

실생활기반 냉난방에너지 성능평가 방법 제안 연구

전강민¹⁾, 이행우²⁾, 김용성³⁾

The Study to Suggest a Methods to Evaluate Heating and Cooling Energy Performance based on Daily Life

Gangmin Jeon¹⁾, Heangwoo Lee²⁾, Yongseong Kim³⁾

요 약

최근 건물에서 냉난방에너지에 대한 문제가 부각되면서 냉난방에너지 성능평가에 대한 필요성도 증가되고 있다. 이에 본 연구는 기존 성능평가 방법의 개선안으로 실생활기반 냉난방 성능평가 방법을 제안하며, 이를 실제 적용해봄으로써 그 유효성 입증을 목적으로 하였다. 이에 대한 결론은 다음과 같다. 1) 기존 냉난방 에너지 성능평가 및 재실자의 선호 및 적정온도를 고찰하였으며, 그 결과 연령 등의 재실자 특성은 해당공간의 쾌적성과 직결되는 중요한 요소이나 기존 냉난방 성능평가에는 고려되고 있지 않아서 문제시 된다. 2) 본 연구에서 제안하는 실생활기반 냉난방 에너지 성능평가는 재실자의 특성을 성능평가에 반영하였으며, 실스케일의 테스트베드에서 냉난방기에 연동하여 제어함으로써 단순 실내의 온도정보 뿐만 아니라 실생활에 입각한 정량적이며, 시각적인 성능평가 결과의 도출이 가능하다. 3) 본 연구에서 제안하는 실생활기반 성능평가의 유효성을 검증하기 위하여 재실자의 연령에 따른 실내 적정온도 및 블라인드 설치 유무에 따라서 성능평가를 실시하였으며, 재실자 특성에 따른 결과의 값이 77.6%의 차이를 보이며, 냉난방기의 전력 사용 패턴 분석이 가능하다. 본 연구는 실생활기반의 성능평가 방법을 제안하였다는 측면에서 유의미하며, 이와 같은 에너지 저감을 위한 기술 개발 검증 및 개선을 위한 다각적인 성능평가에 대한 연구는 지속되어야 한다고 판단된다.

핵심어 : 실생활, 냉난방에너지, 성능평가, 전력사용량

Abstract

With recent surge of attention to heating and air conditioning energy consumption, the need for evaluating performance of heating and air conditioning energy is also on the rise. This research aims to propose daily-life based evaluation method as an alternative to existing one, as well as to apply the method in real life to prove its validity. The results are as following. 1) I studied temperatures preferred by persons indoors and appropriate level of temperature, and the results show that properties of such persons

Received (March 09, 2015), Review Request(March 10, 2015), Review Result(March 30, 2015)

Accepted(April 20, 2015), Published(June 30, 2015)

¹136-702 The Graduate School of Techno Design, Kookmin Univ., Jeongneung-dong, Seongbuk-gu, Seoul, Korea
email: wjskm901121@naver.com

²136-702 The Graduate School of Techno Design, Kookmin Univ., Jeongneung-dong, Seongbuk-gu, Seoul, Korea
email: moonup2001@nate.com

³(Corresponding Author) 136-702 The Graduate School of Techno Design, Kookmin Univ., Jeongneung-dong, Seongbuk-gu, Seoul, Korea
email: yongkim@kookmin.ac.kr

such as age is directly linked with pleasantness of the room, but the issue lies with the fact that such properties are not considered in existing performance evaluation of heating and air conditioning. 2) Daily life based evaluation proposed herein reflects such properties of persons indoors. It controls heating / air conditioning devices installed in the test bed with the same size as a real life room to get quantitative and visual performances in our daily life as well as simple temperature information. 3) To verify validity of daily life based evaluation, I conducted different evaluation sessions with and without a blind and also based on ages of persons indoors. Results based on properties of persons showed difference of 77.6%, leading to effective analysis of energy consumption pattern by heating / air conditioning devices. This research takes significance in that it comes with a new performance evaluation method based on real life, and I gather that further studies are required to develop more multilateral performance evaluation in order to verify and improve technology for reduction of energy consumption

