

주거공간을 위한 IT결합 광선반시스템 개발 연구

-조명에너지 저감을 중심으로-

A Study on Light-shelf system based on IT in Housing Space

-Focus on Lighting Energy Saving-

안 혜 영* 이 행 우** 김 용 성***
Ahn, Hye-Young Lee, Heang-Woo Kim, Yong-Seong

Abstract

The purpose of this study was to test the effectiveness of the light-shelf system combined with IT to save lighting energy in resident space. According to the multiple variables that affected intensity of illumination, various experiments were designed and conducted. The main findings of this study were following: (1)the optimal level of light-shelf system was formulated which met the appropriate range of intensity of illumination in living-room; (2)although the mixed light-shelf system indicated a high performance, it could often provide discomforts to residents according to the degree of exposure; (3)artificial lights using light-shelf system combined with IT showed a higher effectiveness than those using fixed light-shelf system displayed. This study provided initial information of light-shelf system formative processes that could contribute to the lighting energy diminution. Future studies should focus more on multiple approaches regarding different types of resident space planning.

키워드 : 주거, 광선반, 성능평가, IT기술, 조명에너지

Keywords : Housing, Light-shelf, Performance assessment, IT technology, Lighting Energy

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

우리나라 전체 에너지 소비량 중에서 건물이 소비하는 에너지 소비량은 전체 에너지 소비량의 23.5%로 높은 비율을 나타내고 있으며, 건물에서 사용되는 에너지의 약 22%가 조명에너지로 소비되고 있다(김지연, 2007). 건물 소비 에너지 증가를 해결하기 위한 방안으로 건물의 조명에너지 저감을 위한 자연광을 이용한 채광시스템에 관련한 연구가 활발히 진행되고 있다. 최근에는 IT기술을 이용한 채광시스템의 통합화 설계기술개발에 관한 연구가 진행되고 있으며, 이는 “환경친화적 기술의 핵심으로”¹⁾ 중요하게 인식되고 있다. IT기술의 적용은 기존 채광시스템의 성능을 극대화 하고 채광시스템의 지능적 제어를 통한 조명에너지 저감 및 쾌적한 실내 환경 제공이 가능하다. IT기술을 적용한 채광시스템은

태양추적형 광선반, 가동형 광선반, 가동형 직사일광 시스템 등으로 분류되며, 광선반시스템은 채광성능이 우수하여 실내 공간의 빛 환경을 개선하는데 효과적 이어서 광선반시스템의 효과를 극대화하기 위한 기술개발 및 건물적용에 관한 연구가 활발히 진행 중이다. 그러나 광선반시스템에 관한 연구는 주로 업무 및 교육용 건물을 대상으로 진행 되고 있는 반면 주거공간의 조명에너지 저감을 위한 광선반시스템 연구는 미흡한 실정이다. 주거 건물은 국내 건축 비율의 약 68%를 점유하고 있으며, 24시간 상시 거주 특성 및 재택근무와 태내 여과활동의 증대 등으로 인하여 지속적으로 에너지 소비량이 높아질 것으로 예측된다. 이러한 원인에 의하여 주거공간의 조명에너지 저감 기술은 건물에서 소비하는 전체 에너지량을 저감시킬 수 있는 중요 기술로 인식되고 있다.

본 연구는 광선반시스템의 선행연구 및 변수설정에 따른 실험을 통하여 주거공간에 적합한 광선반시스템 규격을 도출하고, 광선반시스템에 IT기술을 적용하여 제안하며, 제안된 시스템의 조명에너지 저감 성능을 검증하여 주거공간의 광선반 설계 및 조명에너지 저감을 위한 기초자료로 활용함을 목적으로 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 주거 및 광선반시스템에 대한 고찰을 바탕으로

* 주저자, 국민대학교 테크노디자인대학원 석사 (eleldkf777@hanmail.net)

**공동저자, 국민대학교 테크노디자인대학원 박사과정 (moonup2001@nate.com)

***교신저자, 국민대학교 테크노디자인대학원 교수, 건축학박사 (yongkim@kookmin.ac.kr)

1) 경희대학교(2003). 첨단 고성능 채광시스템의 통합화 설계기술개발(과학기술부 연구보고서 MI-0104-00-0272). 서울: 과학기술부

주거공간에 적합한 IT기술 적용 광선반시스템을 제안한다. 제안된 모델의 조명에너지 저감 성능을 검증하기 위하여 테스트베드를 구축하였다. 광선반시스템 조명에너지 저감 성능 평가에 사용된 테스트베드는 환경정보센서, 제어시스템, 모니터링시스템, 전력측정시스템 등의 IT기술이 연동되어 있다. 본 연구의 방법은 그림 1과 같으며, 주된 내용은 다음과 같다.

1) 주거공간 및 광선반시스템에 관한 고찰

주거공간의 실내 조도기준 고찰과 광선반시스템의 선행연구 및 적용사례를 통하여 광선반시스템의 유형과 적용 기술을 분석한다.

2) IT기술 적용 광선반시스템 제안

선행연구 및 개발된 광선반시스템의 사례분석을 바탕으로 조명에너지 소비 전력량을 저감하는 주거용 광선반시스템 규격을 제안한다.

3) IT기술 적용 광선반시스템 성능평가

제안된 광선반시스템은 조도센서와 태양고도 및 광량 조절이 가능한 인공태양조사장치가 구축된 테스트베드를 통하여 조명에너지 저감 성능을 평가하였다. IT기술 적용 광선반 시스템의 제어 및 적정 규격 도출을 위하여 광선반시스템의 설치높이 및 각도를 설정하여 진행하였다. 광선반 미설치 타입, 고정형 광선반시스템 타입, IT기술 적용 광선반시스템 타입의 설치에 따른 채광 성능을 평가하고 실내에 사용되는 조명에너지 소비 전력량을 측정하여 광선반 시스템의 타입별 채광성능 및 인공조명 에너지 사용량을 비교 분석한다.

