

교실의 학습 능률 향상을 위한 상황인지 기반 LED 조명제어시스템

문승미*, 권숙연*, 임재현*

*공주대학교 컴퓨터공학부

e-mail:{syoongk, sookyouun, defacto}@kongju.ac.kr

A Design of LED Lighting Control System based on Context-Awareness for Improving of Learning Performance in Classroom

Seung-Mi Moon*, Sook-youn Kwon*, Jae-Hyun Lim*

*Div of Computer Science & Engineering, Kongju National University

요 약

최근 친환경적이고 에너지 효율이 우수한 LED 조명에 대한 관심이 증가함에 따라 현재 학교 조명으로 사용하고 있는 형광등을 대체하고 있다. 형광등은 점멸빈도가 높으면 수명이 단축되며 상황에 따라 조명 환경을 동적으로 재구성하기에 용이하지 않은 단점을 가진 조명장치이다. 이와 달리 LED는 광원의 다양한 조합을 통해 정밀한 제어가 가능하여 상황에 따라 적합한 조명 환경을 제공함으로써 재실자의 시각적 쾌적성 및 작업 능률 향상 등의 효과를 가져온다. 본 논문에서는 교실 환경을 대상으로 요일 및 시간, 교과목 종류 등의 스케줄 정보와 교사의 위치 및 행위를 기반으로 각 상황에 적합한 최적의 조명 환경을 제공하여 학습 능률을 향상시키기 위한 상황인지기반의 LED조명제어시스템을 개발한다. 제안한 시스템의 성능 평가를 위해 교실 환경 테스트베드를 구축하고 조명 환경 지표를 이용하여 교실 내 조명장치의 색온도, 조도를 제어한다.

1. 서론

최근 친환경적이고 에너지 효율이 우수한 LED가 차세대 조명 시스템으로 빠르게 확산되고 있다[1]. LED는 기본적으로 전기적인 신호 조절을 통해 디밍 제어가 가능하며 각 광원의 조합으로 색온도, 조도, 색상 등을 정밀하게 제어할 수 있어 사용자의 주변 상황에 따라 동적으로 조명 환경을 재구성할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이러한 LED 조명을 이용하여 재실자에게 시각적 쾌적성 등의 편안함을 제공하고 작업 능률을 향상시키기 위한 조명제어 기술의 다양한 연구가 추진 중이다[1].

현재 학교 조명으로 사용되고 있는 형광등은 점멸빈도가 높으면 수명이 단축되는 단점을 가진 조명장치로서 상황에 따라 동적으로 조명 환경을 재구성하기에 용이하지 않다. 또한 장기간 사용될 경우 흑화현상 발생으로 인해 출력 조도가 낮아지고 빛의 분포가 불균일하여 학생들의 집중력 저하 및 근시율 증가 등의 문제를 초래한다[2-3]. 뿐만 아니라 수업 도중에 사용자가 조명을 수동 제어할

경우, 수업의 전체적인 흐름을 저해하는 요소로 작용할 수 있으므로 시스템과 연동하여 자동으로 상황을 판단하고 이에 적합한 서비스를 제공하기 위한 기술 개발이 필요하다. 수업의 진행 방식, 과목의 종류 등 다양한 상황에 따라 적합한 조명 환경을 제공하는 것은 학생들의 학습 능률을 향상 시킨다. 그 예로서 교실 환경을 대상으로 교과목의 종류 및 주변 상황을 고려하여 조명 환경을 제공한 경우, 학생들의 읽기 속도가 30% 향상되고 실수 빈도는 45% 감소되었으며 과잉 행동이 76% 감소되는 등의 효과를 보였다[4]. LED 광원은 객체의 상태, 환경 등의 상황변화에 따라 최적의 조명 환경 서비스를 제공하기에 적합한 조명장치로서 이를 교실 환경에 적용할 경우, 학생의 집중력과 이해도, 교사의 학습 지도 효율 또한 증가할 것이다.