Keywords : Real life, Heating and cooling energy, Performance evaluation, Electric power consumption

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건물부분에서의 에너지 사용량 증가에 따른 문제가 대두되고 있으며, 특히 냉방 및 난방을 위한 에너지 사용량은 건물부분 전체에너지 사용량에 대하여 미국과 한국의 경우 각각 36% 및 34%로 높게 나타나고 있다(2010 LUTRON Lighting Control System Seminar, 2010). 이에 따라서 이를 해결하고자하는 다양한 연구 및 기술개발과 이를 검증하기 위한 성능평가 방법들이 제시되고 있다.

최근 시청 등의 공공건물의 경우 에너지효율등급 1등급을 받은 경우에도 에너지 성능평가 간 에너지 저감 효율 측면에 국한되어 진행됨에 따라서 재실자의 쾌적도 저하를 야기하고 있으며, 이는 제2, 제3의 에너지 소비를 유도하여 도리어 에너지 사용량을 상승시키는 사례가 발생하고 있다. 이는 실생활을 근거한 에너지 성능평가 방법이 부재한 결과이며, 실생활에 근거하지 않은 에너지 성능평가로 검증된 기술 및 연구는 단편적인 에너지 성능 결과로 실생활에 적용시 발생하는 문제를 예측할 수 없다.

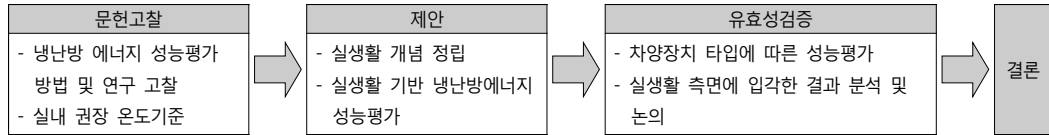
이에 본 연구는 실생활에 근거한 냉난방에너지 성능평가 방법을 제안하며, 실제 적용을 통한 그 유효성 입증 및 이후 냉난방에너지 성능평가 관련 기초자료 제공을 목적으로 한다.

1.2 연구의 절차 및 범위

본 연구는 그림1에서 나타나듯이 실생활기반 냉난방에너지 성능평가 방법 제안 연구로써 다음의 절차에 의거하여 진행하였다.

첫 번째, 문헌 고찰의 단계로 기존의 냉난방 에너지 성능평가 방법, 실내 권장 온도기준에 대하여 고찰을 진행하였다. 두 번째, 실생활의 개념 정립과 문헌 고찰을 근거로 실생활기반 냉난방에너지 성능평가를 제안하였다. 세 번째, 본 연구에서 제안하는 성능평가 방법을 근거로 베네치안 블라

인드 등의 차양시스템 설치 유무에 따른 성능평가를 실시함으로써 실생활기반 냉난방에너지 성능평가 방법의 유효성을 검증하였다. 단, 본 연구는 기존 성능평가와의 비교 분석에 관련한 연구가 아니라 기존 성능평가의 방법과 실생활의 측면에 입각하여 개선 및 보완하여 제시하는 연구이다.



[그림 1] 연구의 흐름도

[Fig. 1] Flow chart of Study

2. 냉난방에너지 성능평가 및 실내 권장 온도기준 고찰

2.1 냉난방에너지 성능평가 관련 연구 고찰

국내의 냉난방에너지 성능평가 관련 분야의 새로운 방법 제시와 연구가 진행되고 있으며, 냉난방에너지 성능평가 관련 대표 연구는 다음과 같다. 김정태 외 2명에 의하여 2005년 진행된 ‘통합 채광시스템의 건물 냉난방 에너지 성능평가’연구는 시뮬레이션 프로그램을 통한 통합 채광시스템의 건물 냉난방 에너지 성능평가이며, 성능평가를 위한 중요 지표는 시뮬레이션을 통한 전력사용량이다[1]. 김영민 외 2명에 의하여 2010년 진행된 ‘패시브 요소기술을 적용한 에너지 절약형 아파트의 냉난방 에너지 평가’연구에서는 패시브 요소기술을 적용한 에너지 절약형 아파트의 냉난방에너지 평가를 EnergyPlus 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 진행하였으며, 냉난방 에너지 소비량을 성능평가의 중요지표로 하고 있다[2]. 송승영 외 4명에 의하여 2013년에 진행된 ‘패시브 및 제로에너지 공동주택을 위한 진공단열재 적용 건식 외단열시스템 성능평가’ 연구와 조영주 외 2명에 의하여 2012년에 진행된 ‘내화성을 가진 모듈러 주택 외단열 공법의 단열 성능평가’연구는 개발 및 제안되는 기술에 대한 성능평가를 하기 위한 중요 지표로 온도정보를 다루고 있다[3].

