

논문 2012-07-13

스마트폰을 이용한 그린 LED 감성조명 시스템

(A Green LED Sensitivity Lighting System Using Smart Phone)

조면균*

(Myeon-gyun Cho)

Abstract : This paper introduces a novel concept of 'A Green LED Sensitivity Lighting System' which can automatically estimate QoS(quality of service) and emotional requirements of user using smart phone. And it can intelligently control ambient illumination lamp to conserve electric energy and to satisfy human sensitivity. The proposed system has 4 control modes; emotional lighting, smart lighting, green lighting and realistic lighting modes in order to comfort man's emotion, to maximize work efficiency, to save energy consumption and to make the entertainment more fun, respectively. When we choose green lighting mode for indoor office situations, an elaborate simulation shows that the proposed system with home network can reduce the energy by 50% compared to conventional light control system with a fixed time-based switching.

Keywords: Sensitivity Lighting, Smart phone, Emotional Recognition, LED Lighting, Green Building

1. 서론

환경오염과 에너지 위기 그리고 유해물질의 심각성의 문제로 차세대 광원으로 LED가 주목받고 있다. 특히 LED 조명은 경제성과 친환경성과 더불어 가시광선을 포함하는 폭넓은 파장의 빛을 자유롭게 구현할 수 있다는 장점이 있다. 그러므로 LED 조명은 단순한 조명수단이 아니라 빛의 다양한 특성을 이용함으로써 인간의 시각적·비시각적 경험에까지 영향을 주는 감성조명으로 활용될 수 있다 [1].

최근에 감성조명에 대한 연구·개발이 활발하게 이루어짐에 따라 빛의 밝기, 색상, 색온도와 분광 분포 등을 적절하게 조절함으로써 사용자의 감성을 자극하고 생리적, 인지적인 측면에까지 긍정적인 영향을 주어 사용자로 하여금 삶의 질과 만족감을 향상시킬 수 있는 조명시스템으로 감성조명의 개념이 확장되고 있다 [2, 3]. 초기 감성조명 시스템은 필요한 밝기, 점멸의 제어, 조광과 같은 행위들을 사용자 직접 결정하거나, 조명설비의 초기 설정 값을 조정함으로써

동작시키는 조명 제어를 제안하였다 [4, 5].

한편 최근 발표된 감성조명시스템에서는 영역별로 차별화된 감성조명환경과 헬스케어 장치와 연동한 색채치료요법을 제공하거나 [6], 사용자의 감성에 따라 다양한 분위기의 조도 및 색상의 광을 생성하는 방법 [7] 및 활동공간의 의도된 분위기를 인식하여 인간의 감성적 느낌에 충실한 분위기를 효과적으로 연출하는 감성조명 시스템을 제안하였다 [8]. 즉 이러한 스마트조명은 조명을 필요로 하는 공간에 대한 사용자의 움직임과 환경특성 등을 감지하고 상황 및 이벤트에 적합한 조명을 자동으로 연출함으로써 조명고유의 기능뿐 아니라 다양한 조명환경 및 기능을 조명장치 스스로가 창출해 낼 수 있는 능동 조명의 개념으로 발전하게 된다 [9, 10].

하지만 기존에 제안된 수동 및 능동 스마트 조명 장치에서는 사용자의 감정(감성)을 측정하는 구체적인 방법이 기술되어 있지 않으며 사용자 스스로가 자신의 기분을 체크하여 직접 기기에 입력하여야 하는 불편·불합리가 존재하였다. 즉 진정한 의미의 감성조명이 되기 위해서는 사용자의 감성을 본인이 눈치 채지 못하게 부지불식간에 스마트폰이 자동으로 측정하고, 그 감성에 맞는 조명의 밝기와 색온도를 지능적으로 조정함으로써 인간적인 감성적 만족감을 극대화할 수 있어야 한다. 그러므로 스마트폰으로 사용자 관점과 위치에서의 조명상태를 측정하여 효율적으로 에너지를 절약함과 동시에 사

* 교신저자 (Corresponding Author)

논문접수 : 2012. 01. 10., 수정일 : 2012. 03. 02.,
채택확정 : 2012. 03. 08.

조면균 : 세명대학교 정보통신학부

※ 본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2011년도 산학연 공동기술개발사업 (No. 000462980111)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.



그림 1. 감성조명의 발전과정 및 응용

Fig. 1. Development process and applications of emotional lighting system

용자의 다양한 감성, 편리, 오락의 요구조건을 만족시키는 그린 스마트 조명시스템의 연구가 필요하다.

II. 기존 감성조명 시스템

1. 기존 LED 감성조명 연구

LED의 장점은 에너지 소모가 적고 수명이 길어 경제적이라는 점, 수은과 같은 유해물질을 사용하지 않기 때문에 친환경적이라는 점, 그리고 RGB LED를 사용함으로써 색채 연출이 자유롭다는 점 등을 들 수 있다. 특히 LED가 색을 자유자재로 표현할 수 있다는 점은 일반조명으로 뿐만 아니라 감성조명으로 폭넓게 사용될 수 있는 가능성을 제시하였다. 그림 1과 같이 조명의 기능이 단순히 빛을 밝히는 것에서 점차 심미적이고 감성적인 기능까지 포함하는 것이 최근의 추세이므로 시간이 지날수록 LED의 수요와 활용범위는 확대될 것으로 예상된다 [1, 2].

