2012 첨단도시개발사업 최종보고서

09CHUD-C054299-03-000000

Web기반 Green BIM System 개발

(설계초기단계에서의 일조 및 에너지분석 도구개발)

2012. 09.

주관기관 / (주)썬앤라이트

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

이 보고서를 “Web기반 Green BIM System개발-설계초기단계에서의 일조 및 에너지분석 도구개발-”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2012. 9. 29

주관연구기관명 : (주)썬앤라이트
주관연구책임자 : 김 민 성
연 구 원 : 송 영 환
연 구 원 : 김 홍 욱
연 구 원 : 이 근 일
연 구 원 : 임 득 환
연 구 원 : 주 재 성
연 구 원 : 이 병 준

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>09CHUD-C054299-03-000000</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2011.09.30-
2012.09.29</td><td>단 계
구 분</td><td>3차년도/3차년</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>중 사 업 명</td><td colspan="4">첨단도시개발사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">Web기반 Green BIM System개발</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">김 민 성</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 7명
내부 : 7명
외부 : 명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부:95,000천원
기업:47,500천원
계:142,500천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 8명
내부 : 8명
외부 : 명</td><td>총연구비</td><td>정부:290,000천원
기업:131,500천원
계:421,500천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">(주)썬앤라이트</td><td>참여기업명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="5">연구기관명 : 연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">개방형 BIM 호환포맷인 IFC파일을 이용하여 일조 및 에너지 분석에 필요한 형상정보를 추출하고, 웹상에 입력정보와 결합하여 일조분석 및 건물에너지 효율등급 예측할 수 있는 Web 기반 환경분석도구(Web Green BIM System)의 개발</td><td>보고서
면수</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">친환경, 웹기반, BIM, 일조, 에너지</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Green, Web-based, Building Information Modeling, Solar access, Energy</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 제 목

Web기반 Green BIM System개발 - 설계초기단계에서의 일조 및 에너지분석 도구개발

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

우리나라의 녹색성장 정책 중 BIM(Building Information Modeling, 건축정보모델링)과 관련하여 2012년부터는 500억원 이상의 현상공모 및 턴키공사에 BIM을 적용하여, BIM에 의한 에너지 19.6%, 공사비 22.4% 절감효과라는 구체적인 목표를 제시함으로써 앞으로 국가차원에서의 BIM정책이 강력히 추진될 것임을 밝힌바 있다. 이에 현재 국내의 BIM 도입은 2010년 국토해양부 및 조달청에서 BIM 도입 가이드라인 발표를 기점으로 건축, 구조, 기계, 전기 등 건축계획 대부분의 분야에서 BIM 활용이 크게 증가하고 있다. 또한, BIM설계 시 친환경분야에서도 Green BIM 분석이 요구되어지고 이를 위해 설계초기단계에서 다양한 설계안에 대한 초기분석이 필요하게 되었다. 따라서 건물환경분석 요구자의 접근성 및 편이성을 높이고 BIM 도구간의 호환을 가능케하는 IFC파일을 활용하여 일조권 만족 여부 및 건물에너지분석을 수행할 수 있는 웹기반의 시스템개발이 필요하다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구는 친환경분석을 위한 BIM데이터의 합리적인 체계를 구축하고 건축 BIM모델을 활용하여 웹에서 일조 및 에너지 분석을 실시함으로서 설계초기단계에서 다양한 설계안을 검토할 수 있도록 분석도구를 개발하는 것을 최종목표로 한다. 1차년도 연구에서는 IFC파일에서 일조분석에 필요한 변수를 추출할 수 있는 모듈의 개발 및 국내일조기준을 판단할 수 있는 알고리즘을 사용하여 분석도구를 개발하였다. 2차년도 연구에서는 일조분석을 위해 웹에서 태양의 기하학적 위치정보를 입력할 수 있도록 구글맵과 연계시켰다. 또한, IFC파일에서 에너지분석에 필요한 형상정보를 추출할 수 있는 모듈을 개발하였고, 웹에서 직접 입력

하는 기상데이타, 자재물성치 및 건물운영스케줄과 연계시켜 최종적으로 건물 연간에너지 요구량 및 소요량을 계산, 건물에너지효율등급을 예측할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 또한, 일조 및 에너지분석 도구를 웹에서 구현하기위한 시스템을 구축하였다.

Ⅳ. 연구개발 결과

본 연구과제를 통해 IFC파일을 이용한 웹기반 일조분석 및 에너지 분석 시스템을 구축하였다. 설계안의 에너지 소비량 예측을 위해 사용자가 BIM도구를 이용하여 Core(비공조공간)와 Shell(냉난방공간)로 모델링한 후 IFC파일로 변환하여 웹상에 업로드 할 수 있도록 모델링가이드를 작성하였다. 또한, 업로드된 IFC파일에서 형상과 존에 대한 정보를 추출할 수 있도록 프로그램을 개발하였다. 웹에서 기상데이터와 건물운영스케줄을 파일단위로 연결하고 자재물성치는 DB에 입력된 값을 가져와 분석할 수 있도록 하였으며, 설비시스템은 간략화 하여 적용할 수 있도록 구성하였다. 에너지분석 엔진으로 Energy plus를 사용하기 때문에 웹에서 입력한 모든 정보를 IDF파일로 제작할 수 있는 별도의 변환모듈을 개발하였으며, 결과 값은 현재 건축물에너지효율등급 평가도구의 결과물 형식으로 구현될 수 있도록 개발되었다.

Ⅴ. 연구개발 결과의 활용계획

본 연구의 성과물인 웹기반 일조 및 에너지분석 도구를 활용하여 BIM 기반 건축설계시 초기단계에서 에너지 절약적 건축물 구현을 위한 대안분석에 활용될 수 있을 것이다. 후속 연구과제로 시스템 안정화를 위한 실증연구를 거친 후, 호스팅서비스를 개시하게 된다면, 중소규모의 건축설계사에서는 독자적인 하드웨어나 소프트웨어 및 전문 인력을 확보하지 않더라도 설계안에 대한 일조 및 에너지 분석이 가능하게 될 것이며, 이는 시간 및 경제적 비용절감 효과를 기대할 수 있을 것이다.

S U M M A R Y

Ⅰ. Subject

Development of Web-based Green Building Information Modeling System

-Development of Analysis Tool for Solar Access and Energy Performance in the early Design stage

Ⅱ. The purpose and the need of the R&D

As part of its green growth policy, the Korean Government has announced that it will promote BIM at the government level by making it obligatory to integrate BIM in design competitions and design-build projects with a worth of 50 billion KRW or higher, from 2012, to reduce energy consumption and construction cost, respectively, by 19.6% and 22.4%. Since the release of the BIM introductory guidelines by the Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs and the Public Procurement Service in 2010, the use of BIM has been on the increase in most fields of construction, including architectural, structural, mechanical and electrical. In addition, as sustainability requires Green BIM analysis in BIM-based designs, early analysis of various design schemes is now required in the early stages of design. Therefore, there is a necessity for a web-based system that improves the access and convenience of building environment analyzers and which uses IFC files to enable compatibility between BIM tools for the comprehensive analysis of sunshine rights and building energy consumption.

Ⅲ. Scope of the Research

The objective of this study was to develop a tool capable of analyzing various design schemes during the early stages of design by building a reasonable BIM data system for sustainability analysis and using the architectural BIM model to carry out sunshine and energy analysis in a web environment. In year one, in order to develop our analysis tool, we devised

a module that could extract the variables required for sunshine analysis from IFC files and used an algorithm to determine whether the local sunshine standards were being complied with. In year two, we integrated the tool with Google Map so that we could register the geometrical location information of the sun in a web environment for sunshine analysis. In addition, we devised a module to extract the variables required for energy analysis from IFC files and developed a software program to gather meteorological data, material properties and management schedule so as to calculate the annual energy requirement and consumption of a building in order to predict its energy efficiency rating. A web prototype was also built to implement the tool for sunshine and energy analysis.

Ⅳ. The result of the research

Through this research, the system which is web-based sun-hour and energy analysis was established by using IFC files. Using BIM tools to predict the energy consumption of the designs, users will be able to upload to the web after modeled Core (non-cooperation space) and Shell (space heating and cooling) was converted into IFC files. Also, a program which can extract information about the zone and shape in uploaded IFC file has been developed. We ensured that meteorological data could be linked with building management on a file basis and that material properties could be analyzed based on the values obtained from the database. Since Energy plus is used as the energy analysis engine, an additional conversion module that could transform all of the information entered on the web into an IDF file has been developed. The result value has been developed to be realized in a form of result of current assessment tool for energy efficiency level of building.

Ⅴ. The plan to apply the result of research development

If BIM based building design is proceeded utilizing web-based sun-hour and energy analysis tool, the output of this research, alternative analysis for realization of energy-saving buildings can be achieved in the early stage of the construction.

After an empirical study for system stabilization as a follow-up research project, if

a hosting service is started, small architecture firms can analyze the sun hour and energy of a building design even without their own hardware, software or professional specialists, leading to an expectation in time and cost saving.

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER 1. Introduction

1.1 Research Purpose ····· 1

1.2 Research Topics and Scopes ····· 2

1.3 Research Purpose and Contents ····· 3

CHAPTER 2. Progresses in Korea and Foreign Countries

2.1 Progress in Korea ····· 6

2.2 Progress in Foreign Countries ····· 28

CHAPTER 3. Research contents and Results

3.1 Scope and Contents of the Research ····· 34

3.2 Construction of DataBase ····· 36

3.3 IFC Transformation Test ····· 47

3.4 Development of Sun-hour and Energy Analysis module ····· 53

3.5 Development of Web based Green BIM System ····· 60

3.6 Performance evaluation of Web based Green BIM System ····· 72

CHAPTER 4. Achievement and Contribution Levels of Research

4.1 Research Purpose and Topics ····· 91

4.2 Achievement level of Research ····· 95

CHAPTER 5. Utilization Plan of Research Products

5.1 Utilization scheme ····· 96

5.2 Expected Effects ····· 94

5.3 Prospect of Related Further Research ····· 99

CHAPTER 6. Gathered Information from Foreign Countries during Research Process

6.1 Research Paper ····· 100

6.2 Foreign Country Report ····· 103

6.3 BIM and Energy Analysis Program ····· 112

CHAPTER 7. REFERENCES

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발 목표 ····· 1

1. 연구개발 최종목표 ····· 1

제 2 절 연구개발 필요성 ····· 2

1. 핵심기술의 범위 ····· 2

2. 연구의 비전 ····· 2

제 3 절 연구개발의 목표 및 내용 ····· 3

1. 연차별 연구개발의 목표 및 내용 ····· 3

2. 연구목표 설정 근거 ····· 5

제 2 장 국내·외 기술개발 현황

제 1 절 국내·외 기술개발 현황 ····· 6

1. 국내 기술개발 현황 ····· 6

2. 국외 기술개발 현황 ····· 28

제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과

제 1 절 연구개발 내용 및 범위 ····· 33

1. 1차 년도 ····· 33

2. 2차 년도 ····· 33

3. 3차 년도 ····· 33

. 4. 기술개발결과 ····· 34
제 2 절 DataBase 구축 ····· 35
1. 기상자료 DateBase 구축 ····· 35
2. 국내 자재 DateBase 구축 ····· 37
3. 건물운영스케줄 DateBase 구축 ····· 41
4. DateBase 제작 ····· 42
제 3 절 IFC 변환테스트 및 모델링 가이드 ····· 47
1. IFC 변환테스트 ····· 47
2. 모델링가이드 제작 ····· 49
제 4 절 일조 및 에너지분석 모듈 개발 ····· 52
1. 일조분석모듈개발 ····· 52
2. IFC형상정보 추출모듈개발 ····· 55
3. IDF파일 생성모듈 개발 ····· 56
4. 에너지효율등급 예측모듈 개발 ····· 57
제 5 절 시스템 개발 ····· 59
1. 분배 및 분석서버 개발 ····· 59
2. Web Server 개발 ····· 63
3. Web기반 Green BIM System ····· 67
제 6 절 Web기반 Green BIM System 성능평가 ····· 71
1. 분배/분석 서버의 Job 분배 및 모니터링 성능 테스트 ····· 71
2. 유사 에너지분석 프로그램과의 결과 비교 ····· 75
3. 유사 에너지분석 프로그램과의 작업 시간 비교 ····· 79
4. 수요자 만족도 조사 ····· 85

5. 연구성과 ····· 89

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 주요 연구목표 달성도 ····· 91

1. 연구개발 수행 진도율 ····· 91

2. 연구개발 목표의 달성도 ····· 94

제 2 절 관련분야 기여도 ····· 95

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제 1 절 연구개발의 활용방안 ····· 96

제 2 절 연구개발의 기대효과 ····· 97

1. 공공적 측면 ····· 97

2. 기술적 측면 ····· 97

3. 경제·산업적 측면 ····· 98

제 3 절 관련 후속 연구개발의 전망 ····· 99

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제 1 절 연구논문 ····· 100

제 2 절 해외보고서 자료 ····· 103

제 3 절 BIM 및 에너지해석 프로그램 ····· 112

제 7 장 참고 문헌

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발 목표

1. 연구개발 최종목표



국내 녹색성장 정책의 일환으로 BIM(Building Information Modeling)과 관련하여 2012년부터 500억 이상의 현상공모 및 턴키공사에 BIM 적용을 의무화하고 있다. 국내 BIM 적용 현황은 2010년 국토해양부 및 조달청에서 BIM 도입 가이드라인 발표를 기점으로 건축, 구조, 기계, 전기 등 건축 전 분야에서 증가되고 있는 추세이다.

현재 BIM기반 설계 시 건물 환경 분석(주로 에너지 분석)을 부분적으로 시행하고 있으나 일조분석의 경우, 분석용 소프트웨어가 국외에서 개발된 것으로 국내 일조권 수인한도 판단에 적합하지 않다. 일조분석은 DXF(Drawing Exchange Format)포맷의 2차원 모델을 분석 프로그램에 Input한 후 추가적으로 3차원 모델을 구현하여 분석을 실시하게 된다. 이러한 분석과정은 장시간의 작업시간이 소요되므로 설계 초기단계에서의 신속한 대안비교가 어렵게 된다.

에너지 분석의 경우 국내 BIM 적용 지침에는 실시설계 단계에서 주요건물에 대한 동적 에너지 시뮬레이션(Energy Plus or DOE-2 Engine 기반)을 실시하여야 하고 건물의 형태, 방위, 창면적비(외벽대비 창의 면적)를 근거로 에너지효율을 검토해야함을 명시하고 있다.

제 2 절 연구개발의 필요성

1. 핵심기술의 범위

연구분야	개발기술의 범위
Web기반 Green BIM System 개발 - 설계초기단계에서의 일조 및 에너지분석 도구 개발-	○ 설계초기단계에서의 IFC기반의 일조환경분석 모듈 개발 ○ IFC기반의 에너지분석모듈개발 ○ 분석된 에너지 소요량을 활용한 건물에너지효율 등급 및 CO_2 발생량 예측모듈개발 ○ Web기반 Green BIM(일조 및 에너지) System 구축

현재 BIM(Building Information Modeling)은 국내외 건축분야에서 최대 관심사로 각 나라별 다양한 접근방향에 따라 활용범위가 무한하며, IFC 파일을 통해 건축 내 의사소통이 쉽고 각 분야별 협업에 많은 도움이 될 것이다. 또한 신속한 의견교환이 이루어져 건축의 질을 높이는데 강력한 영향을 미칠 것이다. 이러한 BIM을 이용한 환경 분석 도구는 주어진 설계안의 형태에 대한 통찰기능을 제공하고 총에너지소비, 조명사용, 예상 소요비용, 일조확보 등을 초기에 평가할 수 있어 시간과 비용감소라는 효율성 향상에 도움을 줄 수 있을 것이다.

2. 연구의 비전

본 연구의 결과인 BIM과 IFC를 이용한 Web기반 Green BIM System은 웹에서 일조 및 에너지 분석을 실시함으로써 설계초기단계에서 다양한 설계안을 비교·검토할 수 있는 시스템이다. 설계초기단계에서 다양한 설계 대안들의 에너지소비량, 일조확보 여부 등을 평가할 수 있어 시간적, 경제적 비용절감 효과를 기대하라 수 있으며, 에너지 최적화 및 건물 유용성 향상을 가능케 할 수 있을 것이다.

