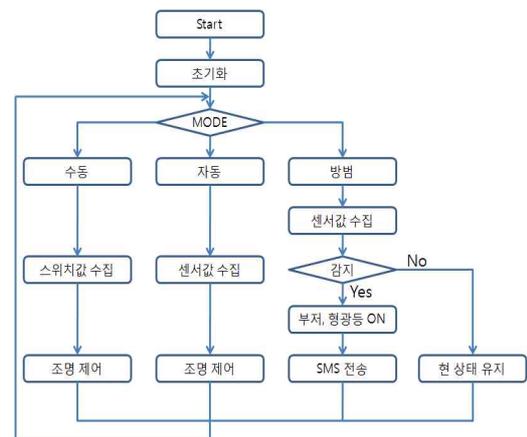


그림 10. 전체 시스템 순서도  
Fig. 10. Flowchart of Auto Light System

경우에 센서 내부에 구성된 부저를 울리고 조명을 점등시켜 침입자에게 경고를 보내며 또한 2차적인 피해를 방지하기 위해 단문 문자 서비스를 이용하여 등록된 사용자에게 즉시 메시지를 보내도록 한다. 이러한 방식으로 시스템은 반복하여 수행한다.



그림 11. 각 동작 모드의 흐름도  
Fig. 11. Flowchart of operating mode

그림 12는 전력선통신으로 이루어진 통신망에서 각각의 조명을 제어하기 위한 윈도우 프로그램이다. 본 연구에서 사용된 센서의 경우에는 기존 모델과 새로운 모델을 모두 제어할 수 있도록 구성하였다. 또한 센서 별로 분류된 포트와 모듈 번호를 구분할 수 있도록 되어 있다.

그림 13은 윈도우 프로그램의 흐름도를 나타내고 있다. 전체 흐름은 센서와 통신하여 각 정보를 사용자에게 보여주기 위해 구성되어 있으며, 또한 원격 제어를 위해서 윈도우 프로그램에서 신호가 발생할 경우 그에 따라 각 센서 및 조명을 제어하며 그 정보를 사용자에게 제공한다.

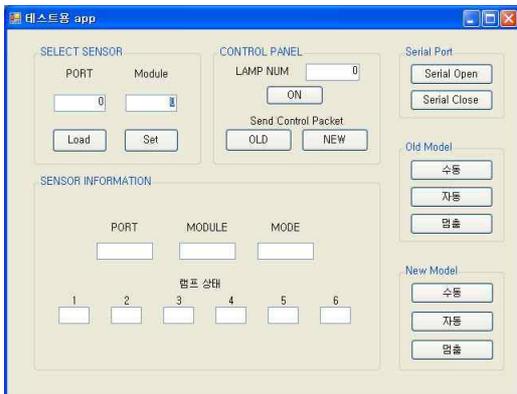


그림 12. 원격제어를 위한 통합 제어 프로그램  
Fig. 12. Control program for remote control

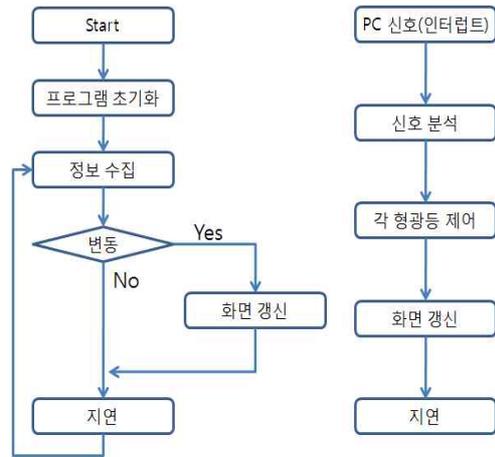


그림 13. 통합 제어 프로그램 흐름도  
Fig. 13. Flowchart of control program

#### 4. 실험 결과

우선 전력선통신망을 이용하여 각 모듈과 PC단을 일반 시리얼 모니터 프로그램을 통해서 통신실험을 하였다. 전력선통신이 연결된 상태에서 SMS 제어 보드와 전송 보드를, 그리고 전체 시스템이 연결된 상태에서 실험하였다. 그림 14는 전력선으로 연결된 SMS 제어 보드와 SMS 전송보드의 통신 상태를 기본적인 실험이며, 계통시스템과 SMS 제어 보드와 SMS 전송 보드를 실제로 통신하여 센서에서 전송하는 데이터를 시리얼 프로그램으로 나타내었다.

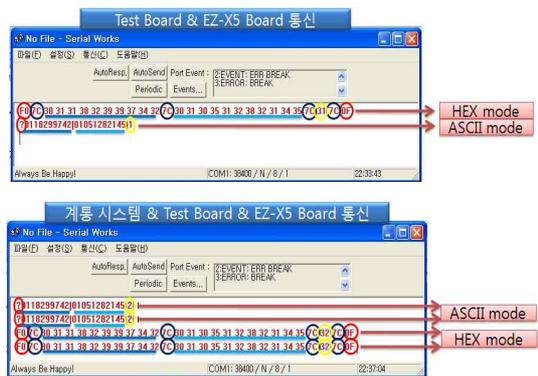


그림 14. 전력선통신 실험  
Fig. 14. Test of PLC

이를 통합 제어하기 위한 프로그램과 연결하여 그림

15, 16, 17과 같이 실험하였다. 그림 15와 16은 각각 전력선 통신을 이용한 방법 모드 및 수동 모드일 때 실험 결과이며, 각 스위치 정보에 따라 조명 상태를 나타낸 것이다. 그림 17은 자동 모드 경우의 실험 결과이며, 각 센서의 감지에 따라 그 정보를 나타내었다.

