

에너지 저감을 위한 주거공간 내 위치인식기술 적용 광선반 시스템 개발연구

A Study on Light-Shelf System using Location-Awareness Technology for Energy Saving in Residential Space

김상훈(Sanghoon Gim), 김용성(Yongseong Kim)[†], 이행우(Henagwoo Lee), 서장후(JangHoo Seo)
국민대학교 테크노디자인전문대학원

The Graduate School of Techno Design, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea

(Received March 7, 2014; revision received April 17, 2014; Accepted: April 22, 2014)

Abstract Light shelf is an efficient system that reduces the energy consumption by bringing the natural light down to the deep spaces inside of a building. However, the existing light shelves have limits in reducing energy usage, because the direction of the light flow is determined by the external environment such as the altitude of the sun and the azimuth. This current study presents a system that increases the efficiency of the light shelf by applying the Location-Awareness technology, in which the efficiency was verified through the performance evaluation. According to the examination of the technology for the Location-Awareness within residential space, ‘Zigbee’ type appears to be the most appropriate. The Location-Awareness technology operates the light shelf based on both the angle control axis and the light shelf angle control axis through the modularization of the reflector surface which is less affected by the external environment. The results of the performance evaluation showed that the movable light shelf that employs the Location-Awareness technology can reduce the energy consumption for lighting by 98.3% compared to the fixed light shelf and by 97.3% compared to the movable light shelf without Location-Awareness.

Key words Light-Shelf(광선반), Location Awareness System(위치인식시스템), Standard lux(표준조도), Performance Evaluation(성능평가)

[†] Corresponding author, E-mail: kimsang80@naver.com

1. 서 론

1.1 연구의 목적 및 배경

한국의 경우에는 건물이 사용하는 에너지량은 전체 에너지 소비량의 38%로 높게 나타나고 있으며, 이중 22%가 조명에너지로 소비되고 있다.⁽¹⁾ 따라서 조명에너지 저감을 위한 창호 및 차양시스템의 성능 개선 연구는 지속적으로 요구된다. 이러한 조명 소비에너지 증가에 대한 해결책으로 자연채광 시스템 중에 하나인 광선반은 실외의 자연광을 반사를 통하여 실내 깊숙이 유입하여 조명에너지 저감을 유도할 뿐만 아니라 높은 조도의 빛이 직접적으로 유입되는 것을 막아 실내 쾌적성을 높인다는 측면에서 그 효율성을 인정받아 다양한 연구가 진행 중이다. 그러나 기존 광선반에 관련한 연구는 재실자의 정보를 고려하지 않은 광선반의 폭,

각도, 설치위치, 높이 등의 변인에만 초점이 맞추어져 진행되어서 효율을 높이지 못하고 있다. 특히 최근 창호의 단열성능 및 기밀성능을 고려하여 국토해양부에서 발표한 “건축물 에너지 절약을 위한 창호 설계 가이드라인”에서 창 면적비를 40% 이하로 제한하고 있어서 외부 자연광을 이용하는 광선반의 성능은 제한적일 것이라 판단되며, 이를 해결하기 위한 연구는 필요하다.

최근 IT 기술 기반의 에너지 저감 연구가 지속적으로 진행되고 있으며, 실환경에 적용되어서 실효가 입증된바 있다. 이러한 IT 기술 중 위치인식기술은 재실자의 위치에 따른 환경을 제공함으로써 불필요한 에너지 손실을 줄여 기존 광선반의 효율 증대 및 문제점 해결 방안을 제시할 것이라 판단한다.

본 연구는 일차적으로 광선반과 위치인식기술에 대한 고찰을 기반으로 위치인식기술 적용 광선반 시스템을 제안할 목적으로 하며, 제안된 위치인식기술 적용 광선반

시스템을 위치인식기술 미적용 광선반과 에너지 저감 성능을 비교 분석함으로써 성능을 검증하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 재실자의 위치정보를 기반으로 하는 위치인식기술 적용 광선반 시스템을 제안하였으며, 실내 주거 환경을 고려한 테스트베드를 구축하여 제안된 시스템의 에너지 저감 성능을 검증하였으며, 다음 3단계에 의하여 진행하였다.

첫 번째, 위치인식기술 적용 광선반 시스템 제안에 앞서서 광선반 및 위치인식기술에 대한 고찰의 단계로 광선반 시스템의 개념 및 적용사례를 통한 광선반 적용기술을 고찰하였으며, 광선반과 위치인식 기술을 접목하기 위한 위치인식 기술 및 특성에 대한 고찰을 하였다. 두 번째, 광선반 및 위치인식기술 고찰에 대한 내용을 기반으로 위치인식기술 적용 광선반 시스템을 제안하였다. 세 번째, 조명에너지 성능평가 간 가동형 광선반 변인을 설정하기 위하여 관련 연구를 고찰하였으며, 위치인식기술이 적용된 광선반 시스템 모델의 유효성을 검증하기 위하여 위치인식기술 적용 가동형 광선반 시스템, 위치인식기술이 미적용 된 고정형 광선반 및 가동형 광선반에 대한 조명에너지를 산출하여 적정조도에 대한 비교분석을 하였다. 성능 평가를 위한 적정 조도기준은 주거환경 KS표준조도기준을 고찰하여 근거하였다.

2. 광선반 및 위치인식기술

2.1 광선반 시스템 개념 및 적용사례

2.1.1 광선반 시스템 개념

광선반은 Fig. 1에서 나타나듯이 자연광 반사 시스템으로 외부 태양의 직사광선을 반사시켜 실내 깊숙이 유입시킬 뿐만 아니라 직접적인 입사로 인한 조도의 불균형, 눈부심 등의 문제점을 방지하는 시스템으로 실내 조도분포를 균일하게 하여 실내 공간의 질을 높이는 조명에너지 저감형 자연채광 시스템이다.

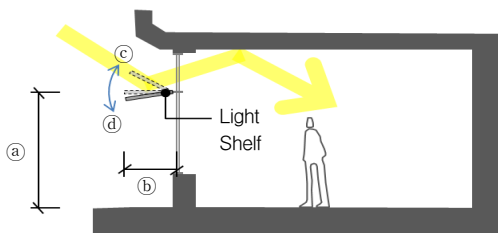


Fig. 1 Principle and variable of Light Shelf.

Table 1 Variable and Scope of Light Shelf

Variable	Scope	Variable	Scope
Width(mm)	200~1200	penetration ratio(%)	50~90
Angle	-10°~30°	Height(mm)	1800~2300

광선반에 관련한 변인은 Table 1에서 나타나듯이 폭, 설치위치, 설치각도, 재질, 높이로 분류할 수 있으며, 선행연구에서 제시하는 변인 범위⁽²⁾를 정리하였다. 선행 연구를 통하여 도출된 광선반 변인 범위는 본 연구의 광선반 성능평가 변인 설정의 근거로 활용하였다.

