

사용자 요구조건도 만족 스마트 조명 관리시스템

(A Smart Lighting Management System with Satisfaction of User's Lighting Requirements)

신대식* · 김 훈**

(Dae-Sik Shin · Hoon Kim)

Abstract

In this paper, we proposed a smart lighting management system controls the lighting efficiently to reduce energy consumption while satisfying user's lighting requirements. The proposed system considers the available daylight intensity and indoor light source to satisfy the lighting requirements of each user according to the work environment. In addition, for user convenience, we have developed different user interfaces for lighting control including local interface, and remote interface through internet or Bluetooth for personal computer as well as smart phones. The proposed system satisfies the lighting requirements of each user according to the corresponding work environment. The proposed smart lighting management system utilizes the lighting energy efficiently, and can be considered a significant contribution towards future green buildings.

Key Words : Lighting Management System, Lighting Control, Daylight, Energy-Saving

1. 서 론

1.1 연구의 배경

세계 각국에서는 이산화탄소의 과다한 배출로 인한 지구 온난화 문제, 에너지 고갈문제가 발생함에 따라

이를 해결하기 위해 환경 규제 제도와 에너지소비 감축과 효율에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 전체 에너지 소비 중 건물 분야 에너지 소비가 전체 에너지 소비의 24% 수준으로 빌딩에너지의 효율적 관리가 에너지 절감에 큰 비중을 차지한다고 알려져 있다. 또한 건물 내 에너지 소비 중 조명이 차지하는 비율이 30% 수준으로 조명의 효율적인 제어는 에너지 소비 절감 및 효율 향상을 위한 매우 중요한 분야로 인식되고 있다[1-3].

조명에 대한 에너지 절감 기술 분야로는 크게 조광(Dimming)제어 기술과 고효율 광원에 관한 연구가 진행되고 있다. 디밍 제어 기술은 조도·채실등의 정보를 기반으로 일정 지역 조명의 밝기를 제어하는 기술을 말한다. LED 디밍 방식은 크게 두 가지로, LED 전류를 선형으로 조절하는 아날로그 디밍 방식과 펄스

* 주저자 : 인천대학교 전자공학과 석사과정
** 교신저자 : 인천대학교 전자공학과 조교수
* Main author : Master's course, Department of Electronic Engineering, Incheon University
** Corresponding author : Assistant Professor, Department of Electronic Engineering, Incheon University
Tel : 032-835-4784, Fax : 032-835-4777
E-mail : daesik3709@naver.com
접수일자 : 2013년 3월 12일
1차심사 : 2013년 3월 19일, 2차심사 : 2013년 4월 21일
심사완료 : 2013년 5월 6일

은 시간 동안 LED 전류를 켜고 끄는 수많은 동작을 반복하여 출력하는 디지털 혹은 PWM(Pulse Width Modulation)디밍 방식이 있다.

또한 고효율 광원의 대표적인 기술로는 LED(Light Emitting Diode)를 들 수 있다. LED 광원은 형광등의 50%, 백열전구의 10% 수준으로 낮은 소비전력을 소모하고 수은이나 충전 가스등 인체에 유해한 물질을 사용하지 않으며 수명이 긴 장점을 가지고 있다.

이와 같은 장점으로 인하여 세계 주요국은 에너지 절감을 위해 LED조명의 확산을 적극적으로 전개하고 있다[8]. 국내의 대표적인 예로 인천공항공사는 지난 2009년부터 LED조명 교체사업을 이행해 왔으며, 사업이 완료될 경우 연간 13,453MWh의 에너지 절감과 5,134t의 이산화탄소 배출 감소 효과가 있을 것으로 기대하고 있다. 이와 함께 에너지 절감기술을 이용한 LED조명의 효과적인 운용이 에너지 절감 및 효율 개선을 위해 중요한 기술로 인식되고 있으며 최근 조명 제어 운용기술에 대한 연구가 큰 관심 속에 진행되고 있다[10-16].

1.2 연구의 목적 및 방법

조명은 간단한 온-오프 제어만으로도 높은 에너지 절감 효과가 있을 수 있다. 하지만 에너지 소비의 절감을 위해 무조건 조명등을 끄거나 줄이는 것은 작업의 능률을 떨어뜨리거나 불편함을 느끼게 할 수도 있다. 따라서 최근에는 효율적인 조명제어 기술개발에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

대표적인 효율적인 조명제어 기술로는 광센서를 활용한 조광 제어 시스템이 있다. 광센서를 활용한 조명 제어 시스템은 사용자가 직접 조도를 제어해야 하는 일반 디머(Dimmer)와는 달리, 광센서를 이용하여 실내로 유입되는 조광의 양에 따라 자동으로 인공조명의 밝기를 조절하여 에너지를 저감할 수 있는 조명 제어 기술이다.