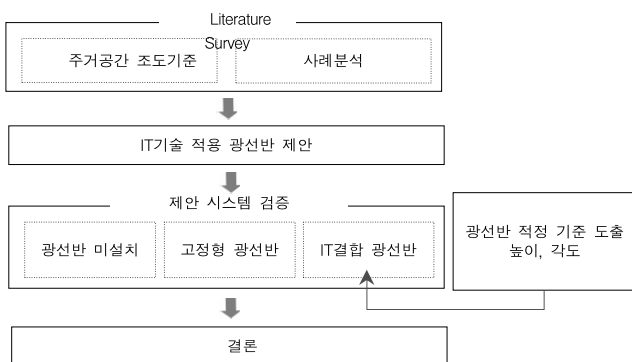


그림 1. 연구의 흐름도

2. 주거공간 조도 기준 및 광선반 사례분석

2.1 주거공간의 조도 기준

조도는 주거공간 사용자의 시각적 쾌적성과 조명에너지 저감 측면에서 밀접한 관계를 가지고 있다. 실내로 유입되는 주광의 양이 과도할 경우의 사용자는 불편함을 느끼며 차양 시스템을 통하여 주광의 양을 조절하거나, 인공조명을 사용하여 실내공간에 필요한 적정 조도를 유지함으로써 소비전

력량을 증가시킨다. 또한 주거공간의 조도가 부족할 경우에는 인공조명을 사용함으로써 인공조명 사용에 의한 소비전력을 증가시킨다. 따라서 주거공간의 조명에너지 저감을 위하여 실내공간의 기준조도범위를 유지하는 것은 중요하다. 우리나라의 주거공간 조도기준은 표 1과 같이 KS에서 정량적으로 제시하고 있다. 국내 KS 주거공간의 조도기준은 각 공간에 따라서 최저허용조도, 표준기준조도, 최고허용조도로 권장하고 있다. 조도의 측정기준은 작업면의 수평조도를 나타내며, 실내공간의 조도기준 범위를 유지하는 조건 값을 나타내고 있다. 본 연구에서 조명 제어를 위한 조도기준은 주거공간 거실 작업면 표준기준조도인 400lx를 기준으로 설정하였다.

표 1. Standard illuminance of KS

구분		측정위치	조도범위 [lx]
거실	진반(오락)	바닥위 40±5(cm)	150 - 200 - 300
	작업(독서)		300 - 400 - 600
안방	진반	바닥위 80±5(cm)	60 - 100 - 150
	작업(독서)		300 - 400 - 600
침실	진반	바닥위 40±5(cm)	60 - 100 - 150
	작업(놀이)		150 - 200 - 300
	작업(독서, 공부)		600 - 1000 - 1500
주방	진반	바닥위 80±5(cm)	60 - 100 - 150
	작업(조리대, 식탁)		300 - 400 - 600
	작업(싱크대)		150 - 200 - 300
욕실	진반	바닥위 80±5(cm)	60 - 100 - 150
	작업(세면)		거울면의 수직조도 150 - 200 - 300
현관	진반	바닥위 15(cm) 이하	60 - 100 - 150
	작업(신발장)		150 - 200 - 300
	작업(거울)		300 - 400 - 600

2.2 광선반시스템 적용 사례분석

1) 광선반시스템의 개념

광선반시스템은 실내로 유입되는 자연광을 천장면 반사를 통하여 실내공간의 깊은 곳까지 자연광을 유입시키는 동시에 과도한 일사 유입을 차단하는 차양 장치의 역할을 하는 채광시스템이다. 광선반시스템은 설치위치에 따라서 내부형, 외부형, 혼합형으로 분류될 수 있으며, 시스템의 제어방법에 따라서 고정형 광선반과 가동형 광선반으로 분류된다.

광선반시스템을 주거공간에 적용할 경우에는 주거공간의 향, 계절에 따른 태양의 남중고도, 시간, 실내공간의 크기 및 층고, 재실자의 시선 등이 고려되어야 한다.

2) 광선반시스템의 선행연구 및 적용사례

광선반시스템에 관한 선행연구는 광선반의 채광성능평가에 관한 연구(신현구, 2003), 광반사를 이용한 광선반 채광시스템의 기본현상 설계 및 성능평가에 관한 연구(김정태 외 2인, 2009), 광선반 채광시스템의 시각적 성능평가(심인보, 2006) 등의 연구가 있으며, 대부분 학교, 사무소 등의 건물에 대한 광선반시스템 연구가 진행되어 왔다. 표 2)에 나타나듯이 광선반의 적용사례를 고찰한 결과 고정형광선

반 타입에 귀중되어 있으며, 고정형 광선반의 경우 내부외부의 상황에 적절하게 반응할 수 없어서 에너지 저감에도 비효율적이다. 이를 해결하기 위하여 새로운 기술과의 상호작용을 통한 효율적인 에너지 저감에 적합한 광선반시스템 연구 및 기술 개발이 필요하다.

표 2. 광선반 적용사례

적용건물	광선반 적용 기술
	Refurbishment of Caisse-Conge -이중 광선반을 설치하여 사무실 전체 공간에 균일한 조도 유지
	IBM Building -사무소 외벽에 돌출형 광선반 설치하여 빛을 유입하여 조명 에너지 저감
	Surrey Tax center -창주변부와 중앙부에 광선반을 설치하여 자연채광 효율증대
	EMZ Building -아트리움에 인접한 채광창에 설치된 광선반을 통해 실내로 빛을 유입
	Hong Kong & Sanghai Bank -내부 Sun Scoop가 태양을 추적하여 자연광을 2층 개방 공간으로 유입

3) IT기술 적용 채광시스템 사례분석

현재 IT기술은 주거용 건물 및 업무용 건물의 에너지 저감과 더불어 사용자중심의 쾌적한 환경 제공을 위하여 건물의 전체 기술 요소에 적극적으로 적용되고 있다. 채광시스템의 IT기술 적용은 크게 제어와 관리로 구분되며, 조명에너지 관련 측면에서 제어를 하기 위해서는 내외부의 환경의 정보를 수집할 수 있는 시스템이 필요하다. 본 절에서는 채광시스템에 적용된 IT기술 사례를 통하여 주거공간에 적용 가능한 제어 기술은 다음 표 3과 같이 분석된다.