국내외를 막론하고 백열등이나 형광등과 같은 기존조명들에 관한 경험적인 연구들(예, 수면, 일주기, 학습, 수행 등에 미치는 영향)은 지금까지 비교적 활발한 편이었으나, LED 조명에 대한 연구, 특히 LED 조명의 감성효과에 관한 연구는 이제 겨우 시작 단계에 불과하다. 다행히도 최근 들어 LED 감성조명에 관심이 증가하면서 국내에서도 LED 조명의 감성효과를 밝히고자 하는 다양한 시도들이 이루어지고 있다 [3, 12]. 즉 LED 조명의 색 온도, 색상, 및 밝기에 대한 감성평가 연구, LED 조명하에서의 업무수행에 관한 연구 및 LED 조명의 색 온도에 따른 심리·생리적 반응에 관한 연구 등이 그것이다.

하지만 LED의 색상이 인간의 감성에 미치는 효과를 직접적으로 살펴본 연구는 드물었으며, 그중 색채

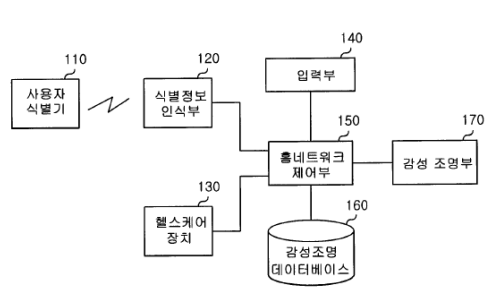


그림 2. 기존 공간인식 감성조명 시스템의 블록도

Fig. 2. Block diagram for conventional emotional lighting system by space recognition

는 중요한 시각 속성으로서 특정한 정서 반응을 유발함으로써 사물과 사람에 대한 인상 형성에 큰 영향을 줄 수 있으므로 LED 조명의 감성요인을 밝히고자 할 때 앞으로 더 많은 연구가 필요 할 것이다.

2. 기존 LED 감성조명 시스템 및 적용분야

최근 제안된 감성조명 시스템을 살펴보면 그림 2와 같이 공간 영역별로 차별화된 감성조명을 제공함과 동시에 건강관리를 위한 색채치료요법을 제공하거나, 사용자의 감성 측정결과에 따라 다양한 분위기의 조도 및 색상의 광을 생성하는 방법의 연구 및 사용자의 활동공간의 용도를 인식하여 인간의 감성적 느낌에 충실한 분위기를 효과적으로 연출하는 감성조명 시스템이 설계되었다 [6-8]. 즉 이러한 스마트조명 시스템은 조명을 필요로 하는 공간에 대한 사용자의 움직임과 환경적·용도적 특성을 감지하고 상황 및 이벤트에 적합한 조명을 자동으로 연출함으로써 조명고유의 기능뿐 아니라 다양한 조명환경 및 감성 기능을 조명장치 스스로가 창출해 낼 수 있는 능동 조명의 특징을 가지고 기존 수동 조명을 대신하게 되었다 [9, 10].

하지만 기존에 제안된 스마트 조명 장치에서는 사용자의 감정(감성)을 측정하는 구체적인 방법이 기술되어 있지 않았으며, 사용자 스스로가 자신의 기분을 체크하여 직접 조명 제어기에 입력하여야 하는 불편·불합리가 존재하였다. 또한 사용자의 요구를 만족하면서도 최소의 에너지만을 사용하게 하는 지능적인 그린 LED 조명 시스템의 연구 및 시스템의 개발 또한 미비하였다.

그러므로 진정한 의미의 감성조명이 되기 위해서는 사용자의 감성을 본인이 눈치 채지 못하게 부지불식간에 스마트폰이 자동으로 측정하고, 그 감성

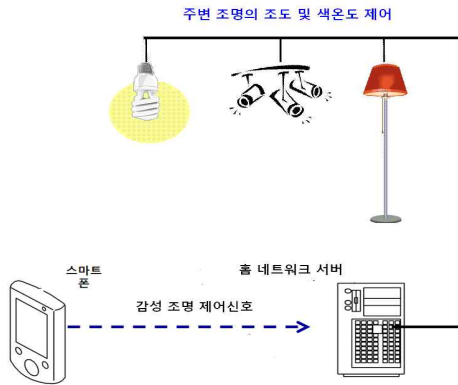


그림 3. 스마트폰을 이용한 그린 감성조명 시스템의 전체 구성도

Fig. 3. Overall Structure of Green emotional lighting system using smart phone

에 맞는 조명의 밝기와 색온도를 지능적으로 즉시 조정함으로써 사용자로 하여금 일의 효율을 향상시키고 인간적인 감성적 만족감을 극대화할 수 있어야 한다. 추가적으로 감성과 편의를 만족시키면서 최소의 에너지만을 사용하는 그린 LED 감성 시스템의 탄생이 필수 불가결하게 되었다.