정동규(2009)의 자연광을 고려한 실내 조도 모델링 및 조명제어기법에 관한 연구에서는 외부의 자연광을 고려하여 실내 조도를 모델링하고, 이를 기준으로 실내의 조도 레벨에 따라 점진적으로 켜는 조명등의 수

를 늘리거나 줄이는 조명제어기법을 제안하였다[4]. 그리고 강신욱(2012)의 PLC를 이용한 개선된 자동 조명 제어시스템 구현에 관한 연구에서는 재실 감지 센서로 인체를 감지하여 반응한 후 조명을 자동으로 ON-OFF 제어하는 자동 조명제어시스템을 구현하였다[5]. 또한, 화재나 침입자 발생 시 재실감지센서를 이용하여 관리자에게 알려주는 응용서비스 기술도 함께 고려하였다. 그런데 광센서 조명제어시스템의 유용성을 더욱 보장하기 위해서는 사용자의 작업 환경을 효과적으로 고려할 필요가 있다. 업무의 형태나 요구되는 정밀도, 실내 구조 등에 따라 적정 수준의 조도가 상이하므로 영역별 조도 제어가 가능할 경우 작업의 효율을 높일 수 있다. 또한 실내 각 영역별로 사용자의 위치와 작업 형태에 따라 요구되는 적정 수준의 조도를 유지함으로써 추가적인 에너지 저감 효과를 기대할 수 있으며, 이에 필요한 정보의 입력과 결과 확인을 용이하게 함으로써 시스템 이용 편의성을 향상시킬 수 있게 된다. 이에 본 논문에서는 사용자의 편의를 고려한 스마트 조명 관리 시스템을 제안한다. 사용자로부터 요구조건을 입력받아 태양광과 타 조명 영향을 고려하여 최적의 조도 구성하고 이를 제어하는 것을 목적으로 한다. 중앙 서버 컴퓨터에서는 제어 관리 시스템을 구축하고, PWM 디밍 방식을 기반으로 조명 시스템을 제어한다. 또한 사용자의 편의성을 고려한 윈도우 기반의 응용프로그램, 안드로이드 기반의 응용프로그램을 이용하여 제어할 수 있도록 구현하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서 고려하는 사용자 요구조건도의 필요성과 전체 시스템의 구성을 제시한다. 3장에서는 효율적인 LED 조명 제어 동작 절차를 설명한다. 4장에서는 본 논문에서 제안하는 사용자 요구조건 만족 스마트 LED 조명 관리 시스템을 제시하고, 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 조도 제어 시스템

2.1 사용자 요구조건도

사람은 일반적으로 눈을 통해서 80% 정도의 주위의

정보를 얻으며 회사, 실험실, 학교 등에서 빛을 적절히 사용함으로써 피로를 줄이고 집중력을 강화할 수 있다. 또한 조명은 사용자의 감성에도 영향을 주며 편안하고 신뢰할 수 있는 분위기를 연출할 수 있고 의사결정을 위한 활동적인 영역의 창출에도 사용될 수 있다. 이처럼 인간은 조명의 도움으로 주변을 인지하고 정보를 얻으며 다양한 일을 수행하며, 조명 환경이 작업의 효율에 미칠 수 있다[9]. 즉 작업의 형태나 요구되는 정밀도, 실내 구조 등에 따라 적정 수준의 조도가 상이하게 된다.

따라서 일반적으로 실내 공간에서 각 영역별로 수행되는 작업의 형태와 수준, 수행인의 위치 등이 다양하게 나타날 수 있음을 감안하면 각 영역별 조도 제어가 가능할 경우 작업의 효율을 도모할 수 있다. 한편, 사용자 작업 종류에 따른 적정한 조도 수준에 대해 표준 수치가 제시된 바 있다. 사무실에서 필요한 적정 조도는 약 400lx 정도이며, 수술실, 응급실 등 정밀 작업을 하는 경우 이 보다 높은 조도를 필요로 한다[6]. 또한 같은 사무실 내에서도 업무 환경에 따라 정밀작업, 컴퓨터를 이용한 작업, 미팅, 프레젠테이션 등 실내 사용자마다 요구조도가 다를 수 있다. 따라서 사용자의 업무환경을 고려하여 영역별로 요구조도 설정하면 사용자의 작업효율을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 높은 요구조도가 필요하지 않을 경우 조도제어를 통해 에너지 소비를 줄일 수 있다.