표 3. 조명 에너지 저감 IT기술 적용사례

구분	적용 기술	
국 외	버티스홀스 미네기 하우스	차양 자동제어 (태양센서) 태양센서를 통하여 여름철 실내 과도한 일사유입량을 방지.
	에코 스카이 하우스	조명제어 (빛, 열 센서) 빛과 열 감지 센서를 통하여 자동 제어되는 블라인드 시스템
국 내	Green Tomorrow	자동 조명제어 (조도센서) 조도센서를 통한 실내공간의 자동 조명제어
	제너하임	차양제어 (조도센서) 조도센서를 통한 차양제어 시스템
	3-Zero House	조명제어 (조도센서) 조도센서에 의한 조명제어 및 관리

2) 신현구(2003)의 ‘광선반의 채광성능평가에 관한 연구’ 경희대학교 석사논문물을 바탕으로 광선반 적용 사례 재구성

실내 공간 일조 유입을 위한 채광시스템과 과도한 일사의 유입을 차단하는 차양시스템을 효율적으로 제어하기 위하여 표 3과 같이 실내외부의 빛의 밝기를 측정할 수 있는 조도센서가 적용되고 있다. 조도센서를 통하여 수집된 정보는 주거공간의 쾌적한 빛 환경 조성을 위한 데이터로 사용되며, 실내 인공조명과 조도센서의 연동을 통하여 적정 조도기준을 유지함으로써 조명에너지의 저감이 가능하다.

2.3 소결

본 장에서는 광선반시스템의 선행연구와 건물 적용 사례 및 적용 IT기술을 분석하였다. 현재 국내에서 사용되고 있는 광선반시스템은 고정형으로 변화하는 외부환경의 조건인 태양의 고도, 시간, 기후 등에 적절하게 대응하기 어렵다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 외부환경 변수 요인에 대응하는 광선반시스템이 요구된다.

3. IT기술 적용 광선반 시스템 제안

3.1 IT기술 적용 광선반시스템 구성

실내 공간의 빛 환경을 개선하는 채광시스템들은 앞서 IT기술을 적용한 채광시스템 사례와 같이 각 시스템의 효과를 극대화하기 위하여 IT기술을 적용한 지능적 자동제어에 의해 조절되고 있다. 채광시스템 자동제어에 의한 실내 공간의 쾌적한 환경을 조성하기 위해서는 태양을 통해 실내로 유입되는 일사량 및 조도 등의 실내외 환경정보를 파악할 수 있는 기술이 필요하다. IT기술이 적용된 광선반시스템은 1차적으로 실내외의 정확한 환경정보를 파악하고, 2차적으로 파악한 정보를 홈네트워크서버에 전달하여 광선반시스템 제어 및 실내 환경(인공조명)을 조절하여 조명에너지를 저감한다. IT기술 적용을 통한 광선반시스템의 구성은 그림 2와 같다.

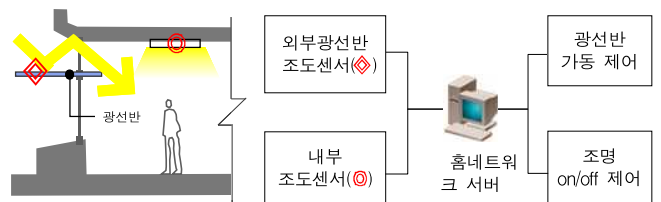


그림 2. 실내 공간환경 제어 시스템 구성

IT기술 적용 광선반시스템은 내부광선반시스템의 조도센서와 외부광선반시스템의 조도센서를 통하여 실내외공간의 환경정보 수집하며, 홈네트워크 서버는 내부광선반시스템의 조도센서와 외부광선반시스템의 조도센서를 통하여 수집된 실내외공간의 환경정보를 분석한다. 광선반시스템 제어 및 인공조명의 on/off는 실내외공간 환경의 분석 결과에 의하여 주거공간의 빛 환경이 최적의 상태를 유지할 수 있도록 자동제어 한다.

3.2 IT기술 적용 광선반시스템 제어

광선반시스템과 IT기술의 적용을 통한 조명에너지 제어

과정은 다음 그림 3과 같다.

첫째, 외부환경의 변수 조건인 계절, 태양의 고도, 실외공간의 조도를 파악하고 외부환경의 변수에 따라서 주거공간의 쾌적한 빛 환경을 제공할 수 있는 광선반시스템의 적정 높이, 적정 각도로 제어한다.

둘째, 공간분할(ZoneA, ZoneB, ...Zone n)에 따른 인공조명(Light 1, Light 2, ...Light n)을 설치하여 각 조명에 대하여 on/off 제어한다. 이는 광선반시스템에 의하여 실내로 유입된 자연광과 인공조명을 종합적으로 제어함으로써 조명에너지 저감이 가능하다.