제 3 절 연구개발의 목표 및 내용

1. 연차별 연구개발의 목표 및 내용

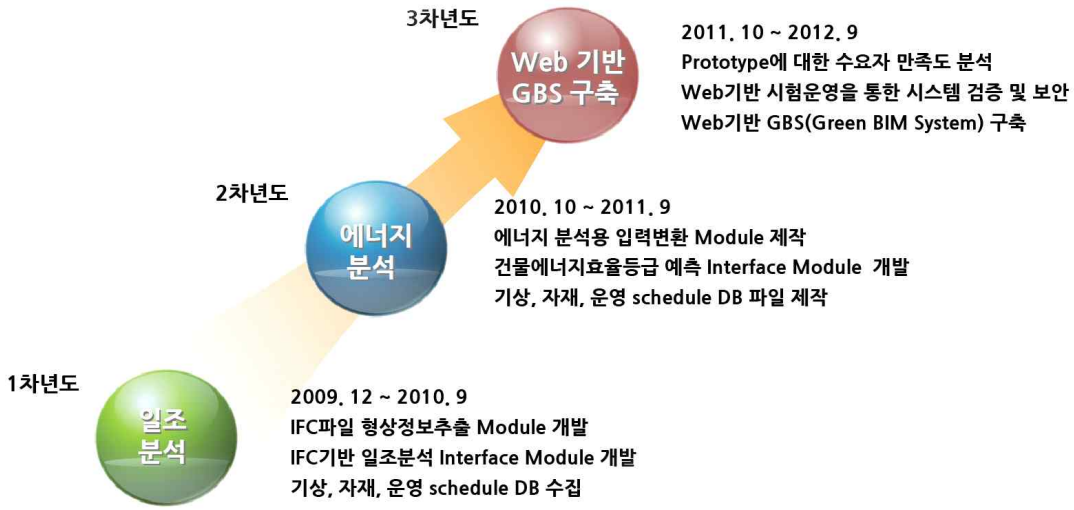


그림 1. 연차별 개발목표

일조분석도구는 건축모델에서 분석에 필요한 변수를 추출할 수 있는 모듈을 개발하고 국내 일조권 기준만족 여부를 판단하여 보고서의 형태로 사용자가 결과를 확인 할 수 있도록 프로그램을 개발하는 것이다. 이를 위하여 IFC 파일 형상정보추출 모듈, IFC 기반 일조분석 모듈을 개발하였다.

에너지분석에 필요한 기상, 건축자재, 건물용도별 운영스케줄에 대한 Database를 이전 연구보다 향상시켜 구축, 활용하였으며, IFC 파일에서 에너지분석에 필요한 형상정보 추출 모듈, EnergyPlus Input 파일인 IDF파일 생성모듈, 건물 1차에너지소요량 및 건물에너지효율등급 예측 모듈을 개발하였다. 개발된 일조 및 에너지분석 모듈과 기상, 자재, 건물운영스케줄 등의 Database 자료를 이용하여 Web기반 Green BIM System의 Prototype을 개발하였다. 최종년도에는 Prototype을 향상시켜 분석 및 분배 server, Web server를 구축하였다. 구축된 Web기반 Green BIM System의 안정화를 위해 다양한 테스트를 진행하였으며, 수요자만족도 조사를 통해 시스템의 검증 및 보완을 진행하였다.

연 차	연구목표	주요 연구내용
1차년도	▪ 국내외 기존연구 자료 분석	▪ 설계초기단계에서 분석에 필요한 IFC, TMY, Schedule에 대한 국내외 프로그램 분석
	▪ IFC 분석 및 관련 모듈 개발	▪ 에너지 관련 속성정보 분석 ▪ Geometry 관련 포맷 분석
	▪ 일조환경 모듈 분석 및 개발	▪ Process 설계 ▪ 일조계산 모듈 개발 ▪ 결과출력 모듈 개발 ▪ 계산결과 검증
	▪ 에너지 모듈 분석 및 개발	▪ 국내 표준년기상자료 DB 구축 ▪ 국내 주요건축자재 물성 DB 구축 ▪ 건물용도별 운영스케줄 DB 구축 ▪ 에너지분석 입력데이터 포맷 분석
	▪ Web GBS 개발 및 구축	▪ Logic 구성 ▪ Process 설계
2차년도	▪ IFC 분석 및 관련 모듈 개발	▪ Geometry 정보 변환 모듈 작성 ▪ 건물 주요부 자동인식 모듈 작성 ▪ 에너지 분석용 입력변환 모듈 작성
	▪ 일조환경 모듈 분석 및 개발	▪ 분석위치 데이터베이스 구축
	▪ 에너지 모듈 분석 및 개발	▪ 에너지분석용 BIM모델작성 매뉴얼 제작 ▪ 에너지 요구량 계산 모듈 개발 ▪ 건물효율등급예측모듈개발 ▪ 결과출력 모듈개발 ▪ 계산결과 검증 ▪ DB 업데이트(기상,재료물성치,운영스케줄)
	▪ Web GBS 개발 및 구축	▪ IFC 데이터 업로드 모듈 작성 ▪ 모델 및 입력데이터 통합 모듈 작성 ▪ 클러스터링 시스템 연계 모듈 작성 ▪ Web Prototype 개발
3차년도	▪ 일조환경 모듈 분석 및 개발	▪ 일조분석 도구의 수요자 만족도분석
	▪ 에너지 모듈 분석 및 개발	▪ DB 업데이트(기상,재료물성치,운영스케줄) ▪ 에너지요구량 분석의 수요자 만족도 분석
	▪ Web GBS 개발 및 구축	▪ Web Prototype 테스트를 통한 시스템 검증 및 보완 ▪ 웹구축 및 시범운영을 통한 시스템 검증 및 보완
	▪ 최종 연구결과 정리 및 보고서 작성	▪ 최종 연구성과 목표치 달성도 파악 및 보완

2. 연구목표 설정 근거

친환경분석을 위한 BIM데이터의 합리적인 체계를 구축하고 건축 BIM모델을 활용하여 웹에서 일조 및 에너지 분석을 실시하여 설계초기단계에서 다양한 설계안을 검토할 수 있도록 분석도구를 개발하는 것이 본 연구의 목적이다. 일조분석에 필요한 IFC변수를 추출할 수 있는 모듈을 개발하고, 국내일조권 수인한도를 판단할 수 있는 알고리즘을 사용하여 분석도구를 개발하였다. 분석도구로는 Geometry 정보변환 모듈, 건물 주요부 특수정보 자동인시 모듈 등이 있다.

일조분석과 에너지 분석을 위해 IFC 파일에서 분석에 필요한 형상정보를 추출하는 모듈을 개발하였고, 에너지 분석 시에 필요한 기상데이터, 자재 물성치, 건물운영스케줄에 대한 DB를 구축하였다. 또한, EnergyPlus Input 파일인 IDF 파일을 생성하는 모듈을 개발하여 건물의 1차 에너지 소요량 및 건물에너지 효율등급 예측모듈을 개발하였다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내·외 기술개발 현황

1. 국내 기술개발 현황

국내의 경우는 국토해양부와 지자체, 주택공사 등 공공기관들이 BIM발주를 의무화하는 방안을 제시하고 있으며 민간 기업들도 자발적으로 참여하려고 하고 있다. 국토해양부는 BIM본격 확산을 위한 10년 정책 로드맵을 작성 중에 있으며, 1단계로는 정부와 발주자, 민간업계가 체계적으로 활용할 수 있는 BIM 적용가이드를 개발하였다. 이에 따라 국제표준 기반의 BIM모델 기술을 구현하기 위한 별도의 국내 표준규격을 확보하고 중장기 BIM비전, 정책목표, 추진전략을 포괄한 단계별 로드맵을 수립 및 시행할 계획이다.

시설사업 BIM적용 지침서에 따르면 설계공모의 경우 개략 에너지효율에 대해 개방형 BIM표준데이터를 활용하여 검토를 수행하도록 되어 있다. BIM에 의한 개략 에너지효율 검토의 범위는 건물외피에 의한 Heat Gain 및 Heat Loss에 의한 열부하 계산으로 하며 검토방법은 다음과 같다.

(1) 에너지 분석 소프트웨어는 미국 에너지성에서 개발한 EnergyPlus 또는 DOE-2기반의 소프트웨어를 사용하며 BIM데이터 활용의 최소범위는 건물의 형상정보로 한다.

(2) 건물모델 데이터 중 건물의 형태, 방향, 창호면적비율을 근거로 한다.

(3) 개별적인 건물재료의 성능 및 설비시스템은 검토에 반영하지 않는다.

(4) 기후데이터의 입력기준은 별도로 공지한다.

(5) 벽, 문, 창에 대한 입력기준은 별도로 공지한다.

이를 위한 BIM데이터의 조건은 외기에 직접적으로 면한 건물의 외피 및 각 층의 바닥슬래브 요소객체는 빠짐없이 입력되어야 하며, 외피모델은 건물모델의 외피와 정확히 일치해야 한다. 또한, 공간데이터를 포함하여야 한다.

이와 같이 BIM설계 시 에너지 분석은 필수불가결한 요소로 자리매김 되고 있으나, 국내 BIM과 에너지관련 연구는 기초단계라 할 수 있다. 또한, 국내의 건축물에너지효율등급을 동적시뮬레이션에 의해 분석할 수 있는 프로그램이 없고, 분석을 위한 변수값을 수동적으로

입력하여 평가하는 도구(ECO2)가 오픈되어 있는 상태이다.

가. Radiance Engine을 이용한 인터넷 웹기반 가시화 시스템 개발

빛의 거동을 정확하게 모델링할 수 있는 Radiance 프로그램을 인터넷 웹 환경과 연동할 수 있는 시스템을 개발하여 렌더링에 의한 가시화가 필요한 모든 분야에 대한 서비스를 제공할 수 있는 기반을 마련하고 전문적 지식이 없는 사용자들도 쉽게 설계과정에서 자연채광 및 인공조명의 성능을 정량적, 정성적 분석이 가능토록 하였다.

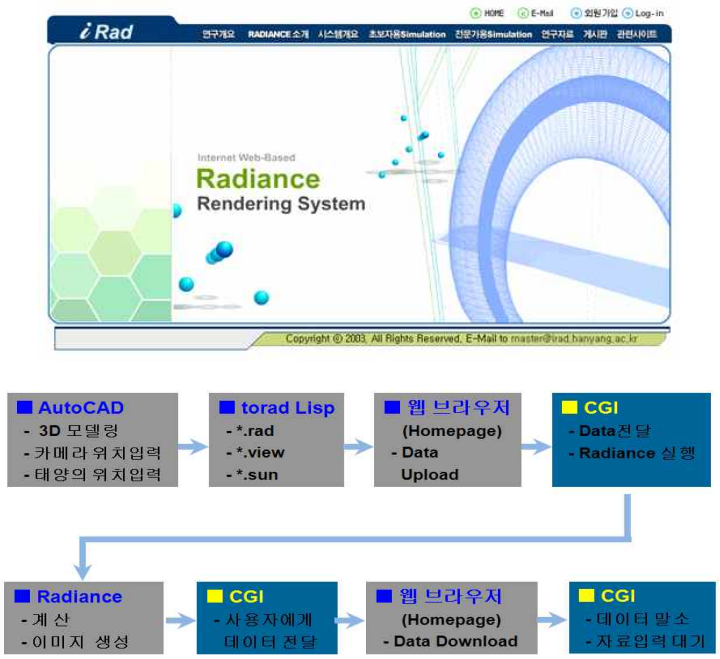


그림 2. 시스템 초기화면 및 작동순서

나. 웹기반 실내공기질 평가 프로그램의 개발 및 적용

실내오염물질 농도를 예측할 수 있는 웹 기반 실내공기질 평가 프로그램을 개발하였으며, 평가 프로그램을 mock-up 실험체에 적용하여 프로그램 신뢰성을 검증하였으며, 사용자층의 정보접근을 용이하게 하기 위하여 웹 기반형 프로그램으로 개발하였다.



그림 3. 웹기반 실내공기질 평가 프로그램의 메인화면

다. 인터넷 웹기술을 이용한 건축환경 데이터베이스 구축에 관한 연구

건축환경분야의 열, 빛, 음 및 공기환경 등과 관련하여 쾌적성에 대한 평가와 함께 에너지 효율적인 건축설계 및 설비계획을 위한 각종 기술자료를 토대로 한 수치 시뮬레이션, 그리고 기존 건물에서의 측정 데이터 등을 상호 교류할 수 있도록 열환경 분야 지식/정보 자료를 데이터베이스화 하였다.

8개 대분류(강의교안, 계측기자재, 시뮬레이션 프로그램, 국내외 실내 열환경 기준, 국내 에너지 소비량 및 가격 정보, 국내 지역별 기후자료 및 기상데이터, 건축재료의 열 물성치 및 각종 계수, 온돌의 역사), 36개 중분류, 173개 소분류별 지식/정보 자료를 데이터베이스화 하였다. 인터넷 웹 브라우저 상에서 직접 시뮬레이션이 가능한 모듈을 Hava applet 및 ActiveX control로 작성하여 열관류율, 결로평가, 기후특성 분석, 태양궤적, 음영평가, 습공기를 분석한다.

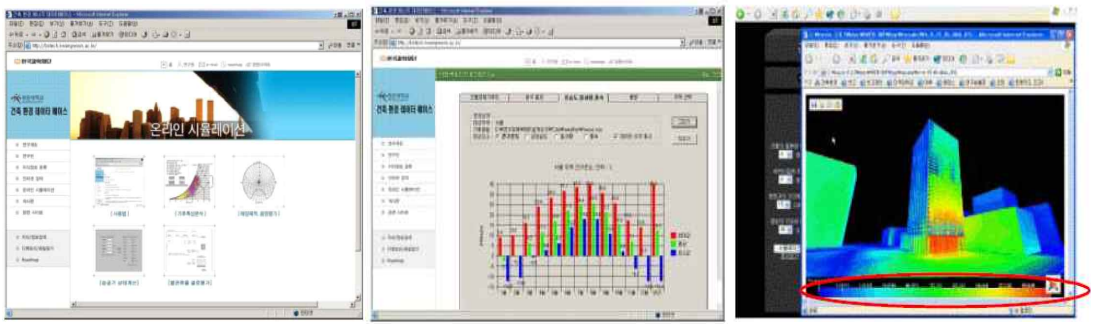


그림 4. 온라인 시뮬레이션의 예

라. 국내일조분석

국내 일조환경평가의 경우 체계적이고 정확한 분석과 산정을 위하여 적용되는 분석기법으로 점분석과 면분석이 있으며, 면분석의 경우 학교 및 연구기관별 자체적으로 개발되어 있

다. 상업용 제품은 점분석 및 솔라뷰 방식의 독립형 분석도구로서 설계도면 생성이 가능한 Revit과 ArchiCAD를 제외하면 설계자에 의한 설계도면과 분석도구에서 사용되는 파일형식의 호환성이 결여되어 분석 프로그램 내부에서 모델링을 새롭게 구현해야하는 번거로움이 있다. 또한 설계자가 직접 분석도구를 사용할 경우 전문적인 이해와 해석에 많은 시간이 소요되고 특히 익숙하지 않은 도구들을 사용하여 잘못된 분석결과가 도출되어도 이를 그대로 활용하는 등의 문제점이 야기될 수 있다.

표 1. 국내 판매되는 주요 일조분석 도구들의 종류

프로그램명	개발 및 판매업체	분석기법	3차원모델 가능여부	결과물
Sanalyst 2.0	씨쓰데브	점분석	자체	일영도, 월드램차트, 일조분석표(엑셀호환), 일영곡선도
sunlight	한국씨아이엠(주)	점분석	자체	일영도(동영상), 일영곡선도, 일조분석표
Sanalyzer 1.0	디디알 플러스 (수입업체)	점분석	Revit 프로그램의 plug-in방식	일영차트, 일조분포도
Sketch-up	캐달로그(수입업체)	솔라뷰	자체	시각적 일영모습
ArchiCAD	아키탑/두올테크	솔라뷰	자체	일영도(동영상), 시각적 일영모습

마. 건축물에너지 효율등급 평가 프로그램 - ECO2

국제 기후 변화 협약이 발표됨에 다라 선진국에서는 체계적인 건물에너지 절약 정책 및 제도들이 수립되어 시행되고 있다. 우리나라도 건물부분에 있어 에너지수요를 효율적으로 평가하고 관리할 수 있는 제도의 필요성이 대두되었고, 지난 2009년 12월 국토해양부와 지식경제부 공동으로 '건축물 에너지 효율등급 인증규정'이 고시되어 현재 신축 공동주택과 신축 업무용건축물을 대상으로 시행되고 있다. 이중 업무용 건축물의 에너지효율등급을 인증하고 합리적으로 평가하기 위한 수단으로서의 프로그램 개발에 대한 필요성이 제기되었다. ECO2는 업무용 건축물의 에너지 효율등급을 평가하기 위한 도구로 ISO 13790과 DIN V 18599를 기준으로 개발되었으며, Monthly Calculation method를 기본평가 로직으로 사용

해 준정상상태 해석을 수행한다. 국내 13개 지역의 월별 평균 기상데이터를 바탕으로 난방, 냉방, 급탕, 환기시스템의 5가지 항목만 추출하여 단위면적당 1차에너지 소요량을 산출한다.