III. 그린 감성조명을 위한 감성인식 및 감성조명 서비스

본 장에서는 개인별로 대부분 보급되어 있는 스마트폰이 사용자의 감정 상태와 위치변화, 주변 환경 및 요구사항 등을 인식해서 주변의 홈 네트워크와 무선 통신으로 연동함으로써 사람의 감성에 호소하고, 편의 및 즐거움(오락)을 극대화하며 동시에 에너지절약의 기능을 제공하는 스마트한 감성조명 시스템을 다루도록 한다. 본 논문에서 제안하는 스마트폰을 이용한 감성조명시스템은 그림 3이 대표도이며 사용자에게 제공하고자하는 주요 서비스들 요약하면 다음과 같다.

- Smart Light for Human Sensibility
- Smart Light for User Convenience
- Smart Light for User Entertainment
- Smart Light for Energy Saving

본 논문의 기본적인 가정은 지능형 통신단말기(스마트폰)의 크기가 작고 휴대가 용이하여 사용자가 항상 몸에 지니고 다니므로 단말기의 위치가 곧 사용자의 위치이고 동일한 조명 환경이라는 것이다.

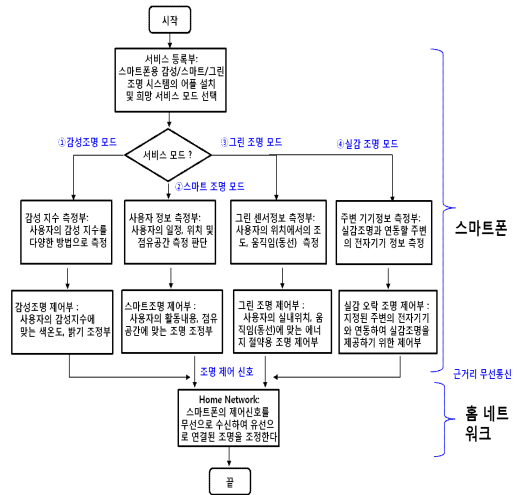


그림 4. 그린 감성조명 시스템의 전체 운용시나리오 및 세부 구성요소 블록도

Fig. 4. Operation scenario and detailed structures for green emotional lighting system

스마트폰을 이용한 감성 조명제어 시스템에 있어서, 먼저 감성서비스 등록부는, 감성조명 제어시스템 어플(스마트폰용 어플리케이션을 줄임말)을 설치하고 4가지 모드(①감성 조명모드, ②스마트 조명모드, ③그린 조명모드, ④실감 조명모드)중에서 사용자가 가장 선호하는 조명제어 시스템 모드를 선택한다. 그림 4는 전체 운용시나리오와 세부구성요소를 블록으로 나타낸 그림이다.

1. 사람의 감성만족을 위한 조명장치

사용자의 감성적 요구에 맞는 서비스를 제공하기 위해서는 측정된 감성정보로부터 내포된 감성요소(기쁨, 슬픔(우울), 평상, 화남)를 도출하여야한다. 이때 감성을 도출해 내는 중요한 매개체는 항상 휴대하는 통신단말기여야 한다. 단말기내의 감성지수 측정부에서 사용자의 감성을 측정하는데, 사용자가 통화할 때 사용하는 언어(목소리/문자)와 카메라에 찍힌 표정으로 부터 감성언어(기쁨, 슬픔, 스트레스(분노), 우울감, 외로움)를 도출한다 [11].

단말기에 내장된 센서인 GPS(움직임 센서)를 이용하여 사용자가 얼마나 활동적인지를 측정하고 적외선(온도)센서를 통하여 급격한 체온변화를 검사하고, 압력센서를 통하여 맥박을 체크하여 스트레스(분노) 정도를 측정하며, 기존 이동무선통신망을 활용하여 단말기 사용자의 외부와의 소통 정도를 파악하는 통화량 분석을 이용하여 우울감 및 외로움

지수를 측정할 수 있다.

본 논문의 감성조명 제어부의 예를 들면 스마트폰에서 도출된 사용자의 감성언어를 무선으로 전송받아 홈 네트워크에서는 그 감성언어에 알맞은 색온도와 밝기로 사용자 주변의 조명을 조정함으로써 사용자로 하여금 인간적인 만족감과 편안함(심리적 안정감)을 제공 할 수 있다. 이때 적용되는 조명의 색깔은 기존연구의 감성언어별 적합한 색깔의 결과를 이용하여 조명에 활용하도록 한다 [12, 13].

2. 사람의 편의 충족을 위한 조명장치

사용자가 2번째의 스마트 조명모드를 선택하였다면 사용자 정보 측정부에서 사용자의 일정, 현재 위치 정보를 받아들이며, 사용자의 활동의 종류 및 점유공간의 목적을 판단한다. 예를 들면 사용자가 등록된 그날의 스케줄에 따라 업무시간(생산작업), 휴식시간, 식사시간, 회의시간, 공부시간 등으로 사용자의 활동을 분류해 낸다. 추가로 GPS의 위치정보를 통해 사용자가 속해있는 공간의 종류 및 그 용도를 판단해 낸다. 즉 사무실, 회의실, 휴게실, 식당, 거실, 침실, 공부방 인지를 판단하여 그 공간의 원래 목적을 도출해 내는 작업을 사용자 정보 측정부에서 행한다.