냉난방에너지 성능평가 관련 연구 동향은 앞서서 고찰하였듯이 특정 상황에 국한되어 시뮬레이션 기법에 의한 성능평가가 진행되고 있으며, 특히 성능평가를 위한 중요지표는 단순 에너지를 위하여 온도, 온열 및 시뮬레이션에 의한 전력사용량으로 진행되고 있어서 실생활측면의 다양한 요소가 반영된 성능평가는 진행되고 있지 않다[4].

2.2 실내 권장 온도기준 관련 고찰

실내 권장 온도로 제시되는 정량적인 수치에 대한 연구와 기준들은 각각 상이하게 나타나고 있으며, 특히 에너지를 위한 실내 온도와 재실자의 쾌적성을 고려한 적정온도는 상이하다.

2007년 배누리외 3명의 '건물에너지 절약을 위한 주거건물의 실내온도와 착의량에 관한 연구'에서 제시하는 실내 적정 온도는 에너지 절감뿐만 아니라 건강까지 고려한 온도로 여름철 26°C~28°C, 겨울철에는 18°C~20°C를 제시하고 있다[5]. 이철성 외 1명에 의하여 2010년 진행된 '착의량과 실내설정온도 관계에 따른 난방에너지 및 온실가스저감량 평가에 관한 연구'에서는 우리나라 겨울철 평균 착의량의 경우 최적온도로 24°C를 제시하고 있다[6]. 백운정 외 2명의 의하여 2014년에 진행된 '여름철과 겨울철 권장실내온도에서 의복 선호 및 의생활 습관 및 자각 내한내열성과의 관계에 관한 연구'에서는 계절별 권장실내온도에 대한 태도 및 체온조절 행동에 관한 설문조사에서 여름철 권장실내온도는 26°C~80°C, 겨울철 실내권장온도는 18°C~20°C를 제시하고 있다[7]. 이정숙 외 2명의 2009년 환경온도에 따른 착의 생리반응과 주관적 감각의 연령별 비교에 관한 연구에서는 계절조건에 상관없이 60대의 경우 20대보다 직장온은 높게, 피부온은 낮게 나타났으며, 온열감은 낮게, 불쾌감은 불쾌로 분석되었다. 이에 따라서 연령에 따른 적정온도는 상이하게 나타나고 있다[8].

실내 적정온도는 성능평가의 특성 및 조건에 따라 상이하게 나타나고 있으며, 이러한 요소들은 실생활의 측면에서 더욱 상이하게 나타날 것이라 판단된다. 이에 성능평가 간 재실자의 특성에 따른 실내 적정온도를 반영할 수 있는 성능평가 방법의 제시는 필요하다[9].