실험 결과는 일반적으로 통신선을 이용하여 한 것과 동일하였다. 그리고 그림 15와 같이 방법모드일 경우에는 그림 7의 SMS 전송 보드를 통해서 관리자나 사용자에게 문자 메시지를 보내 원격 감시의 기능을 최소한의 비용으로 구축할 수 있도록 한다.

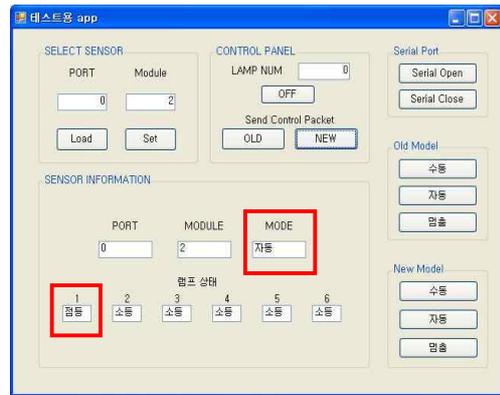


그림 17. PLC를 이용한 자동 제어  
Fig. 17. Auto control using PLC

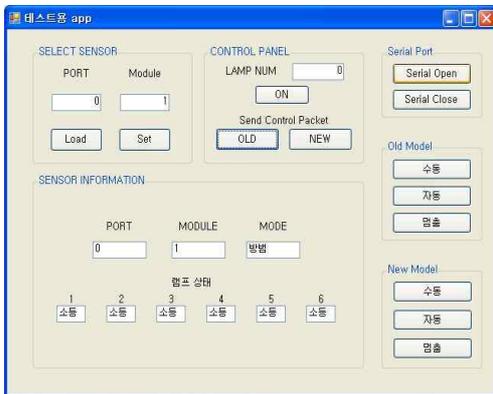


그림 15. PLC를 이용한 방법 모드  
Fig. 15. Crime prevention mode using PLC

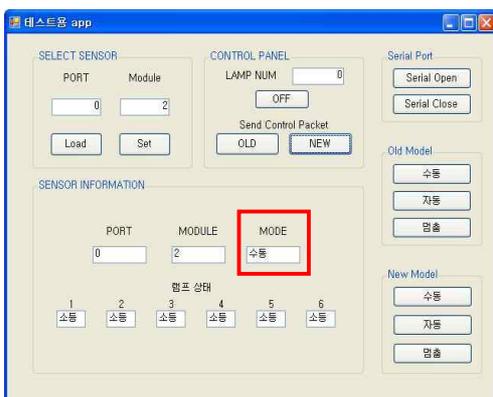


그림 16. PLC를 이용한 수동 제어  
Fig. 16. Manual control using PLC

실험을 통해서 얻어진 결과를 이용하여 기존 자동 조명제어에서 사용되는 방식과 개선된 자동 조명제어의 장단점을 비교하면 표 1과 같다.

표 1. 본 시스템의 특징  
Table 1. The characteristics of the proposed system

장 점	단 점
1. 저렴한 설치비용	1. 잡음과 부하의 영향을 받음
2. 설치가 용이	2. 제한된 전송 전력
3. 넓은 확장성	3. 주파수 선택적 특성
4. 광범위한 네트워크 기반	4. 가변 하는 신호 감쇄 및 임피던스 특성
5. 보급률이 높음	
6. 유지 보수의 간편성	
7. 사용가의 네트워크 접근 및 이용 편의성	

기존에 사용하는 유선 시스템을 이용할 경우 전력선과 또한 각 장치를 위한 통신선이 필요하지만 본 시스템을 사용하게 될 경우 기존 자동 조명제어 방식의 에너지 절약 장점을 그대로 유지하며 전력선을 그대로 사용하므로 시공 시 사용되는 유선을 50% 이상 감소하게 되어 건물의 추가 비용문제와 또한 새로운 건물에서 발생하는 통신선 비용문제를 줄일 수 있고, 또한 중앙 제어를 위한 통신 라인도 대체할 수 있으므로 추후 발생할 수 있는 확장성에도 충분한 이점을 가질 수 있다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 전력에너지의 에너지 절감에 대한 방

안으로 제안되었던 자동 조명제어시스템에 전력선통신을 이용하여 기존의 고효율 조명기기의 장점을 그대로 가지고, 신설 건물이나 기존 건물에서도 추가 시공 없이 구현 가능함을 보였다. 기존 조명에 비해서 에너지 절감에서 우수성을 보이는 자동 제어조명설비는 필요한 통신선의 숫자를 획기적으로 줄여 시공 시 조명 제어 장치에 사용되는 직류 전원 및 신호 선을 사용하지 않으므로 소비자에게 추가 시공에 대한 부담을 덜어 주며, 기존의 센서를 이용하여 원격 감시 기능을 추가하여 외부의 침입에 대한 방법 기능이 향상됨을 보였다.

본 연구는 자동 조명제어시스템을 이용하여 경제성으로 우수한 자동 조명제어와 간단한 원격 감시 기능을 구현을 연구하였으며, 차 후 기존 센서를 응용할 경우 침입자 이외에도 여러 재난에 대비할 수 있는 다기능 집안 감시 기능을 할 수 있는 통합 원격 시스템으로 확장 응용이 가능하여 가정 기기 자동화에 이바지할 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 국가에너지기본계획(2008-2030)”, 2008.

### ◇ 저자소개 ◇



**강신욱(姜信郁)**  
1982년 10월 10일생. 2008년 영남대 전자공학과 졸업. 현재 영남대 대학원 전기공학과 석사과정.



**주진환(周鎭煥)**  
1983년 10월 8일생. 2008년 영남대 전기공학과 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). 현재 영남대학교 전기공학과 교수.



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