2.2 조명제어 시스템 구성

본 스마트 조명제어 시스템의 구조는 그림 1과 같다. 주요 구성 요소로는 사용자 단말, 서버 및 관리자 단말, 연산제어장치 등이 있으며 이 밖에 조명 기구인 LED, 현재조도를 측정하는 광센서 등이 포함된다.

사용자 단말은 내부 망에서 사용자의 휴대성을 감안 블루투스 등 무선 통신을 기반으로 연산제어장치와 연결되거나, 인터넷을 통해 외부 망을 통해 서버에 연결되며 사용자의 요구 조도 정보 입력과 현재 조도 수준 제공의 역할을 하게 된다. 서버와 직접 연결되어

있는 관리자용 단말에서는 사용자 요구 조도 정보 입력과 현재 조도 수준을 제공하는 사용자 단말의 기능을 제공하며, 이 외에도 전력 사용량 정보, 구역별 밝기정보 등의 모니터링 기능을 추가적으로 제공한다. 조명으로는 에너지 효율과 조도 제어 등이 원활하게 제공되는 LED를 고려한다. LED는 제어되는 조도 수준 정보를 연산제어장치로부터 전달받아 이에 의해 조도가 제어된다. 광센서는 LED 조명과 태양광으로부터 받은 전체 조도정보를 수집하여 서버에 전달하는 역할을 한다.

한편 연산제어장치에서는 윈도우 기반 응용 프로그램, 안드로이드 응용 프로그램으로 부터 전달받은 요구조도 값과 서버로부터 전달받은 광센서의 현재조도 값을 스마트 조명제어 알고리즘을 이용하여 LED조명의 조도를 제어하는 역할을 한다. 서버는 사용자 단말 또는 관리자용 단말과 연결되어 요구조도 정보가 서버에 전달되고 또한 광센서로부터 현재 조도 수준 정보를 전달받는다. 또한 시간에 따른 소비전력 수준 등이 저장되며 이와 함께 연산제어장치로부터 전달된 현재 조도 수준 정보를 관리자용 단말에 전달한다. 그림 1에 사용자 단말 및 관리자 단말로부터 입력된 요구조도가 서버와 연산제어장치에 전달되고 연산제어장치에서 도출된 제어 정보가 조명에 전달되는 흐름을 보인다. 또한 역으로 광센서에서 수집된 현재 조도 정보가 서버를 통해 사용자 단말이나 관리자 단말에 전달되는 흐름을 보인다.

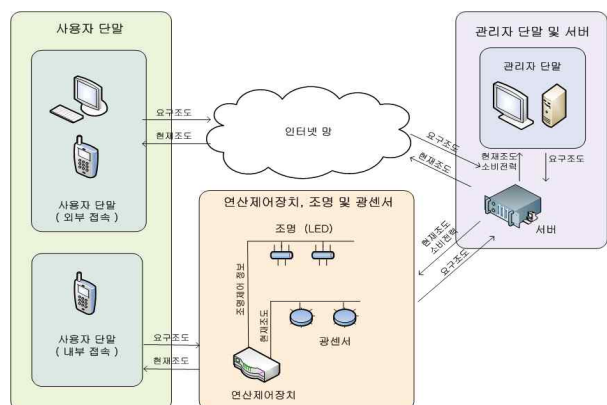


그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1. System Configuration

3. 효율적 LED 조명제어 기법

업무환경에 따른 사용자들의 요구조건을 만족하면서 LED 조명 시스템의 에너지 소비를 최소화하는 조명제어기법을 제시한다. 조명제어를 위해서는 내부광원의 조도 분석이 필요하다. 내부광원의 조도가 어느 정도인지 알아야 LED 조명제어를 통하여 요구조건을 맞출 수 있기 때문이다. 광센서를 이용하여 내부광원과 태양광의 조도의 전체 빛의 양을 측정할 수 있다. 각 영역별로 위치한 광센서의 의해 위치별로 조도가 측정되고, 측정된 값을 서버에 전달한다. 연산 제어 장치에서는 사용자로부터 받은 요구조건과 서버의 현재 조도를 비교하여 한 단계씩 LED 조명의 조도를 제어하여 현재조도 수준을 요구조건에 맞춘다.