2.1.2 광선반 연구사례 및 적용사례

광선반의 성능평가 및 적용에 관련된 20여 편의 연구를 고찰한 결과 축소모형과 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 광선반의 크기, 각도, 설치 높이, 반사재질, 폭 등의 단순 변인에 따른 성능평가에만 초점이 맞추어져 있으며, 주거공간 내 재실자의 위치정보를 고려한 광선반 연구는 진행되지 않았다. 이는 광선반이 앞서서 언급

Table 2 Light shelf application case study

Name	Use/Type of Light Shelf
MT.AIR Public Library	- Educational facilities - Indoor and fixed Light Shelf type
Clackamas High School	- Educational facilities - Outdoor and fixed Light Shelf type
Education Executive Agency Tax Offices	- Office facilities - Type : Outdoor and fixed Light Shelf type with louver
Olson Kundig Unique Glass House Country Farmhouse	- Residential space - Indoor and fixed Light Shelf type
Hongkong and Shanghai Bank Headquarters	- Office facilities - Outdoor and fixed Light Shelf type using by Solar Tracking Device

한 것처럼 외부 자연광을 실내 깊숙이 유입하여 재실자의 요구조도를 충족시킨다는 측면에서 비효율적 이라고 판단된다.⁽³⁻⁵⁾

광선반의 적용사례는 Table 2에서 나타나듯이 고정형 광선반이 주를 이루며, IT 기술이 적용된 경우에도 단순히 외부 환경에만 반응하는 수준이다. 이에 본 연구에서 제시하는 재실자의 정보를 기반으로 하는 광선반 시스템에 대한 적용 사례는 없다고 판단되며, 효율적인 에너지 저감을 위한 재실자 위치인식 시스템을 적용한 광선반 시스템 제안이 요구된다.

2.2 위치인식기술 개념

위치인식기술은 인식 가능 영역에 따라서 Table 3에서 나타나듯이 매크로 위치인식 시스템, 마이크로 위치인식 시스템, 그리고 애드혹(ad-hoc) 위치인식 시스템으로 분류할 수 있다.⁽⁶⁾

2.2.1 매크로 위치인식 시스템

매크로 위치인식 시스템은 광범위한 위치인식 영역을 제공할 수 있으며, 위치기반 서비스를 위해 GPS(Global Positioning System)와 이동통신망을 기반으로 한 위치인식 시스템이 활용되고 있다.

2.2.2 마이크로 위치 인식 시스템

마이크로 위치 인식 시스템은 실내나 지하 또는 구조물하부 등 무선 환경 제약이 발생할 수 있는 환경에서 위치인식을 제공할 수 있다. 이러한 위치인식 방식에는 적외선 통신 기반 시스템, RF(Radio Frequency)신호 기반 시스템, 초음파 기반 시스템 등이 있다.

2.2.3 애드혹(ad-hoc) 위치인식 시스템

애드혹 위치 인식 시스템은 무선 센서 네트워크와 같이 위치인식을 위한 추가적인 하드웨어의 도입이 어려운 환경에서 위치정보를 가지는 래퍼런스 노드와의 무선 링크 연결성만으로 위치를 계산한다. 대표적인 애드혹 위치인식 시스템에는 Centroid, Distance Vector 등이 있다.

각 위치 인식 시스템의 특성을 요약하면 다음과 같다. 각 시스템마다 환경에 따라서 다른 한계점을 내포하고 있다. 위치인식의 대상인 사용자에 대하여 시간상, 공간상의 정보가 시스템을 통하여 데이터가 확보·관리된다. 본 연구에서는 거주공간을 위한 위치인식 시스템으로 가장 적합한 마이크로위치 인식 시스템을 통하여 연구를 진행한다. 위치인식 시스템의 고찰한 결과⁽⁷⁾ 적용 범위 및 장소 경제성을 고려할 경우 주거공간에 적합한 위치인식 시스템은 ZigBee에 의한 방식이라고 판단된다.

Table 3 Types and characteristics of location -awareness systems

Division	Coverage	Application	Characteristics
Macro System	GPS Within 10 m	Outdoor	Suitable for outdoor environments
	ZigBee Within 2~10 m	Indoor	Low installation costs, Receiver must possess recognizable
Micro System	Active Badge System Within 5 m	Indoor	Impact on the surrounding environment, such as sunlight interference, etc
	Active Bat Within 9 cm	Indoor	Required a ceiling sensor grid Required the Bat possession
	Radar 3~4 cm	Indoor	Required a wireless NIC
ad-hoc	Centroid -	Indoor Outdoor	-

2.3 주거환경 조도기준

주거공간에서의 조도는 재실자의 쾌적한 실내 빛 환경 구축과 조명에너지 제어 및 저감의 측면에서 밀접한 관계를 가진다. 실내로 유입되는 주광의 양이 과도할 경우 현휘현상에 의해 재실자에게 불쾌한 환경을 만들며, 차양을 통한 주광의 양의 조절이 필요하다.⁽⁸⁾ 반면 실내로 들어오는 빛의 양이 부족할 경우 인공조명을 사용하여 적정조도를 맞추게 되어 에너지 소비량이 증가된다. 따라서 주거공간에서 적정 기준조도를 유지하는 것은 조명에너지 저감 및 재실자에게 쾌적한 환경을 제공하는 것과 직결된다.

국내 적정 조도기준은 Table 4에서와 같이 KS표준 조도기준으로 정량적으로 제시하고 있으며, 각 공간별 최저, 최고, 표준기준조도로 구분하고 있다. 표준조도의 측정기준은 작업면에서의 수평조도를 나타내며, 실

Table 4 Based on the standard illumination KS

Division	Measurement Location	Illumination [lx]	Scope
Living room	General (Entertainment)	Above the floor 40 ± 5(cm)	150 -200 -300
	Work (Reading)		300 -400 -600

내공간의 조도기준 범위를 유지하는 조건 값을 나타낸다. 본 연구에서는 거실의 작업의 표준기준도인 400 lx를 광선반 성능 평가 기준으로 설정하였다.

3. 위치인식기술 적용 광선반 시스템 제안

3.1 위치인식기술 적용 광선반 시스템 개념

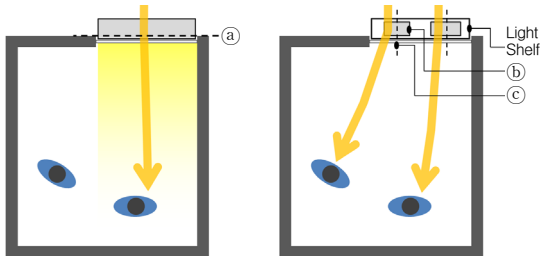
본 연구에서 제안하는 위치인식기술 적용 광선반 시스템은 기존의 광선반이 재실자의 위치와는 상관없이 태양고도 및 방위각 등의 외부환경에 의해서 실내로 유입되는 빛의 방향성이 결정되어 에너지 저감 효율이 떨어지는 문제점을 해결하고자 한다. Fig. 3에서 나타나듯이 위치인식기술 적용 광선반 시스템은 기존 가동형 광선반의 각도제어 뿐만 아니라 반사판을 모듈화 하여 광선반 모듈 각도를 제어함으로써 재실자의 위치정보를 기반으로 외부 자연광을 유입한다. 즉, 광선반의 각도 제어 회전축과 광선반 모듈 회전축은 수직방향으로 형성하여 외부환경에 대응하며, 재실자의 위치를 추적하여 쾌적한 빛환경 형성이 가능하다. 단, 재실자의 위치를 기반으로 빛을 유입시키는 과정에서 기존 광선반에 의해서 얻어지는 실내 균제도⁽⁹⁾ 개선은 없을 것이라 판단한다.