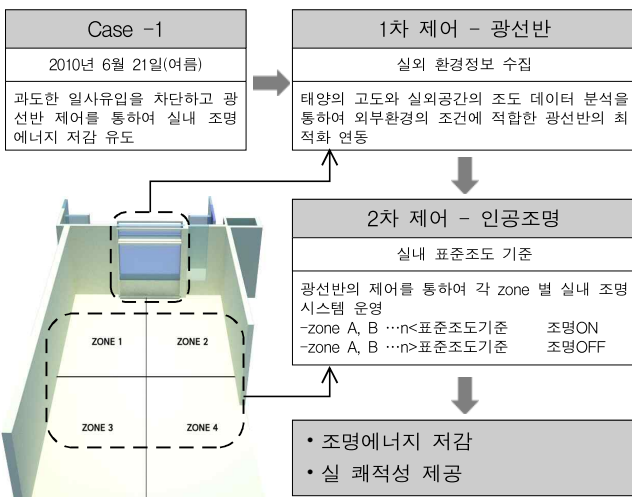


그림 3. 조명에너지 저감을 위한 IT기술 적용

3.3 IT적용 광선반시스템의 적정 높이 및 각도 규격 도출을 위한 실험

1) 실거주 개방형 테스트베드 개요

기존 광선반시스템의 채광성능을 검토하는 방법으로는 Lightscape, Radiance 등의 소프트웨어를 사용한 컴퓨터 시뮬레이션 방법과 실물대모형, 축소모형 실험을 통하여 이루어져 왔다. 본 연구에서는 IT기술이 적용된 광선반시스템의 효용성을 검증하기 위하여 IT기술 시험 및 평가를 도출할 수 있는 실거주형 테스트베드를 구축하여 진행하였다. 표 4에서 나타나듯이 테스트베드는 폭 4.9m, 길이 6.6m, 천장고 2.5m의 크기로 구축하였으며, 개구부 크기는 폭 2.2m, 높이 1.8m이다. 개구부의 유리 재질은 12T 복층유리를 사용하였다.

표 4. 테스트환경 모델 개요

테스트베드 모델 개요	
실 크기 및 재질	4.9m(W) × 6.6m(D) × 2.5m(천장고) 벽 : 반사율 46% 천정 : 반사율 86%
창 크기 및 재질	2.2m(W) × 1.8m(H) 페어글라스 12mm(3mm+6mm+3mm)
향	정남향
챔버 모델 개요	
챔버 크기	4.5m(W) × 2.7m(D) × 4.6m(H)
인공태양광 조사장치	2.08m(W) × 2.8m(W)

그림 4에서 나타나듯이 테스트베드의 외부에는 365일 24시간 가변환경설정이 가능한 챔버를 구축하였으며, 챔버에는 실제 태양의 밝기와 유사한 인공태양광조사장치를 구축하였다. 인공태양광조사장치는 각각의 광량을 조절하여 기후 및 시간대별 외부조도 값을 조절하였으며, 인공태양광조사장치의 높이와 각도조절을 통하여 태양고도에 따른 계절 및 외부환경을 조성하였다. 또한 그림 5에서 나타나듯이 실험 공간의 조도 측정을 위한 조도센서 모듈은 2400mm 간격으로 배치하였으며, 광선반을 기준으로 4개의 zone으로 분할하여 조도 센서와 조명을 설치하였다. 조도센서는 사용자의 작업면 높이를 기준으로 바닥 위 45cm에 설치하였다<그림 6>.

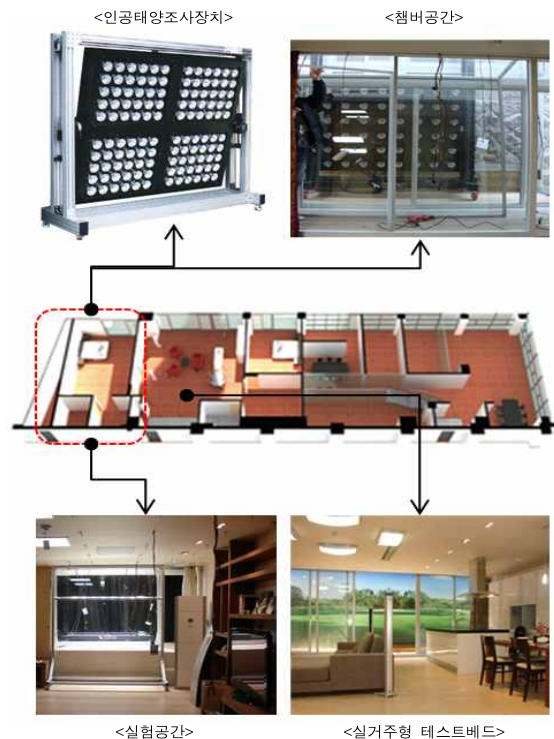
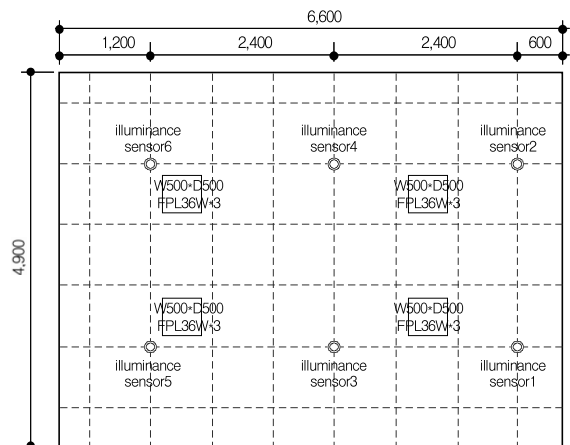


그림 4. 실거주형 테스트베드 모델 공간



F그림 5. 천장 조도센서 및 인공조명 배치

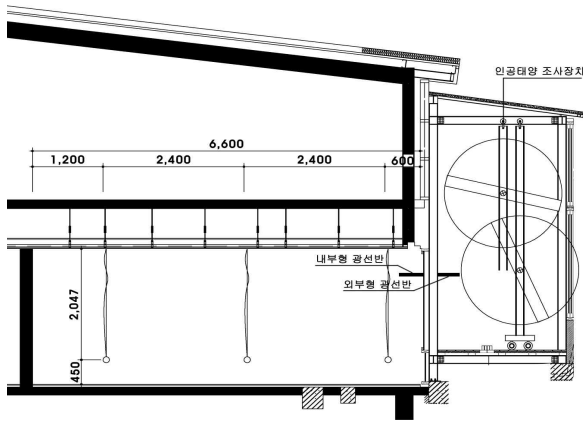


그림 6. 테스트베드 단면 및 조도센서 높이

2) 실험방법

IT기술이 적용된 광선반시스템의 적정 높이 및 각도 규격을 도출하기 위하여 광선반시스템에 관련한 연구에 적용된 다양한 변수 중에 광선반시스템의 높이, 각도에 대해서만 실험의 변수로 설정하여 결과값을 도출하였다. 기타 광선반시스템과 관련한 변수들은 선행연구의 결과를 고찰하여 다음과 같이 통제하였다. 표 5에서 나타나듯이 Lightscape를 이용한 광선반의 폭 및 각도 변화에 따른 채광성능 평가(허은진, 2005)의 결론을 적용하여 실내 및 실외 광선반시스템의 돌출길이를 300mm 설정하고 혼합형 광선반시스템의 경우 내부 300mm, 외부 500mm으로 설정하여 실험하였다.