이와 같은 조명제어기법의 전체적인 동작은 그림 2와 같은 3단계의 동작 흐름도로 구성될 수 있다. 이를 기반으로 한 보다 구체적인 조명제어 알고리즘과 그 구현에 대해 4장에서 설명한다.

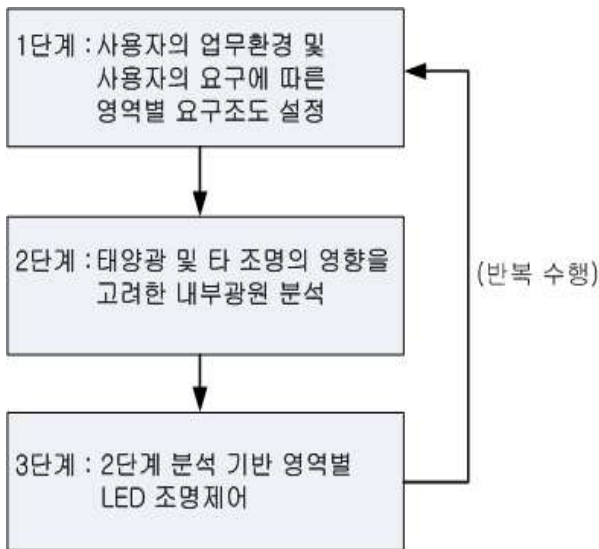


그림 2. 효율적 LED 조명제어 기법 흐름도
Fig. 2. Flowchart for an efficient LED lighting control technique

4. 스마트 조명제어 관리시스템 구현 예

본 장에서는 태양광을 고려하면서 업무환경에 따라

영역별로 사용자의 요구사항을 받아들여 제어할 수 있는 스마트 LED 조명제어 관리시스템을 제시한다.

4.1 스마트 조명제어 관리시스템 환경

그림 3은 스마트 조명제어 관리시스템 테스트 베드를 나타낸 것이다. 가로 1,200mm, 세로 900mm, 높이 600mm 크기로 제작되었으며, 내부에는 사무시설과 조명이 구축되어 있다. 실제 사무실과 유사한 환경으로 태양광이 들어올 수 있는 창문, 컴퓨터를 활용한 작업공간 뿐만 아니라 미팅을 할 수 있는 회의실이 파티션으로 구분되어 있다. 천장에는 LED가 영역별로 나누어져 설치되어 있다.

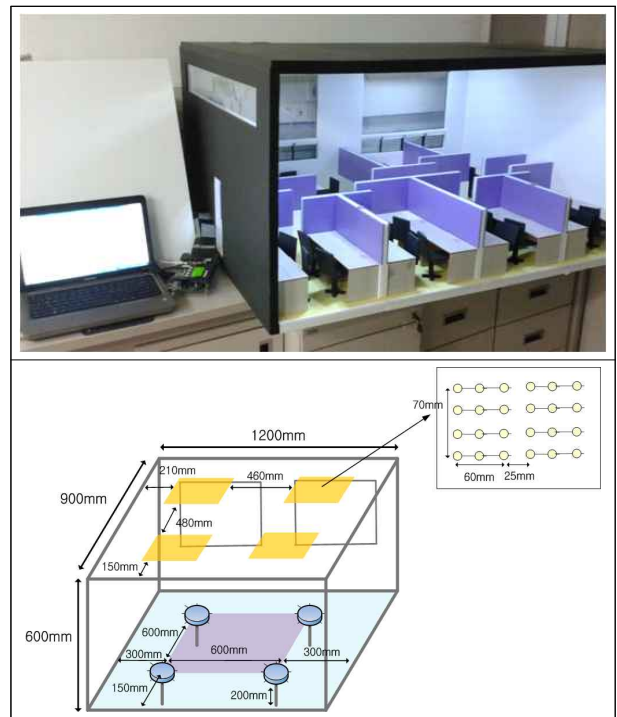


그림 3. 스마트 조명제어 관리시스템 테스트 베드
Fig. 3. Test bed for smart lighting control management system

그림 4는 본 연구에서 제시된 스마트 조명제어 관리 시스템의 주요 구성요소를 보인다. 일반적으로 광센서의 부착 위치는 재실자의 행위 용이성을 감안 천장에 부착하게 되는데, 본 연구에서는 테스트베드 구축

및 시험 시 편의성을 고려 광센서를 파티션에 설치하였으며, 시험 환경에서 재실자에 의한 방해가 생기지 않은 조건에서 실험되었다. 광센서로부터 들어온 현재조도 정보는 연산제어장치로 전달된다. 연산제어장치는 ATMegal28 마이크로 프로세서와 블루투스 모듈을 사용하여 만들어 졌으며, 연산제어장치 알고리즘을 통해 LED 조도를 제어하는 역할을 한다.