이에 본 논문에서는 교실 환경을 대상으로 요일 및 시간, 교과목 종류가 포함된 스케줄 정보와 상황에 적합한 조명환경지표, 그리고 교사의 위치 및 행위 정보를 기반으로 최적 조명 환경을 제공하는 상황인지기반의 LED조명제어시스템을 개발한다. 제안한 시스템의 성능 평가를 위해 LED 조명장치를 제작하여 교실 환경 테스트베드를 구축하고 각 상황에 따라 교실 내 조명장치의 색온도, 조도를 제어한다.

* 본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

* 이 논문(저서)은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학창의재단(학부생연구프로그램사업)의 지원을 받아 수행된 연구임

2. 시스템 분석 및 설계

2.1 과목별 조명환경지표

본 연구에서 제안한 시스템 구현을 위해 먼저 교과목의 종류에 따른 최적 색온도 지표에 관한 선행 연구 결과를 적용한다. 결과에 의하면 학습 영역에 따라 예술과목은 2,200~2,600K의 붉은 계열의 색온도, 언어과목은 4,200~4,600K, 수리과목은 7,600~8,000K의 다소 높은 푸른 계열의 색온도가 적합하다. 제안한 시스템은 이러한 실험결과를 기반으로 하여 총 8 과목과 쉬는 시간으로 구성된 스케줄 테이블을 입력 데이터로 설계하여 조명 제어 시 활용한다. 표 1은 학습 영역에 따른 각 과목에 적합한 색온도의 값을 나타낸다[5].

<표 1> 과목에 적합한 색온도의 값

영역	수업	색온도[K]
예술과목	음악	2,200
	미술	2,400
쉬는시간	-	2,800
언어과목 (암기)	국어	4,200
	외국어	4,400
	암기	4,600
수리과목	과학	7,600
	수학	8,000

2.2 교사위치 및 행위기반 상황 정의

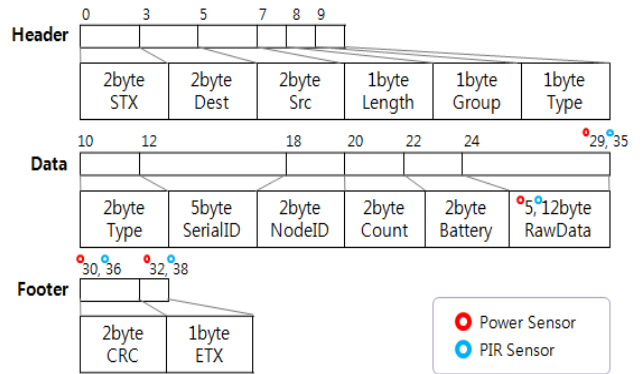
교실 내 교사의 위치 및 행위정보를 기반으로 한 수업 상황에 대한 정의는 프레젠테이션, 판서 강의, 구두 강의, 기본/문제풀이, 휴식 등의 총 5개로 분류한다. 표 2는 기존 연구 결과 및 KS 조도 규격 데이터를 기반으로 각 센서의 On/Off 상태정보에 따른 수업 상황과 이에 적합한 조도 정보를 나타낸다[6]. 빔 프로젝트에 연동된 전력센서를 통해 해당 디바이스의 사용여부와 같은 교사의 행위를 인지하고 두 개의 PIR 센서는 칠판과 교탁에 각각 설치하여 교사의 위치 판별 시 활용된다. 이때, 전력센서와 두 개의 PIR 센서로부터 실시간으로 감지된 데이터의 조합을 통해 시스템은 자동으로 수업 상황을 인지하고 이에 따라 적합한 조명 환경을 제공하기 위해 LED 조명장치를 제어한다. 표 2의 두 번째 열에 해당하는 조도를 살펴보면, '전체'는 3행 3열로 배치된 교실 전체 조명을 의미하며 칠판이 위치한 첫 번째 행의 조명 3개는 '칠판'으로 정의한다. 또한, 교탁이 위치한 첫 번째 행 두 번째 열의 조명 1개는 '교탁'으로 정한다. 이때, 각 센서의 On/Off 상태가 표 2의 3가지 조합에 해당되지 않는 경우에는 '기본/문제풀이'의 상황으로 정의하여 전체 조명을 400lx로 유지하도록 설계하였으며, '휴식' 상황은 센서정보와 관계없이 스케줄 테이블