표 5. 광선반 시스템 변수 요소 설정

광선반 크기 (돌출길이)	내부형	300mm
	외부형	300mm
	혼합형	내부300/외부500
광선반 높이	1.8m~2.2m(0.2m 간격)	
광선반 재질	거울반사 필름 (고반사85%)	
납중고도 (외부조도)	하지	76.5(8만 lx)
	춘추분	53(6만 lx)
	동지	29.5(3만 lx)
각도	0°/10°/20°/30°	

3) IT기술 적용 광선반시스템 적정 높이 및 각도 규격 도출
본 실험에서는 광선반시스템의 적정 높이 및 각도를 도출하기 위하여 광선반시스템의 높이 및 각도를 변화시켜 채광성능이 우수한 형태의 결과값을 초점으로 하여 적정안을 도출하였다. 광선반시스템의 높이와 각도에 설정에 대한 결과는 표 6과 같으며, 광선반시스템의 실험분석 결과는 다음과 같다.

하지의 조건에서 내부형 광선반시스템의 설치높이가 바닥에서 떨어진 1800mm에서 2000mm씩 높아짐에 따라서 최대조도는 4%로 정도 증가하였으며, 최소조도는 4%로 감소하였다. 내부형 광선반시스템의 설치높이에 따른 각도를 변화하였을 때 설치높이가 1800mm에 각도 30°일 경우 평균조도가 446lx로 가장 높게 나타났으며, 내부형 광선반시스템의

설치높이가 2200mm에 각도 30°일 경우 보다 평균조도 및 균제도가 1%정도 증가하였다. 외부형 광선반시스템은 설치높이가 바닥에서 부터 1800mm일 경우 최대조도가 설치높이 2200mm일 경우보다 3%감소하였으며, 최소조도는 26% 증가하였다. 외부형 광선반시스템의 설치높이에 따른 각도를 변화하였을 때 바닥에서 부터 높이 1800mm에 각도 30°일 때 평균조도가 757lx로 가장 높게 나타났다. 혼합형 광선반시스템은 바닥에서 부터 설치높이가 200mm씩 높아질 경우 최소조도는 각 4%, 19% 감소하였으며, 최대조도는 설치높이가 1800mm일 경우보다 2200mm일 때 2% 증가하였고, 각도의 변화가 커질수록 평균조도가 증가하였다. 하지의 경우 외부형 광선반 시스템이 내부형 및 혼합형 광선반시스템에 비교하여 4%, 2%로 높은 평균조도값을 나타냈다. 이러한 결과는 외부형 광선반시스템의 차양역할에도 불구하고 하지때 높은 태양의 고도각에 의하여 실내로 반사되는 빛에 의해 창측면의 조도(내부형 17500lx, 외부형 21191lx, 혼합형 18181lx)가 급격히 증가함에 따라 나타나는 것으로 판단된다.

춘추분의 조건에서는 내부형 광선반시스템의 설치높이가 바닥에서 부터 2000mm, 각도가 30°일 경우 평균조도가 1999lx가 가장 높게 나타났으나, 창측면의 조도값과 실내 후면부의 조도값의 차이가 8995lx로 실험공간의 조도값이 불균형하게 나타나고 있다. 외부형 광선반시스템은 바닥에서 부터 설치높이 1800mm에 각도 30°일 경우 평균조도가 2282lx로 가장 높았으며, 각도가 0°, 10°, 20°, 30° 로 변화시켜 분석한 결과 실험공간 평균조도가 20%, 23%, 26%, 29%로 각도가 높아짐에 따라 실험공간 평균조도가 3%로 증가하였다. 혼합형 광선반시스템은 바닥에서 부터 설치높이 1800mm에 각도 30°일 경우 설치높이 2000mm, 2200mm에 각도 30°일 때 비교하여 3%의 평균조도가 증가하였다.

동지의 조건에서 내부형 광선반시스템은 바닥에서 부터 설치높이 2000mm에 각도 30°일 경우 3194lx로 가장 높은 평균조도를 나타내고 있으며, 설치높이 1800mm 및 2200mm 과 비교하여 평균조도가 각 2%, 8% 증가하였다. 외부형 광선반시스템과 혼합형 광선반시스템은 설치높이 2000mm에 각도 30°일 경우 평균조도값이 각 2957lx, 2858lx로 가장 높게 나타났다.

실험을 종합적으로 분석해본 결과 IT기술 적용 광선반시스템의 적정 높이 및 각도 규격은 하지의 경우 광선반시스템의 형태와 무관하게 적정 높이 1800mm, 적정 각도 30°이다. 하지의 경우 내부형 광선반시스템의 적정 높이 1800mm, 적정 각도 30°일 경우 실험공간의 후면부 조도가 다른 높이 및 각도에 비교하여 0.9% 증가하였으며, 외부형 광선반시스템의 경우 9.7%, 혼합형 광선반시스템의 경우 14%로 후면부 조도가 증가하였다.

광선반시스템의 설치 높이가 낮아질수록 실내공간의 평균조도가 증가하는 것은 광선반시스템이 설치된 상부의 채광면적이 넓어짐에 따라 실내로 유입되는 빛의 양이 증가하기 때문이다.

춘추분의 경우 광선반시스템의 적정 높이 및 각도 규격은 내부형 광선반시스템 적정 높이 2000mm, 적정 각도 30°이며, 외부형 및 내부형광선반시스템은 적정 높이 1800mm, 적

정 각도 30°이다.