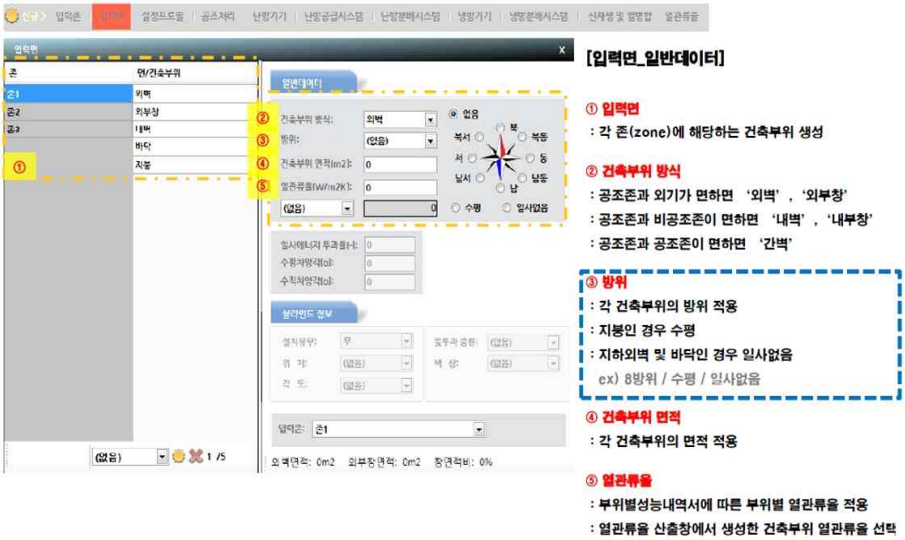


그림 5. ECO2 프로젝트정보 입력

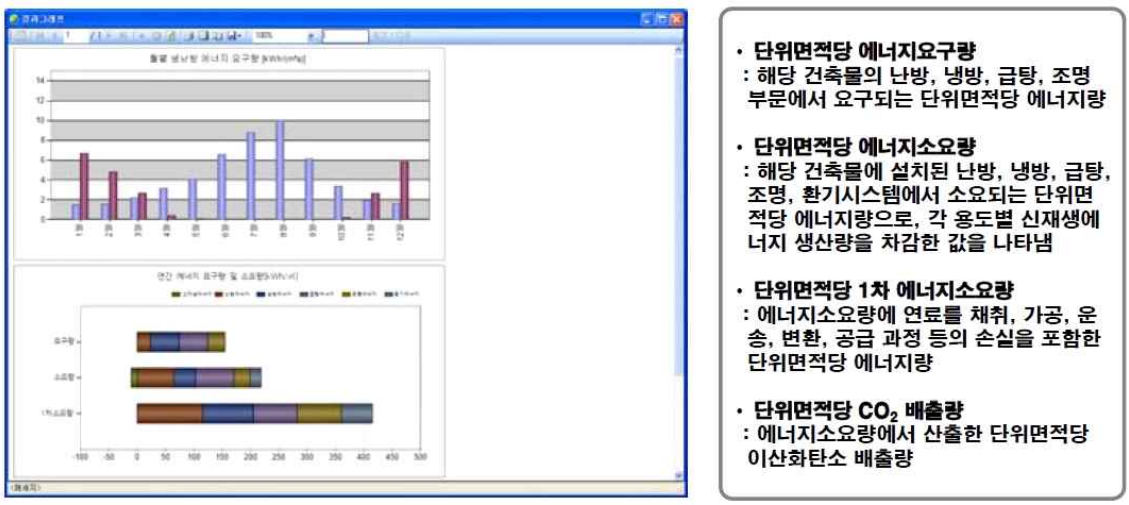


그림 6. ECO2 결과분석 화면

바. 건축물 에너지 소비 총량 평가 프로그램 – ECO2-OD(Office Design)

건물 부문의 에너지 효율 향상을 위한 제도적 · 사회적 요구가 증대됨에 따라 국내에 다수의 건물 에너지 성능 평가제도 및 기준이 시행되고 있지만 서로 다른 평가 기준 및 목표치를 제시하고 있어 실무자에게 혼란을 초래하고 있다. 효율적인 업무진행을 위한 건물

에너지 관련 제도의 개선 및 통합화하고 에너지 수요관리에 활용하기 위한 건축물 에너지 소비 총량 평가 프로그램 개발의 필요성이 제기되었다. ECO2-OD는 ISO 13790에 따라 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 등에 대해 1차 에너지소요량을 종합적으로 평가 하도록 제작 되었으며, 1만 제곱미터 이상 업무 시설 건축 허가 시 에너지절약계획서 제 7면의 건축물에너지 소요량 평가서에 기재할 항목을 평가할 수 있도록 개발되었다.



그림 7. ECO-OD 화면구성

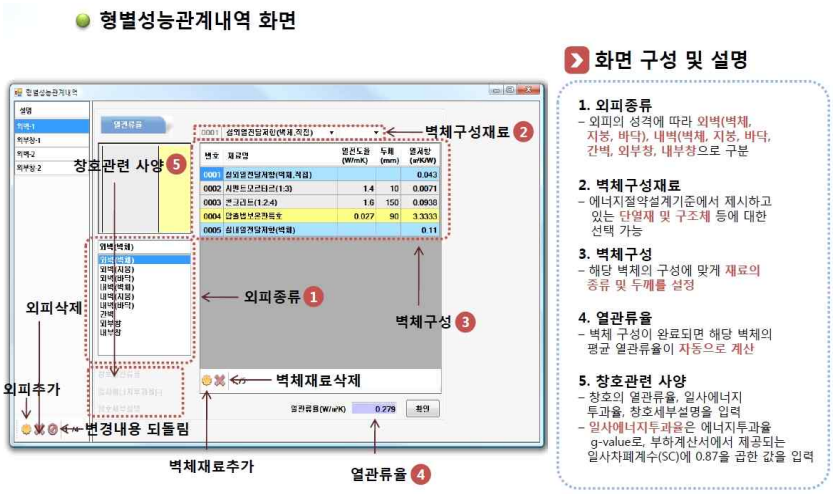


그림 8. ECO-OD 자재정보 입력 예

사. 실무에서의 BIM기반 건축환경분석 사례

1) 파주운정지구 현상설계 시 Green BIM분석 적용사례

(1) 파주운정지구 BIM 설계 주요 입찰지침

구 분	내 용
공사비 산정	BIM 기반의 공사비 추출자료 제공, 공사비 최적화 계획서 제출
설계도면	모든 도면은 BIM data에서 추출 작성, BIM툴에 한정된 투시도 및 조감도 제출
BIM 개요서	BIM 기반 설계 진행과정 및 성과, BIM data 구축레벨, 공종별 활용계획 수립
설계도서	구조계산서, 내역서의 BIM data 활용, BIM 기반 면적산출
환경분석	**친환경, 일조 및 에너지분석 등 BIM을 활용하여 설계반영된 내용 BIM data 추출 표현**

(2) BIM 기반 친환경 설계 개요

(가) 설계개요

구 분	내 용
위치	경기도 파주시 교하읍 택지개발지구내 A4BL
대지면적	125,850 ㎡
공사비	330,988 백만원
건설호수	1,950 호(59㎡ 736호, 84㎡ 764호, 114㎡ 450호)
용적률	175% 이하
층수	19층 이상, 28층 이하



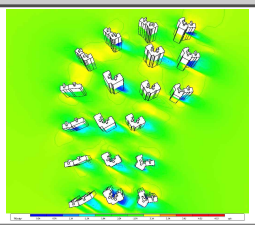
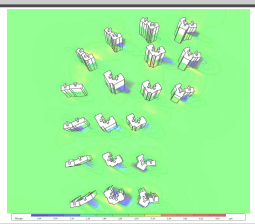
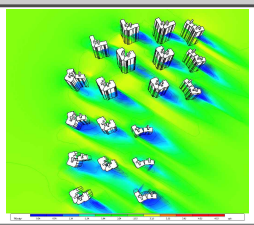
(나) Project Work Flow Chart

파주 운정지구 프로젝트는 좌측 flow chart와 같은 방식으로 수행하였다. 건축 주요 BIM 모델링 툴은 Revit Architecture를 활용하였고, 환경분석 및 에너지성능 분석을 위한 도구와의 호환은 IFC(2x3)와 gbXML 파일 포맷을 적용하였다. 공동주택 단지의 일조 및 조망분석은 (주)썬앤라이트 자체개발 GB-EAS 프로그램을 활용했으며, 연간에너지시뮬레이션, 기류환경 및 일영분석은 Revit Architecture Add-on 프로그램인 IES/VE 프로그램을 적용하였다. 국내 공동주택 에너지성능 지표인 건물에너지효율등급 분석은 주요 BIM Tool인 ArchiCAD를 기반으로 하는 Add-on 프로그램인 GB-EPS를 개발하여 활용했으며 이를 통해 건물 에너지성능 극대화 및 공사비 절감이 가능토록 하였다.

(다) 친환경분야 BIM 구축 및 활용

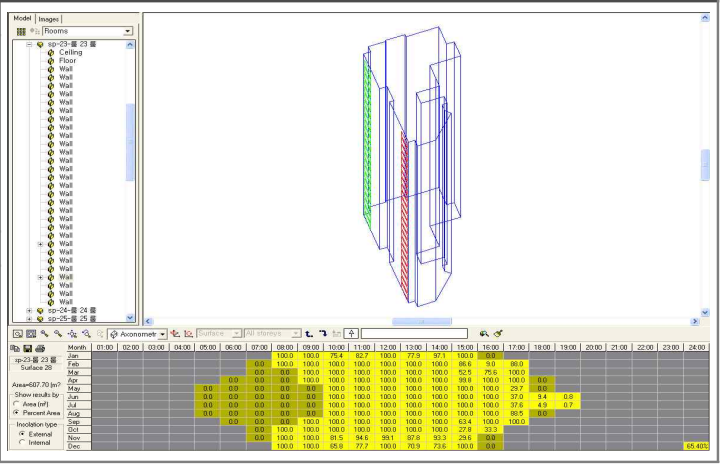
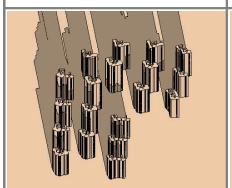
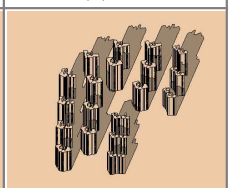
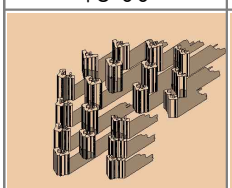
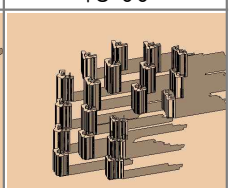
① 기류분석

단지 기류환경 분석은 Revit Architecture Add-on 프로그램인 IES/VE를 이용하여 수행하였다. 단지 주풍향과 배치계획의 각 대안별 기류환경 분석을 통해 Beaufort 쾌적 범위(1 ~ 3m/s)를 만족하는 최적의 배치 대안을 선정했으며 또한 세대별 자연환기 성능도 극대화 하였다.

대안 1	대안 2	선정안
		
좁은 인동간격으로 인한 풍속 증가	주동 형태에 의한 단지 내 정체 기류 및 와류 발생	균일한 유속 분포로 주변 건물 영향 최소화

② 일영분석

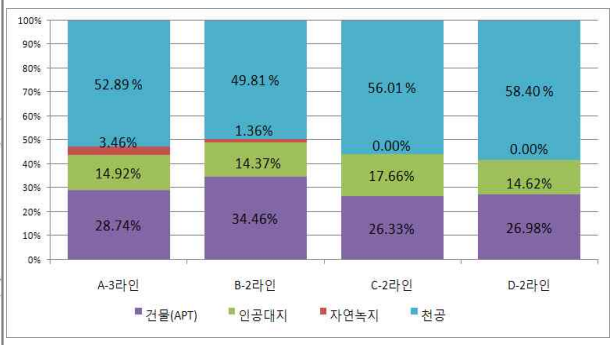
일영분석은 Revit Architecture Add-on 프로그램인 IES/VE를 이용하여 분석하였다. 단지 배치계획 및 거실의 방위에 따른 연간 창 유입 일영 분석을 통해 영구음영세대 최소화 배치계획을 수립으로 거주환경을 증진했으며 세대별 일사량 유입 극대화를 통해 채광 및 에너지 성능을 향상하였다.

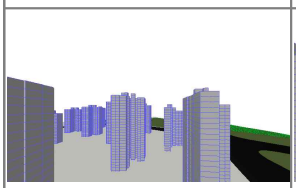
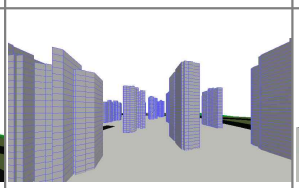
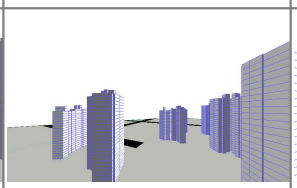
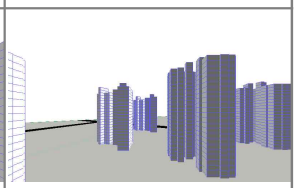
일영분석(동지 09:00~15:00)		창 유입 일영(1년)
09:00	11:00	
		
13:00	15:00	
		

③ 경관분석

최근 공동주택 단지계획의 주요한 요소로 세대별 경관요소가 중요하게 부각됨에 따라 당사에서 자체개발한 BIM 기반 경관 및 일조권 분석 프로그램인 GB-EAS를 본 프로젝트에

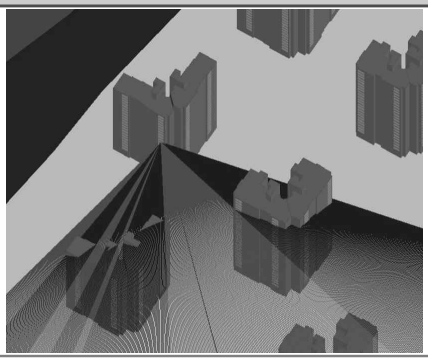
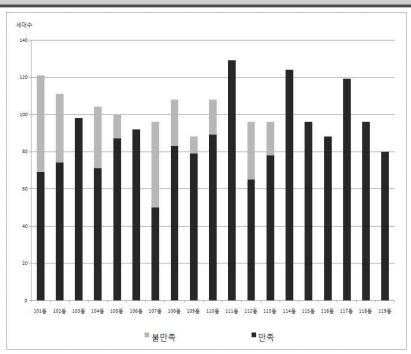
활용하였다. Revit Architecture에서 모델링된 건축모델을 IFC 파일 형식으로 ArchiCAD에 입력하여 경관분석을 실시했으며 건축 배치계획의 최적화를 통한 세대별 자연경관 조망확보를 극대화하여 최적의 거주환경을 조성하였다.

조망점	세대별 조망요소 분포	조망가능 세대수
		·자연녹지 : 703세대 (36%) ·천공 : 1950세대 (100%)

①	②	③	④
			

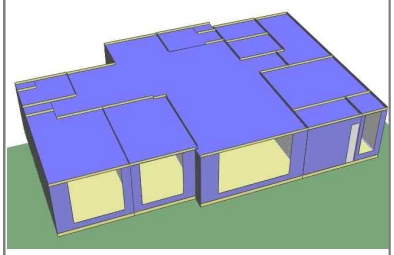
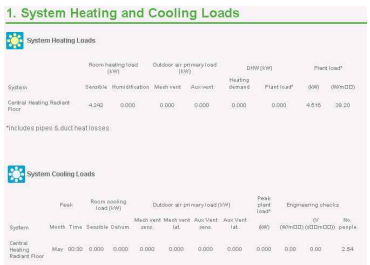
④ 단지내 일조권 분석

공동주택 단지의 쾌적한 거주환경 조성을 위해 당사의 BIM 기반의 일조권 산출 프로그램인 GB-EAS 프로그램을 활용하여 단지 배치계획에 활용하였다. Revit Architecture 모델을 IFC 파일로 변환하여 ArchiCAD Add-on 프로그램인 GB-EAS 프로그램에 입력하여 일조권 분석을 수행하였다. 단지 주변 일조 영향 요소 및 조경공간에 따른 세대별 일조시간 분석을 통하여 최적 배치계획 수립 및 일조시간 극대화를 유도했으며 결과, 법적 일조권 만족세대비율은 85.5%로 나타났다.

