

BIM 기반의 미시적 에너지 시뮬레이션에 관한 연구 -조도센서등의 조도 및 에너지 분석을 중심으로

백지웅
신라대학교 건축학부

A Study of Microscopic Energy Simulation based on BIM - Illuminance & Energy Analysis of Illuminance Sensor Lighting

Ji-Woong Back

Division of Architecture, Silla University

요 약 친환경·저에너지 중점의 건축설계의 중요성이 점점 커져가고 있다. 또 한편으로는 좀 더 미시적인 관점의 에너지 절약 설계 기법이 요구되고 있다. 이러한 분위기 속에서 에너지 시뮬레이션의 필요성이 점차 증가하고 있으며, 특히 BIM 기반의 에너지 시뮬레이션은 높은 효율성으로 인해 주목받고 있다. 하지만 BIM의 데이터는 아직까지는 미시적인 에너지와 관련된 파라미터가 적용되어 있지 않다. 따라서 본 연구는 조도 센서에 의한 조명 제어 시뮬레이션을 통해 센서 조명 파라미터의 생성 필요성에 대해서 연구하고자 한다. 연구는 BIM을 통해 생성된 데이터를 바탕으로 조도 센서를 설치하고 조도 시뮬레이션을 통해 센서등의 스케줄 데이터를 생성하였다. 그리고 이렇게 생성된 스케줄 데이터를 바탕으로 에너지 시뮬레이션을 실시하여 소비전력의 감소율을 확인하였다. 연구에 따르면 조도에 따른 열부하량과 소비전력량이 각각 20%이상 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 센서 조명 파라미터는 미시적인 에너지 절약 설계를 위해서 BIM 데이터 내에 생성될 필요가 있다고 판단된다. 본 연구는 센서 조명 파라미터의 생성에 국한된 것이 아니라, 이와 같이 미시적인 변인들을 검토하고 BIM 데이터 내에 적용할 필요가 있음을 밝히기 위해 수행되었다.

Abstract The importance of architecture design focused on eco-friendly and low energy continues to grow. In addition, the energy conservation design is required from a micro-perspective. Energy simulations based on BIM have attracted recent attention because of the high efficiency. On the other hand, the parameters concerned with microscopic energy are not included in BIM data. This study examined the necessity of the sensor-light parameter using a simulation of illuminance sensor light. In this study, illuminance sensors were installed into the BIM data and the operating schedule data of sensor light were generated by an illuminance simulation. The schedule data was then inputted into the simulation application, and the reduction ratio of power consumption was verified by the simulation. According to research, the power consumption and thermal load decreased by more than 20 %. Therefore, it is necessary to supplement the sensor-light parameter into BIM data for microscopic energy conservation design. This study was not confined to checking whether sensor-light parameter is necessary or not, but to ascertaining the necessary of applying a microscopic factor to generate BIM data.

Keywords : Building Information Modeling, Energy Simulation, Illumination Sensor Light, Ecotect, Low Energy Building

이 성과는 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.NRF-2017R1C1B5017480)

*Corresponding Author : Ji-Woong Back(Silla Univ.)

Tel: +82-51-999-7623 email: crom7008@silla.ac.kr

Received October 21, 2018

Revised (1st November 15, 2018, 2nd December 5, 2018)

Accepted January 4, 2019

Published January 31, 2019

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

환경오염과 고유가 위기에 따라 친환경 및 에너지에 관한 문제가 산업계 전반에 빠르게 확산되고 있다. 친환경·저에너지의 문제는 거시적인 정책과 지침 등의 단계를 넘어서서 오늘날에는 LED, 센서 등, 소형 태양광 발전, 전기자동차 등 실생활에서 피부에 와 닿는 미시적인 단계에 이르렀다. 건축계 역시 친환경·저에너지의 문제는 이미 십 수 년 전부터 이슈가 되기 시작하였고 이후 **Passive Design, Green Building, Zero Energy House, 친환경건축인증, 건축물 에너지 효율등급 인증제** 등 관련 제도와 설계기법에 많은 변화가 있어 왔다. 그리고 최근 들어 국지적이고 미시화 되고 있는 기후 환경에 발맞추어, 설계 기법 역시 변화를 맞이하고 있다. 2018년 9월부터 새롭게 개정된 ‘건축물의 에너지절약설계기준’은 이 기준이 설립된 이후 계속해서 유지되어온, 전국을 3

개 권역으로 나누던 방식에서 4개 권역으로 나누는 방식으로 변화하면서 기준 지역이 세분화 되었다. 이는 국지적 기상환경에 따라 각 지역의 환경 기후를 좀 더 세분화시켜 적용하겠다는 의도가 반영된 것이다.