동지의 경우 광선반시스템의 적정 높이 및 각도 규격은 광선반시스템의 형태와 무관하게 적정 높이 2000mm, 각도 30° 으로 나타났다. 동지의 경우 광선반시스템이 설치된 실험공간 후면부의 평균조도 값은 내부형 광선반시스템 설치 시 5157lx로 혼합형 광선반시스템 설치시 후면부의 평균조도 값 4973lx에 비교하여 1%로 높게 나타난다. 이러한 원인은 내부형 광선반시스템이 혼합형 광선반시스템 보다 차양의 성능이 낮으며, 광선반시스템을 통하지 않고 직접적으로 실내로 유입되는 빛의 양이 증가한 것으로 판단된다.

실험분석 결과 광선반시스템의 적정 높이 및 각도 규격을 다음 표 7과 같이 도출할 수 있다.

표 7. 광선반시스템의 적정 높이 및 각도 규격

구분		적정 높이 (mm)	적정각도 (°)	평균조도 (lx)
내부형 광선반	하지	1800	30	446
	춘추분	2000	30	1999
	동지	2000	30	3194
외부형 광선반	하지	1800	30	757
	춘추분	1800	30	2282
	동지	2000	30	2957
혼합형 광선반	하지	1800	30	553
	춘추분	1800	30	2426
	동지	2000	30	2858

표 6. 외부환경 요소에 따른 광선반 채광성능 분석 결과

광선반	구분		하지 (태양고도 76.5)				춘추분 (태양고도 53)				동지 (태양고도 29.5)			
	높이	각도	최소lx	최대lx	평균 lx	균제도	최소lx	최대lx	평균 lx	균제도	최소lx	최대lx	평균 lx	균제도
내부형 광선반	1800	0	75	1,333	416	0.180	215	2,543	875	0.246	411	12,292	2,801	0.147
		10	77	1,361	420	0.183	230	2,571	881	0.261	421	12,560	2,845	0.148
		20	82	1,378	418	0.196	252	5,255	1,332	0.189	447	13,130	2,958	0.151
		30	82	1,451	446	0.184	254	5,326	1,423	0.178	455	13,563	3,080	0.147
	2000	0	71	1,449	422	0.168	198	7,463	1,598	0.124	426	14,528	3,068	0.139
		10	71	1,430	412	0.172	226	9,292	1,981	0.114	445	14,547	3,162	0.141
		20	77	1,404	411	0.187	256	9,284	1,998	0.128	484	14,368	3,132	0.154
		30	80	1,413	413	0.194	256	9,211	1,999	0.128	393	14,646	3,194	0.123
	2200	0	65	1,602	439	0.148	215	7,445	1,692	0.127	419	10,582	2,520	0.166
		10	67	1,572	440	0.152	237	8,286	1,847	0.128	415	10,385	2,480	0.167
		20	71	1,559	439	0.162	254	8,370	1,864	0.136	426	10,223	2,450	0.174
		30	75	1,548	440	0.170	215	7,445	1,692	0.127	415	10,182	2,436	0.170
외부형 광선반	1800	0	39	819	292	0.134	228	1,632	737	0.309	411	6,676	1,956	0.210
		10	65	916	347	0.188	258	5,721	1,461	0.177	434	8,374	2,221	0.195
		20	99	1,666	489	0.204	297	7,046	1,691	0.176	591	8,321	2,307	0.256
		30	116	3,077	757	0.154	325	9,122	2,282	0.142	424	9,331	2,432	0.174
	2000	0	15	1,389	370	0.041	159	3,900	1,016	0.157	383	13,192	2,897	0.132
		10	39	1,651	460	0.085	213	6,364	1,513	0.141	374	12,977	2,927	0.128
		20	67	1,886	522	0.128	275	7,194	1,685	0.163	426	12,861	2,937	0.142
		30	86	2,634	662	0.131	357	8,625	2,023	0.176	526	12,975	2,957	0.145
	2200	0	17	1,686	430	0.040	133	5,786	1,320	0.101	206	12,360	2,695	0.076
		10	19	1,653	438	0.043	157	5,900	1,384	0.113	256	12,406	2,729	0.094
		20	37	1,802	478	0.077	196	6,233	1,494	0.131	228	12,390	2,707	0.084
		30	71	2,012	545	0.127	316	8,138	2,142	0.148	232	12,403	2,773	0.084
혼합형 광선반	1800	0	30	1,464	405	0.074	209	10,533	2,254	0.093	439	9,120	2,320	0.189
		10	45	1,475	445	0.101	247	10,582	2,313	0.107	488	9,015	2,304	0.212
		20	75	1,578	514	0.146	327	10,447	2,317	0.141	548	9,073	2,439	0.225
		30	163	1,645	553	0.295	406	10,557	2,426	0.167	495	10,090	2,497	0.198
	2000	0	24	1,546	424	0.057	183	7,362	1,631	0.112	391	12,330	2,806	0.139
		10	49	1,038	373	0.131	232	7,600	1,794	0.129	361	11,892	2,734	0.132
		20	80	1,554	500	0.160	284	7,443	1,792	0.159	389	12,081	2,778	0.140
		30	133	1,484	507	0.263	335	8,293	2,223	0.151	424	12,493	2,858	0.148
	2200	0	28	1,544	421	0.067	138	6,069	1,378	0.100	264	12,363	2,769	0.095
		10	34	1,576	442	0.077	183	6,196	1,485	0.123	385	12,229	2,824	0.136
		20	54	1,729	494	0.109	286	7,321	1,794	0.159	385	12,438	2,828	0.136
		30	26	1,548	428	0.061	297	7,908	2,009	0.148	404	12,471	2,835	0.142

4. IT기술 적용 광선반시스템 조명에너지 성능평가

4.1 IT기술 적용 광선반시스템 조명에너지 성능평가 결과분석

광선반시스템의 적정 높이 및 각도 도출 실험에 의해 IT 기술 적용 혼합형 광선반시스템(높이 1800mm, 각도 30°) 조명에너지 성능평가 실험을 진행하였다. 실험은 광선반 미설치 타입, 고정형 광선반시스템 타입, IT기술 적용 광선반시스템 타입에 조명에너지 소비 전력량을 측정 및 분석하였다.