제한하는 편의충족용 조명의 예로서는 스마트폰에서 도출된 사용자의 활동패턴 및 공간정보를 무

선으로 전송받아 홈 네트워크에서는 그 활동내역과 공간의 목적에 가장 알맞은 색온도와 밝기로 사용자 주변의 조명을 조정함으로써 사용자의 업무효율을 극대화 시키는 역할을 한다. 즉 사용자의 활동패턴은 생산 작업이고 속해있는 공간은 사무실(작업장)이라면 주의력을 집중시킬 수 있도록 파란색계열의 색온도를 가지고 자연광에 가까운 높은 조도의 빛을 내도록 조정한다. 한편 사용자의 활동패턴이 휴식이고 현재 휴게실에서 커피를 마시며 쉬고 있다면 녹색 계통의 낮은 조도의 불빛을 제공함으로써 심신이완, 긴장해소에 도움을 준다.

3. 사람의 재미를 제공하기위한 조명장치

실제감 및 오락 모드에서는, 사용자가 현재 동작시키는 멀티미디어 주변기기(TV, 오디오, 게임기)와 근거리 무선통신으로 실제감 향상을 위한 정보를 공유하여 사용자로 하여금 영화·음악 감상 및 오락의 즐거움을 극대화 할 수 있는 조명을 제공한다. 예를 들면 사용자가 시청하는 TV 영화에서 어두운 골목을 걸어가면 주변 조명을 어둡게 하고 나이트클럽 장면에서는 화려한 색온도의 조명을 제공함으로써 영화, 음악 및 게임을 할 때의 실제감을 제공해 주어 멀티미디어의 재미를 극대화 할 수 있다.

우선 스마트폰과 멀티미디어 주변기기가 서로연동하기 위한 근거리 무선통신 환경이 완비되어야 한다. 일반적으로 ZigBee, Bluetooth, WLAN등의 근거리 무선통신으로, 통신단말기는 멀티미디어 주변기기와 연동하여 그 분위기에 맞는 실제감 동조신호를 수신 받아 처리한 후 홈 네트워크로 조명제어 신호를 보낸다. 결국 그림 5의 통신단말기(스마트폰)이 주 처리기관이 되어 주변기기의 동기요청신호를 처리하여 주변의 조명기기를 조정함으로써 실제감 및 현장감이 뛰어난 조명제어를 이룩한다.

4. 에너지 절약을 위한 그린 조명장치

그린 조명모드를 선택하였다면 그린센서 측정부에서 사용자가 소지한 단말기에 측정된 조도, 습도, 움직임(동선) 정보를 받아들이며 사용자가 요구하는 조명의 밝기는 유지하되 최소의 에너지를 소비하도록 주변 조명장치의 제어를 실시하게 된다.

예를 들면 사용자가 책장이 잘 드는 창가에서 독서를 하고 있다면, 사용자는 책을 읽는 조도가 이미 확보되었으므로 추가적인 조명을 하지 않는다. 그리고 넓은 사무실 안의 자신의 큐빅(칸막이)에서 야근을 하고 있다면 사용자의 동선을 체크하여 동

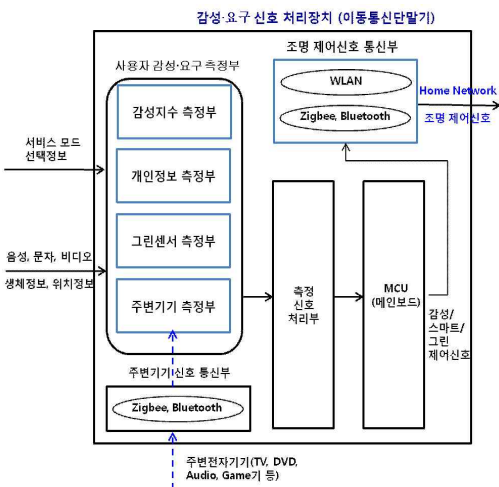


그림 5. 감성조명의 센서신호 처리를 위해 통신단말기에 내장된 감성 및 요구신호의 처리장치
Fig. 5. Signal processor in handheld devices for processing sensor input signals