이와 같은 친환경·저에너지에 대한 분위기 속에서 초기 설계 단계에서부터 건축물의 에너지 성능을 향상시키기 위한 방안으로 에너지 시뮬레이션 분석이 주목받고 있으며 특히 최근의 **BIM(Building Information Modeling)**설계의 활성화와 맞물려, BIM기반의 에너지 시뮬레이션에 대한 연구와 관심이 증가하고 있다. 기존의 CAD 기반 시뮬레이션은 건축도면을 바탕으로, 시뮬레이션을 위한 모델링과 정보입력을 하나하나 해주어야 한다는 단점이 있다. LBNL의 보고서에 따르면 에너지 분석에 필요한 시간과 노력의 80%가 이 모델링 작업에 소모된다고 보고되었다(V. Bazkanac, 2001)[1]. 반면, BIM기반의 에너지 시뮬레이션 방식에서는 별도의 모델링과 데이터 입력과정 없이 BIM의 데이터를 직접 사용

Table 1. Design Criteria for Analysis

| | | | |
|----------------------------------|--------------------------|---|---|
| Weather Data | | Autodesk Green Building Studio Weather Data Station: GBS_06M12_07_238179 | |
| Room | | Area : 288m ² , Ceiling Height : 3.0M | |
| Material | Exterior Wall | Specification | plaster board 12mm, air space 25mm, insulation 190mm, concrete 150mm, mortar 20mm, tile 8mm |
| | | Thermal Transmittance | 0.320 (W/m ² · K) |
| | Interior Wall | Specification | mortar 20mm, concrete 120mm, mortar 20mm |
| | | Thermal Transmittance | 2.87 (W/m ² · K) |
| | Floor | Specification | tile 3mm, concrete 150mm, air space 25mm, plaster board 8mm, rock wool sound absorbing board 12mm |
| | | Thermal Transmittance | 1.32 (W/m ² · K) |
| | Ceiling | Specification | tile 3mm, concrete 150mm, air space 25mm, plaster board 8mm, rock wool sound absorbing board 12mm |
| | | Thermal Transmittance | 0.536 (W/m ² · K) |
| | Window | Specification | low-e double glazing glass 24mm |
| | | Thermal Transmittance | 1.80 (W/m ² · K) |
| | Door | Specification | steel plate 1mm, insulation 50mm, steel plate 1mm |
| | | Thermal Transmittance | 2.20 (W/m ² · K) |
| Amount of Mechanical Ventilation | | 1.7times/h | |
| Internal Heat Gain | Light | 20W/m ² | |
| | Human | 0.2persons/m ² | |
| | Instrument | 5.8W/m ² | |
| Air Condition | | - Weekday Air Conditioning time : 08:00~18:00, Setting Temperature : cooling 26℃, heating 22℃ Setting Humidity : 45% ※ Auto-controlled to meet settings within air conditioning time - Weekend Air Conditioning time : 08:00~14:00, Setting Temperature : cooling 26℃, heating 22℃ Setting Humidity : 45% | |
| Lighting Fixture | Luminance | 600cd × 2ea (per unit) | |
| | Power Consumption | 36W × 2ea (per unit) | |
| | Light Distribution Curve | figure 1 | |