앞서서 언급한 것처럼 기존 선행연구에 적용된 광선반은 외부환경에 의해서 형성되는 내부 조도분포에만 중점을 두고 있어서 광선반의 에너지 저감 성능을 극대화 하지 못한다. 반면 위치인식기술 적용 광선반 시스템은 외부환경 요소와 재실자의 위치정보를 반영하여 효율적인 조명에너지 저감을 가져올 것이라 판단한다.

3.2 위치인식기술 적용 광선반 시스템 가동 제어

위치인식기술 적용 광선반 시스템의 재실자의 위치

Ⓐ: Light shelf angle control axis, Ⓑ: Light shelf modules, Ⓒ: Light shelf modules angle control axis



Occupant A : impact of Light shelf(X) OccupantA : impact of Light shelf(O)
OccupantB : impact of Light shelf(O) OccupantB : impact of Light shelf(O)

Fig. 2 Left : Existing light shelf, Right : Apply light shelf location-awareness system.

인식은 실내공간의 크기 및 용도에 따라서 특정 개수로 zone을 분할하여 실시하며, 광선반 제어는 다음의 절차에 의거 진행된다.

3.2.1 광선반 각도 제어

재실자가 입실 시 재실자가 위치한 zone에 대한 정보가 서버로 전송된다. 서버는 본 연구에서 설정한 표준조도 400 lx를 만족하는 광선반 적정 각도를 찾기 위하여 설정된 범위의 광선반 각도 가동 신호를 송출하며, 광선반 각도 가동에 따른 조도 값은 서버로 전송된다. 이후 전송된 광선반 각도에 따른 조도 값을 근거로 재실자가 위치한 zone의 표준조도 400 lx를 만족하거나 근접하는 값을 보이는 광선반 각도로 재가동을 실시한다. 광선반이 재가동이 이루어진 후, 재실자가 위치한 zone의 조도 값이 표준조도 400 lx 이상일 경우에는 광선반 제어를 종료하며, 400 lx 이하의 경우에는 광선반 모듈 각도 제어를 실시한다.

3.2.2 광선반 모듈 각도 제어

광선반의 모듈 각도 제어는 재실자의 위치를 기준으로 거리상 가장 멀리 떨어진 모듈을 우선으로 가동하도록 하였다. 즉, 광선반 모듈 각도 제어는 재실자의 위치정보를 기준으로 재실자와 가장 먼 모듈부터 가동하여 표준조도 400 lx값을 만족하거나 근접하는 모듈 각도를 찾아 가동하며, 첫 번째 모듈 가동에도 표준조도 400 lx를 만족하지 못할 시 순차적으로 다음 모듈의 각도 제어가 되도록 하였다. 또한 마지막 모듈의 가동이 이루어진 이후 표준조도 400 lx를 만족하지 못

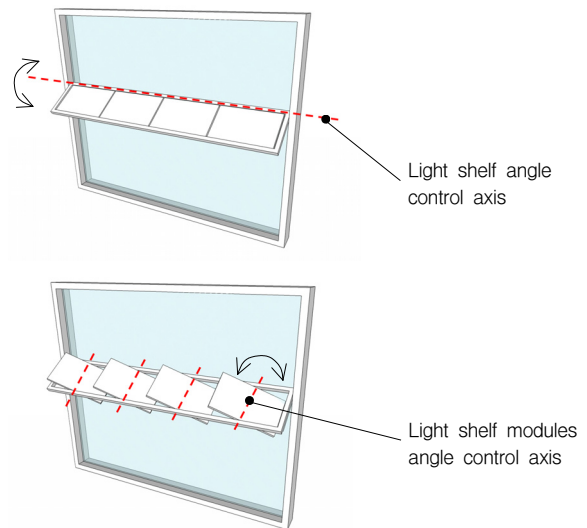


Fig. 3 Top : Light shelf angle control axis, Bottom : Light shelf angle control axis.

할 시 조명을 켜도록 하였다.

3.3 위치인식 광선반 시스템 구성 및 에너지 저감 방안

위치인식기술 적용 광선반 시스템 구성도는 광선반 시스템 및 위치인식기술에 대한 고찰을 기반으로 하여 사용자인식기술 적용 광선반 시스템⁽¹⁰⁾과 동일하게 S사의 협력을 받아 Fig. 4와 같이 구성도를 제안하였다. 구성도에 따라서 위치인식 및 광선반과 조명제어가 가능하도록 서버를 구축하였다. 그에 대한 세부 내용은 다음과 같다.

위치인식은 Zigbee 방식의 태그를 통하여 이루어지며, 공간의 성격 및 물리적 크기에 따라서 특정 영역의 Zone으로 분할하여 위치인식이 이루어지도록 하였다. 태그소지자가 입실 시 수신기(Master, Detector)에 의한 재실자가 위치하는 Zone을 감지하여 재실자 위치 정보를 홈서버로 전송한다.

홈서버는 재실자의 위치정보를 기반으로 광선반을 설정된 각도 가동을 실시하며, 가동에 따른 재실자가 위치한 Zone에 대한 조도센서 값을 추출하며, 표준조도 400 lx에 적정한 각도를 찾아 재가동한다. 광선반의 각도 제어로 재실자가 위치한 Zone이 표준조도를 만족할 경우 광선반 제어를 마무리하며, 광선반의 각도 제어에도 재실자가 위치한 Zone의 측정 조도가 표준조도 400 lx 미만일 경우 광선반 모듈 각도 제어를 실시한다.

광선반의 모듈 각도 제어는 재실자가 위치한 Zone과 거리가 먼 모듈부터 순차적으로 각도 제어를 실시하며, 모듈 각도 제어는 재실자가 위치한 Zone의 조도 정보를 추출하여 재실자가 위치한 Zone의 조도가 표준조도 값을 만족하는 모듈각도를 찾아 가동한다.

광선반 제어 이후에도 표준조도 400 lx를 만족하지 못하는 경우에는 조명제어를 실시하며, 광선반 제어는 재실자의 위치정보 변경 및 표준조도 이하의 값으로 변경될 경우 앞선 과정을 반복한다.

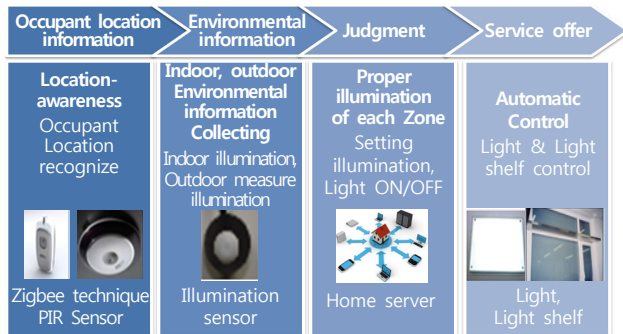


Fig. 4 Outline of Location-Awareness.