에 과목이 설정되지 않은 시간대를 기반으로 전체 조명을 300lx로 제어한다.

<표 2> 센서 On/Off 현황에 따른 상황 인지

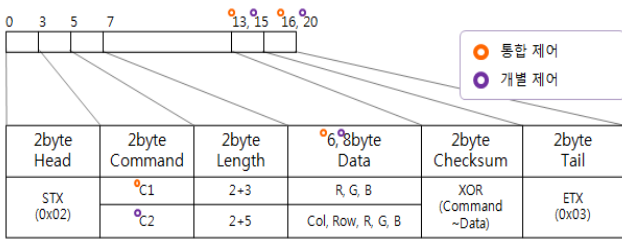
상황 인지	조도[lx]	센서		
		전력	PIR1	PIR2
프레젠테이션	칠판 OFF	ON	OFF	OFF
구두 강의	교탁 500	OFF	OFF	ON
판서 강의	칠판 500	OFF	ON	OFF
기본/문제풀이	전체 400	else		
휴식	전체 300	스케줄 기반		

2.3 통신 메시지 포맷 정의



(그림 1) 센서 데이터 수신 패킷 구조

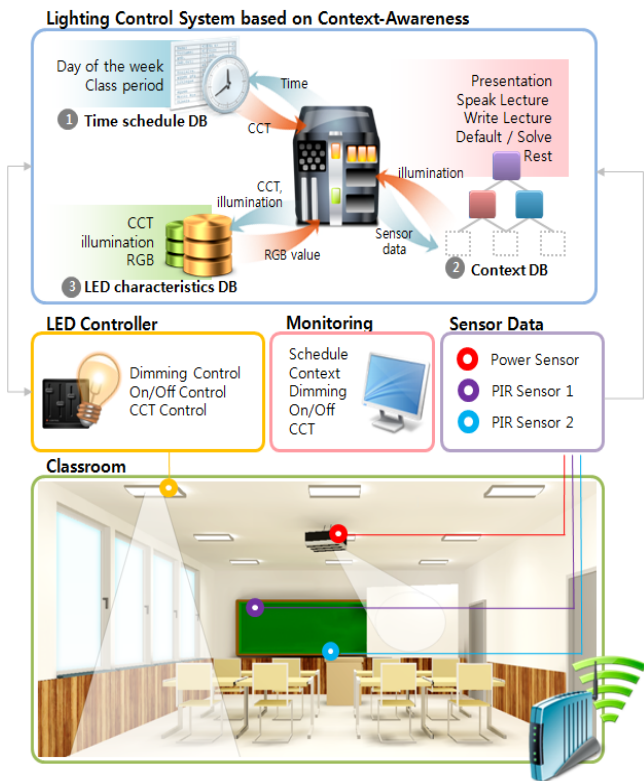
교사의 위치 및 행위 인지를 위한 2개의 PIR 센서와 전력센서의 통신 메시지 포맷은 그림 1과 같이 Data 영역의 Rawdata가 각각 5byte와 11byte로 크기가 다르게 설계되어 있으며 나머지 패킷 구조는 동일하다. 메시지 포맷 구조를 살펴보면, 메시지의 시작을 의미하는 STX, 타겟 주소 및 소스 주소를 의미하는 Dest 및 Src 등의 정보가 포함된 Header 영역과 센서의 유형(Type), 센서의 식별번호(NodeID), 감지 정보(RawData) 등을 포함한 Data 영역, 그리고 오류검증을 통해 유효 메시지임을 판별하기 위한 CRC 및 ETX로 이루어진 Footer 영역으로 구성되어 있다. 교사의 빔 프로젝트 사용여부를 인지하기 위한 전력센서의 메시지 길이는 총 39byte로 이루어져 있으며 그 중 센서가 감지한 정보가 포함된 12byte 크기인 Rawdata 영역에는 전류(3byte), 유효전력인 raEnergy(3byte), 피상전력 ravEnergy(3byte), 3byte의 Peak 전력 데이터 영역으로 설계되어 있다. 교사의 위치를 판별하기 위해 사용한 PIR 센서의 전체 메시지 길이는 총 33byte이며 센서가 감지한 정보를 포함하고 있는 5byte의 Rawdata는 사람을 인식한 경우에는 '1'의 값을 의미하는 16진수 형태의 '0x01' 이 패킷에 포함되어 서버로 전송되며, 그렇지 않은 경우에는 메시지가 서버로 전송되지 않는다.