주거공간 거실의 표준조도기준인 400lx를 기준으로 조도 센서(L1~L6)의 측정값이 400lx 이상이면 인공조명을 off 하며, 400lx 미만이면 표준조도를 만족시키기 위해 인공조명은 on 된다. 조명에너지 소비 전력량을 계산하기 위하여 24절기(절기 당 약 15일)의 하지, 춘추분, 동지를 포함하는 일수 15일 동안 하루 중 고도가 가장 높은 시간 1시간을 기준으로 계산하였다. 광선반 미설치 타입, 고정형 광선반시스템 타입, IT기술 적용 광선반시스템 타입의 조명에너지 소비 전력량은 표 10과 같다.

표 8. 광선반시스템 제어에 따른 인공조명사용량

광선반 미설치						
구분	조도1	조도2	조도3	조도4	조도5	조도6
하지	1,918	396	324	233	108	82
조명 on/off	off	on	on	on	on	on
춘추분	11,632	1113	1,341	695	362	278
조명 on/off	off	off	off	off	on	on
동지	12,513	976	2,312	703	827	385
조명 on/off	off	off	off	off	off	on
인공조명W(개수) × 사용시간 h × 사용일						
하지	108W(4) × 1 × 15 = 6.4KWH					
춘추분	108W(2) × 1 × 30 = 6.4KWH					
동지	108W(1) × 1 × 15 = 1.6KWH					
고정형 광선반시스템 (혼합형)						
구분	조도1	조도2	조도3	조도4	조도5	조도6
하지	1,464	359	282	202	92	30
조명 on/off	off	on	on	on	on	on
춘추분	10,533	817	1,071	606	290	209
조명 on/off	off	off	off	off	on	on
동지	9,120	583	2,374	744	660	439
조명 on/off	off	off	off	off	off	off
인공조명W(개수) × 사용시간 h × 사용일						
하지	108W(4) × 1 × 15 = 6.4KWH					
춘추분	108W(2) × 1 × 30 = 6.4KWH					
동지	소비 조명에너지(전력량) 없음					
IT기술 적용 광선반시스템 (혼합형)						
구분	조도1	조도2	조도3	조도4	조도5	조도6
하지	1,645	366	464	329	350	163
조명 on/off	off	on	off	on	on	on
춘추분	10,557	682	1,352	628	933	406
조명 on/off	off	off	off	off	off	off
동지	10,090	432	2,333	722	909	495
조명 on/off	off	off	off	off	off	off
인공조명W(개수) × 사용시간 h × 사용일						
하지	108W(3) × 1 × 15 = 4.8KWH					
춘추분	소비 조명에너지(전력량) 없음					
동지	소비 조명에너지(전력량) 없음					

IT기술 적용 광선반시스템 타입은 표 9와 그림 7에서

나타나듯이 태양의 남중고도에 따라 광선반시스템의 각도를 조정하여 실내 공간의 빛 환경을 제어한다. IT기술 적용 광선반시스템은 광선반 미설치 타입보다 9.6KWH(15일)의 조명에너지 소비 전력량이 감소하였으며, 고정형 광선반시스템 타입보다 1.6KWH(15일) 조명에너지 소비 전력량이 감소하였다.

4.2 소결

본 연구는 광선반시스템의 적정 높이 및 각도 규격을 기반으로 IT기술 적용 광선반시스템의 조명에너지 성능평가 실험을 진행하였다. IT기술 적용 광선반시스템은 광선반 미설치 타입에 비교하여 67%의 조명에너지 소비 전력량을 저감하였고 고정형 광선반시스템 타입에 비교하여 55%의 조명에너지 소비 전력량이 저감되었다.

표 9. 광선반시스템 제어에 따른 인공조명 전력량 사용 비교 분석

구분	인공조명사용량						총 합계	
	하지		춘추분		동지		KWH	%
	KWH	%	KWH	%	KWH	%		
광선반 미설치타입	6.4	100	6.4	50	1.6	25	14.4	100
고정형 광선반 타입	6.4	100	6.4	50	0	0	12.8	88
IT기술 적용 광선반타입	4.8	75	0	0	0	0	4.8	33

조명에너지 사용 비율 - 인공조명 108W × 4 × 1h × 사용일(15일) = 100%를 기준으로 함

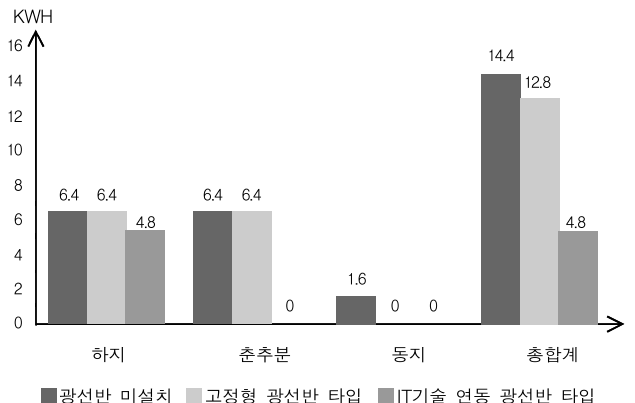


Figure 7. 광선반 제어에 따른 인공조명 전력량 사용 비교 분석

5. 결론

본 연구는 IT기술 적용 광선반시스템의 조명에너지 성능평가 실험을 위하여 실거주 개방형 테스트베드를 구축한다. 주거공간의 IT적용 광선반시스템을 제안하고, 광선반시스템의 적정 높이 및 각도 규격을 도출하기 위해 실험을 진행하였다. IT기술 적용 광선반시스템 조명에너지 성능평가를 위해 광선반 미설치 타입, 고정형 광선반시스템 타입, IT기술 연동 광선반시스템 타입의 조명에너지 소비 전력량을 비교 분석하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같다.