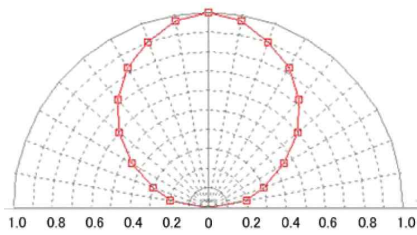


Fig. 1. Light Distribution Curve

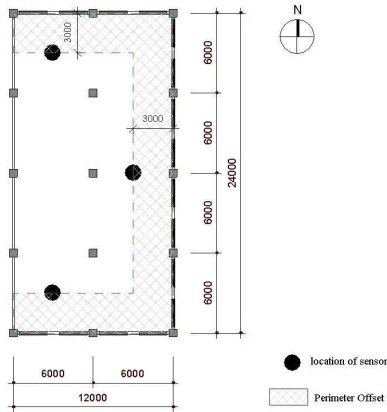


Fig. 2. Plan of Test Building

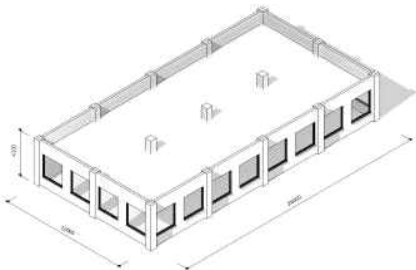


Fig. 3. Exterior of Test Building

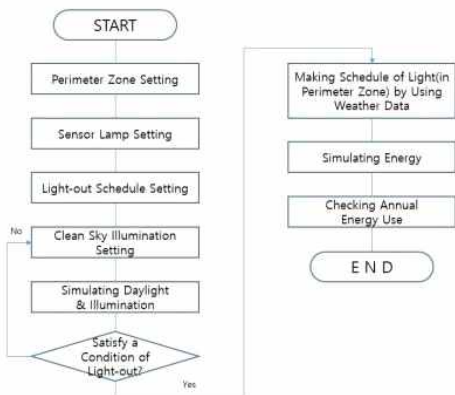


Fig. 4. Process of Test Simulation

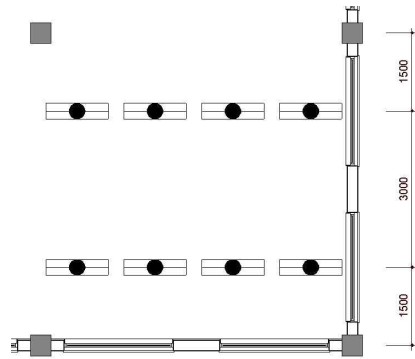


Fig. 5. Location of Light

하기 때문에 시뮬레이션에 소요되는 시간과 노동력 그리고 오류를 획기적으로 줄일 수 있다. 이와 같은 시뮬레이션의 간편화는 건축 계획 초기에 시뮬레이션의 적극적인 반영으로 이어질 수가 있다[2],[3].

하지만, 이러한 에너지 효율 설계의 분위기에도 불구하고 현재 BIM 설계에서 에너지와 관련된 정보 파라미터는 일반적인 수준에 머물고 있다. 따라서, 에너지에 관한 정책과 설계가 좀 더 미시화되고 있는 시점에서 이와 관련된 파라미터의 변화 역시 필요하다 판단된다.

1.2 연구의 목적

본 연구는 BIM 데이터 중에서 조명의 센서 값 적용 여부를 확인하는 파라미터(이하 센서 조명 파라미터)의 생성 필요성을 살펴보는 것을 주요 목적으로 한다. 에너지 효율 설계의 필요성이 대두되고, 다양한 기능의 전열, 조명장치들이 나타나고 있는 이 시점에서, 조도 센서에 의한 자동제어 조명 계획은 이제 매우 일반화되 계획 방식이다. 하지만 현재의 BIM 데이터에서는 이러한 특성을 반영할 수 있는 파라미터가 기준으로 적용되어 있지 않다.

만약, 조도 센서에 의한 조명을 적용한 시뮬레이션의 결과 값이, 그렇지 않은 경우의 값과 유사한 수준의 결과를 보인다면, 센서 조명 파라미터를 생성하는 것이 무의미하다 말할 수 있다. 하지만 그 결과 값이 어느 정도 유의미한 차이를 보인다면 센서 조명 파라미터의 생성이 필요하다고 말할 수 있을 것이다.