(그림 2) LED조명장치 송신 패킷 구조

두 개의 PIR 센서와 전력 센서로부터 수집한 메시지를 통합 처리하여 표 2에서 정의한 교실 내 현재 상황을 파악하고 이에 적합한 조도 및 과목에 따른 색온도 정보를 데이터베이스로부터 검색하여 LED 조명장치를 제어하기 위해 설계한 LED 제어용 송신 메시지 포맷 구조는 그림 2와 같다. 본 실험을 위해 제작한 LED 조명장치는 각 RGB 광원모듈을 개별적으로 제어하거나 통합 제어하기 위해 메시지 형식에 Command(byte) 영역 내 C1 또는 C2의 명령어를 포함한다. 명령어에 따라 통합제어 및 개별제어 여부를 판단하고 통합제어의 경우에는 Data 영역에 각 2byte로 구성된 RGB(6byte) 정보가 입력되며 개별제어는 Col(1byte), Row(1byte) 및 해당 위치의 RGB(6byte) 정보를 포함한다.

3. LED조명제어시스템 구현



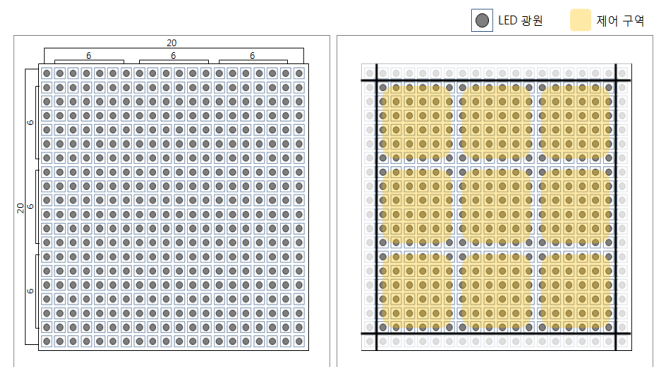
(그림 4) 상황인지 기반 LED 조명제어시스템 구성도

그림 4은 본 논문에서 제안하는 상황인지기반의 LED 조명제어시스템의 구성도이다. 본 시스템은 교실 내에서

상황에 적합한 조명환경을 제공하기 위해 먼저 ① 요일 및 시간별로 지정한 교과목 종류에 따라 색온도 기준 지표 정보를 데이터베이스로부터 로드한다. 그런 다음, ② 실시간으로 수집된 센서 정보를 이용하여 5가지의 수업 상황을 인지하고 이에 적합한 조도 기준 지표를 검색한다. 마지막으로 ③ LED 조명장치의 RGB 조합에 따라 변화하는 색온도, 조도 등의 정보가 저장된 데이터베이스로부터 ①~②과정을 통해 검색한 색온도 및 조도 정보와 일치하는 RGB 제어 정보를 검색하여 LED Controller를 통해 제어 명령을 송신한다. 제어 명령을 수신 받은 Controller는 드라이버를 통해 전류를 조절하여 LED 광원모듈의 색온도, 조도 등을 제어한다. 또한, 모니터링 화면을 통해 스케줄, 센서에 의해 감지된 수업 상황, 조명 환경 정보 등을 자동으로 출력하고 사용자로부터 조명 환경을 재구성할 수 있도록 수동 모드를 추가적으로 제공한다.