- 1) 실내공간에 빛 환경 개선을 위해 적용되는 채광시스템 들은 각각의 특성 및 변수요소를 고려하여 사용되고 있으나, 시시각각 변화하는 외부환경요소에 적절하게 대응하기에는 한계가 있다. 기존 채광시스템의 한계점을 극복하고 채광시스템의 효과를 극대화하기 위하여 실내외 환경정보를 수집하고, 변화하는 외부환경요소에 적극 대응하여 채광시스템의 지능적 제어서비스를 위한 IT기술 적용 광선반시스템을 제안한다.
- 2) 일반적인 주거공간의 높이인 2,500mm의 공간의 경우 내부형, 외부형, 혼합형 광선반시스템을 대상으로 광선반시스템의 적정 높이 및 각도 규격은 하지의 경우 광선반시스템의 형태와 무관하게 바닥에서 부터 높이 1800mm, 적정 각도 30° 이다. 춘추분의 경우 광선반시스템의 적정 높이 및 각도 규격은 내부형 광선반시스템 바닥에서 부터 높이 2000mm, 적정 각도 30° 이며, 외부형 및 혼합형 광선반시스템은 높이 1800mm, 적정 각도 30° 이다. 동지의 경우 광선반시스템의 적정 높이 및 각도 규격은 광선반시스템의 형태와 무관하게 바닥에서 부터 2000mm, 각도 30° 으로 나타난다.
- 3) IT기술 적용 광선반시스템의 조명에너지 성능평가를 위해 광선반 미설치 타입, 고정형 광선반시스템 타입과 비교하여 조명에너지 소비 전력량을 분석하였다. IT기술 적용 광선반시스템 타입은 광선반 미설치 타입 및 고정형 광선반시스템 타입과 비교하여 조명에너지가 각 67%, 55%저감된다.

본 연구는 IT기술 적용 광선반시스템 조명에너지 저감에 대한 적정 높이 및 각도 규격을 도출하였으며, 광선반 미설치 타입, 고정형 광선반시스템 타입, IT기술 적용 광선반시스템 타입의 실험을 통해 조명에너지 저감을 확인 하였다. 아울러 시간대별 외부조도 반영, 디밍 조명제어 방식 및 제어 위한 경제성 검토, 주거의 특성을 반영한 성능평가 등에 대하여 차후 심도 깊은 연구가 필요시되며, 각각적인 IT 기술을 접목한 광선반시스템의 상호작용을 통한 주거공간 조명에너지 저감에 관련한 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 김덕우, 박철수(2009). 외피 친환경 성능평가 II:광선반, RetroLux. 한국태양에너지학회 2009년도 춘계학술발표 대회 논문집, 83-90.
2. 김봉균, 김정태(2005). 광선반 유형에 따른 실내 채광특성에 관한 축소모형 실험적 연구. 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집 통권9호, 43-50.
3. 김정태, 신현구, 김근(2003). 광반사를 이용한 광선반 채광시스템의 기본형상 설계 및 성능평가에 관한 연구. 대한건축학회지 제 19권 제3호 통권 제173호, 277-284.
4. 박병철, 김유신, 정근영, 최안섭, 이정호(2007). 광센서 조광제어시스템과 실내 차양장치의 연동을 위한 기초적 연구. 대한건축학회 2007년도 학술발표대회 논문집 - 계획계 제27권 제1호, 989-902.
5. 신현구(2003). 광선반의 채광성능평가에 관한 연구. 석사학위논문, 경희대학교 대학원.
6. 윤경, 조동우, 김강수(2011). Radiance 프로그램을 이용한 주거공간의 빛 환경 평가에 관한 연구. 대한건축학회지 제27권 제2호 통권 제268호, 227-234.
7. 이진호, 강기남, 문선헌(2009). 일반 커튼월의 성능평가를 통한 인공태양실험실(A.S.L.)의 운영 전략에 관한 연구. 대한설비공학회 2009년도 동계학술발표대회, 110-116.
8. 이정은, 최안섭(2005). 주거공간의 실내공간별 조도기준을 위한 빛환경 연구. 조명·전기설비학회논문지 제19권 제3호, 1-9.
9. 이종영, 송규동(2010). 학교교실의 빛환경 개선을 위한 애니돌릭 천장 자연채광 시스템 개발. 대한건축학회지 제26권 제11호, 327-338.
10. 이행우, 이시내(2011). 사무소 건물에서 수평형 광선반을 이용한 빛환경 개선. 한국생활환경학회지 제18권 제1호 통권 제60호, 145-152.
11. 임재한, 정진주, 이지영(2008). 학교 건물에서 외부 차양 장치 유형에 따른 일반교실 내 빛 환경 특성에 관한 연구. 한국교육시설학회지 제15권 제2호 통권 제63호, 4-15.
12. 장준호, 박병철, 최안섭(2006). 이중 광선반을 이용한 사무공간의 자연채광 성능평가에 관한 연구. 한국조명·전기설비학회 2006 추계학술대회 논문집, 13-18.
13. 정유근(2007). 창호일체형 광선반 시스템 채광성능 평가. 한국생태환경건축학회 논문집 v.7 n.5(통권 27호), 41-46.
14. 조수(2009). 건물에너지 통합 운영 기술 개발 현황. 대한건축학회지 제53권 제2호 통권357호, 30.
15. 조일식(2003). 광선반을 도입한 실내공간의 주광해석에 관한연구. 박사학위논문, 충남대학교 대학원.
16. 최태진, 이성주, 김유경, 김희서(2001). 공동주택에 있어 빛선반 활용에 따른 에너지 절감 예측에 관한 연구. 대한설비공학회 2001년도 하계학술발표회 논문집(II), 971-974.
17. 한상필(2010). 채광과 인공조명을 조화시키기 위한 조명제어방법에 관한 연구. 대한건축학회지 제26권 제8호, 317-324.

투고(접수)일자: 2012년 11월 6일
 수정일자: (1차) 2013년 2월 24일
 (2차) 2013년 2월 26일
 게재확정일자: 2013년 2월 26일