일반적으로 에너지 시뮬레이션에서 조명의 점등 제어는 건축물의 용도에 따른 스케줄에 의해서 관리된다. 따라서 본 연구와 같은 경우에는 건축물의 용도에 따른 일

반적 패턴의 스케줄이 아닌 센서 등에 의한 가상의 스케줄을 시뮬레이션의 조건으로 입력해야 한다. 따라서 조도 시뮬레이션을 통해 이 스케줄을 작성하고, 이 스케줄을 이용하여 센서 조명에 의한 에너지 절감 비율을 확인하고자 한다.

1.3 연구의 방법 및 대상

본 연구에서는 조도 센서에 의해 건축물 외주부의 조명을 소등하는 제어 기능을 갖춘 업무시설 건축물에 있어서 연간 에너지 소비량을 분석하려 한다. 우선 주광 분석과 조명 분석에 의해 주광 이용이 가능한 시간대와 센서등이 운용되는 시간대, 그 후 소등 시간을 조명의 운용 스케줄로 입력하여 에너지 분석을 실시한다. 이를 통해 연간 조명 에너지 소비량과 공조부하를 계산하도록 한다.

본 연구를 위해 에너지 분석의 분석 대상으로 가상의 업무 시설을 다음과 같이 설정하도록 한다.

1. 위치 : 부산광역시 내
2. 용도 : 업무시설
3. 규모 : 지하1층 지상10층
4. 분석 층 : 10층(한개 층)
5. 실 크기 : 12M × 24M × 4.2M (중심간 거리)
6. 창면적 : 북측, 남측 17.64㎡, 동측 35.28㎡
7. 외벽의 상태 : Table 1 참조
8. 평면도 : Fig. 2 참조
9. 외형 : Fig. 3 참조

시뮬레이션의 진행과정은 Fig. 4의 작업흐름도와 같은 방식으로 진행되었다.

본 연구의 BIM S/W로는 Autodesk사의 Revit 2016을 사용하였다. 현재 국내외에서 사용되는 BIM S/W로는 Revit, ArchiCAD, Allplan, Bentley 등 매우 다양한 S/W들이 사용되고 있지만 Lee, Seo & Son(2009)가 조사한 건축설계업무 분야에서 활용도가 높은 BIM S/W에 대한 통계에 따르면 Revit의 사용 비중이 전체 S/W의 60%를 넘는 것으로 나타남에 따라 본 연구에서도 가장 사용도가 높은 Revit을 BIM S/W로 사용하였다[4].

한편 에너지 분석을 위해서 에너지 시뮬레이션 소프트웨어인 Autodesk Ecotect Analysis 2011(이하 Ecotect)을 사용하였다. Azhar et al.(2011)의 연구 결과에 따르면, 각종 친환경 분석 프로그램을 7가지의 기준(Energy, Thermal, Solar, Lighting & Daylighting, Acoustic, Value and Cost, LEED)을 바탕으로 비교 분

석한 결과 4개 분야에서 가장 높은 평가를 받았으며, 특히 Solar와 Light & Daylighting에서는 타 프로그램의 2~3배에 가까운 점수를 획득한 것으로 나타났다[5]. 본 연구 역시 주광, 조명 등에 관한 실험이 주를 이루기 때문에 Ecotect을 사용하는 것으로 결정하였다.

2. 주광분석, 조도분석

2.1 개요

분석을 위한 기본적인 업무시설의 평면은 1.3 연구 방법에서 설명한 바와 같이 Revit을 사용하였으며, 제작된 평면은 gbXML1) 형식의 파일로 Export하여 다시 Ecotect에서 Import하여 이용한다. Ecotect을 통하여 천공일사로부터 얻을 수 있는 주광과 조명에 의한 조명분포를 시뮬레이션한다. 시뮬레이션 모델은 앞서 설명한 연구대상을 모델로 한다. 조명기구의 설치는 Fig. 5와 같이 6m×6m의 공간 안에 총8개의 형광등을 설치하였다. 형광등은 일반적인 형광등을 가정하여, 36W, 2개입으로 설정하였다. 외주부는 외벽으로부터 3m까지의 범위로 설정하였다. 센서는 외주부의 조명이 꺼졌을 때, 가장 조도의 저하가 예상되는 위치의 조도를 측정하는 것으로 설정하였다. 이러한 예측에 따라 센서의 측정 위치는 Fig. 5의 평면도에 나타나듯이 외주부와 내부 경계선상 3개소로 계획하였다. 북측면 및 남측면의 센서는 동측면에서 주광이 가장 작아지는 서측면에, 동측면은 중앙에 설치하였다. 조도 측정을 위한 바닥면 높이는 90cm로 하였다. 외주부의 조명이 꺼지고 주광만 남은 상태에서 각 센서가 모두 600lx를 확보하는 것을 제약조건으로 하였다. 이는 KS조도 기준 중 사무실 조도분류 중 G 수준으로 설정하였으며, G 수준 중에서 최고 조도로 설정한 이유에서이다. 또한 천공 일사량은 50lx 단위로 변화시키는 것으로 한다.