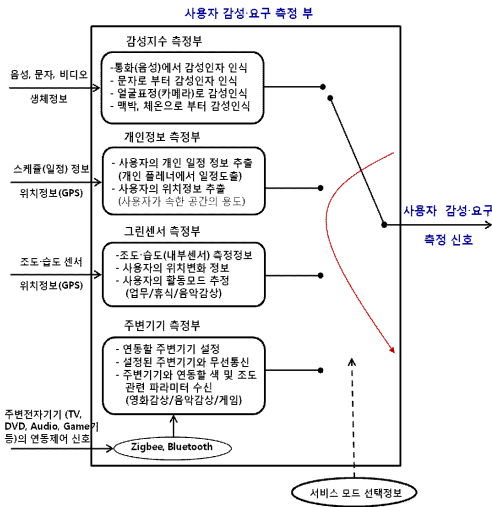


그림 6. 사용자의 모드 선택에 따른 사용자 감성·요구 측정부의 동작도

Fig. 6. Operation diagram for emotions and requirements estimation of users

선이 지나간 공간을 조명을 함으로써 에너지를 절약할 수 있다. 특히 기존의 할로겐이나 형광등이 아닌 LED 조명등을 이용하면 지속적인 점멸 (switch)상황에서도 에너지 소비가 적고 고장도 나지 않는 장점을 가질 수 있다. 추가적으로 사용자가 근무 하는 것이 아니라 등록된 일정(스케줄)상 외근, 식사 혹은 휴식 등의 활동을 하는 시간이라면 이것과 연동해서 조도를 낮게 조정하거나 소등하여 에너지를 절약 할 수 있다. 그림 6은 사용자의 모드 선택에 따라 단말기 내부의 감성·요구 측정부로부터 사용자 감성·요구 측정신호를 도출하는 과정을 나타낸 것이다.

IV. 그린 감성조명의 실험결과

앞장에서 소개했던 에너지 절약을 위한 그린 감성 조명 시스템에서의 제안된 기술에 의한 에너지 절감효과를 증명하기 위하여 다음과 같은 오피스 환경을 가정하고 컴퓨터 모의실험을 실시하였다.

그림 7은 모의실험을 위한 오피스 환경모델을 나타낸 그림이다. 단순화를 위해 16개의 LED 천정등이 구획을 나누어 설치되어 있다고 가정한다.

왼쪽은 자연채광이 들어오는 외부 창을 나타낸 것으로 창가 쪽 4개 블록(1-4:그룹1)은 주간에는 충분히 자연광에 의한 밝기가 보장된다. 오른쪽은

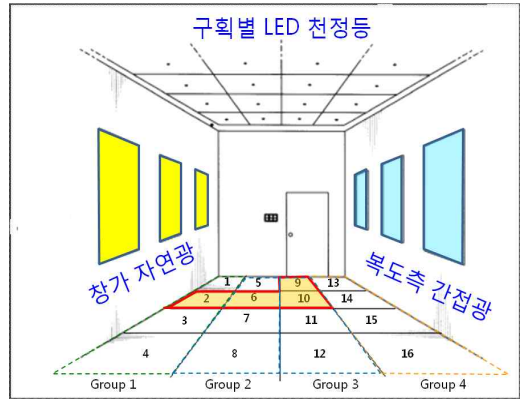


그림 7. 모의실험을 위한 오피스 실내 환경모델
Fig. 7. Indoor office environmental model for computer simulation

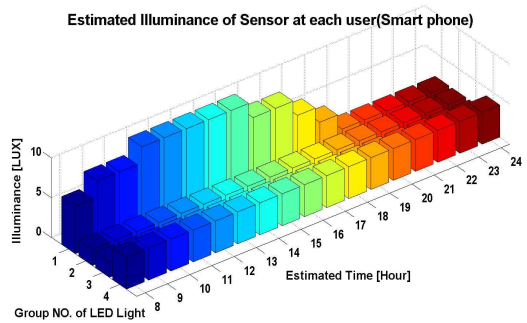


그림 8. 위치에 따른 단말기의 조도센서 입력값
Fig. 8. Illuminance sensor input for each mobile terminal in different locations

중앙복도에 인접한 창이 있어서 복도측 조명등에 의해 간접광의 도달하는 4개 블록(13-16:그룹4)이 있다. 가운데의 8개의 블록(5-8:그룹2, 9-12:그룹3)은 외부 유리창의 자연광과 복도등에 의한 간접광의 영향이 없는 구역으로 가정한다.

첫 번째 에너지 절약을 위한 접근방법은 단말기의 조도센서를 이용하여 필요한 조도만큼 만큼 조명하도록 하는 방법이다. 그림 8은 사용자 위치(그룹별)에 따른 시각 별(8시~24) 동안의 단말기의 조도센서의 측정값을 나타낸 그림이다. 그룹1의 위치에 있는 단말기에서는 낮 동안 유리창으로 들어오는 자연광의 영향으로 일정 조도가 보장되고 그룹4는 낮과 밤에 복도등에 의한 약간의 조도가 보장되는 상황을 나타내고 있다. 이때 중요한 점은 사용자 위치에서 목표조도를 달성하면 되므로 목표조도에

서 측정조도를 뺀 만큼에 대해서만 추가로 천정의 LED 조명으로 광원을 보강해 주면 된다는 것이다.

두 번째 접근 방법은 사용자의 동선을 이용하는 방법이다. 일반적인 회사의 근무시간을 오전 8시에서 저녁 9시로 하고 9시 이후에는 사용자의 동선이 미치는 곳에만 조명을 한다는 아이디어이다. 그림 7과 같이 2번 블록에 위치한 사용자는 2, 6, 10, 9번 블록을 지나서 외부와 출입하게 되므로, 동선이 미치는 공간은 위에 지정한 4개의 블록으로 인식하여 밤 9시 이후에는 다른 곳은 모두 소등하고 이 4곳의 블록에만 LED 등을 점등한다.