일조시간 산출	법적 일조권 만족세대
	

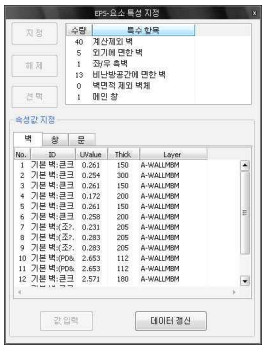
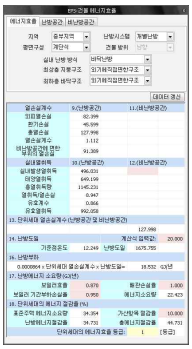
⑤ 에너지 및 CO_2 배출량 분석

건물 에너지사용량 및 CO_2 배출량 분석은 Revit Architecture Add-on 프로그램인 IES/VE를 활용하였다. 시뮬레이션의 신뢰성 향상을 위해 태양에너지학회 발표 표준 기상데이터를 활용하였고, 국내 바닥 난방 시스템과 가장 유사한 Radiant Floor 시스템을 적용하였다. 분석결과 연간 최대 난방부하는 4,516 W로 분석되어 지역난방열공급기준 대비 약 23%가 감소한 것으로 나타났고 연간 에너지사용량은 9,334 kWh, 탄소발생량은 3084.2 kg/년으로 기존 대비 16.8%를 절감할 수 있는 것으로 분석되었다.

IES/VE	최대부하 분석	에너지사용량 및 탄소발생량
		
Revit Architecture 모델을 IES/VE 프로그램으로 입력	ASHRAE 부하계산 방식을 통한 최대부하 분석	연간 에너지시뮬레이션을 통한 에너지사용량 및 탄소발생량 분석

⑥ 건물에너지효율등급 분석

건물에너지효율등급 분석은 당사에서 자체개발한 GB-EPS 프로그램을 활용하였다. GB-EPS는 BIM Tool의 하나인 ArchiCAD Add-on 프로그램으로 건물 모델링과 동시에 실시간 에너지성능 분석을 가능케 하여 건물 에너지효율 향상 및 공사비 절감을 위해 개발되었다. 분석 과정은 Revit Architecture에서 모델링 된 건물의 형상을 IFC 파일로 변환하여 ArchiCAD에 입력하여 분석하였다.

IFC를 활용한 데이터 호환	요소특성 분석	에너지효율등급 분석
		
Revit Architecture 모델을 IFC 파일로 변환하여 ArchiCAD에 입력	건축 벽체 및 문 창호의 열적 특성 분석 및 입력	건물에너지효율등급 1등급 획득

초기 건축모델 중 비난방공간으로의 에너지손실이 과다한 것을 개선하여 에너지사용량을 절감하고 Low-e 복층유리 및 고효율에너지기자재 적용을 통해 표준 주택대비 33.62%의 에너지 절감으로 건물에너지효율등급 1등급 획득이 가능토록 하였다.

2) 디지털방송콘텐츠 지원센터 턴키 기술지원 적용사례

(1) BIM을 이용한 친환경건축 분석

다음은 턴키에 적용된 사례로써, 지난 2011년 1월 디지털방송콘텐츠 지원센터로 본 기관에서는 설계단계별 저탄소 및 에너지 절감을 위한 기술지원을 실시하였다. 본 프로젝트는 국제 개방형 BIM공유 및 호환기준인 IFC 2×3을 지원하는 BIM 소프트웨어로 제한하였으며 원본파일과 IFC, Viewer 파일을 동시에 제출하는 개방형 BIM기반 공모이다. 사업 참여자간 의사 결정 지원을 위한 시각화 및 공종 및 공정별 시공성 검토를 통한 DATA 구축, 공간 요구 충족 조건에 대한 충족성 검토, 건물의 에너지 분석, BIM 모델기반의 견적 및 시공계획, 유지관리 등 건축물 라이프사이클에 관한 전반적인 운영계획 및 관리를 포함하여 수행한 프로젝트이다. 친환경 분석의 주안점 및 세부내용은 다음과 같다.

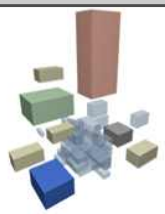
① 대지 주변의 미기후를 고려한 분석을 통해 친환경 설계안 도출 유도

② 주요시설(아트리움, 스튜디오 등)의 주요 실내환경 요소 분석

③ 설계초기단계부터 에너지 비교분석을 통한 에너지 절감형 설계안 도출

[표2]와 같은 프로세스에 따라 친환경 및 에너지 성능 분석을 실시한다.

표 2. 친환경건축 프로세스

Pre Design	Conceptual Design	Schematic Design	Design Development
 Idea Design Data Ecotect, IES-VE	 Mass Study Plug-in Eco-designer	 Mass Detail Development Plug-in, gbXML Eco-designer, Ecotect IES-VE, VAES(in-house program)	 Passive Design Active Design IFC RIUSKA
기상자료 분석 대지분석 (일영, 바람길)	예상 에너지 소비량 상대분석	에너지소비량 분석 자연채광, 기류, 온도, 일영, 무대가시성 분석	최종 에너지소비량 분석 건축, 기계, 전기 요소 기술별 에너지 절감

(2) 건물개요

- 사업명 : 디지털방송콘텐츠 지원센터 건립공사
- 용도 : 방송통신시설, 업무시설
- 대지면적 : 10,702.0㎡
- 용적률 : 293.72%
- 건폐율 : 49.20%
- 건축규모 : 지하4층, 지상19층
- 구조 : 철근콘크리트구조
- 주요외장재 : 로이복층유리, 금속판넬

(3) 환경 및 에너지 분석

먼저 대지주위의 기상자료를 수집, 분석하고, 방위 및 주풍향 등을 고려해 Mass study를 진행한다. 대안별로 Mass study된 설계안의 예상 에너지 소비량을 분석하고, 건물에너지 성능, 쾌적성 등을 고려해 선정된 안으로 자연채광, 기류, 온도, 일영, 무대 가시성 건물에너지 등을 분석한다. 친환경적이고 에너지 절약적인 건물 설계를 위해 그림9, 그림10과 같이 설

계 초기단계에서 Ecodesigner를 활용해 대안별 분석을 실시하고, 발전단계에서 RIUSKA를 이용해 상세한 분석을 실시한다.

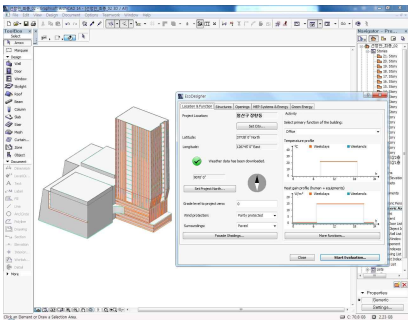


그림 9. 설계 초기단계(Ecodesigner)

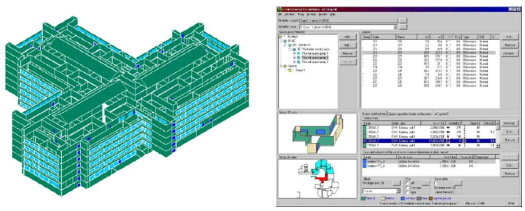
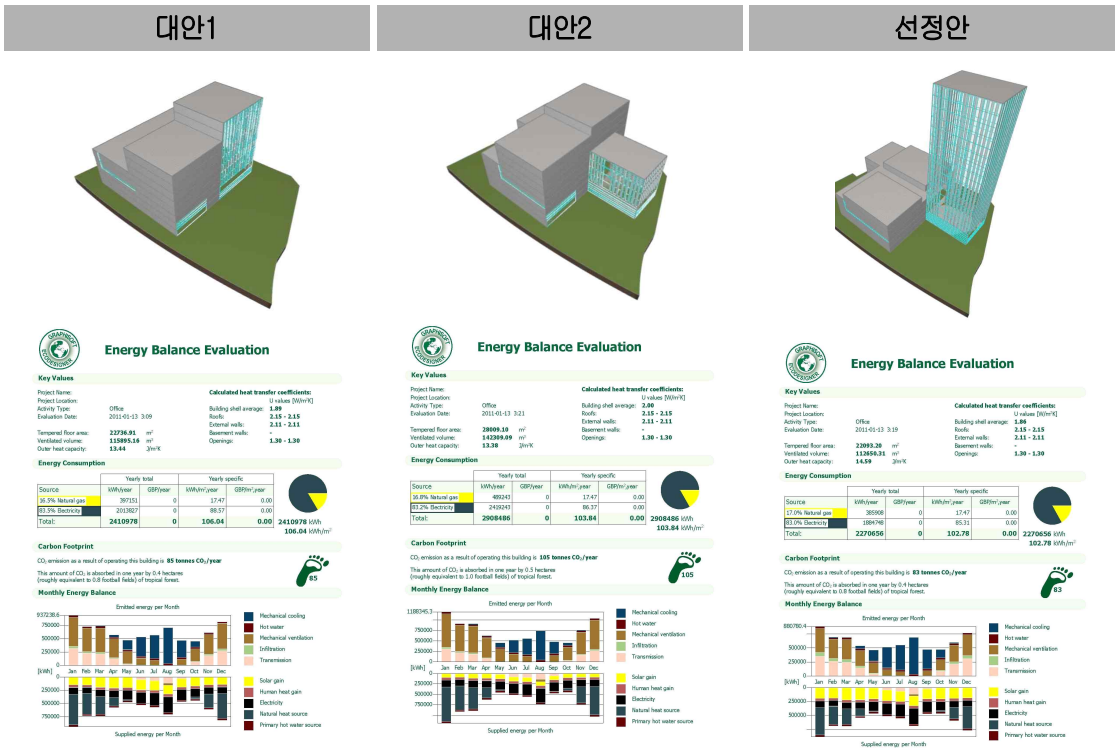


그림 10. 설계 발전단계(RIUSKA)

설계 초기 단계에서 건물매스의 형태와 창면적 등을 조절하여 그림11과 같이 대안별로 에너지 소비량을 분석하고, 분석된 데이터를 바탕으로 에너지 소비를 최소한으로 하도록 건물의 방향 및 형태, 창면적비 등을 조절하고 설계에 반영하였다. 예상 에너지 소비량이 대안1에서는 106.04 kWh/㎡, 대안2는 103.84 kWh/㎡, 에너지 소비량이 제일 작은 선정안은 102.78 kWh/㎡로 분석되었다.



예상 에너지 소비량 106.04kWh/㎡ 예상 에너지 소비량 103.84kWh/㎡ 예상 에너지 소비량 102.78kWh/㎡

그림 11. 설계초기 대안별 예상 에너지 소비량 분석 (Ecodesigner)

선정안을 기준으로 타워부분의 입면변화에 따른 대안 분석을 그림12와 같이 실시하였다. 에너지 소비량에 약간의 차이가 나타났는데 입면패턴의 변화에 따라 창면적비 등의 변화로 인한 것으로 분석되었다. 대안1은 94.12 kWh/㎡, 대안2는 94.20 kWh/㎡, 에너지 소비량이 가장 작은 선정안은 93.83 kWh/㎡로 나타났다.

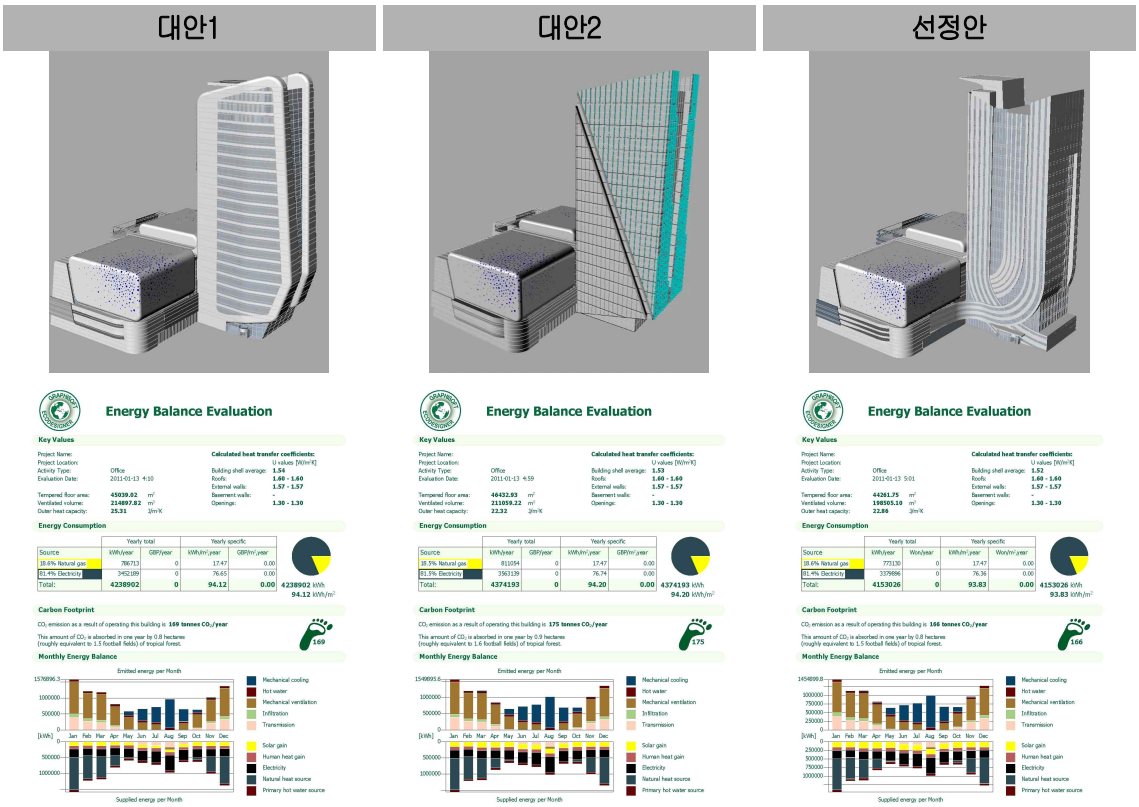


그림 12. 설계초기 대안별 예상 에너지 소비량 분석 (Ecodesigner)

자연환경 요소를 최대한 활용하고 쾌적한 환경을 조성하기 위해 선정된 설계안의 외부환경 및 실내환경 분석을 실시하고 최대한 설계에 반영하였다. 그림13은 ECOTECT을 활용한 일영분석 시뮬레이션 결과를, 그림14는 IES/VE를 활용해 건물 외부의 바람길 분석결과를 나타낸다. 일영분석은 영구음영지를 최소화 하고 건물의 그림자로 인해 피해가 발생되는 부분을 시뮬레이션을 통해 직관적으로 판단할 수 있어서 피해면적을 최소화하기 위한 설계를 초기에 진행할 수 있다. 바람길 분석을 위해 IES/VE를 사용하였고 북서풍의 주풍향에 순응하도록 배치하여 원활한 기류흐름을 유지할 수 있도록 하였다.



그림 13. 일영분석 (ECOTECT)

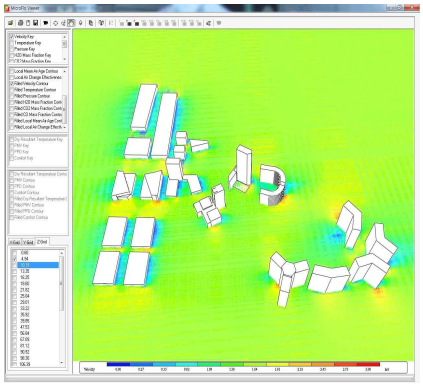


그림 14. 바람길 분석 (IES/VE)

또한, 실내환경 분석을 위해 자연채광 및 실내 기류분석을 실시하였으며, 자연채광 분석을 위해 ECOTECT을, 실내 기류 분석을 위해 IES/VE를 활용했다. 그림15는 자연채광 분석을, 그림16은 실내기류환경 분석 실행화면을 나타낸다. 자연채광 분석결과 연간 1klx 이상 확보율이 평균 96.1% 식물 생육에도 적합할 수 있는 풍부한 채광환경을 보였고, 실내기류분석 결과 정체 구역 없이 평균 0.27m/s의 원활한 흐름으로 거주자의 쾌적성을 만족시키는 것으로 분석되었다.