2.2 주광분석, 조도분석 결과

Table 2에 나타나는 것처럼 천공 일사가 13,000lx일 때 외주부의 모든 조명을 꺼도 모든 센서의 제약조건을 만족시켰다. Fig. 6은 이 조건에서 조도분포를 나타낸다.

1) Green Building XML Schema. 친환경 건물 확장 마크업 언어. gbXML은 빌딩의 운용 및 유지관리, 그리고 리사이클을 위한 해결 기능과 빌딩 설계자들이 무엇을 원하는지에 포커를 맞추어 개발됨.

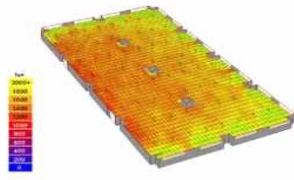


Fig. 6. Lighting Analysis of Light & Daylight

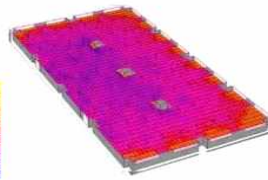


Fig. 7. Lighting Analysis of Daylight

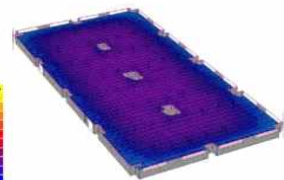


Fig. 8. Lighting Analysis of Light

Fig. 7은 주광만 있을 시 조도분포, Fig. 8은 주광이 없고 조명만 있을 시 조도분포를 나타낸다. 이상의 분석결과를 기초로 열부하 계산에 사용할 조명 스케줄을 작성했다. Fig. 9는 외주부의 조명 제어 스케줄의 할당일을, Table 3은 각각의 스케줄에 있어서의 조명 소등의 패턴을 나타낸다.

Table 2. Design Criteria for Analysis

| - | Sensor1 | Sensor2 | Sensor3 |
|------------------|---------|---------|---------|
| Result Value(lx) | 1005.21 | 764.541 | 912.34 |



Fig. 9. Schedule of Light-Out

Table 3. Light-out Pattern

| - | light-out time | - | light-out time |
|----------|----------------|----------|----------------|
| Pattern1 | None | Pattern5 | 9-14 |
| Pattern2 | 9-11 | Pattern6 | 9-11, 15-18 |
| Pattern3 | 12-14 | Pattern7 | 12-18 |
| Pattern4 | 15-18 | Pattern8 | always |

3. 에너지 분석

3.1 개요

에너지 분석 역시 Ecotect을 사용한다. 이번 분석에서는 분석 영역 내의 연간 열부하에 대한 분석, 조명 에너

지 분석을 실시한다. 계산 조건은 Table 1과 같다. 내부 부하의 스케줄은 9~12시, 14~18시에 80%, 13시에 50%로 설정한다. 인체의 재실 스케줄은 9~12시, 14~18시에 50%, 13시에 35%로 설정하였다. 위와 같이 설정한 스케줄은 주일에만 적용하고, 주말인 토·일요일에는 모두 마지막 날에 걸쳐 0으로 설정한다. 일시는 2018년을 기준으로 설정하여 1월 1일을 월요일로 설정하였으며 2018년의 공휴일 스케줄을 입력하였다. 외주부의 조명이 조도 센서에 의해 소등되어 있는 시간대는 조명 부하가 발생하지 않는 것으로 설정한다. 이러한 분석의 비교대상으로 조도 센서에 의해 조명제어를 하지 않는 경우도 함께 분석한다. 모든 기상데이터는 Autodesk Green Building 기상 데이터를 사용하였다.