Table 5 Setup of light shelf system experiments

Type	Location awareness	Light angle
Fixed Light shelf without Location awareness	×	0° fix
movable light shelf without Location awareness	×	Movable
movable light shelf with Location awareness	O	Movable

본 연구에서 제안하는 위치인식기술 적용 광선반 시스템은 기존의 광선반이 단일축에 의하여 가동되어 외부 자연광의 고도 및 방위각에 의하여 채광성능이 결정되는 단점을 보완하기 위하여 광선반 각도제어 및 광선반 모듈 각도제어를 위한 수직되는 2개의 축을 두어 외부환경요소에 상관없이 에너지 저감 효율을 높일 수 있다. 또한 실내의 조도값 및 재실자의 위치정보를 수집하여 실내 빛환경을 조성함으로써 재실자 위치중심의 조도 값을 충족시킬 수 있는 시스템이다.

4. 위치인식기술 적용 광선반 시스템 성능평가

4.1 위치인식기술 적용 광선반 시스템 성능평가 방법

4.1.1 위치인식기술 적용 광선반 시스템 성능평가를 위한 실험 설정

위치인식기술 적용 광선반의 성능평가를 하기 위하여 Table 5와 같이 위치인식 기술 미적용 고정형 광선반, 위치인식기술 미적용 가동형 광선반, 위치인식기술 적용 가동형 광선반을 설정하여 각각 실험에 대한 조명에너지 소비량을 측정하여 위치인식기술 적용 광선반 시스템의 성능을 검증하였다. 조명제어를 위한 기준은 KS 조도기준을 근거로 거실 및 안방에서의 작업 표준조도인 400 lx를 기준으로 하였다.

4.1.2 조명에너지 사용량 산출방법

본 연구에서는 위치인식기술 미적용 고정형 광선반, 위치인식기술 미적용 가동형 광선반, 위치인식기술 적용 가동형 광선반 시스템을 설치 및 적정가동 이후 조명 제어에 따른 조명 전력사용량을 도출하여 성능검증이 진행되었다.

성능검증은 Fig. 5에서 나타나듯이 위치인식기술 적용 광선반 시스템의 성능검증과 동일하게 하지, 춘추분, 동지에 대하여 실시하였으며, 오전 10시부터 오후 3시 까지를 성능평가에 반영하였다. 시간대별 외부조도⁽¹¹⁾는 관련연구를 기반으로 설정하였으며, 하지의 경우



Fig. 5 Outdoor illumination from 10:00 to 15:00 across the different four season.

최대 8만 lx, 춘추분 최대 6만 lx, 동지 최대 3만 lx의 조도를 설정하였다. 또한 조명에너지 소비 전력량을 계산하기 위하여 24절기(절기 당 약 15일)의 하지, 춘추분, 동지를 포함하는 일수 15일을 기반으로 조명에너지 소비 전력량을 산출 하였다. 단, 본 연구에서는 테스트베드의 인공태양광 조사장치는 방위각 조절이 불가능하여 정남향의 방위각에 대하여 외부 태양광의 조도만 반영하여 진행하였다.

4.2 성능평가 환경설정

4.2.1 에너지 성능평가 테스트베드 개요

본 연구에서는 위치인식기술 적용 광선반 시스템의 효율성을 검증하기 위하여 테스트베드를 구축하여 진행하였다. 테스트베드는 Table 6에서 나타나듯이 폭 4.9 m, 길이 6.6 m, 천장고 2.5 m로 설계되어 있으며, 개구부 크기는 폭 2.2 m, 높이 1.8 m이며 개구부의 유리 재질은 12 T 복층유리를 사용하였다. Fig. 6은 테스트

Table 6 Outline of test bed model

Test bed model outline	
Space size and material	4.9 m(W) × 6.6 m(D) × 2.5 m(ceiling height) wall : reflexivity 46%, ceiling : reflexivity 86%
Window size and material	2,200 mm(W) × 1,800 mm(H) pair glass 12 mm(3 mm + 6 mm + 3 mm)
Aspect	South aspect



Fig. 6 Test bed and Chamber view.

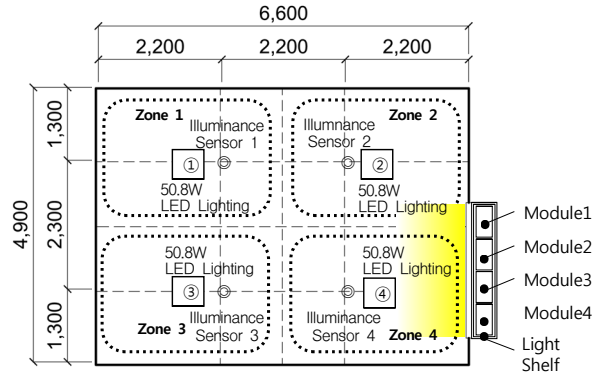


Fig. 7 Plane of Test bed, location-awareness system, and light shelf module.

트베드 및 챔버 전경이다.

테스트베드의 외부에는 인공태양광조사장치를 구축하였으며, 각각의 램프 밝기를 조절하여 조도 값을 조절하였다. 인공태양광조사장치의 높이와 각도조절을 통하여 태양고도에 따른 계절 및 외부환경을 조성하였다. 실험 공간의 조도 측정을 위한 조도센서는 Fig. 7에서 나타나듯이 2,200 mm 간격으로 배치하였으며, 작업면 높이를 기준으로 바닥으로부터 45 cm에 설치하였다.

4.2.2 위치인식을 위한 Zone설정 및 광선반 모듈 설정

본 연구의 위치인식기술 적용 광선반 시스템 성능 평가는 Fig. 8에서 나타나듯이 테스트베드를 4개의 Zone으로 분할하여 위치인식이 이루어지게 구축하였으며, 광선반의 모듈 또한 4개로 분할하였다. 위치인식을 위한 시스템 구축은 S사의 협조를 받아 진행되었다.

4.2.3 광선반 시스템 구성

위치인식기술 적용 광선반의 성능검증을 위해서 본 연구는 광선반 시스템의 다양한 변수 중에 광선반 각도 및 광선반 모듈 각도에 대하여 실험의 변수로 설정하여 결과값을 도출하였다. 기타 광선반 시스템의 다른 변수인 광선반의 타입, 폭, 반사율, 높이는 선행연구의



Fig. 8 Operation of light shelf module.

Table 7 Setup of light shelf

Light shelf size(width)	outdoor	300 mm
Light shelf height	1800 mm	
Reflexibility	specular reflection film (reflexibility 85%)	
Meridian transit altitude	Summer solstice	76.5
	Vernal and Autumnal equinox	53
	Winter solstice	29.5
Angle range	-10°~30°(5° unit)	
Module angle range	-30°~30°(3° unit)	

결과를 고찰하여 다음 Table 7과 같이 통제하였으며, 이는 조명해석 프로그램을 이용한 광선반의 적정크기⁽¹²⁾ 선정 및 채광성능분석에 관한연구의 선행연구를 근거한다.

광선반의 타입별 폭의 설정은 앞서서 고찰한 광선반 시스템 관련 변인은 관련 선행연구를 근거하였으며, 모듈로 인하여 발생하는 광선반의 하중을 고려하여 폭 300 mm의 외부형 광선반을 적용하였다. 광선반의 높이는 성능이 가장 우수하게 나타난 1800 mm로 제한하여 설정하였다. 또한 본 연구에서는 광선반의 각도 변화를 -10°~30°의 범위를 5° 단위로 높여 실험하였으며, 광선반의 모듈은 -30°~30°의 범위를 3° 단위로 가동하도록 설정하여 성능평가를 진행하였다.