세 번째 접근방법은 사용자의 단말기(스마트폰)에 지정된 개인의 일정정보(스케줄)을 이용하여 조명을 조정하는 방법이다. 즉 점심식사 시간인 12~1시까지와 저녁식사 시간인 6시~7시는 조명을 1/4의 밝기로 조절하고, 외근이 있는 직원의 블록인 그룹 1(1,2,3,4)의 조명은 외근시간에 맞추어 소등한다.

본 시물레이션에서는 그룹1의 4명의 직원이 오후 1시부터 5시까지(4시간)으로 외근하는 것을 가정하였다. 전체 직원 16명의 약 1/4의 인원이 하루 중 4시간 정도를 외근한다는 가정은 일반적인 회사 생활에서 무리가 없다고 생각한다.

먼저 그린 감성조명 동작의 입력이 되는 메시지 LED 그룹별로 요구되는 조도량은 다음과 같이 표시 가능하다.

$$I_{Req}^{Jodo}(n,t) = I_{Target} - I_{est}(n,t) \quad (1)$$

여기서, I_{Target} 는 사용자가 LED 천정등에 요구하는 목표 조도이며 $I_{est}(n,t)$ 은 n 번째 사용자 그룹에서 t 시간에 단말기의 센서로 측정된 조도 값을 나타낸다. 즉 사용자가 요구하는 조도를 제공하기 위해서 스마트폰의 조도센서의 입력을 바탕으로 LED 천정등의 조광제어(dimming control)를 수행한다.

측정되는 곳의 밝기가 조도라면 광원(LED 가로 등)의 밝기는 광속이라고 하고 단위는 lm(Lumen)이다. 일반적으로 사용되는 LED등이 30W급이며 광 효율이 67lm/W라 할 때 광원의 광속은 약 2000 lm이 된다. LED 천정등 높이를 2.5m로 가정할 때 광원의 광속이 2000 lm이 되면 바닥면의 목표 조도(I_{target})를 200 Lux로 만들 수 있다 [14, 15].

다시 정리하면, LED가로등의 목표광속인 2000 lm을 달성하기위한 각 가로등의 소요전력(W)은 식 (2)과 같고 한 달(30일) 동안 각 LED 천정등 그룹

표 1. 동선에 의한 조명등 제어 계수 MMotion(n,t)

Table 1. Light control coeff. by motion sensor

n\t	8-19	20	21	22	23	24
1	1	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4
2	1	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4
3	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
4	1	0	0	0	0	0

표 2. 일정에 의한 조명등 제어 계수 MSchedule(n,t)

Table 2. Light control coeff. by schedule infor.

n\t	8-11	12	13	14	15	16	17	18	19-24
1	1	1/8	0	0	0	0	1	1/8	1
2	1	1/8	1/4	1/4	1/4	1/4	1	1/8	1
3	1	1/8	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1/8	1
4	1	1/8	0	0	0	0	1	1/8	1

별 필요한 전력량(Wh)은 식(3)로 표현가능하다.

$$P_{Req}^{Jodo}(n,t) = \alpha_{LED} \cdot I_{Req}^{Jodo}(n,t), \quad (2)$$

$$P_{month}^{Jodo}(n) = 30 \times \sum_{t=8}^{24} P_{Req}^{Jodo}(n,t), \quad (3)$$

여기서 $\alpha_{LED} \approx 0.372$ 는 요구되는 조도를 만들기 위해 소요되는 전력값을 도출하기 위한 변환 파라미터이다 [16].

기존 대비 제안된 이동통신 단말기의 조도센서를 활용한 방법으로 인한 전력감소분은 식(4), 조도와 동선에 의한 것은 식(5), 조도, 동선 그리고 일정정보를 이용한경우의 전력감소분은 식(6)으로 표현 가능하다.

$$P_{Saved}^{Jodo}(n,t) = \alpha_{LED} \cdot (I_{Target} - I_{Req}^{Jodo}(n,t)), \quad (4)$$

$$P_{Saved}^{JodoMotion}(n,t) = \alpha_{LED} \cdot (I_{Target} - I_{Req}^{JodoMotion}(n,t)), \quad (5)$$

$$P_{Saved}^{J.o.Mo.Schedule}(n,t) = \alpha_{LED} \cdot (I_{Target} - I_{Req}^{J.o.Mo.Schedule}(n,t)), \quad (6)$$

여기서 $I_{Req}^{JodoMotion}(n,t) = M^{Motion}(n,t) \cdot I_{Req}^{Jodo}(n,t)$, 그리고 $I_{Req}^{J.o.Mo.Schedule}(n,t) = M^{Schedule}(n,t) \cdot I_{Req}^{JodoMotion}(n,t)$ 이다.

표 1과 표 2는 LED 그룹 n과 시간 t에서의 조정을 위한 동선 가중치 $M^{Motion}(n,t)$ 와 일정 가중치 $M^{Schedule}(n,t)$ 의 내용을 각각 나타낸 것이다.

그림 9는 단말기의 조도센서를 활용하여 조명등 제어를 할 때 기존대비 전력 감소분을 나타낸 그림으로 자연광으로부터 광원이 확보되는 창가 쪽의 전력감소분이 큰 것을 알 수 있다.