3.2 에너지 분석 결과

연간 냉난방 부하 및 조명의 소비전력은 Fig. 10과 같다. 조명제어를 하지 않는 분석과 비교해 조명제어를 함으로써 조명의 소비전력은 23.5% 감소하고 있으며, 아울러 조명이 제어될 시 조명기구에 의한 내부발열이 억제되어 냉방부하는 24.3% 감소하고 있다. 여름 중 하루인 8월 15일의 외부기온과 열부하의 그래프는 Fig. 11과 같다. 겨울 중 하루인 1월 2일의 외부기온과 열부하의 그래프는 Fig. 12과 같다.

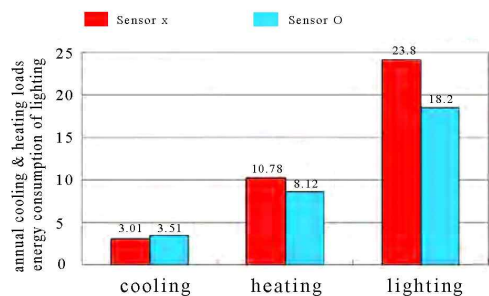


Fig. 10. Annual cooling and heating loads and lighting power consumption

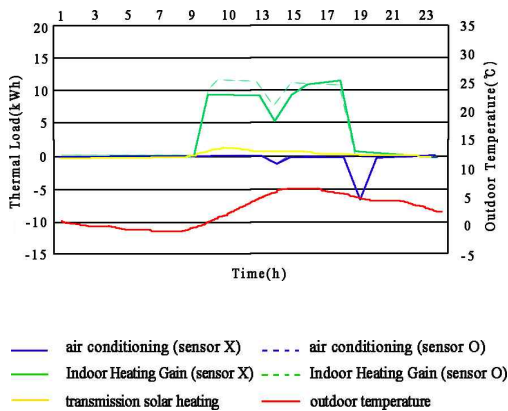


Fig. 11. 2018.1.2 Thermal Load

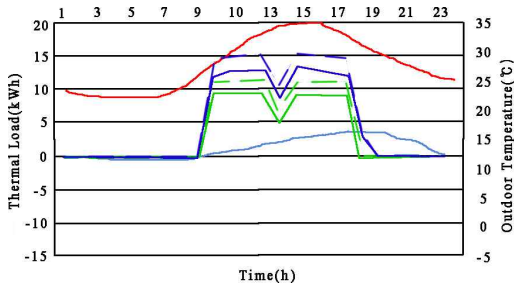


Fig. 12. 2018.8.15 Thermal Load

3.3 소 결

본 연구에 적용된 GBS 기상 데이터는 실제 관측값이 아니라, 지난 20년간의 기상데이터를 바탕으로 생성된 가상의 기상데이터이다. 따라서 실제 기상 데이터를 바탕으로 하는 실험과는 다른 결과를 보이는 것이 본 연구의 한계점일 수 있다. 또한, 본 연구는 시뮬레이션의 지 정확적 위치를 특정 지역(부산)으로 하고 있으며, 따라서 이 연구의 결과를 전국이나, 전 세계에 범용적으로 적용하는 것에는 무리가 있다. 하지만 본 연구는 정확한 값을 구하는데 목적이 있는 것이 아니라, 조도 센서에 의한 조명 제어라는 변인이 에너지 소비량에 어느 정도의 영향을 끼치는 지를 확인하고 이를 바탕으로 센서 조명 파라미터의 생성 필요성을 확인하는 것을 목적으로 한다. 따라서 실제 기상 데이터와 가상의 데이터 사이의 차이는 의미가 없는 것으로 판단된다.