4.3 위치인식기술 적용 광선반 시스템 조명에너지 성능 평가 결과

위치인식기술 적용 광선반 시스템의 에너지저감 성능을 평가하기 위하여 앞서서 언급한 것처럼 위치인식 기술 미적용 고정형 광선반 시스템과 위치인식기술 미적용 가동형 광선반 시스템을 조명과 연동하여 조명에너지 사용량을 도출하여 비교 및 분석하였으며, 위치인식을 위한 영역을 테스트베드를 4개의 영역으로 분할하여 조도센서를 위치하였다. 센서와 조명은 연동하여 KS 조도기준의 거실 작업 기준의 표준조도인 400 lx를 기준으로 조명제어 하도록 하였다.

4.3.1 위치인식기술 미인식 고정형 광선반 시스템 조명에너지 소비 전력량

위치인식기술 미적용 고정형 광선반은 Table 11의 광선반 각도 0°의 조도값 및 재실자표준조도 400 lx를 기준으로 조명을 ON/OFF함으로써 조명에너지 소비 전력량을 산출하였다. 조명에너지 소비 전력량을 산출한 결과는 Table 8에서 나타나듯이 하지, 춘추분, 동지 포함 60일 기준으로 동지 1.524 kWh, 춘추분 15.240

Table 8 Energy performance evaluation of fixed light shelf without location awareness

Division	Lighting energy consumption = {illumination energy(lightON)×time} ×seasons(days)
winter	{50.8 W(0)×3 + 50.8 W(1)×2} × 15 = 1.524 kWh
Spring and autumn	{50.8 W(2)×2 + 50.8 W(2)×3} × 30 = 15.240 kWh
Summer	{50.8 W(2)×2 + 50.8 W(2)×3} × 15 = 7.620 kWh
Total lighting energy consumption 24.384 kWh	

kWh, 하지 7.620 kWh으로 총 24.384 kWh 소비되었다.

4.3.2 위치인식기술 미적용 가동형 광선반 시스템 조명에너지 소비 전력량

위치인식기술 미인식 가동형 광선반 시스템은 광선반의 각도 제어 단계의 광선반으로써 4개의 실내 조도 측정값 중 표준조도 400 lx를 많이 만족하는 개수를 가진 광선반 각도를 우선으로 선정하였으며, 400 lx를 만족하는 센서의 개수가 동일시 400 lx에 근접하는 각

Table 9 Light shelf's proper angle of movable light shelf without location awareness

Division	Outdoor illumination	Light shelf proper angle
Winter	20,000 lx	10°
	30,000 lx	-10°
Spring and Autumn	50,000 lx	30°
	60,000 lx	30°
Summer	70,000 lx	20°
	80,000 lx	20°

Table 10 Energy performance evaluation of movable light shelf without location awareness

Division	Lighting energy consumption = {illumination energy(lightON) × time} × seasons(days)
winter	{50.8 W(0)×3 + 50.8 W(0)×2} × 15 = 0 kWh
Spring and autumn	{50.8 W(1)×2 + 50.8 W(1)×3} × 30 = 7.620 kWh
Summer	{50.8 W(2)×2 + 50.8 W(2)×3} × 15 = 7.620 kWh
Total lighting energy consumption 15.240 kWh	

Table 11 Estimation of Illumination sensor according to angle of light shelf at four seasons

season	outdoor illumination	Angle of light shelf	Illumination sensor output data			
			1	2	3	4
winter solstice	20,000 lx	-10	379.49	592.11	465.56	14095.39
		-5	386.26	599.62	473.00	14150.08
		0	388.94	604.99	477.42	14133.94
		5	395.23	607.57	482.43	14135.21
		10	401.99	611.13	491.87	14136.55
		15	405.93	617.57	496.63	14150.52
	30,000 lx	20	413.59	619.56	507.10	14148.04
		25	410.00	621.38	504.33	14154.37
		30	411.05	620.37	502.92	14161.28
		-10	569.23	888.17	698.34	21143.09
		-5	579.39	899.43	709.50	21225.12
		0	583.41	907.49	716.12	21200.91
vernal and autumnal equinox	50,000 lx	5	592.85	911.35	723.64	21202.82
		10	602.98	916.69	737.80	21204.83
		15	608.90	926.35	744.94	21225.77
		20	620.39	929.34	760.65	21222.07
		25	614.99	932.07	756.49	21231.55
		30	616.58	930.55	754.38	21241.92
	60,000 lx	-10	244.06	942.23	275.15	1709.37
		-5	225.81	689.17	261.91	1268.30
		0	225.31	688.84	270.38	1268.73
		5	226.11	677.33	270.15	1243.31
		10	234.51	697.61	274.90	1276.37
		15	244.76	711.27	298.86	1298.90
summer solstice	70,000 lx	20	253.72	764.02	283.59	1245.16
		25	240.81	711.86	283.35	1287.46
		30	269.64	715.82	525.16	1731.65
		-10	292.87	1130.67	330.18	2051.24
		-5	270.97	827.00	314.29	1521.96
		0	270.37	826.61	324.46	1522.47
	80,000 lx	5	271.33	812.80	324.18	1491.98
		10	281.41	837.13	329.88	1531.65
		15	293.71	853.52	358.63	1558.68
		20	304.46	916.83	340.31	1494.19
		25	288.98	854.23	340.02	1544.95
		30	323.57	858.98	630.19	2077.98
summer solstice	70,000 lx	-10	134.34	417.65	153.51	748.98
		-5	139.70	418.22	153.82	756.56
		0	140.25	420.23	152.23	760.23
		5	140.35	423.12	154.23	760.50
		10	140.99	431.21	156.91	760.98
		15	141.85	428.18	158.39	764.83
	80,000 lx	20	140.80	420.13	157.58	762.12
		25	140.45	416.44	160.12	747.08
		30	175.07	461.24	222.09	848.99
		-10	153.53	477.31	175.44	855.98
		-5	159.65	477.96	175.79	864.64
		0	158.23	480.21	178.54	850.23
80,000 lx	5	160.21	485.23	178.23	860.54	
	10	161.14	492.81	179.32	869.70	
	15	162.12	489.34	181.02	874.10	
	20	160.21	493.75	176.23	871.23	
	25	160.52	475.93	183.00	853.80	
	30	200.08	527.13	253.81	970.27	

◻ : Below 400 lx value

도를 반영하였다. 그에 따른 동지, 춘추분, 하지시의 광선반 적정 각도는 Table 9와 같다.

위치인식기술 미적용 가동형 광선반의 적정 각도에 따른 조명에너지 소비 전력량은 Table 10에서 나타나듯이 동지 0 kWh, 춘추분 7.620 kWh, 하지 7.620 kWh으로 총 15.240 kWh 소비되었다. 특히 동지의 경우에는 낮은 고도로 인하여 400 lx를 만족하고 있어서 이후 위치인식기술 적용 광선반의 모듈 각도 제어가 불필요할 것이라 판단된다.