그림 10(a)는 조도센서 및 사용자의 동선정보를 활용할 때 기존대비 전력감소분을 나타낸 그림이다. 이때 사무실 전체의 불을 끄는 것이 아니라

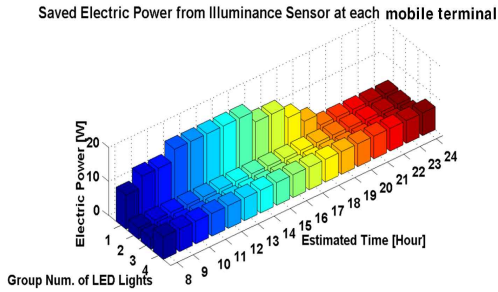
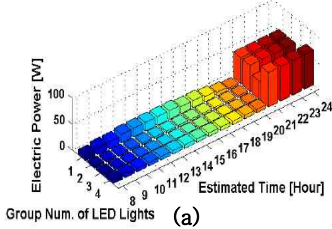


그림 9. 기존대비 단말기의 조도센서를 사용하는 제어 시스템으로 절약되는 전력 (W)
Fig. 9. Saved electric power from illuminance sensor at each mobile terminal

Saved Electric Power from Illuminance and Motion Sensor at each LED Light



Saved Electric Power from Illuminance, Motion and Schedule Sensor at each LED Light

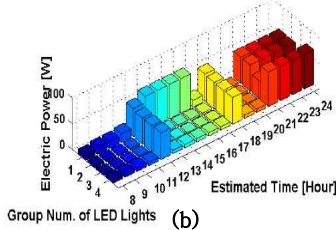


그림 10. 기존대비 (a) 조도 + 동선, (b) 조도 + 동선 + 일정을 사용할 때 절약되는 전력 (W)
Fig. 10. Saved electric power (W) from (a) illuminance + motion sensor (b) illuminance + motion sensor + schedule information of users

동선이 존재하는 부분의 조명등만 점등하므로 많은 에너지가 절약됨을 알 수 있다. 그림 10(b)에서는 단말기의 조도센서, 사용자 동선정보 그리고 추가로 사용자의 일정정보까지 사용한 경우 기존대비 전력 감소 분을 나타낸 것으로 식사시간 및 외근한 직원의 블록에서 전력이 많이 아껴진 것을 알 수 있다.

요약하면, 기존대비 조도센서만 사용한 경우, 조도센서+ 움직임(동선) 센서, 조도+ 움직임+ 일정까지

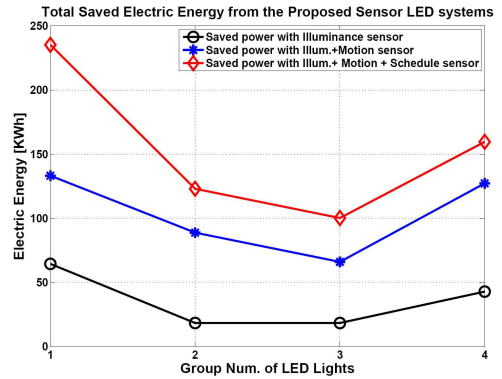


그림 11. 기존대비 제안하는 조도센서, 동선센서 및 일정정보의 활용으로 절약된 1달간의 총 에너지량 (kWh)

Fig. 11. Total saved energy from illuminance, motion sensor and schedule information compared with conventional system

고려한 경우에 최종 LED 천정등 그룹별로 1달(30일) 동안 절약된 전력량(Wh)은 각각 다음과 같다.

$$P_{month-Saved}^{Jo} (n) = 30 \times \sum_{t=8}^{24} P_{Saved}^{Jo} (n, t) \quad (7)$$

$$P_{month-Saved}^{JoMotion} (n) = 30 \times \sum_{t=8}^{24} P_{Saved}^{JoMotion} (n, t) \quad (8)$$

$$P_{month-Saved}^{Jo.Mo.Schedule} (n) = 30 \times \sum_{t=8}^{24} P_{Saved}^{Jo.Mo.Schedule} (n, t) \quad (9)$$

그림 11은 조도센서, 조도+ 동선, 조도+ 동선+ 일정 정보를 고려한 경우의 조명등 제어시스템의 1달 동안의 LED 그룹별 절약된 전력량을 비교한 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이 차가 쪽 LED 그룹1이 조도센서, 동선 및 일정정보의 혜택을 가장 많이 받아서 최고의 전력량 절약 성능을 보이고 있다. 결국 조도센서, 동선정보 그리고 사용자의 일정정보까지 활용한 스마트 조명제어를 사용하면 LED 천정등 그룹의 종류에 상관없이 가장 많은 에너지를 절약함을 알 수 있다.

결론적으로, 정해진 시간 동안만 동작하는 기존 LED 천정등 점등 시스템의 총 소비에너지 인 320 kWh와 대비하여 제안된 시스템은 월평균 160 kWh의 에너지 소비를 절약함으로써 약 50% 에너지 절감이 됨을 실험을 통해 확인하였다. 그러므로 제안된 기술은 빌딩의 에너지 부하를 줄이고 에너지효율을 향상시키기 위한 그린빌딩의 구현에 적용 가능하다 [17-18].