결과적으로 조도 센서에 의한 조명제어의 시뮬레이션 결과 20% 이상의 소비전력과 조명 열부하가 감소하는 것으로 나타났다. 이는 에너지 절약 설계의 차원에서 매우 유의미한 결과라고 판단된다. 따라서 이러한 센서 등

의 반영을 위해서 BIM 데이터 내에 센서 조명 파라미터의 생성은 필요하다 결론내릴 수 있다. 하지만 BIM을 바탕으로 여러 가지 시뮬레이션을 이용한 4d, 5d 설계를 실현하기 위해서는 각각의 시뮬레이션의 결과를 상호 연동시킬 수 있는 기능이 요구된다. 본 연구에서는 아직 BIM 데이터에 센서 조명 파라미터가 없었기 때문에 조도 분석의 결과로부터 에너지 분석을 위한 조명 스케줄을 하나하나 입력해야하는 상황이 발생하였다. 그리고 이러한 점들이 시뮬레이션의 효율성을 떨어트리는 요소가 된다. 따라서 BIM 데이터 내에 센서 조명 파라미터를 생성함으로써 시뮬레이션 프로그램과의 연계가 가능할 것이며, 이러한 연계를 통하여 시뮬레이션 과정에서 비효율적인 요소들을 제거할 수 있을 것이라 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 주광 분석과 조도 분석, 에너지분석을 연계한 시뮬레이션을 바탕으로 조도 센서에 의한 조명의 점등 제어가 에너지 사용량에 미치는 영향에 대해서 알아보았다. 그 결과, 조명 에너지 소비량과 내부 열 부하 감소 모두 약 20% 이상이 감소하는 것으로 나타났다. 이는 매우 유의미한 결과이며, 따라서 향후 시뮬레이션에 이와 같은 조명의 운영 스케줄에 대한 BIM 파라미터가 필요할 것으로 판단된다.

본 연구는 조도 센서에 의한 조명의 사용으로 인한 정확한 절감 에너지량을 구하는 것을 목적으로 하는 것이 아니다. 에너지 관련 제품과 설계 방식의 다양화에 따라 좀 더 많은 상황을 시뮬레이션에 적용할 수 있는 파라미터들이 BIM 데이터 내에 생성될 필요성을 제시하고 싶은 것이다. 그리고 그 한 예로 센서 조명 파라미터를 실험한 것이다.

앞으로도 더 많은 연구를 통하여 에너지 효율적인 설계를 위하여 에너지 시뮬레이션에 적용할 수 있는 세부적인 요인들을 검토하고 적용할 필요가 있음을 본 연구를 통해 확인할 수 있었다.

References

- [1] Bazjanac, V., "Response to the OGC Request for Technology in Support of the AECOO tested",

Environmental Energy Technologies Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, 2008.

- [2] S.Y, Choo, K.H, Lee, S.K, Park,, “A Study on LOD(Level of Development) for Development of Green BIM Guidelines - Focused on Energy Performance Estimation -”, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol.28, No.6, p.37-47, 2012.
- [3] M.S, Roh, I.S, Kim, M.K, Kim, H.J, Jun, “A Study on Developing Evaluation Environment of Green Building Certification Criteria Using GBT(Green BIM Template)”, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol.29, No.6, p.117-126, 2013.
- [4] J. Y. Lee, M. R. Seo, B. S. Son, “A Study on the Exchange Method of Building Information Model between BIM Solutions using IFC File Format”, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol.25, No.3, pp.29-38, 2009.
- [5] Azhar, S., W.Carlton, D. Olsen, I. Ahmad, “Building information modeling for sustainable design and LEED® rating analysis.”, Automation in Construction, 20, pp.217 -224, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.019>
- [6] D.H, Ko, H.K, Choi, “Lean Ecotect”, Munundang, 2011.
- [7] S.M, Oh, Y.J, Kim, C.S, Park, I.H, Kim, “Building Energy Performance Assessment using Interoperability of BIM-based Simulation Model”, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol.27, No.6, p.237-245, 2011.
- [8] D.H, Ko, “A Study on BIM-based Sustainable Design Process using Building Performances and Energy Efficiency Evaluation”, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol.26, No.9, p.237-247, 2010.

백 지 웅(Ji-Woong Baek)

[정회원]



- 2005년 2월 : 부산대학교 건축공학과 (공학사)
- 2007년 2월 : 부산대학교 일반대학원 건축공학과 (공학석사)
- 2015년 8월 : 부산대학교 일반대학원 건축학과 박사과정 수료
- 2015년 3월 ~ 현재 : 신라대학교 건축학부 조교수

<관심분야>

건축설계 및 이론, BIM