3. 실생활기반 냉난방에너지 성능평가 방법 제안

3.1 성능평가 방법 제안을 위한 실생활 개념 정립 및 테스트베드

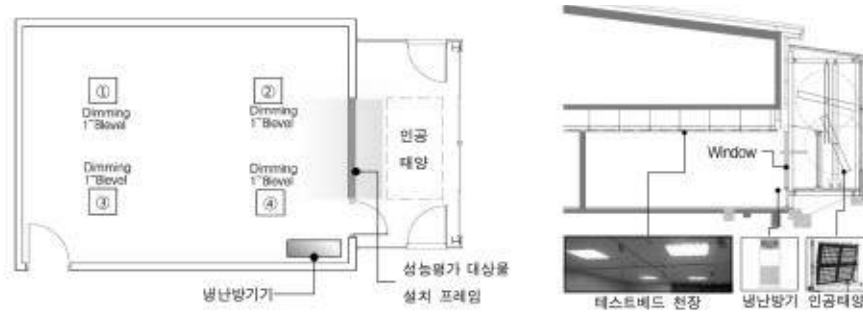
본 연구에서 제안하는 실생활의 개념은 성능평가의 측면에서 연구실 및 제한된 환경이 아닌 실제 생활환경을 의미하며, 이에 따른 실생활과 관련한 변인은 성능평가 대상의 재실자 특성, 공간의 성격 등이 이에 속한다. 이후 제안된 성능평가 방법에 대한 검증은 재실자의 선호 환경에 국한하여 진행하며, 실생활의 측면에서 실스케일의 테스트베드를 구축하였다. 구축된 테스트베드의 개요는 표1과 같으며, 테스트베드는 크기 4.9m×6.6m×2.5m이며, 성능평가 대상물이 부착되는 창 면적은 국토해양부가 발표한 에너지 절감 최고 설계가 창면적비 40%이라는 내용을 근거하여 조정된 결과 2.2m×1.8m로 하였다[10].

[표 1] 실생활기반 냉난방에너지 테스트베드 개요 및 전경

[Table 1] Daily life based heating and cooling energy consumption test bed - Overview

크기	4.9m(폭) * 6.6m(깊이), 2.5m(천장높이)	
창의 크기 및 재질	2.2m(W) * 1.8m(H) 페어글라스 12mm (3mm * 6mm * 3mm)	
향	정남향	

또한, 테스트베드는 인공기후 챔버를 구축하여 실외 온도 $-20^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 로 설정이 가능하다. 또한, 인공태양광을 구축하여 높이, 각도, 광량 조절을 통한 외부 빛환경 구현이 가능하도록 하여 365일 24시간 외부 인공 환경 구현이 가능하도록 하였다.



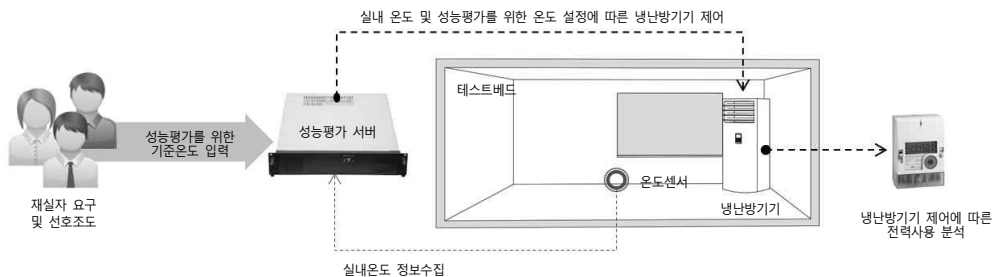
[그림 2] 실생활기반 냉난방에너지 테스트베드 평면 및 단면

[Fig. 2] Daily life based heating and cooling energy consumption test bed - Floor plan & section

3.2 실생활기반 냉난방에너지 성능평가 방법 제안

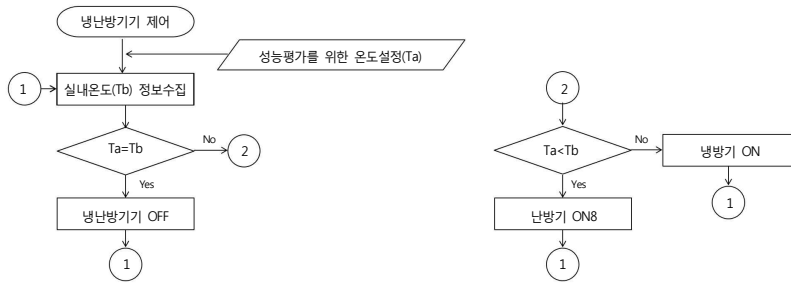
실내공간의 재실자 특성 파악은 연령, 성별 등 다양한 요소를 고려하여야 하며, 실생활기반의 성능평가는 이러한 특성을 반영이 가능해야 한다. 이에 본 연구는 그림 3에서 나타나듯이 IT기반의 기술을 통하여 실내 선호온도를 설정할 수 있도록 서버를 구축하였으며, 그림4에서 나타나듯이 선호온도와 실내온도를 판단하여 냉난방을 제어하도록 설정하였다.