V. 결론

본 논문에서는 개개인이 모두 하나씩 지니고 있는 지능적인 통신 단말기를 통해 인간의 감성적 요구를 측정, 분석하여 주변 조명기계를 제어함으로써 편리성을 극대화 하고 인간적인 만족감을 주는 감성조명의 개념을 소개하였다. 즉 사용자의 QoS와 감성적 요구 및 주위 환경의 조건을 측정하여 주변 조명을 조정함으로써 사람의 감성에 호소하는 감성조명모드, 편의성과 효율을 극대화하는 스마트 조명모드, 실제감을 주어 재미를 향상시키는 실감 조명모드 그리고 에너지절약의 기능을 제공하는 그린 조명모드가 그것이다.

특히 실내 사무실 환경모델을 제시하고 단말기의 조도센서, 사용자의 동선 및 일정 정보를 활용하는 그린조명 시스템을 제안하였다. 전자 모의실험을 통해 제안 시스템이 조명의 목표 조도는 만족 시키되 에너지 소비는 기존 대비 약 50%로 감소시키는 효과가 있음을 증명하였다.

제안된 감성조명 시스템은 스마트폰과 빌딩(사무실)의 실내조명 및 주변 멀티미디어 기기가 IT 융합으로 연동함으로써 차세대 그린 빌딩 및 감성기반 멀티미디어 연동 조명기기 등 무궁한 신산업 분야를 창출하게 되어 경제적·산업적 파급효과가 매우 클 것이라 생각한다.

참고문헌

- [1] 박현수, "인간 친화적이고 스마트한 LED 감성 조명," 대한전기학회지, Vol. 60, No. 6, pp.19-24, 2011.
- [2] 김형자, "친환경 LED 감성조명으로 빛난다," 한국정보통신기술협회 TTA저널, Vol. 2009, No. 123, pp.18-19, 2011.
- [3] 최금연, 어익수, "LED 감성조명 장치 개발을 통한 뇌파분석," 한국산학기술학회논문지, Vol. 11, No. 1, pp.61-66, 2010.
- [4] "감성조명 오디오시스템", 대한민국 특허 [등록번호: 10-0250017], 2010년 11월 10일
- [5] "지능형 감성조명 시스템", 대한민국 특허 [등록번호: 10-0698758], 2007년 3월 6일
- [6] "사용자별 감성조명시스템 및 그 제어방법", 대한민국 특허 [등록번호: 10-0877248], 2008년 12월 26일
- [7] "감성 조명장치", 대한민국 특허 [등록번호: 10-0825989], 2008년 4월 28일
- [8] "감성조명 시스템", 대한민국 특허 [등록번호: 10-0946202], 2010년 3월 2일
- [9] 김훈, 이민욱, "IT융합 스마트조명 기술," 한국통신학회논문지, Vol. 28, No. 5, pp.10-14, 2011.
- [10] 정강화, "LED 스마트 조명시스템과 플랫폼전략," 한국조명전기설비학회논문지, Vol. 25, No. 3, pp.4-12, 2011.
- [11] 조면균, "사용자의 감성인식을 통한 감성통신 시스템," 대한임베디드공학학회논문지, Vol. 6, No. 4, pp.201-208, 2011.
- [12] 박현수, 이찬수, 장자순, "LED 조명색상이 정서자극의 평정과 재인에 미치는 효과," 한국감성과학회지, Vol. 14, No. 3, pp.371-384, 2011.
- [13] 박양재, 최종현, 장명기, "IT융합기술을 이용한 LED 지능제어 네트워크," 한국콘텐츠학회논문지, Vol. 9, No. 8, pp.248-254, 2009.
- [14] 장하균, 여인권, 장우진, "산업용 백열전구 대체 LED 조명등의 설계," 한국조명·전기설비학회, 춘계학술대회논문집, pp.25-28, 2008.
- [15] 이광수, 장우진, "사무실 및 학교교실의 조명용 소비전력량 절감방안 연구," 한국조명·전기설비학회 추계학술대회논문집, pp.179-182, 2007.
- [16] 조면균, 김식, 양우석, "USN 기반의 에너지 및 안정성 효율적인 LED 가로등 제어 시스템," 대한임베디드공학학회논문지, Vol. 6, No. 1, pp.25-31, 2011.
- [17] C. Jin, G. Ding, "Economic analysis of Green building technology based on incremental cost," Proceedings on International Conference on Electric Technology and Civil Engineering (ICETCE), pp.5888-5891, 2011.
- [18] Z. Jiang, H. Rahimi-Eichi, "Design, modeling and simulation of a green building energy system," IEEE Power and Energy Society General Meeting (PES), pp.1-7, 2009.

저 자 소 개

조 변 규 (Myeon-gyun Cho)



1994년 한양대 전자통신
공 학사.

1996년 한양대 전자통신
공 석사.

2006년 연세대 전기·전
자공 박사.

1996년 ~2008년 삼성전
자 통신연구소 책임연구원.

현재, 세명대학교 정보통신학부 조교수

관심분야: 이동통신, 감성공학, 임베디드
S/W, Smart Grid

Email: mg_cho@semyung.ac.kr