그림 4. 스마트 조명제어 관리시스템의 주요구성 요소
Fig. 4. Key components for smart lighting control management system

4.2 스마트 조명제어 알고리즘

연산제어장치의 알고리즘은 Closed-loop 알고리즘으로 현재조도와 요구조도의 비교를 반복 수행하면서 조도를 제어한다. 현재조도는 내부광원과 태양광의 전체 빛의 양을 의미하며 각 영역별로 위치한 광센서의 의해 위치별로 측정된다. 현재조도의 측정은 수시로 변화되는 태양광 또는 외부요인으로 인해 실내 조도의 변화가 크게 자주 발생하는 것을 방지하기 위해서 5ms마다 25번 측정된 값의 평균을 계산하도록 하였다. 측정된 조도는 각 영역의 요구 조도 값과 비교

되며, 측정-비교-제어의 주기는 약 $5ms \times 25 = 0.125s$ 가 된다. 이는 테스트 베드 환경에서 재실자에게 시각적 불편함을 주지 않으며 태양광 유입에 따른 요구조도 값의 제어에 적절한 값으로 가정한다.

연산제어장치의 조도제어는 PWM방식을 기반으로 한다. 따라서 펄스폭의 비율(Duty Ratio)을 조절하여 밝기를 제어하며 펄스폭의 비율에 따라 조광레벨을 제어할 수 있다. 전체주기는 5ms이고 이에 따라 한 영역의 가장 밝은 값(약 650lx)의 펄스폭은 약 5ms이며, 이와 반대로 가장 어두운 값의 펄스폭은 약 0ms이다. 총 135단계로 나누어 $5ms/135 = 37\mu s$ 씩 펄스의 폭을 한 단계씩 증가시키거나 감소시켜 조도를 제어한다. 현재 조도와 요구 조도의 차가 일정수치 이내일 경우 LED의 조광 레벨에 변화를 주지 않는다. 현재조도가 요구 조도보다 일정수치 이상 클 경우 LED의 조광 레벨을 한 단계 낮추며, 이와 반대로 현재조도가 요구 조도보다 일정수치 이상 작을 경우 LED조명의 조도를 한 단계로 증가시킨다. 이와 같은 방식을 각 영역에 대해 반복적으로 적용하여 영역별 요구 조도를 유지할 수 있으며, 그림 5는 이에 관한 연산제어장치 알고리즘 동작 순서도를 나타낸다.

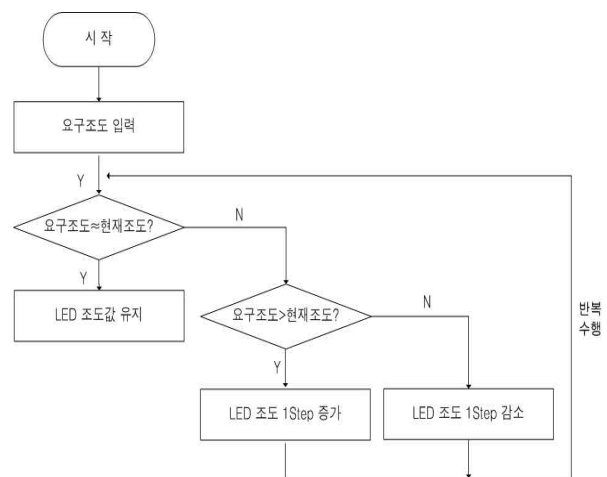


그림 5. 연산 제어 장치 순서도
Fig. 5. Flowchart of MCU

4.3 사용자 인터페이스

스마트폰 보급 성장률이 증가함에 따라 모바일 계

입, 쇼핑, 금융 등 다양한 모바일 서비스가 어플리케이션 형태로 제공되고 있다. 많은 일상의 중요한 일들이 스마트폰의 기능으로 대체되고 있으며 스마트폰의 활용도는 계속 증가할 전망이다[7]. 본 스마트 조명 제어 관리 시스템에서는 이를 감안하여 사용자와 조명제어 시스템을 연계하는 단말 장치로 일반 사용자용 스마트폰과 PC, 그리고 관리자용 PC를 고려한다.