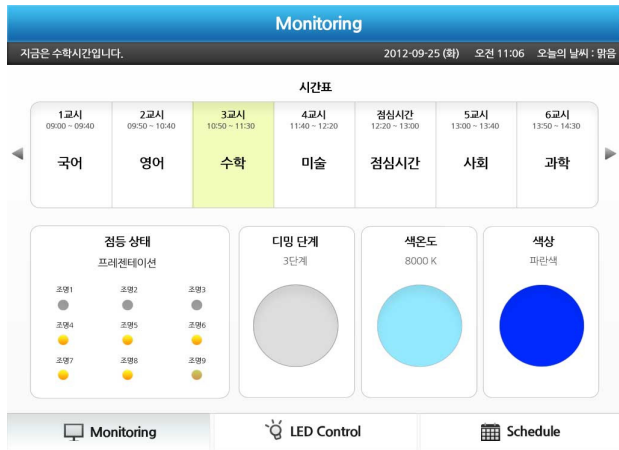
3.1 LED조명장치

본 장에서는 제안한 시스템의 구현 및 실험을 위해 프로토타입 형태의 LED조명장치를 제작하고 측정 환경을 구축하였다. 조명장치는 그림 5의 왼쪽 화면과 같이 RGB LED 광원을 20×20의 정사각 배열로 배치하여 스탠드 형태로 제작하였고, 교실 내 조명 환경을 시뮬레이션하기 위해 오른쪽 화면과 같이 9개의 제어 구역으로 구분하였다. 이때 LED 수량을 균등하게 나누기 위해 1행과 20행, 1열과 20번째 열을 제외한 나머지 LED 광원을 대상으로 구분하였다. 이때, 조명장치를 조명환경지표에 적합하게 정밀 제어하기 위해 LED 조명장치의 RGB 좌표에 따라 변화하는 색온도, 조도 정보를 측정하고 데이터베이스에 저장한다. 정확한 데이터 측정을 위해 암실 환경 내에서 5초 단위로 조명장치의 Red, Green, Blue 각 광원의 0~255 범위의 값을 각 10씩 증가시키면서 수행하였다. 데이터 측정을 위해 Jaz-ULM-200 모델의 과장측정기와 LXT-401의 조도센서를 활용하였으며, 센서 데이터 수집을 위한 데이터로거는 DaqPro-5300 모델을 이용하였다.