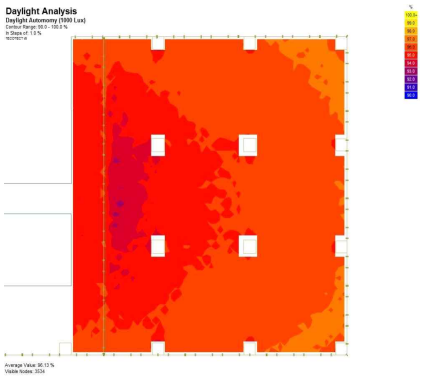


그림 15. 자연채광 분석 (ECOTECT)

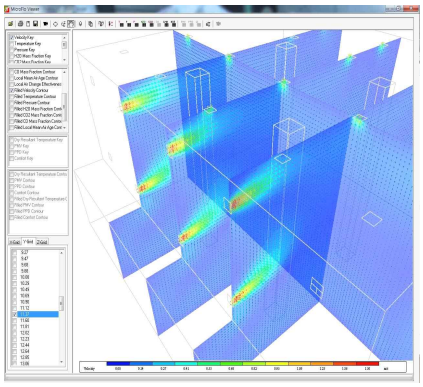


그림 16. 실내기류환경 분석 (IES/VE)

다음은 무대가 있는 강당이나 공개홀과 같이 좌석이 많은 공간에서 착석인원의 가시성을 분석하기 위해서 당사에서 자체 개발한 프로그램으로 가시성 분석을 실시하였다. 분석결과 평균 형태계수는 0.10412, 가시성 평균 감소비율은 1.96%로 양호한 환경으로 분석되었다. 그림 17은 무대가시성 분석 프로세스 및 분석 이미지를 나타낸다.

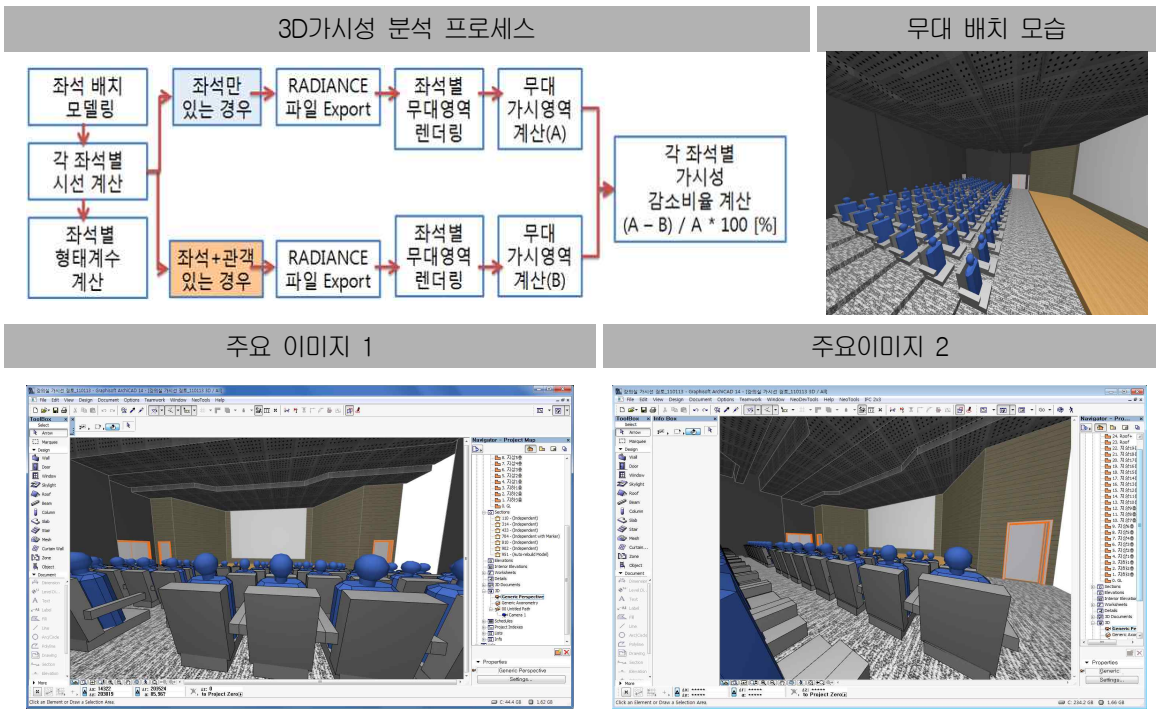


그림 17. 무대가시성 분석 프로세스 및 분석 이미지

다음은 최종 설계안에 대한 에너지 시뮬레이션 분석 결과이다. 본 프로젝트는 방송통신시설과 업무시설로 용도 구분이 되어있고, 업무시설 부분의 에너지 효율 1등급 만족을 위해 업무시설 영역만 에너지소비량 분석을 실시하였다. 분석프로그램은 RIUSKA이며, 태양에너지학회에서 발표한 기상데이터를 활용했다. 건물의 패시브 및 액티브 설계기법을 통한 에너지 절감을 극대화 하도록 설계에 반영하였다.

앞서 설명한대로 RIUSKA는 DOE 2.1을 기반으로 하고 Open BIM 포맷인 IFC파일의 활용이 가능한 에너지 시뮬레이션 프로그램이다. 실별 냉난방 에너지 소요량 분석 및 HVAC 시스템에 따른 에너지 분석 및 비교를 통한 최적화가 가능하다. 건물의 주요 설계 기준은 표 3과 같다.

표 3. 주요설계기준

구 분	내 용	비 고
단 열 기 준	외벽 열관류율 0.3W/m^2·K / 외단열	창면적비 30%
외기도입량	36m^3/h·인	설비계획에 의함, 외기도입량 제어
조 명 발 열	고효율 LED 적용	일반조명대비 30% 전력 절감
열 원	지역냉 · 난방 의무고시지역	냉·난방 열교환기 적용
지열시스템	수직루프형	냉방 COP = 4.1, 난방 COP = 3.45
공조시스템	VAV(사무실), CAV (스튜디오, 상가, 회의실)	공조용 송풍기 동력 60% 이상 인버터 제어
열회수장치	열교환기 적용	열교환효율 45~50%

그림18은 RIUSKA를 통한 에너지시뮬레이션 실행화면을 나타낸다.

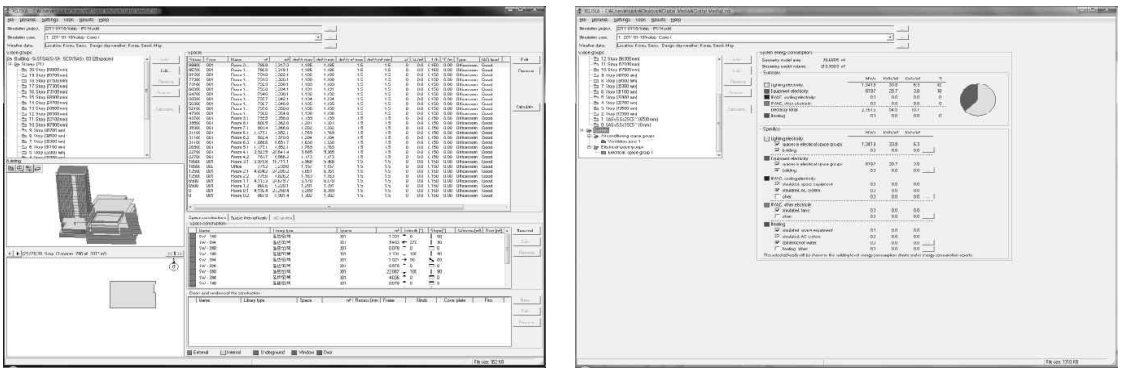


그림 18. 에너지시뮬레이션 분석 실행화면(RIUSKA)

업무시설부분의 단위면적당 1차에너지소요량은 표4와 같이, 에너지효율 1등급 기준 300 kWh/㎡ 미만인 286.6 kWh/㎡로 분석됐다.

표 4. 연간 에너지소요량

구 분	단위면적당 에너지소요량 (kWh/㎡년)	단위면적당 1차에너지소요량 (kWh/㎡년)
난 방	42.2	46.4
급 탕	7.6	8.4
냉 방	58.3	64.1
조 명	33.4	90.1
환 기	28.7	77.6
합 계	170.2	286.6

(4) 소결

디지털방송콘텐츠 지원센터 턴키는 국제 개방형 BIM공유 및 호환기준인 IFC 2×3을 지원하는 BIM 소프트웨어로 제한하고 원본파일과 IFC, Viewer 파일을 동시에 제출하는 BIM 기반 공모였다. 아직은 BIM기반 설계가 익숙하지 않은 설계사들에게는 오히려 많은 시간과 노력을 들여 설계를 진행해야 하는 부분도 있었지만 그만큼의 성과도 있었다. 특히 환경분석에 있어서 설계 초기단계에서 다양한 시뮬레이션 분석을 적용해 최적의 조건을 만족하도록 설계에 반영할 수 있었고, 모델링을 위한 별도의 추가 작업이 필요하지 않기 때문에 건물형태가 수정되더라도 다시 모델링을 수행하는 과정이 생략되므로 많은 시간을 단축할 수 있었다.

3) 행복도시 국립도서관 실시설계 기술지원 적용사례

(1) 연구의 범위 및 방법

본 연구는 실시설계(CD, Construction Design) 단계에서 기존 DOE-2 등의 건물에너지시뮬레이션 프로그램을 활용하는 방식에서 BIM 기반의 건물에너지시뮬레이션 방식의 적용성을 검토하였다. 기존 방식의 건물에너지시뮬레이션은 VisualDOE 4.0을 이용하였고, BIM 기반 건물에너지시뮬레이션은 IES사의 VE 프로그램을 활용하였다. 시뮬레이션에 사용된 기상데이터는 태양에너지학회에서 발표된 대전지역 기상데이터를 사용하였다.

(2) 건물 개요

본 연구의 분석대상인 행복도시 국립도서관의 건축 개요는 다음과 같다.

- 대지위치 및 면적 : 1-5생활권내 29,817㎡(9,020평)

- 규모 : 연면적 21,076㎡, 지상4층(9,944.8㎡)/지하2층(11,132㎡)
- 공사비 : 681억원(예산액 584억원보다 97억원 증)
- 구조/외장재 : RC조+SRC조, T37로이삼중유리+석재마감
- 용적률 33.35%, 건폐율 17.79%
- 주차대수 : 114대(옥외 80대, 지하 34대)

행복도시 국립도서관은 건물에너지효율등급 평가가 어려운 여건을 감안하여 건물에너지효율 1등급 달성에 버금가는 건물에너지성능 달성을 목표로 하였으며, 그 방법으로 BIM을 활용한 건물에너지성능평가를 적용하였다.

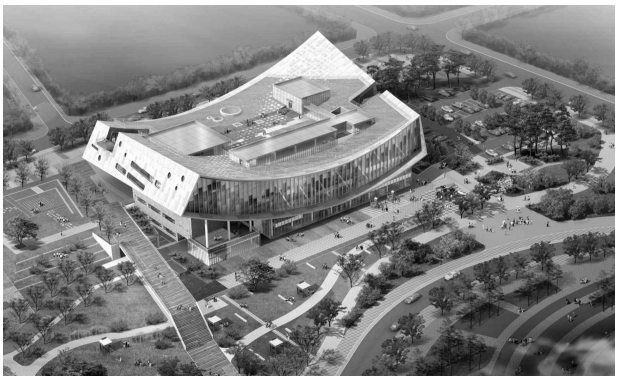


그림 19. 건축물 조감도

건물의 주요 설계기준은 다음과 같다.

표 5. 주요 설계기준

구분	항목	값
건축	외벽의 열관류율	0.19 W/㎡.K(우레탄 120mm)
	지붕의 열관류율	0.18 W/㎡.K(우레탄 130mm)
	바닥의 열관류율	0.28 W/㎡.K(압출법80mm)
	창호의 열관류율	1.92 W/㎡.K(로이복층유리)
	침입외기량	0~2 ㎥/h㎡
	차양장치	블라인드, 수직루버
기계	열원시스템	빙축열, 지열, 지역난방
	공조시스템	복사냉난방
		전열교환기
전기	실별 조명밀도	평균 5.4 W/㎡
신재생에너지	태양광발전	98 kW
	태양열급탕	105.2 ㎡
	지열시스템	260.5 USRt(916 kW)

(3) 건물에너지 시뮬레이션

(가) 기존방식의 건물에너지 시뮬레이션

BIM 설계가 적용되지 않은 현상설계 단계의 건축 계획내용에 대한 건물에너지성능 분석을 위하여 기존 CAD 도면을 바탕으로 한 건물 형상의 DXF 파일 형식으로 추출하여 VisualDOE 4.0프로그램으로 입력하여 건물에너지 시뮬레이션을 수행하였다.

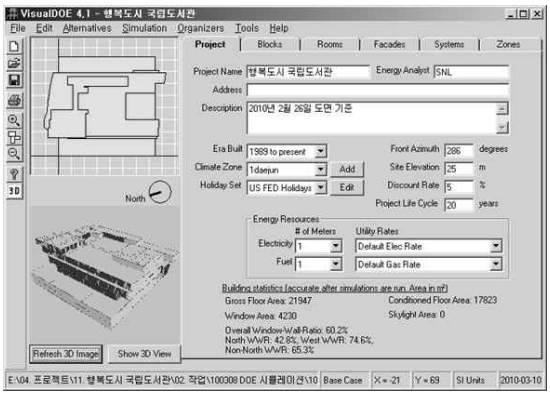


그림 20. 모델링 개요

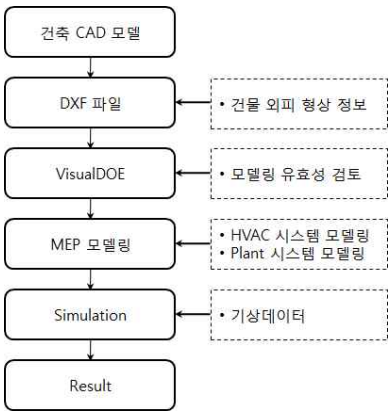


그림 21. 에너지분석 흐름도

기존 방식의 건물에너지시뮬레이션 수행 결과 DXF 형식의 건물 형상 추출, 에너지시뮬레이션을 위한 제반 모델링작업, 결과 분석 등에 약 120 man-hour가 소요되었다. 이중 가장 큰 작업시간을 필요로 한 부문은 DXF 형식 형상 추출 및 건물 입면 창호 모델링 부분으로 전체 작업량의 약 50%정도를 차지하는 것으로 파악되었다.

(나) BIM 기반 건물에너지 시뮬레이션

본격적인 BIM 설계가 적용된 실시설계 단계에서는 건축 BIM 모델을 gbXML형식으로 추출하여 VE프로그램으로 입력하여 건물 에너지시뮬레이션을 수행하였다. 프로젝트 초기단계에서 BIM 기반 에너지시뮬레이션 수행 도구를 선정하기 위하여 IFC와 gbXML 파일 형식을 검토한 결과 빠른 프로젝트 수행을 위해 건물 에너지시뮬레이션에 특화 되어있는 gbXML 파일 형식을 선정하였고 gbXML을 지원하는 에너지시뮬레이션 도구로 Energy Plus 기반의 DesignBuilder와 VE프로그램을 검토한 결과 25,000 여개의 면으로 구성된 건축형상을 프로그램으로 import에 소요되는 시간이 VE 프로그램 약 2시간 DesignBuilder 약 3일로 파악되어 원활한 프로젝트의 진행을 위하여 VE 프로그램을 선정하였다.