그림 6과 같이 인터넷을 기반으로 한 윈도우 응용 프로그램과 스마트폰의 블루투스 통신을 기반으로 한 안드로이드 응용프로그램 어플리케이션을 개발하였다. 어플리케이션을 이용하여 영역별 요구조도 값을 직접 입력하여 조도를 제어할 수 있을 뿐만 아니라 평시, 회의, 정밀작업, 전원 OFF 등 편의기능을 제공하여 사용자는 서버에 저장되어 있는 값으로 편리하게



그림 6. 어플리케이션 구현 화면
Fig. 6. Snapshot of Application implementation screen

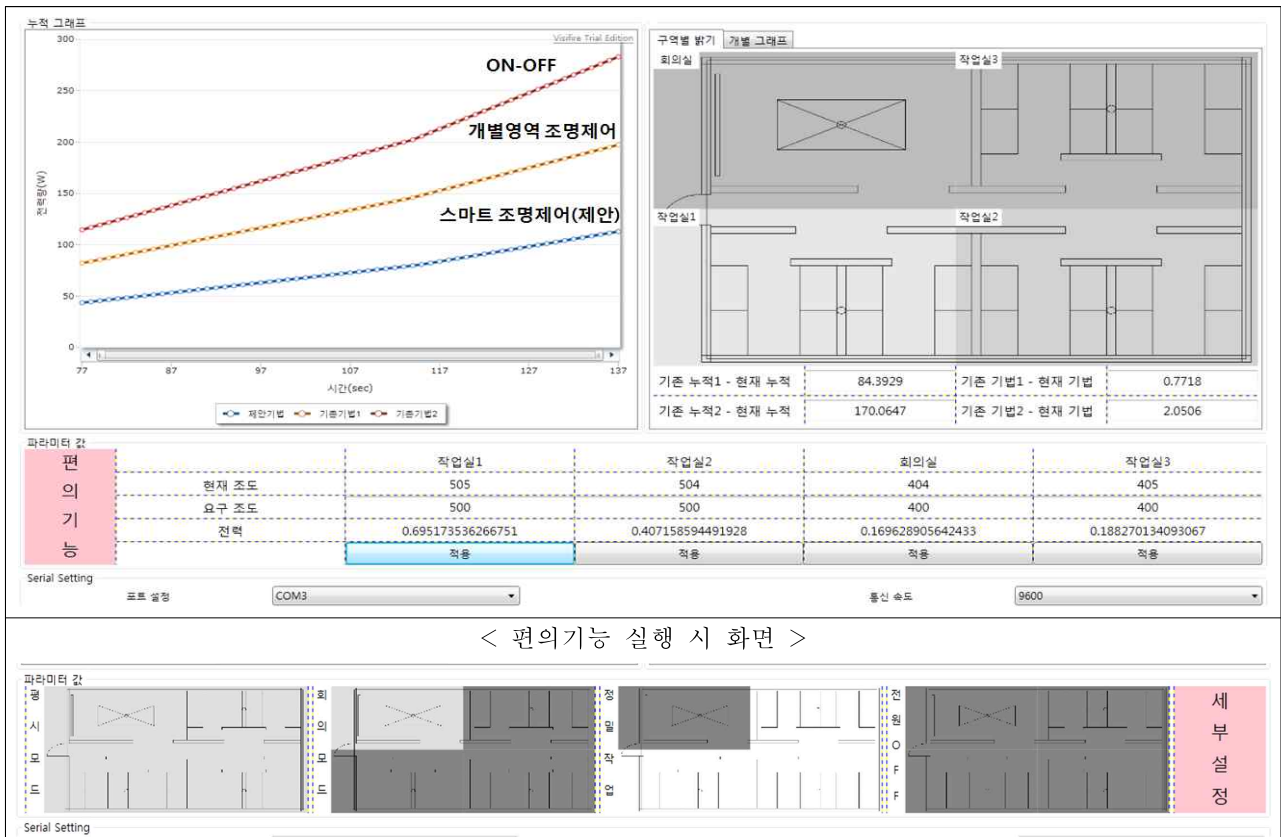


그림 7. 모니터링 화면
Fig. 7. Snapshot of monitoring screen

조명 제어가 가능하다. 이는 기존 가로등이나 전구의 개별 ON-OFF 중심의 조명 제어와 관리 프로그램에 비해 사용자가 실내 각 영역에서 요구 조도를 자율적으로 적합한 수준으로 제어할 수 있다는 데 효과적인 방안이 된다.