(그림 5) LED조명장치의 설계과정

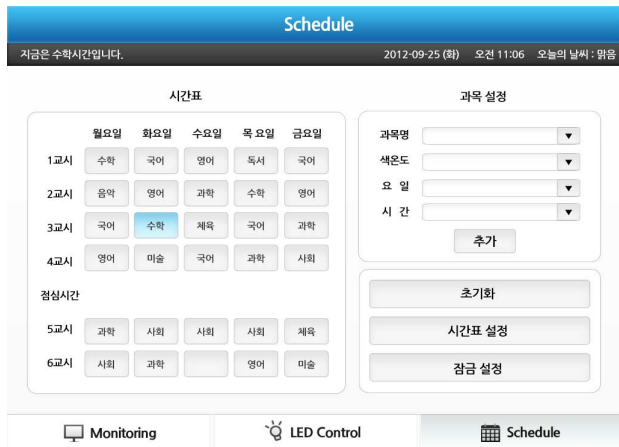
3.2 LED조명제어시스템



(그림 6) Monitoring 화면



(그림 7) LED Control 화면



(그림 8) Schedule 화면

그림 6~그림 8은 제안한 시스템의 GUI 설계 화면으로 Monitoring, LED Control, Schedule의 총 3개 탭으로 구성되어 있다. 그림 6은 요일별 시간의 흐름에 따른 해당 과목과 수업상황, 그리고 조명 환경 변화를 실시간으로 확인할 수 있는 Monitoring 기능을 나타내는 화면이다. 과목에 따라 적합한 색온도와 수업 방식에 따른 조명장치의 On/Off 및 조도레벨 정보는 서버 내 데이터베이스로부터

검색되어 본 화면을 통해 출력된다. 발생 가능한 모든 상황에 대한 정의를 시스템에 일괄적으로 구성하는 것은 불가능하므로 그림 7과 같이 LED Control 화면을 통해 사용자가 자동 모드 또는 수동 모드의 두 가지 제어 방법을 선택하여 이용할 수 있다. 자동 모드일 경우에는 데이터베이스에 저장한 스케줄, 조명환경지표 등의 정보와 실시간으로 감지한 센서 정보에 따라 조명장치를 자동으로 제어한다. 수동 모드일 경우에는 조명장치를 개별적으로 On/Off 하거나 사용자가 과목 및 상황 등의 정보를 지정하여 전체조명을 통합(색온도, 조도)적으로 제어 가능하도록 설계하였다. 그림 8은 Schedule 화면으로 사용자가 과목을 설정하면 이에 적합한 색온도가 출력되고, 요일 및 시간을 정하여 추가 버튼을 클릭함에 따라 좌측 시간표 내에 해당 과목이 추가된다. 또한, 이미 등록된 시간표 내의 과목을 클릭하면 오른쪽 화면의 과목 설정 패널에 지정 과목의 정보가 출력되고 추가 버튼은 편집 및 삭제버튼으로 갱신된다.

4. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 과목별 조명 환경 지표 및 스케줄 정보, 센서를 통한 교사의 위치 및 행위정보를 이용하여 상황에 적합한조명 환경을 제공하는 LED조명제어시스템을 설계 및 구현하였다. 제안한 시스템은 기존의 교실 내 조명 환경을 개선하여 학생의 집중도 향상 및 정서적 안정감을 제공하고 지도 교사의 작업 능력을 향상시키는 등의 다양한 효과를 가져 올 것이다. 향후에는 실제 교실 환경에 제안한 시스템을 설치하여 성능을 평가하고 수강 대상에 따라 적합한 조명 환경에 대한 연구를 진행해야 한다. 또한, 지능형 조명제어시스템의 구현을 위해 센서로부터 수집된 상황 정보에 대한 분류 및 해석 알고리즘 등에 대한 지속적인 연구가 이루어져야 될 것이다.

참고문헌

- [1] 장인현, 김유신, 최안섭 “조광제어에 의한 LED램프의 광특성 변화 분석” 조명·전기설비학회논문지
- [2] 안운기, 최홍규, 이근무, 박승원, 윤철구, 이정은 “램프 교체 시기 표시장치를 구비한 형광등기구” 한국조명·전기설비학회 추계 학술대회 논문집
- [3] 지순덕, 김채복 “학교 교실 LED 조명의 색온도에 대한 주관적 평가” 조명·전기설비학회논문지 제25권 제1호
- [4] “필립스 스쿨 비전 조명 솔루션”, <http://www.seewhatlightcando.philips.co.kr/>
- [5] 진용하, 오성권, 김현기 “피지 관계 기반 추론을 이용한 LED 감성 조명 시스템 설계” Proceedings of KIIS Fall Conference 2010 Vol.20, No 2
- [6] 길정수, 김훈 “교실용 Simple Lighting Platform 조명 시스템 개념 연구” 한국조명·전기설비학회 2012 춘계학술대회 논문집