이후 냉난방기기는 실내 적정 및 선호 온도를 유지하기 위하여 제어가 이루어지며, 이에 따른 냉난방기기 전력사용량 패턴 및 사용량을 산출하며, 이는 실생활기반 냉난방에너지 성능평가를 위한 정량적인 지표로 활용 가능하다. 단, 본 연구는 기존 냉난방 성능평가에 다루고 있는 실내외 및 성능평가의 표면 온도 등의 내용은 제외하였으며, 실생활 측면에 국한된 내용만 다루었다.



[그림 3] 실생활기반 냉난방에너지 성능평가 방법 개요

[Fig. 3] Daily life based heating and cooling energy consumption performance evaluation - Overview



[그림 4] 실생활기반 냉난방에너지 성능평가를 위한 냉난방기기 제어 알고리즘

[Fig. 4] Control algorithm for daily life based heating and cooling energy consumption performance evaluation

4. 실생활기반 냉난방에너지 성능평가 방법의 유효성 검증

본 장에서는 앞서서 제시한 실생활기반 냉난방에너지 성능평가 방법을 실제 적용해 봄으로써 그 유효성 검증을 하였다. 이에 표2에서 나타나듯이 본 연구는 실내 적정온도를 10대, 40대, 60대를 근거하여 각각 18℃, 20℃, 22℃로 설정하여 베네치안 블라인드 설치유무에 따른 표 2와 같이 6가지 타입에 따른 성능평가를 진행하였다[11].

[표 2] 실생활기반 냉난방에너지 성능평가 유효성 검증을 위한 Case 설정(동지시 기준)

[Table 2] Case configuration for daily life based heating and cooling energy consumption performance evaluation(Around winter solstice)

	재실자 대상	선호적정 온도	블라인드 설치 유무		재실자 대상	선호적정 온도	블라인드 설치 유무
Case 1	10대	18℃	○(슬랫 각도 0°)	Case 4	40대	20℃	×
Case 2			×	Case 5			○(슬랫 각도 0°)
Case 3	40대	20℃	○(슬랫 각도 0°)	Case 6	60대	22℃	×

4.1 실생활기반 냉난방에너지 성능평가 적용에 따른 결과

본 연구에서 제안하는 실생활기반 냉난방에너지 성능평가 유효성을 검증하기 위한 내외부 환경 설정은 다음과 같다.

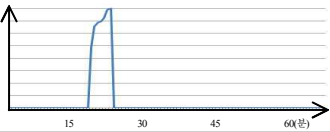
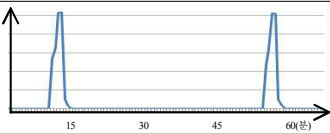
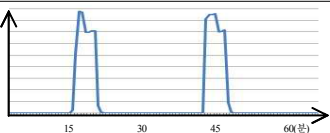
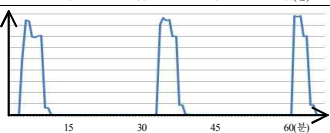
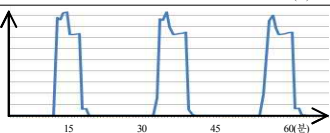
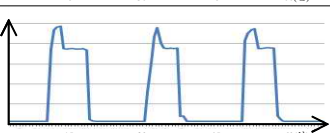
첫 번째, 실내 온도 정보를 수집하기 위한 센서의 위치는 실내 공간의 정중앙이며, 센서의 높이는 바닥으로부터 450mm 위에 설치하였다. 두 번째, 실내 조도는 KS A 3011을 근거로 일반회도 대비 시작업의 표준조도인 400lx를 근거하여 조명제어를 통한 실내조도를 400lx로 유지하도록 하였다. 또한, 본 연구에서의 조명은 LED 타입의 8단계 디밍조명이며, 실내 조도 측정위치는 앞서서

언급한 온도센서 위치와 동일하게 하였다. 실내 냉난방 기기 및 제어는 성능평가 서버를 구축하여 실내 온도의 값과 서버에 입력된 실내 적정온도값에 근거하여 ON/OFF제어가 이루어지며, 서버 및 냉난방기기 제어는 S사의 협조에 의거 이루어졌다.