한편으로 시스템의 원활한 관리를 위해 소비전력 등 보다 다양한 정보 표시와 관리 기능이 관리자 단말에 포함하는 것이 요구된다. 그림 7은 WPF(Window Presentation Foundaton)를 활용하여 제작된 관리자 PC에서의 사용자 창을 나타낸 것이다. 창은 크게 상단의 소비전력 및 조도 현황을 보이는 부분과 하단의 사용자 요구 조도 입력 부분으로 구성된다. 상단에서 좌측이 조명제어 방법에 따른 소비전력 그래프이며, 우측이 각 영역별 조도 현황을 실내 도면상에 채도 변화를 통해 나타낸 것이다.

관리자 PC에서는 태양광과 인접조명의 영향을 고려한 스마트 조명제어 방법의 효율성 확인을 위해 ON-OFF방법과 개별영역 조명제어 방법을 비교하여 모니터링 한다. 상단 좌측에 비교된 조명 제어 방법 중 ON-OFF 조명제어는 태양광이나 인접 조명 영향을 고려하지 않고 모든 조명의 조도가 전체 영역에서 최고 요구 조도 수준으로 맞추어 제어된다. 또한 개별 영역 조명제어는 각 영역에 위치한 조명의 조도가 태양광이나 인접 조명 영향을 고려하지 않고 해당 영역별 요구 조도 수준으로 제어되는 것을 말한다. 그리고 본 논문에서 제안하는 스마트 조명제어는 실측 조도를 반영하고 태양광과 인접조명의 영향을 고려하면서 영역별로 요구조도를 만족하도록 개별 조명 제어를 하는 방법이다.

본 연구에서는 여러 실험 환경 중 인접 조명간 불필요한 조명 중첩 현상에 대한 분석을 위해 태양광의 영향을 배제하는 조건에 해당하는 암실에서의 결과를 제시하며, 제안된 방법으로 약 45~60%의 누적 소비전력 절감 효과를 보임을 알 수 있다. 제안 방법에 따라 인접 조명간의 불필요한 중첩 조명 성분이 발생하지 않고 조명 소비전력을 저감하여 전체 시스템 에너지 소비량을 줄일 수 있다. 또한 태양광이 있을 경우 광센서를 통해서 내부광원과 태양광의 전체 빛의 양을 측정할 수 있으며, 연산알고리즘에서는 이를 반영

하여 조도제어를 하게 됨에 따라 소비 전력을 저감할 수 있다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터
Table 1. Simulation parameters

	작업실1	작업실2	회의실	작업실3
요구조도	500lx	500lx	400lx	400lx
태양광	0lx	0lx	0lx	0lx

창 하단에는 사용자의 개별 영역 요구조도 입력과 현재 조도 값, 소비전력 표시기능을 포함된다. 하단의 편의기능을 선택할 시 평시모드, 회의평시, 정밀작업, 전원 OFF 등 작업 형태를 선택이 가능하고 각 작업 형태에 따라 미리 저장된 영역별 요구 조도를 반영할 수 있게 하였다.

5. 결 론

본 논문에서는 스마트 LED 조명제어 관리시스템을 통해서 사용자 요구조도 만족 및 편의를 고려한 저 전력 조명제어시스템을 목적으로 하고, 이를 시스템화하여 구현하는 연구를 진행하였다. 광센서를 기반으로 태양광과 타조명의 영향을 고려하였으며, PWM 디밍 방식을 적용하고 세분화된 개별 영역별로 사용자의 업무 환경에 적합한 조도 수준을 유지하도록 하였다. 또한, 윈도우기반의 응용프로그램, 안드로이드 기반의 응용프로그램을 이용하여 요구 조도 입력과 제어된 조도 수치 및 에너지 소비 현황을 실시간으로 확인하게 하는 등 사용자 이용 편의성과 정보 제공성에 개선을 도모하였다.