4.3.3 위치인식기술 적용 가동형 광선반 시스템 조명에너지 소비 전력량

위치인식기술 적용 가동형 광선반 시스템은 위치인식기술 미적용 가동형 광선반의 적정 각도를 기반으로 재실자의 위치에 따라서 광선반의 모듈이 가동된다. 재실자의 위치 및 절기에 따른 광선반 모듈 가동은 Table 12와 같이 도출된다. 춘추분의 경우에는 광선반의 적정각도인 30°에 대하여 Zone1의 조도가 부족하게 나타나서 Zone1에 재실자가 있을 경우에 광선반 모듈이 필요하며, 다른 Zone에 재실자가 있을 경우 광선반 모듈에 의하여 조도의 변화가 생길 우려가 있기 때문에 실내 조도의 변화는 고려해야 한다. 하지의 경우에는 적

Table 12 Estimation of illumination sensor according to operation of module at the vernal and autumnal equinox, summer solstice

season	outdoor illumination	occupants information				Control sequence of Light shelf module
		Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	
vernal and autumnal equinox	50,000 lx, 60,000 lx	○	×	×	×	module 4, module 3, module 2, module 1
		○	○	×	×	
		○	×	○	×	
		○	×	×	○	
		○	○	×	×	
		○	×	○	×	
		○	×	×	○	
		○	○	○	○	
		○	○	×	×	
		○	○	×	×	
		○	×	×	×	
		○	○	×	×	
summer solstice	70,000 lx, 80,000 lx	×	×	○	×	module 1, module 2, module 3, module 4
		×	○	○	×	
		×	×	○	○	
		×	○	○	○	
		○	○	○	○	
		○	○	○	○	
		○	×	×	×	
		○	○	×	×	
		○	×	×	○	
		○	○	×	○	
		○	○	○	○	
		○	○	○	○	

◻ : Below 400 lx value zone

Table 13 Estimation of illumination sensor according to angle of light shelf module at summer solstice

Occupant location	Outdoor Illumination	Angle of Light Shelf	Estimation of Illumination sensor				Outdoor Illumination	Angle of Light Shelf	Estimation of Illumination sensor					
			1	2	3	4			2	3	4	4		
Zone1	70,000 lx	fix : 20° (angle of light shelf) ↓ operation : light shelf module 4	30	225.58	939.28	271.06	1917.31	80,000 lx	fix : 20° (angle of light shelf) ↓ operation : light shelf module 4	1	257.81	1073.46	309.78	2191.21
			27	230.61	918.68	273.44	1866.54			27	263.56	1049.92	312.50	2133.19
			24	219.72	969.13	273.53	1941.10			24	251.11	1107.58	312.61	2218.40
			21	212.45	967.97	274.10	1976.76			21	242.80	1106.25	313.25	2259.15
			18	213.77	967.39	272.65	1874.67			18	244.31	1105.59	311.60	2142.48
			15	222.75	942.95	270.55	1994.99			15	254.57	1077.65	310.77	2279.99
			12	408.73	1594.88	581.94	4405.46			12	467.12	1822.73	665.08	5034.81
			9	220.21	972.99	277.72	1954.16			9	251.67	1111.99	317.39	2233.33
			6	218.85	982.53	273.05	1850.85			6	250.12	1122.89	312.05	2115.26
			3	219.40	938.26	272.80	1866.82			3	250.74	1072.30	311.77	2133.50
			0	215.17	932.80	272.32	1922.55			0	245.91	1066.05	311.22	2197.20
			-3	214.86	971.03	271.37	1960.55			-3	245.55	1109.75	310.13	2240.62
			-6	238.16	970.00	272.65	1881.95			-6	272.19	1108.57	311.61	2150.80
			-9	226.08	883.35	271.93	1887.45			-9	258.37	1009.54	310.77	2157.08
			-12	220.83	913.06	267.97	1876.85			-12	252.38	1043.50	306.26	2144.97
			-15	215.16	914.04	269.88	1911.26			-15	245.90	1044.62	308.43	2184.30
			-18	548.40	2227.76	411.23	2467.73			-18	626.74	2546.01	469.98	2820.26
			-21	230.08	1016.09	275.82	1968.14			-21	262.94	1161.25	315.22	2249.30
			-24	230.02	944.02	270.40	1913.73			-24	262.88	1078.89	309.03	2187.12
			-27	217.51	944.36	267.08	1890.44			-27	248.58	1079.27	305.24	2160.50
			-30	216.41	931.51	268.77	1900.78			-30	247.33	1064.58	307.17	2172.32
			30	144.72	459.55	166.50	829.64			30	165.39	525.19	190.29	948.16
			27	147.65	456.28	166.65	839.64			27	168.74	521.47	190.46	959.59
			24	148.59	457.71	163.97	828.88			24	169.82	523.10	187.39	947.29
			21	147.24	459.98	167.87	845.38			21	168.27	525.69	191.85	966.15
			18	144.35	454.96	166.21	842.89			18	164.97	519.95	189.95	963.30
			15	147.34	456.52	166.57	835.72			15	168.39	521.74	190.37	955.10
			12	145.62	458.20	165.48	833.01			12	166.42	523.65	189.12	952.02
			9	150.73	460.35	165.62	851.48			9	172.27	526.11	189.28	973.12
			6	150.73	460.35	165.62	851.48			6	172.27	526.11	189.28	973.12
3	143.53	457.90	167.59	838.78	3	164.03	523.31	191.54	958.60					
0	147.83	641.84	181.52	1284.83	0	168.95	733.53	207.46	1468.38					
-3	153.49	511.53	177.80	962.78	-3	175.41	584.60	203.20	1100.33					
-6	149.18	456.05	167.84	856.28	-6	170.49	521.20	191.82	978.60					
-9	146.25	452.36	166.71	835.77	-9	167.14	516.99	190.52	955.16					
-12	145.82	457.29	165.33	849.29	-12	166.65	522.62	188.95	970.62					
-15	146.70	456.63	168.16	843.67	-15	167.66	521.86	192.18	964.19					
-18	147.81	461.04	167.70	844.59	-18	168.93	526.90	191.66	965.25					
-21	147.14	464.63	166.47	840.47	-21	168.16	531.00	190.25	960.54					
-24	153.03	493.37	170.18	844.38	-24	174.89	563.85	194.49	965.01					
-27	359.74	1758.86	281.11	1328.26	-27	411.13	2010.12	321.27	1518.02					
-30	147.67	459.80	165.01	833.80	-30	168.77	525.49	188.59	952.92					
30	351.38	1717.08	277.50	1216.59	30	401.57	1962.37	317.14	1390.39					
27	349.32	1724.58	277.95	1184.76	27	399.22	1970.95	317.66	1354.01					
24	345.91	1728.99	278.03	1235.88	24	395.32	1975.99	317.75	1412.44					
21	345.00	1716.55	278.08	1221.32	21	394.28	1961.77	317.81	1395.79					
18	361.66	1722.07	277.70	1212.37	18	413.32	1968.08	317.37	1385.56					
15	344.37	1715.17	278.62	1210.85	15	393.57	1960.19	318.42	1383.83					
12	342.86	1699.59	279.28	1235.11	12	391.84	1942.39	319.17	1411.55					
9	349.38	1718.17	273.08	1238.55	9	399.29	1963.62	312.10	1415.48					
6	348.37	1715.37	275.41	1242.87	6	398.13	1960.42	314.75	1420.42					
3	355.01	1726.61	273.70	1235.72	3	405.73	1973.27	312.80	1412.25					
0	359.74	1758.86	281.11	1328.26	0	411.13	2010.12	321.27	1518.02					
-3	346.00	1767.47	286.03	1329.94	-3	395.42	2019.97	326.89	1519.94					
-6	347.44	1700.18	280.37	1197.03	-6	397.07	1943.07	320.42	1368.04					
-9	507.36	2944.38	451.37	2368.75	-9	579.84	3365.00	515.85	2707.14					
-12	370.14	1780.40	283.18	1307.96	-12	423.01	2034.74	323.64	1494.81					
-15	338.80	1726.88	278.24	1210.58	-15	387.20	1973.58	317.99	1383.52					
-18	362.02	1695.59	276.33	1229.08	-18	413.74	1937.82	315.80	1404.66					
-21	345.66	1707.59	276.60	1196.35	-21	395.04	1951.53	316.12	1367.26					
-24	356.29	1724.41	279.50	1230.45	-24	407.19	1970.75	319.43	1406.23					
-27	347.56	1700.14	276.17	1190.05	-27	397.21	1943.01	315.62	1360.06					
-30	354.17	1722.34	276.85	1223.09	-30	404.77	1968.39	316.40	1397.81					