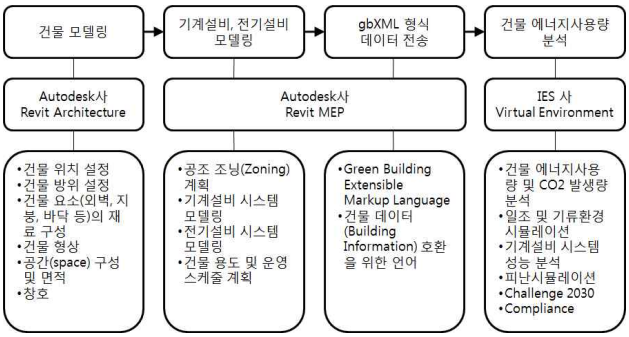


그림 22. BIM 기반 에너지분석 흐름도

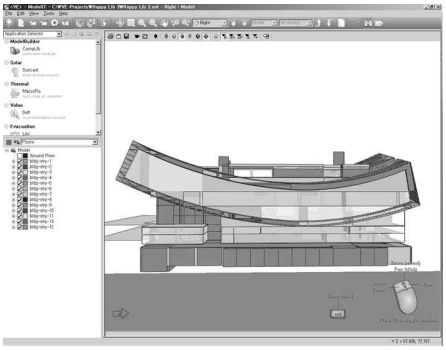


그림 23. 모델링 개요

VE 프로그램을 이용한 BIM 기반의 건물에너지시뮬레이션 수행은 약 3 man-month가 소요되었다. 이는 건축의 설계변경, gbXML 파일형식의 모델링 유효성 검토 등에 소요된 시간이 포함된 것으로 기존 방식의 에너지시뮬레이션에 소요된 시간과의 단순 비교에는 다소 어려움이 있는 것으로 판단된다.

기존방식과의 에너지시뮬레이션 수행의 차이점으로 가장 큰 부분은 Space와 존(Zone)의 설정이다. 건축 BIM 도구로 사용된 Autodesk사의 Revit MEP에서는 공간을 정의하고 있는 벽체, 창호에 대한 데이터 및 실내발열 특성을 Space로 정의하고 이러한 Space에 대하여 동일한 공조시스템의 묶음으로 Zone을 정의하고 있다. 이는 Revit MEP프로그램에서 최대부하 계산 및 공조시스템의 용량산정을 위하여 기계설비 부문에서 활용된 데이터를 건물 에너지시뮬레이션에 데이터의 손실 및 변형 없이 반영될 수 있는 기회를 제공하여 기존방식의 건물에너지시뮬레이션에서 발생될 수 있는 오차를 최소화할 수 있는 것으로 판단된다.

다음으로 건물 모델링의 정확성 및 시간의 차이를 말할 수 있다. 건물의 조감도인 와 에너지시뮬레이션 모델링을 비교하면 기존방식에서는 건축 곡선면의 처리가 거의 불가능하고 창호 등의 형상 입력에 많은 시간이 소요되는 반면 BIM 기반 에너지시뮬레이션에서는 삼각형 형태의 면 분할 기법을 활용하여 실제 건물과 거의 동일한 형태의 시뮬레이션이 가능하다. 또한 건축 BIM 모델링 시 구현된 창호형태를 활용하므로 별도의 창호 모델링 시간에 대한 단축이 가능한 것으로 분석되었다.

(다) 분석결과

BIM기반 건물에너지 시뮬레이션 결과는 다음과 같다.

표 6. 에너지 시뮬레이션 결과

구 분		1차에너지사용량 (kWh/㎡.년)
초기 에너지사용량		559.9
패시브 건축 계획	단열강화	-14.9(-2.7%)
	로이삼중유리	-44.7(-8.0%)
	수직루버/롤스크린	-45.0(-13.3%)
빙축열시스템		+3.9(+0.7%)
복사 냉난방		-23.7(-4.2%)
전열 교환기		-15.3(-2.7%)
LED/28W 조명		-77.4(13.8%)
태양광 발전		-22.0(-3.9%)
태양열 급탕		-3.4(-0.6%)
지열 시스템		-22.1(-4.0%)
합계		295.1

(4) 소 결

행복도시 국립도서관의 BIM 기반 건물에너지 시뮬레이션 수행결과

① 뛰어난 건물 모델링의 정확성

② 기계, 전기설비 데이터의 재활용을 통한 오차 방지

③ 별도의 에너지시뮬레이션 모델링 불필요 등의 뛰어난 장점을 갖고 있으나

④ 건축 BIM 모델링 기법의 발전

⑤ 표준 운영스케줄의 개발 등에 대한 연구가 필요한 것으로 분석되었다.

지금까지 BIM기반 환경분석 프로그램 종류와 실제 설계에 적용된 사례를 소개하였다. 현재 설계 초기단계에서 건축 설계자가 조금의 노력만으로 직접 실행할 수 있도록 비교적 쉽게 접근 가능한 분석 프로그램들이 있으므로 건축적 요소를 통한 에너지 요구량의 절감이 시급한 이때 BIM과 같이 실제 현실과 더욱 가깝게 가상현실의 구현이 가능한 시뮬레이션 프로그램을 통해 에너지 요구량을 설계 초기단계에서 최소화 하도록 많은 시도를 해 볼 수 있다. 아직은 BIM기반의 에너지 분석을 위한 정보 교환에 있어서 상호운용성이 완전하지 않은 문제점을 가지고 있지만, 정확한 3D 정보를 가지고 있고 상호운용성이 개선된다면 과거 2D작업에 따른 2중으로 발생하는 별도의 노력과 비교했을 때 훨씬 더 많은 시간과 비용을 줄일 수 있을 것에는 의심의 여지가 없다.

2. 국외 기술개발 현황

미국, 싱가폴, 핀란드 등 선진국에서는 정부에서 공공발주에 BIM 적용을 의무화하거나, 관련 지침을 제정·운영하고 있다. 대표적인 BIM 도구인 Autodesk사의 Revit Architecture, RevitMEP, Graphisoft사의 ArchiCAD 등은 gbXML, IFC 등의 BIM data와 호환이 가능한 에너지해석 프로그램인 IES/VE, RIUSKA, Eco-Designer 등을 운용하고 있는 실정이다.

Autodesk사의 GreenBuildingStudio는 웹 기반 동적 에너지 시뮬레이션 프로그램으로 doe-2.2엔진을 기반으로 하며 미국뿐만 아니라 세계 1,000여개 지역의 기상데이터를 제공하고 gbXML 기반의 건물 모델링 데이터를 웹으로 전송하여 에너지사용량 및 CO_2 발생량을 분석하여 사용자에게 제공한다.

국외의 일조권의 경우 일영시간, 직달 및 천공일사량 유입정도에 대한 분석이 요구되는 실정으로 일조관련 강화된 규정을 가진 나라는 일본과 영국이며, 두 나라의 기술동향에 따른 일조분석 프로그램 및 구현 현황을 살펴보면 다음과 같다.

표 7. 국외 판매되는 주요 일조분석 도구들의 종류

프로그램	개발국/판매 및 개발회사	분석기법	3차원모델 가능여부	결과물	단계선택
IES-VE	UK/Integrated Environmental Solutions	면분석	Model IT 및 gbXML 사용	일조분석표, 일영도	기술안정화
ECOTECT	UK/Autodesk	시각일영	3ds 및 gbXML 사용	일영도, 층수제한	개념정립
Sanalyzer 1.0	일본	점분석	Revit기반	일영차트, 일조분포도	기술안정화
Sunlight	일본	점분석	자체	일영도(동영상), 일영곡선도, 일조분석표	기술안정화

국외의 경우 Autodesk의 Revit이나 ArchiCAD에 plug-in하여 에너지분석할 수 있는 프로그램을 개발 중에 있으며, Autodesk는 gbXML파일을 활용하여 IES/VE, Green Building Studio에서 에너지를 분석하고, ArchiCAD는 Ecodeginer, VIP 등의 프로그램을 개발하였다. 건설정보표준포맷인 IFC기반의 에너지 해석도구로는 핀란드의 RIUSKA가 있다. 그러나 현

재 학계 및 실무에서는 BIM기반은 아니더라도 Energy plus와 DOE-2를 가장 많이 사용하고 있지만, 이 시뮬레이션 도구를 이용해 에너지소비량을 분석하더라도 국내 건물에너지 인증과 연계되지는 못하고 있는 실정이다.

가. 모듈 하우스 개발을 위한 웹 기반 BIM

조립식 주택 디자인의 모듈화, 제안된 웹 환경을 통합함으로써 디자인 기반으로 시스템 정보의 적절한 디자인 구성요소를 선택하는 고객을 돕기 위해 설문 조사를 제공하고 최종 디자인에 대해 시뮬레이션을 통해 제공하는 모듈식 구성 요소를 제시한다. 연구팀과 설계팀 사이의 커뮤니케이션을 효율적으로 하고, 피드백을 통하여 고객으로부터 정보를 수신하는 방법을 제시하며 전문 컨설팅 및 평가를 BIM협업을 통해 수행하고 가상 환경 시뮬레이션을 웹으로 하여 주택 공급을 원활하게 한다.

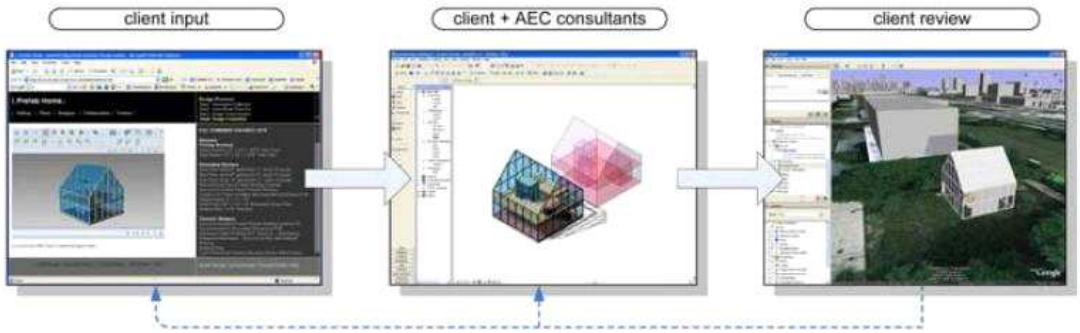


그림 24. 모듈 하우스 개발을 위한 웹기반 BIM에서의 주택공급과정

인터넷을 연결하여 클라이언트는 전체 디자인 제안 ➡ Autodesk Revit이나 이와 유사한 프로그램을 사용하여 클라이언트와 전문가가 협업을 한 후 빌딩 정보 모델링수행 ➡ 건설 정보가 포함된 모델을 Google 어스로 내보내어 대지에 표시한다.

디지털 기반의 주택 공급 시스템으로 i_Prefab을 통해 클라이언트의 요구사항, 건물 구성 및 해당 디자인의 제안을 건축가, 엔지니어가 계산, 건설, 제조, 일정 등 모든 정보를 사용하여 네트워크를 통해 프로젝트를 진행한다.

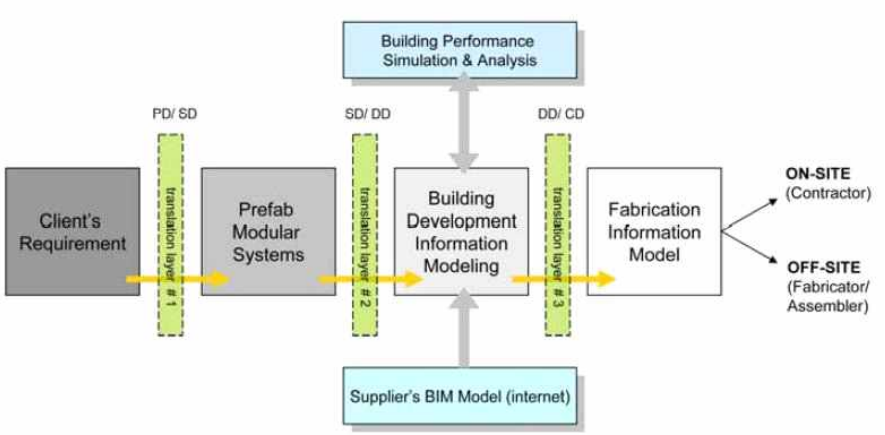


그림 25. BIM모듈형 주택전달 과정

나. Green Building Studio 웹기반 서비스를 통한 건축설계 환경

건물의 크기, 유형, 위치, 전기와 물의 사용 비용, 건설, 시스템 결정 등의 신속한 변경에 따른 에너지 효율을 최적화하고, 설계 단계에서의 탄소발생량 분석을 통해 더 효율적이고 비용면에서 효과적인 설계 대안에 대해 웹 기반 서비스를 이용하여 제시한다. 분석 결과는 건물의 탄소 배출량을 몇 분 이내에 계산하여 보여주며 예상 에너지와 비용이 웹 브라우저로 출력가능하며 건축가 및 다른 사용자는 디자인 대안을 확인할 수 있다.

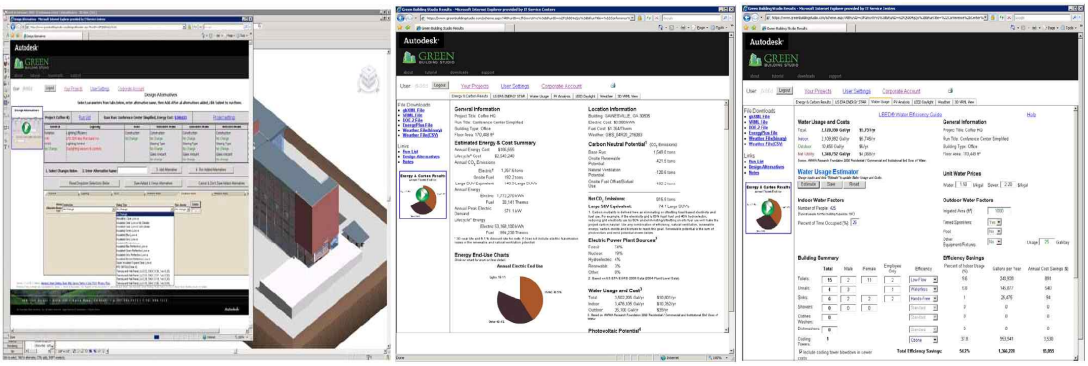


그림 26. GBS의 설계 및 분석 예

다. 동적 에너지시뮬레이션 Energy plus와 IFC 기반의 RIUSKA

(1) Energy Plus

미국 에너지 부(DOE: The U.S Department of Energy)에서 지속적으로 개발되고 있는

EnergyPlus는 연간 시간별 기상자료를 이용하여 부하계산과 에너지소비 특성을 해석하는 프로그램이다. EnergyPlus는 건물에너지 시뮬레이션 프로그램 중 가장 유연하며 신뢰도가 높은 것으로 평가된다. 건물 및 HVAC 시스템의 통합 시뮬레이션 프로그램인 EnergyPlus는 기존의 시뮬레이션 프로그램인 DOE-2와 BLAST(Building Loads Analysis and System Thermodynamics)의 장점들을 통합하여 새롭게 만든 프로그램이다. 최초 정식 버전은 2001년에 만들어 졌으며, 지속적인 업그레이드로 현재까지 버전 6.1까지 개발되었다.

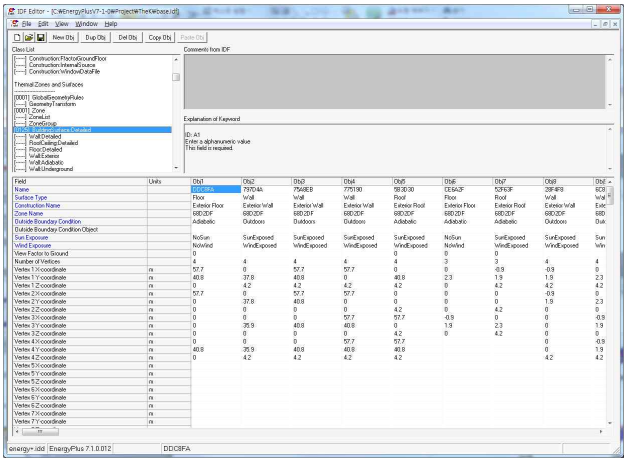


그림 27. EnergyPlus 실행 예

EnergyPlus는 단순 입출력 구조를 가진 시뮬레이션 프로그램으로 건물의 열전달 및 습기전달의 계산이 가능하다. 또한 건물 자체 뿐만 아니라 HVAC 시스템을 동시에 고려한 계산이 가능하다. 단, 사용자가 HVAC 시스템을 조합하거나 만들 수 없으며 프로그램 내에서 구격화된 시스템 모듈을 이용하여야 한다. EnergyPlus는 표면, 존 또는 시스템의 제한이 없으며 AirFlow Network, TRANSYS 등 다른 시뮬레이션 프로그램들과 연동하여 사용이 가능하다. EnergyPlus는 Simulation Manager, Heat and Mass Balance Simulation Module, Building System Simulation Module의 세 가지 기본 요소들로 구성된다. Simulation Manager는 전체적인 시뮬레이션 프로세스를 제어한다. Heat Balance 계산은 BLAST의 연구용 버전인 IBLAST에서 사용한 Heat Balance Based Load Calculation을 채용하고 일부는 새로 구성하여 정확한 부하계산이 가능하도록 하였다. Building System Simulation Module은 Heat Balance엔진과 코일, 보일러 등과 같은 다양한 HVAC 시스템들 사이의 관계를 조절한다. 또한 Building System Simulation Module은 EnergyPlus와 SPARK, TRANSYS 등과 같은 다른 시뮬레이션 프로그램들 사이의 데이터 교환을 가능하게 한다.