본 논문에서 제안하는 사용자 요구조도 만족 스마트 조명 관리시스템의 알고리즘, 어플리케이션, 모니터링 프로그램은 광센서를 활용한 저전력, 지능화 자동 조명 관리시스템 연구에 일조할 것으로 기대된다. 향후 본 연구와 연계하여 보다 실제적인 환경에서의 상세 성능 분석을 진행하고, 광센서 조명시스템의 확산을 위한 기술, 제도적 이슈 분석 및 개선 방안 도출 등 추가적인 연구가 요구된다.

감사의 글

본 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업(No. 2011-0005439)과 인천대학교 2011년도 자체연구비 지원을 받아 수행된 것임.

References

[1] Jeong-mo Gang, "LED related policies and trends in USA", Green Technology Information Portal, October. 2010.
 [2] Energy saving statistics, Korea Energy Management Corporation(KEMCO), 2008.
 [3] Yong-ho Kim, Kwon-hyung Lee, Kap-seok Chang, Yong-hoon Choi, Hoon Kim, "An Energy-efficient LED Lighting Control Scheme with Provision of User Illumination Requirement", Journal of the Korean Institute of Communications and Information Sciences(KICS), Vol. 36, No. 11, pp. 1383-1388, 2011.
 [4] Dong-Gyu Jeong, "A Light Intensity Model and Its Control Algorithm in a Building Room", Journal of the Korean Institute Of Information Technology, Vol. 7, No. 5, pp. 105-112, 2009.
 [5] Shin-Wook Kang, Jin-Hwan Joo, Hak-Cheol Kwon, Suk-Gyu Lee, Ju-Hyun Park, "Implementation of Improved Automatic Lighting System using PLC", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 24, No. 6, pp. 99-106, 2012.
 [6] Korean Industrial Standard, KSA3011, Illuminance standards.
 [7] Gi-deok Gwon, Tae-yun Im Woo-seok Choi, Seong-bae Park Dong-hyeon Oh, "Opening the future with smartphones", CEO Information, No. 741, 2010.
 [8] KOTRA, "Some Overseas LED market trends", May. 2009.
 [9] Min-Jin Lee, "A Study on the Comparison of the Emotional Experiment from Fluorescent Lamp and LED Lighting", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 26, No. 8, pp. 8-17, 2012.
 [10] Han-Myoung Lee, Hway-Suh Kim, "An Experimental Study on the Lighting Control System for Appling for Home Network", J. Korean. Soc. Living. Environ. Sys, Vol. 16, No. 5, pp. 534-540, 2009.
 [11] Tahidul Islam, Insoo Koo "Autonomous Indoor Lighting Device Control System Based on Wireless Sensor Network", Journal of the Internet Television and Telecommunication(IWT), Vol. 11, No. 4, pp. 31-38, 2011.

[12] Yao-jung Wen, Alice M, "Wireless networked lighting systems for optimizing energy savings and user satisfaction", Wireless Hive Networks Conference, pp. 1-7, August. 2008.
 [13] V. Singhvi, A. Krause, C. Guestrin, James H. Garrett, Jr., and H. S. Matthews, "Intelligent light control using sensor networks", in Proceedings of the 3rd international conference on Embedded networked sensor systems San Diego, California, pp 1-7, November. 2005.
 [14] F. Domingo-Perez, A. Gil-de-Castro, J. M. Flores-Arias, F. J. Bellido-Outeirino, A. Moreno-Munoz, "Lighting Control System based on DALI and Wireless Sensor Networks", Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), 2012 IEEE PES, pp 1-6, January, 2012.
 [15] Luigi Martirano, "A Smart Lighting Control to Save Energy", Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS), 2011 IEEE 6th International Conference, pp. 132-138, September. 2011.
 [16] Ying-Wen Bai and Yi-Te Ku, "Automatic Room Light Intensity Detection and Control Using a Microprocessor and Light Sensors", Consumer Electronics, IEEE Transactions on, pp. 1173-1176, August 2008.

◇ 저자소개 ◇



신대식 (申大植)

1986년 10월 18일생. 2012년 2월 인천대학교 전자공학과 졸업. 현재 인천대학교 대학원 전자공학과 석사과정.



김 훈 (金 薰)

1971년 12월 27일생. 1998년 KAIST 전자공학과 졸업. 1999년 동대학원 전자공학과 졸업(석사). 2004년 동대학원 전자공학과 졸업(박사). 현재 인천대학교 전자공학과 조교수