정 각도인 20°에 대하여 Zone1과 Zone3에 재실자가 위치할 경우에 대하여 광선반 모듈 가동이 필요하며, 재실자의 위치에 따라서 광선반의 모듈 제어 순서는 앞서서 언급한 것처럼 조도를 측정하는 센서의 위치가 먼 순으로 제어가 되기 때문에 재실자가 Zone1과 Zone3에 위치 시 다르게 나타난다. 단, 동지의 경우에는 앞서서 언급한 것처럼 광선반 각도 제어를 통하여 Zone1, Zone2, Zone3, Zone4의 조도는 표준조도인 400 lx를 만족하여

광선반 모듈 가동은 필요 없다.

위치인식기술 적용 가동형 광선반의 적정 각도 및 광선반 모듈의 각도 제어에 따른 조명에너지 소비 전력량은 Table 13과 Table 14에서 나타나듯이 동지, 춘추분, 하지에 상관없이 광선반의 모듈 각도 제어를 통하여 표준조도 400 lx를 만족하여 조명에너지 사용량은 0 kWh로 도출된다. 단, 본 연구에서는 Table 15에서 나타나듯이 광선반 가동을 위한 전력사용량을 산출

Table 14 Estimation of illumination sensor according to angle of light shelf module at vernal and autumnal equinox

Occupant location	Outdoor Illumination	Angle of Light Shelf	Estimation of Illumination sensor				Outdoor Illumination	Angle of Light Shelf	Estimation of Illumination sensor								
			2	3	4	4			4	4	3	4					
Zone1 위치	50,000 lx		1	272.97	724.92	530.64	1745.96			3	327.57	869.90	636.77	2095.15			
			27	266.16	727.45	529.67	1736.92			27	319.39	872.94	635.60	2084.31			
			24	273.16	726.06	528.30	1745.29			24	327.79	871.27	633.96	2094.35			
			21	273.79	734.66	533.90	1741.40			21	328.55	881.59	640.68	2089.68			
			18	266.12	721.33	524.20	1720.55			18	319.35	865.60	629.04	2064.66			
			15	273.51	736.24	532.34	1733.68			15	328.21	883.49	638.81	2080.41			
			12	270.69	731.44	528.61	1736.13			12	324.83	877.73	634.33	2083.36			
			fix : 30° (angle of light shelf)	9	278.15	725.71	533.27	1735.05			fix : 30° (angle of light shelf)	9	333.78	870.86	639.93	2082.06	
				6	272.84	730.72	524.66	1741.15			6	327.41	876.87	629.60	2089.38		
				3	277.33	729.46	524.63	1737.73			3	332.79	875.35	629.56	2085.28		
				↓	0	266.16	724.04	523.19	1735.20			↓	0	319.40	868.85	627.82	2082.24
			operation : light shelf module 1	-3	274.94	730.35	528.22	1736.27			operation : light shelf module 1	-3	329.92	876.42	633.86	2083.53	
				-6	273.38	723.94	526.27	1724.02			-6	328.05	868.73	631.52	2068.83		
				-9	268.70	725.65	525.16	1738.87			-9	322.44	870.78	630.19	2086.64		
				-12	269.51	716.92	525.06	1720.90			-12	323.41	860.30	630.07	2065.08		
				-15	272.99	720.16	531.54	1738.75			-15	327.58	864.20	637.85	2086.50		
				-18	273.87	730.80	529.76	1741.17			-18	328.65	876.97	635.71	2089.40		
				-21	274.80	722.99	532.02	1743.62			-21	329.76	867.59	638.42	2092.35		
				-24	271.99	730.10	525.31	1737.61			-24	326.39	876.12	630.37	2085.14		
				-27	275.77	732.15	528.20	1742.73			-27	330.93	878.57	633.84	2091.28		
				-30	270.93	724.74	528.82	1737.29			-30	325.12	869.68	634.58	2084.75		
				30	242.16	709.73	283.69	1301.53		60,000 lx	30	290.59	851.68	340.43	1561.83		
				27	239.54	716.51	279.81	1302.04			27	287.45	859.81	335.78	1562.45		
				24	233.59	703.80	278.42	1294.34			24	280.31	844.57	334.10	1553.21		
				21	242.01	713.78	281.64	1295.14			21	290.41	856.54	337.97	1554.17		
				18	239.82	703.75	280.75	1301.29			18	287.79	844.50	336.90	1561.54		
				fix : 30° (angle of light shelf)	15	242.68	702.40	281.13	1298.40			fix : 30° (angle of light shelf)	15	291.22	842.88	337.36	1558.08
					12	243.53	717.29	281.71	1298.70			12	292.23	860.74	338.06	1558.44	
					9	238.12	708.71	282.77	1298.16			9	285.74	850.45	339.32	1557.80	
					6	241.41	700.41	282.53	1299.75			6	289.69	840.49	339.04	1559.70	
		fix : 9° (angle of light shelf module 1)	3	424.33	812.63	1715.90	3847.12			fix : 9° (angle of light shelf module 1)	3	509.19	975.15	2059.08	4616.55		
			0	273.35	733.37	534.24	1748.88			0	328.02	880.05	641.08	2098.66			
			-3	243.57	710.01	286.65	1303.51			-3	292.29	852.01	343.98	1564.21			
			-6	238.74	704.07	280.71	1313.91			-6	286.49	844.88	336.85	1576.69			
		operation : light shelf module 2	-9	235.13	710.37	279.14	1294.43			operation : light shelf module 2	-9	282.16	852.44	334.96	1553.32		
			-12	239.61	711.73	281.51	1315.50			-12	287.53	854.08	337.81	1578.60			
			-15	239.32	707.59	282.25	1297.77			-15	287.18	849.11	338.70	1557.32			
			-18	236.58	705.57	282.75	1288.05			-18	283.90	846.68	339.30	1545.66			
			-21	231.28	706.25	285.82	1299.41			-21	277.54	847.50	342.98	1559.30			
			-24	244.01	716.36	283.05	1296.62			-24	292.81	859.63	339.66	1555.94			
			-27	241.81	712.33	286.32	1309.59			-27	290.17	854.80	343.59	1571.50			
			-30	239.63	712.55	283.69	1304.68			-30	287.56	855.06	340.43	1565.62			

하여 반영하였다. 광선반 가동을 위한 전력사용량은 H사의 기술협의를 통하여 10 W모터를 사용하며, 광선반 각도 제어를 위한 전력사용량은 매 시간단위로 1분 가동을 가정하여 산출하였으며, 위치인식을 위한 광선반 모듈 가동시간은 1분으로 설정하였다. 또한 위치인식 관련 연구를 근거로 한 시간당 평균 10번의 위치인식을 위한 Zone을 변경⁽¹³⁾하는 것으로 적용하여 광선반 제어시 필요한 전력으로 산출하였다.