EnergyPlus는 프로그램의 엔진에 해당하며, EnergyPlus의 입출력 파일은 텍스트 형식이며, 다른 개발자가 이 입출력 파일을 구성하기 용이한 인터페이스를 제공하는 구조이다. 따라서 사용자의 용도와 목적에 따라 유연한 인터페이스를 갖고 있다. EnergyPlus Input 데이터는 AutoCAD, ArchiCAD 등과 같은 CADD(Computer aided design and drafting) 프로그램들과 DOE-2와 같은 다른 시뮬레이션 프로그램들의 입력 데이터를 받아들일 수 있다.

(2) RIUSKA

RIUSKA는 편리한 건물 서비스 설계 및 시설 관리 에너지 소비의 동적 시뮬레이션을 위한 프로그램이다. RIUSKA는 온도와 가열 및 개별 공간의 냉방부하 계산하고, 전체 건물의 에너지 소비를 계산할 뿐만 아니라 비교와 HVAC 시스템에 사용할 수 있다. 또한 안정 상태 조건에서 건물의 열 손실을 계산하는 모듈이 갖고 있다. RIUSKA는 수년간 핀란드 Granlund사에서 개발하였으며, 프로그램의 엔진은 국제적으로 DOE 2.1로 알려진 시뮬레이션 프로그램의 엔진을 사용하였다. RIUSKA는 예비 설계에서 시설 관리 및 열 성능 시뮬레이션의 모든 요구 사항을 다룰 수 있다.

RIUSKA는 IFC 인터페이스를 통해 ArchiCAD에서 디지털 건축 지오메트리 데이터를 재사용하는 것이 가능하다. RIUSKA는 공식적으로 IFC 2X, IFC 2.0 BLIS (라이프 사이클 상호 운용 소프트웨어 빌딩)과 IFC 1.5.1 표준을 준수하며 IAI에 인증받았다. RIUSKA는 독일어권과 스칸디나비아 국가에서 개발하고 Granlund (www.granlund.fi)에 의해 배포되고 있다.

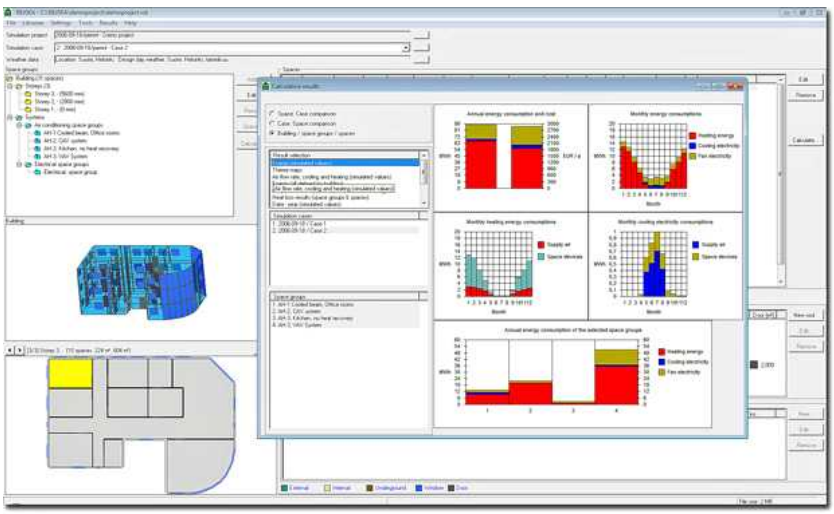


그림 28 . RIUSKA 실행화면 예

제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과

제 1절 연구개발 내용 및 범위

1. 1차년도

가. 국내외 기존연구 자료 분석을 통한 입출력 데이터 분석

나. 일조계산을 위한 IFC 데이터 연계방법 설계

다. 점분석 기반의 일조분석 알고리즘 설계

라. 일조분석을 위한 Geometry 정보변환 모듈 개발

마. 일조분석 모듈 개발

바. 기상데이터, 자재물성치, 스케줄에 대한 DB구축

사. 일조 및 에너지분석 프로그램에서 사용될 입력데이터 수집 및 분석

2. 2차년도

가. 구글맵 연동을 통한 건물 위치선택 구현

나. IFC 파일 속성 중 형상정보만 추출할 수 있는 IFC 형상정보 추출모듈 개발

다. IFC 파일에서 에너지 계산에 필요한 IDF 파일 생성 모듈 개발

라. 에너지 분석 계산값을 활용한 건물에너지효율등급예측 모듈 개발

마. 일조 및 에너지 분석을 적용한 Web Prototype 제작

3. 3차년도

가. 일조 및 에너지 분석을 위해 개발된 모듈 수정 보완

나. 웹서버, 분배 및 분석 서버 구축

다. 모니터링 시스템 구축

라. Web기반 Green BIM System 구축

마. 수요자 만족도 조사 등 Web기반 Green BIM System 성능평가

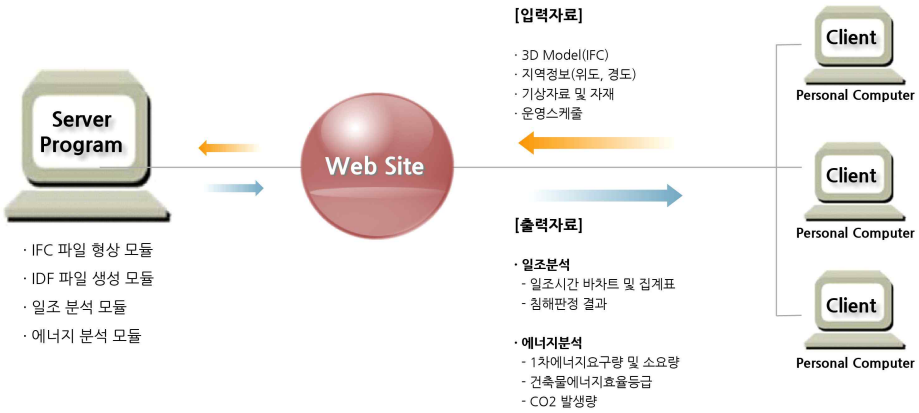


그림 29. Web Green BIM System 개념도

4. 기술개발결과

가. 특허출원

- 출원번호 10-2012-0055203 웹 사이트를 활용한 일조 및 에너지 성능 분석 방법
- 출원번호 10-2012-0055206 웹기반 일조 및 에너지 성능 분석 시스템
- 출원번호 10-2012-0058759 아이에프씨 및 웹을 활용한 일조 분석 방법
- 출원번호 10-2012-0058782 웹을 활용한 에너지 성능 분석 시스템 및 방법

나. 상표등록

- 출원번호 41-2012-0021908 WebGBS, Web Green BIM System

다. 프로그램 등록

- 등록번호 제149196호 GB-EPS
- 등록번호 제162703호 GB-ISV
- 등록번호 제C-2012-015689호 WebGBS IFC to XML

제 2절 DataBase 구축

일조 및 에너지분석 도구개발에 필요한 국내표준기상자료의 구축을 위해 기존 기상자료 수집·분석을 통한 문제점 도출 및 진행방향을 설정하였다. 또한 주요건축자재 물성치에 대한 DataBase를 분류 및 수집하였다. 건물용도별 운영스케줄에 대한 DB를 조사 및 수집하고 개인사무소를 대상으로 운영스케줄 샘플을 작성하였다.

1. 기상자료 DataBase 구축

기상자료 관련 기존 연구를 조사한 결과, 국내 기상자료는 수평면 전천일사량만 측정하여 직달일사량과 천공일사량을 구분하지 못하고, 대부분 지역의 기상자료 측정기간이 짧고 부족한 자료가 많아 표준년기상자료[1)]제작에 어려움이 있는 것으로 분석되었다. 현재까지 개발 제시된 표준기상데이터는 1984년(김두천, 서울), 1985년(손장열, 서울), 1986년(조민관, 서울 외 6개 지역), 1987년(김효정, 서울 외 5개 지역), 1992년(김두천, 서울외 8개 지역)등의 자료가 있다. 이 자료들은 모두 일본의 HASP/ACLD 형식으로 작성되었으며, 이 방식은 각 대표 월을 도출하여 1년치 데이터를 구성하는 방식이다. 1989년 김효정은 HASP/ACLD-8001을 이용한 표준기상데이터를 작성하였고, 대한설비공학회에서 최초로 공인을 받았으며, 2009년 태양에너지학회에서 표준기상데이터를 배포하기 전까지 국내에서 가장 일반적으로 사용된 기상자료이다. 1998년 유호천 등은 서울지역 대상으로 기존에 국내에서 일반적으로 사용된 HASP 형식과 UK CIBSE TRY, ISO TRY에 의한 표준기상데이터를 산출하고 결과 비교를 통해 TRY 산출방법이 용이성 및 적용성을 고려할 때, 가장 효과적인 방법임을 제시하고 있다. 이 연구결과는 태양에너지학회를 통해 2009년에 처음으로 배포되었으며, 현재 2010년에 배포된 총 11개 지역의 표준기상데이터가 사용되고 있다.

제작된 표준년 기상자료와 실제 기상청자료 비교 시 외기온도를 제외한 모든 데이터에서 상당한 오차가 발생하는 것으로 분석되었다. 초기설계단계에서 에너지성능평가 시 적용되는 태양에너지학회의 11개지역 데이터는 일사량데이터를 제외한 기상데이터를 활용하여 국외 프로그램인 DOE 포맷에 맞추어 작성되어 있는 것으로 나타났다.

진주지역의 기상자료(1990년-2009년)를 토대로 표준기상년을 제작하기 위해 외부 수평면일사량은 Perez천공모델로 직달일사량과 확산일사량을 분리하여 적용하였으며, 최종 FS가중치값 비교를 통해 월별 대표년을 산정하고 TMY2를 제작하였다. 그러나 TMY2 제작 시

1) 표준기상년 : 대상 지역의 장기간 기상 자료를 토대로 하여 조사 대상년들 중 그 지역의 가상상태를 대표할 수 있는 달을 선정 및 추출하여 1년의 12개월을 구성한 것.

지역별 기록된 과거 기상자료 기간에 차이를 나타냈으며, 연도별 자료수집간격에 차이를 보이고 있어 중간에 누락된 자료 또는 이해하기 어려운 자료가 발견되었을 때 단순보간법 대처가 불가능한 것으로 나타났다. 또한, 2006년 최원기 등은 트랜시스 상용 프로그램에서 제공하고 있는 국내 6개 도시의 TMY2 기상데이터와 1999년 1월부터 2005년 6월까지의 기상청 제공 데이터를 비교 분석한 결과 TMY2 기상데이터 파일은 외기온도를 제외한 모든 데이터들이 상당한 오차를 나타내고 있는 것으로 분석하였다.

Perez 천공모델 활용 시 운량과 수평면 전천일사량이 주요변수로 활용되지만 상관관계 해석이 불가능한 문제점이 노출되었으며, 최근 지구온난화에 따라 해마다 기록적인 온도상승으로 표준년 기상자료와 실제기상의 많은 차이가 발생 및 기상자료 수집기간에 따른 표준년 기상자료간의 차이가 발생할 것으로 사료된다.



그림 30. 기상자료 포맷

월	1	2	3	4	5	6
대표년	1994	1999	1997	2000	1992	1998
월	7	8	9	10	11	12
대표년	2005	2004	1992	2005	1998	1990

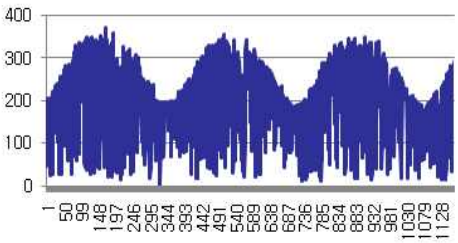


그림 31. 월별 대표년 산정과 일사량분포도

본 연구에서는 여러 전문가의 자문결과(부록 2 참조) 및 기존 연구 자료의 분석결과를 토대로 한국태양에너지학회에서 제작한 11개 지역 표준기상데이터를 사용하는 것이 가장 적절한 것으로 귀결하였다.

한국태양에너지학회의 11개 지역 표준기상데이터를 그림 33과 같이 Energyplus에 적용

가능한 epw포맷으로 변환하여 기상DB를 구축하였다.

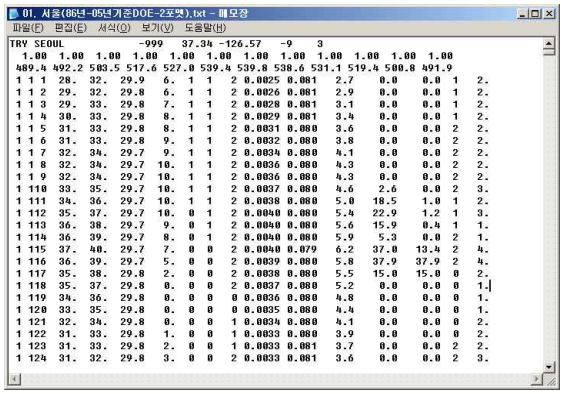


그림 32. DOE파일형식

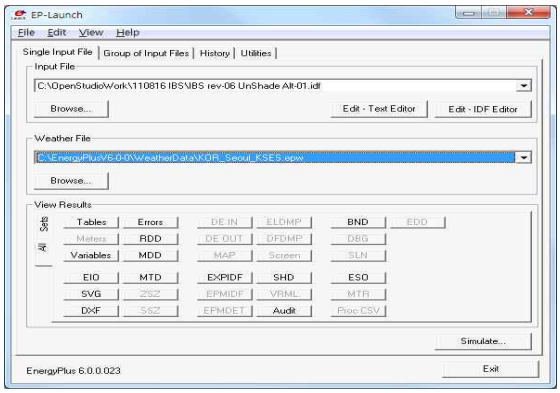


그림 33. epw파일변환

2. 국내 자재 DataBase 구축

설계초기단계(Schematic design)에서 건물에너지요구량분석을 수행하기 위해서는 건물자재 관련 데이터구축이 필요하나 현재 에너지분석 프로그램에 적용되고 있는 자재DB는 국외자재가 대부분을 차지하고 있으며, 국내 자재의 물성치는 상당부분이 정량화되어있지 않은 것으로 나타났다.

이에 국내자재(건축부재, 단열재, 창호)를 그림 34와 같이 분류하고 주요 자재회사 홈페이지를 통해 자재데이터를 수집하였다. 창호의 단열성능은 예측 식을 통해 물성데이터를 구하였고, 부족한 부분에 대하여 국외 자재자료를 활용하여 국내 자재 DB를 구축하였다.