다음은 표3에서 나타나듯이 본 연구에서 설정한 환경요인에 따른 실생활 기반 냉난방 성능평가 결과 이다. 본 연구의 실생활환경 기반 냉난방에너지 성능평가 방법에 의한 동지 시 블라인드 설치 유무에 따른 성능평가 결과인 전력사용량은 블라인드 설치 및 성능평가를 위한 기준온도가 높아짐에 따라서 증가하고 있으며, 에어컨 가동횟수도 증가하고 있다. 에너지 저감에 적합한 10대 기준의 적정온도 18℃를 기준으로 진행된 성능평가 결과는 재실자가 쾌적하다고 느끼며 60대 기준의 적정온도인 20℃를 기준으로 진행된 결과에 비하여 77.6%의 차이를 보이고 있다. 또한, 블라인드 미설치시의 냉난방기기의 가동시점이 빨라지는 특성을 보이고 있다. 단, 동지시 블라인드 설치 유무와 상관없이 실내 조도는 400lx를 만족하고 있어서 조명 전력사용량은 0으로 나타난다[12].

[표 3] 동지시 Case 별 실생활기반 냉난방에너지 성능평가 결과

[Table 3] Results of daily life based heating and cooling energy consumption performance evaluation around winter solstice

	실내 온도(℃)	조도(lx)	전력량 사용 패턴	조명 전력사용량 [kWh]	냉난방기기	
					전력사용량[kWh]	가동 횟수
Case 1	18.14	1212.3		0	0.055	1
Case 2	18.16	784.9		0	0.090	2
Case 3	20.28	1235.1		0	0.138	2
Case 4	20.25	790.1		0	0.177	3
Case 5	22.13	1232.5		0	0.245	3
Case 6	22.10	781.2		0	0.275	3

4.2 실생활기반 냉난방에너지 성능평가 방법의 유효성 및 논의

앞선 결과를 근거로 본 연구가 제안하는 성능평가 방법이 대상공간 및 재실자의 성격에 따른 성능평가 기준을 설정할 수 있는 측면에서 유의미하다. 즉, 기존의 성능평가가 외부 환경에 대하여 개발되고 있는 창호, 마감재, 채광 시스템 등에 대한 성능평가 결과물로 단순 내부 온도 등의 결과물을 성능평가로 제시한다는 측면에서 차별 시 되며, 실생활의 재실자 선호 및 걱정 기준을 반영했다는 점에서 보완 및 발전된 성능평가라고 할수 있다.

5. 결론

본 연구는 건물에서의 실생활기반 냉난방에너지 성능평가에 방법을 제안하며, 제안된 성능평가 방법을 실제 적용해 봄으로써 유효성을 입증하였다. 이에 대한 결론은 다음과 같다.

첫 번째, 기존 냉난방 에너지 성능평가 및 재실자의 선호 및 적정온도를 고찰하였으며, 연령 등의 재실자 특성은 해당공간의 쾌적성과 직결되는 중요한 요소이나 기존 냉난방 성능평가에는 고려되고 있지 않다. 그러나 재실자의 특성을 냉난방 성능평가에 미고려시 불쾌적인 환경 조성으로 인하여 제2, 제3의 에너지 소비를 유도하여 부적합하다.

두 번째, 실생활기반 냉난방 에너지 성능평가는 재실자의 특성을 성능평가에 반영하였으며, 실 스케일의 테스트베드에서 냉난방기기에 연동하여 제어함으로써 단순 실내의 온도정보 뿐만 아니라 실생활에 입각한 정량적이며, 시각적인 성능평가 결과의 도출이 가능하다.