광선반 가동에 의한 조명 전력소모량은 Fig. 9에서 나타나듯이 위치인식기술 미적용 고정형 광선반, 위치인식기술 미적용 가동형 광선반, 위치인식기술 적용 가동형 광선반에 대하여 24.384 kWh, 15.240 kWh, 0 kWh가 소모되고 있으며, 광선반 각도제어 및 광선반 모듈사용량을 반영시 위치인식기술 적용 가동형 광선반은 위치인식기술 미적용 고정형 광선반과 위치인식기술 미적용 가동형 광선반에 대비하여 전력 사용량 저

감률은 각각 96.9%, 95.2%에너지 저감이 가능하다.

5. 결 론

본 연구는 기존 광선반이 재실자의 위치와 상관없이 단지 외부 태양의 고도 및 방위각에 의해서 실내 빛의 유입 방향이 결정되어 효율이 떨어지고 있다는 내용을 근거로 재실자의 위치인식을 기반으로 하는 위치인식기술 적용 광선반 시스템을 제안하였으며, 테스트베드를 통하여 성능평가를 실시하였다. 그에 대한 결과는 다음과 같다.

- 1) 주거공간의 위치인식을 위한 기술 고찰결과 적용 범위, 장소 및 경제성을 고려할 때 ZigBee 방식이 적합할 것이라 판단된다.
- 2) 본 연구에서 제안하는 위치인식기술 적용 광선반 시스템은 기존 광선반의 각도 제어축에 의한 가동 뿐만 아니라 광선반 반사면의 모듈화를 통한 광선반 모듈 각도 제어축에 의하여 가동되어 태양의 고도와 방위각에 영향을 적게 받으며, 재실자의 위치에 대응하는 효율적인 자연채광 시스템이다.
- 3) 본 연구에서 설정한 오전 10시부터 오후 3시를 범위로 위치인식기술 적용 가동형 광선반 시스템은 위치인식기술 미적용 고정형 광선반 및 위치인식기술 미적용 가동형광선반에 대비하여 96.9%, 95.2%의 조명에너지 저감이 가능하다.

외부 환경정보에 기반한 기존의 광선반이 가진 문제는 에너지 저감 효율의 제한적 요소로 작용하였으며, 위치인식기술은 재실자의 위치 정보뿐만 아니라 외부 환경에 적절히 대응하기에 이러한 문제를 해결하며, 에너지 저감 효율을 높인다. 이는 위치인식기술을 적용한 광선반 등의 채광시스템에 대한 연구의 필요성 부각될 것이라 판단한다.

Table 15 Energy performance evaluation according to operating of light shelf module

consumption of electric power according to angle control of Light Shelf	= consumption of electric power control of motor × Time for operation(1min.) × 10(frequency) × 5(hour) × 45(Day)
0.375 kWh	= 10 W × (1/60) × 10 × 5 × 45
consumption of electric power according to angle control of Light Shelf Module	= consumption of electric power control of motor × Time for operation(1min.) × 10(frequency) × 5(hour) × 45(Day)
0.375 kWh	= 10 W × (1/60) × 10 × 5 × 45

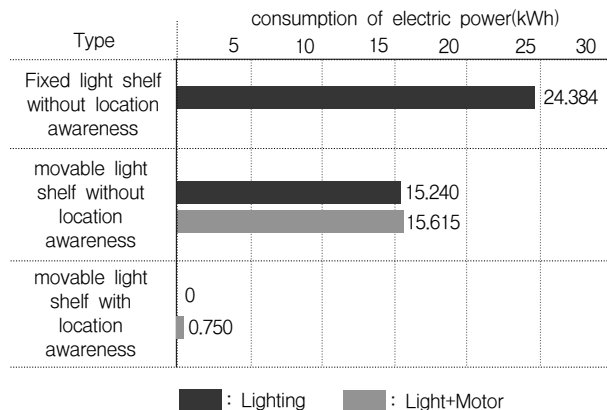


Fig. 9 Consumption of electric power according to types of Light Shelf.

References

1. Choe A. S., 2010, LUTRON Lighting Control System (Daylight Harvesting) Seminar.
2. Shin, H. G., 2003, Daylighting Performance Evaluation of Light Shelf. MS thesis, Graduate School KyungHee University, Seoul, Korea.
3. Kim, B. K. and Kim, J. T., 2005, Scale model experiment for daylighting performance by lightshelf types, Proceedings of the KIEAE 2005 Autumn Annual Conference, Vol. 9, pp. 43-50.
4. Lee, H. W., Kim, D. S., and Kim, Y. S., 2013, Simulation study on the performance evaluation of light-shelf focused on the depth of space and the dimensions and angles

- of light-shelf, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 29, No. 3, pp. 335-344.
5. Chung, Y. G., 2007, Daylighting performance evaluation of window integrated lightshelf system, Journal of Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, Vol. 7, No. 5, pp. 41-46.
 6. Park, B. C., Kim, Y. S., Jeong, K. Y., Choi, A. S., and Lee, J. H., 2007, An fundamental study on the interactive system for daylight response dimming system and indoor shading systems, Proceedings of the AIK 2007 Conference, Vol. 27, No. 1, pp. 989-902.
 7. Lee, H. W. and Lee, S. N., 2011, The improvement of uniformity ratio for luminous environment using horizontal lightshelf in an office building, Journal of Korean Society of Living Environment System, Vol. 18, No. 1, pp. 145-152.
 8. Lee, H. W., Jung, H. D., and Kim, Y. S., 2012, A basic study on application of user and location awareness for the green home IT, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 28, No. 1, pp. 69-76.
 9. Han, S. P., 2010, A study on lighting control method for harmonization of daylighting and artificial lighting, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 26, No. 8, pp. 317-324.
 10. Seo, T. W., Lee, H. W., and Kim, Y. S., 2012, A study on light-shelf system using context awareness technology for energy saving in housing space, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 28, No. 11, pp. 357-365.
 11. Park, Y. J., 2007, A study on the daylight flowing into a building interior according to the luminous intensity of every hour, MS thesis, Graduate School Keimyung University, Daegu, Korea.
 12. Jo, I. S. and Kim, B. S., 2007, Analysis on the Indoor Daylight Performance of a Light Shelf Using Light Simulation Program, Conference of the Korea solar Energy Society.
 13. Oh, G. T., 2006, PIR sensor based resident tracking system for smart home, MS thesis, Pusan National University, Busan, Korea.