세 번째, 본 연구에서 제안하는 실생활기반 성능평가의 유효성을 검증하기 위하여 재실자의 연령에 따른 실내 적정온도 및 블라인드 설치 유무에 따라서 냉난방 에너지 성능평가를 실시하였으며, 결과의 값이 77.6%의 차이를 보이며, 냉난방기기의 전력 사용 패턴 분석이 가능하다.

본 연구는 건물 부분의 냉난방에너지 문제에 대한 중요성이 부각되고 있는 현 시점에서 성능평가 대상물의 설치에 따른 내외 온도 정보뿐만 아니라 재실자의 특성 및 실제 냉난방기기와 연동하여 성능평가 방법을 제시하였다는 측면에서 유의미하며, 냉난방에너지 성능평가를 위한 다각적인 측면에서 지속적인 연구가 필요하다고 판단된다.

References

- [1] J. T. Kim, H. T. Ahn and G. Kim, Building Energy Savings due to Incorporated Daylight-Glazing Systems. (2005), Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol.19, No.6, pp.1-8.
- [2] Y. M. Kim, H. U. Cha and Y. S. Kim, Heating and Cooling Energy Assessment of Passive Technology Applied Energy Saving Apartment. - Heating and Cooling Energy Consumption Estimation through the Energy Analysis Software. (2010), International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration, pp.346-351.

- [3] S. Y. Song, S. H. Park, B. K. Koo, J. H. Lim and S. R. Rye, Performance Evaluation of EIFS Using Vacuum Insulation Panels for Passive and Zero-Energy Apartment Buildings. **(2013)**, Journal of Architectural Institute of Korea, Vol.29, No.9, pp.219-229.
- [4] Y. J. Cho, J. H. Kim and J. J. Yee, Performance Evaluation of External Insulation Systems with Fire Resistance in Modular House. **(2012)**, Journal of KIAEBS, pp.164-168.
- [5] N. R. Bea, Y. S. Jeong, J. S. Kang and S. E. Lee, Changes of Indoor Temperature and Clothing in Residential Buildings: A Literature Review. **(2007)**, Journal of Architectural Institute of Korea, pp.785-789.
- [6] C. S. Lee and J. H. Yoon, A Study on the Estimation of Heating Energy and CO2 Reduction depending on a Indoor Set Temperature and Clo value. **(2010)**, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol.30, No.4, pp.49-55.
- [7] Y. J. Baek, S. R. Shin and J. Y. Lee, Preference for Clothing Habits and its Relationships with Thermal Tolerance in Indoor Temperatures Recommended in Summer and Winter. **(2014)**, J. Korean. Soc. Living. Environ. Sys, Vol.21, No.5, pp.706-721.
- [8] J. S. Lee, M. K. Song and H. E. Kim, Physiological Responses and Subjective Sensations by Age through Seasonal Condition. **(2009)**, J. Kor. Soc. Cloth. Ind., Vol.11, No.5, pp.833-839.
- [9] H. J. Lee, H. Y. Ku, S. Y. Koo, T. D. You, M. S. Yeo and K. W. Kim, An Experimental Study of Performance Evaluation on an Automated Venetian Blind. **(2008)**, Journal of Architectural Institute of Korea, Vol.28, No.1, pp.614-618.
- [10] T. S. Lim, J. M. Park, J. H. Lim and B. S. Kim, An Evaluating of Daylighting Performance by Venetian Blind Shapes Type Change. **(2013)**, Journal of the Korean Institute of Ecological Architecture and Environment, Vol.13, No.5, pp.59-66.
- [11] J. H. Park, K. N. Kang, G. M. Kang and D. S. Song, Experimental Study on the Effect of Heating and Cooling Load and Lighting Load in accordance with Blind Control in the Office Building. **(2012)**, Journal of KIAEBS, pp.103--107.
- [12] J. W. Park, M. H. Oh, K. H. Lee and J. H. Yoon, Determination of Optimum Slat Angle of Fixed Venetian Blind Considering Energy Performance and Discomfort Glare in Buildings. **(2012)**, Journal of the Korean Institute of Ecological Architecture and Environment, Vol.12, No.6, pp.107-113.