Material Description	Specific Heat (J/(kg·K))	Density, kg/m³	Thermal Conduct (W/(m·K))	Emissivity: Ratio	Emissivity: Surface Condition
Aluminum (Alloy 1100)	898	2740	221	0.09	Commercial sheet
				0.82	Heavily oxidized
Aluminum bronze (78% Cu, 22% Zn, 2% Al)	400	8280	100		
Asbestos Fiber Insulation	1080	2400	0.170		
	900	950	0.16	0.95	'Paper'
Ashes, wood	900	840	0.071(80)		
Asphalt	920	2110	0.74		
Bakelite	1900	1900	17		
Ball metal	390(90)				
Bismuth tin	170		86.0		
Brick, building	900	1970	0.7	0.95	
Brass : Red(89% Cu, 10% Zn)	400	8780	180	0.050	Highly polished
Valley(65% Cu, 35% Zn)	400	8510	120	0.055	Highly polished
Bronze	435	8490	26(0)		
Cadmium	240	8660	92.9	0.02	
Carbon(gas retort)	710		0.56(-17)	0.81	
Cardboard			0.07		
Cellulose	1500	84	0.067		
Cement(Portland clinker)	670	1920	0.029		
Chalk	900	2290	0.93	0.54	About 120°C
Charcoal(wood)	840	240	0.08(200)		
Chrome brick	710	3200	1.2		

자재 DB

ID	Name	ProductName	Manufacturer	Source	Mode	Color	Thickness	Tsol	RsolF	RsolB	Tvis	RvisF	RvisB	Tir	emisF	emisB
							mm									
100	BRONZE_3.DAT	Generic Bronze Glass	Generic	IGDB v11.4	B		3.126	0.646	0.062	0.063	0.690	0.085	0.086	0.000	0.840	0.840
101	BRONZE_6.DAT	Generic Bronze Glass	Generic	IGDB v11.4	B		5.749	0.486	0.053	0.053	0.520	0.056	0.056	0.000	0.840	0.840
102	CLEAR_3.DAT	Generic Clear Glass	Generic	IGDB v11.4	B		3.048	0.834	0.075	0.075	0.899	0.083	0.083	0.000	0.840	0.840
103	CLEAR_6.DAT	Generic Clear Glass	Generic	IGDB v11.4	B		5.715	0.771	0.070	0.070	0.864	0.080	0.080	0.000	0.840	0.840
104	GRAY_3.DAT	Generic Grey Glass	Generic	IGDB v11.4	B		3.124	0.689	0.060	0.061	0.617	0.062	0.063	0.000	0.840	0.840
200	AgCELE.bsf	Solar Gard® Silver Ag/Zr Low-	Bekaert Special	IGDB v12.6			3.023	0.196	0.568	0.616	0.222	0.417	0.476	0.000	0.840	0.330
201	Au_b30.bsf	Panorama® Autumn Bronze 3(	Bekaert Special	IGDB v12.6			3.023	0.244	0.457	0.318	0.343	0.238	0.196	0.000	0.840	0.770
202	Gold55.bsf	Solar Gard® Gold 55 on 3mm \	Bekaert Special	IGDB v12.6			3.023	0.506	0.515	0.514	0.503	0.270	0.269	0.000	0.840	0.680
203	Gold65.bsf	Solar Gard® Gold 65 on 3mm \	Bekaert Special	IGDB v12.6			3.023	0.469	0.362	0.359	0.458	0.175	0.169	0.000	0.840	0.700
204	Gold75.bsf	Solar Gard® Gold 75 on 3mm \	Bekaert Special	IGDB v12.6			3.023	0.584	0.254	0.258	0.321	0.121	0.122	0.000	0.840	0.672
205	Rosered.bsf	Solar Gard® Rose Red on 3m	Bekaert Special	IGDB v12.6			2.997	0.639	0.093	0.093	0.140	0.059	0.070	0.000	0.840	0.870
206	RoyBlu.bsf	Solar Gard® Royal Blue on 3m	Bekaert Special	IGDB v12.6			2.997	0.602	0.095	0.096	0.234	0.056	0.069	0.000	0.840	0.862
207	Sb20.bsf	Solar Gard® Solar Bronze 20 o	Bekaert Special	IGDB v12.6			3.023	0.130	0.612	0.616	0.223	0.303	0.309	0.000	0.840	0.693
208	Sb20_4.bsf	Amercoat® 4 Mil Solar Bronze	Bekaert Special	IGDB v12.6			3.973	0.102	0.619	0.642	0.101	0.295	0.352	0.000	0.840	0.680
209	Sb35.bsf	Solar Gard® Solar Bronze 35 o	Bekaert Special	IGDB v12.6			3.023	0.224	0.438	0.432	0.253	0.330	0.276	0.000	0.840	0.680
210	Sb35_4.bsf	Amercoat® 4 Mil Solar Bronze	Bekaert Special	IGDB v12.6			3.973	0.287	0.525	0.520	0.322	0.256	0.272	0.000	0.840	0.680
211	Sb50.bsf	Solar Gard® Solar Bronze 50 o	Bekaert Special	IGDB v12.6			3.023	0.317	0.455	0.448	0.453	0.225	0.219	0.000	0.840	0.690
212	Sb50_4.bsf	Amercoat® 4 Mil Solar Bronze	Bekaert Special	IGDB v12.6			3.973	0.219	0.443	0.446	0.449	0.222	0.210	0.000	0.840	0.690
213	Sil20.bsf	Solar Gard® Silver 20 on 3mm	Bekaert Special	IGDB v12.6			3.023	0.125	0.630	0.629	0.166	0.605	0.595	0.000	0.840	0.700
214	Sil20_10.bsf	Amercoat® 10 Mil Silver 20 or	Bekaert Special	IGDB v12.6			3.226	0.139	0.599	0.606	0.176	0.593	0.559	0.000	0.840	0.700
215	Sil25_4.bsf	Amercoat® 4 Mil Silver 25 on	Bekaert Special	IGDB v12.6			3.973	0.115	0.626	0.643	0.153	0.607	0.632	0.000	0.840	0.792
216	Sil20_8.bsf	Amercoat® 8 Mil Silver 20 on	Bekaert Special	IGDB v12.6			3.175	0.110	0.615	0.637	0.148	0.601	0.553	0.000	0.840	0.700
217	Sil35.bsf	Solar Gard® Silver 35 on 3mm	Bekaert Special	IGDB v12.6			3.023	0.275	0.440	0.424	0.349	0.338	0.350	0.000	0.840	0.730
218	Sil35_8.bsf	Amercoat® 8 Mil Silver 35 on	Bekaert Special	IGDB v12.6			3.175	0.281	0.405	0.393	0.308	0.364	0.332	0.000	0.840	0.792
219	Sil50.bsf	Solar Gard® Silver 50 on 3mm	Bekaert Special	IGDB v12.6			3.010	0.429	0.286	0.264	0.534	0.238	0.269	0.000	0.840	0.770
220	Sil60.bsf	Solar Gard® Silver 60 on 3mm	Bekaert Special	IGDB v12.6			3.010	0.521	0.194	0.178	0.611	0.172	0.193	0.000	0.840	0.792
221	Sil70.bsf	Solar Gard® Silver 70 on 3mm	Bekaert Special	IGDB v12.6			3.010	0.647	0.115	0.100	0.706	0.113	0.099	0.000	0.840	0.830
222	Slate10.bsf	Panorama® Slate 10 on 3mm \	Bekaert Special	IGDB v12.6			3.005	0.087	0.587	0.283	0.179	0.459	0.212	0.000	0.840	0.920
223	Slate20.bsf	Panorama® Slate 20 on 3mm \	Bekaert Special	IGDB v12.6			3.005	0.177	0.452	0.225	0.232	0.323	0.160	0.000	0.840	0.842
224	Slate30.bsf	Panorama® Slate 30 on 3mm \	Bekaert Special	IGDB v12.6			3.005	0.246	0.351	0.152	0.304	0.248	0.143	0.000	0.840	0.840

Window DB

그림 34. 자재분류 및 수집

❍ 재료물성치 값 예시

```
Material,
  C5 - 4 IN HW CONCRETE     !- Name
  MediumRough,              !- Roughness
  0.1014984,                !- Thickness {m}
  1.729577,                 !- Conductivity {W/m-K}
  2242.585,                 !- Density {kg/m3}
  836.8000,                 !- Specific Heat {J/kg-K}
  0.9000000,                !- Thermal Absorptance
  0.6500000,                !- Solar Absorptance
  0.6500000;                !- Visible Absorptance
```

- 현재 우리나라 자재의 경우 열전도율과 밀도에 대한 값은 나타나지만 그 외의 값은 주어지지 않아 재료 DB화에 반영되기 어려운 실정이다.
- 각 프로그램을 조사 한 결과 EnergyPlus를 기반으로 하여 만들어진 Design Builder가 위의 물성치를 기본적으로 모두 포함하고 있어, 그 중 가장 기본적인 재료를 4가지로 분류(옥상, 외벽재, 내벽재, 단열재)하여 DB화 하였다.

[지붕]	[내벽재]
Asbestos Cement Decking	Concrete Block(Heavyweight)
Asbestos Cement Sheet	Concrete Block(medium)
Asphalt	Concrete Block(Lightweight)
Roofing Felt	
[외벽재]	**[단열재]**
Cast Concrete	Expanded Polystyrene(HFC)
Concrete High density	Expanded Polystyrene(Heavyweight)
Concrete Medium density	Expanded Polystyrene(Standard)
Concrete Weight density	Expanded Polystyrene(Lightweight)
Concrete Reinforced 1% steel	Glass Wool(High performance panels)
Concrete Reinforced 2% steel	Glass Wool(standard board)
Mortar	Glass Wool(rolls)
	Stone Wool(rolls)
	Stone Wool(standard board)
	Stone Wool(roofing board)

○ 유리물성치 값 예시

```
WindowMaterial:Glazing,
  CLEAR 6MM,                !- Name
  SpectralAverage,          !- Optical Data Type
  ,                         !- Window Glass Spectral Data Set Name
  0.006,                    !- Thickness {m}
  0.775,                    !- Solar Transmittance at Normal Incidence
  0.071,                    !- Front Side Solar Reflectance at Normal Incidence
  0.071,                    !- Back Side Solar Reflectance at Normal Incidence
  0.881,                    !- Visible Transmittance at Normal Incidence
  0.080,                    !- Front Side Visible Reflectance at Normal Incidence
  0.080,                    !- Back Side Visible Reflectance at Normal Incidence
  0.0,                      !- Infrared Transmittance at Normal Incidence
  0.84,                     !- Front Side Infrared Hemispherical Emissivity
  0.84,                     !- Back Side Infrared Hemispherical Emissivity
  0.9;                      !- Conductivity {W/m-K}
```

- window 6.3프로그램 중 우리나라의 유리 물성치는 HanGlass, KCC에서 제공하고 있다.

HanGlass : 9종류(두께별, 색별)

HanGlas Green 5mm. HGl	HanGlas Clear 5mm. HGl
HanGlas Green 6mm. HGl	HanGlas Clear 6mm. HGl
HanGlas Green 8mm. HGl	HanGlas Clear 8mm. HGl
HanGlas Green 10mm. HGl	HanGlas Clear 10mm. HGl
HanGlas Clear 4mm. HGl	

KCC : 37종류(두께별, 색별, 특성별)

BLUE 5T.KCC	GREEN 12T.KCC	BLUE 6T.KCC	GREY 5T.KCC
CLEAR 3T.KCC	GREY 6T.KCC	CLEAR 4T.KCC	MCP138_6T.KCC
CLEAR 5T.KCC	MCP147_6T.KCC	CLEAR 6T.KCC	MCP155_6T.KCC
CLEAR 8T.KCC	MCP260_6T.KCC	CLEAR 10T.KCC	MCP346_6T.KCC
CLEAR 12T.KCC	MVP173_6T.KCC	ECI161_6T.KCC	SDR256_6T.KCC
ECT264_6T.KCC	SDR266_6T.KCC	EVD181_6T.KCC	SDR342_6T.KCC
EVI181_6T.KCC	SDR351_6T.KCC	EVT181_6T.KCC	SOLAR 5T.KCC
GREEN 4T.KCC	SOLAR 6T.KCC	GREEN 5T.KCC	STN128_6T.KCC
GREEN 6T.KCC	STN224_6T.KCC	GREEN 8T.KCC	STN319_6T.KCC
GREEN 10T.KCC			

- 우리나라 창호의 시험성적서에는 단열성능과 기밀성능만 기재되어 있어 Eergyplus에 서 이용할 수 없다. 따라서 미국의 NFRC의 창호데이터 중 LG Housys America 물성치를 참조하여 창호의 DB를 구축하였으며, 개폐방식과 레이어에 따라 분류하여 정리하였다.

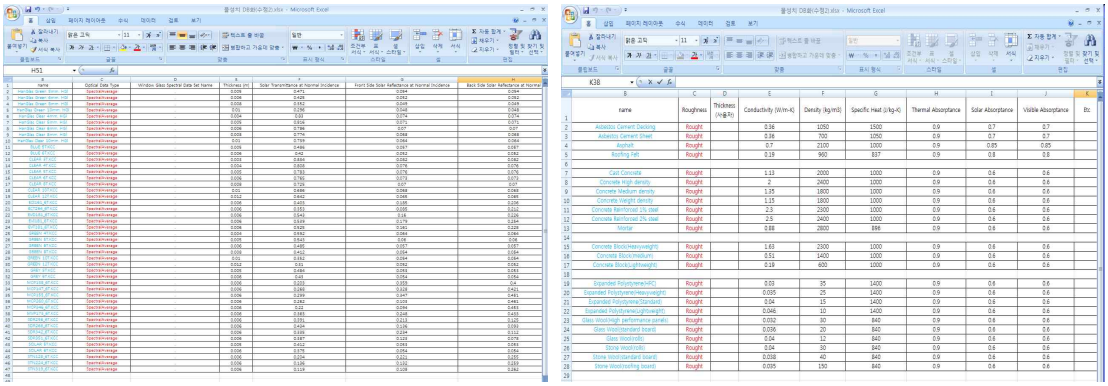


그림 35. 자재파일작성 예

3. 건물운영스케줄 DataBase 구축

국내의 건축물 에너지절약 설계기준 상에서는 건물이 용도를 사무, 판매, 숙박 등 9개로 분류하고 있으나 별도의 운영스케줄과 관련된 기준이 없으며, 건물에너지 효율등급 평가기준에서는 33개 실내용도의 이용시간, 실내온도, 외기도입량, 조명, 인체 등 내부발열, 공조시간 등에 대하여 정의하고 있다. 국내 건물에너지 효율등급 평가도구에 적용된 독일의 DIN V18599는 독일의 에너지기준으로 34개의 실내용도별 이용시간, 실내발열, 냉난방시간 등을 정의하고 있으며, 미국의 ASHRAE 90.1에서는 10개의 건물용도분류에 따른 실내발열기준, 운영스케줄 등에 대해 정의하고 있는 것으로 나타났다.

따라서 국내외 건물운영스케줄 조사를 통해 건물용도를 10개로 분류하고 에너지분석을 위한 설계초기단계에서의 건물운영스케줄 주요변수를 실내조건(온도, 습도, 조도), 냉난방공급 스케줄, 재실자 및 조명기기 스케줄, 발열밀도(인체, 조명, 기기), 외기도입기준(최소, 최대값), 침입외기량, 급탕사용량으로 정하여 데이터를 구축하는 것이 적합한 것으로 분석되었다.

본 연구에서는 ASHRAE Standard 90.1의 건물용도 10개에 따른 운영스케줄과 국내 업무용 건축물에너지효율등급을 평가하는 도구에서 사용되는 운영스케줄을 활용하여 DataBase를 구축하였다.

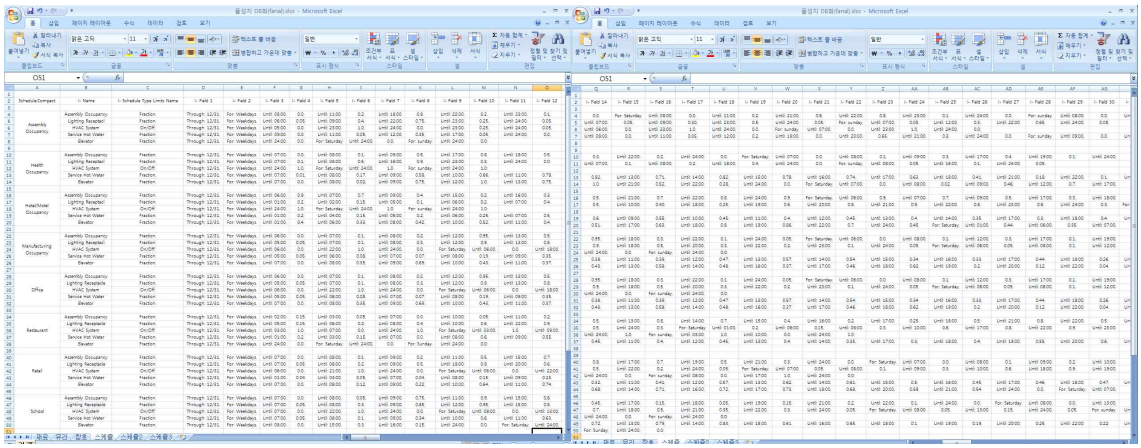


그림 36. 운영스케줄 파일작성 예

4. DataBase 제작

기상데이터, 자재물성치, 건물운영스케줄에 대하여 .xlsx 파일화 작업을 수행하였으며, 웹서버에는 XML파일 형태로 구축되어, 웹상에서 사용자가 입력하는 모든 데이터는 EnergyPlus 입력포맷인 IDF로 변환되는 체계를 구축하였다.

IDF Class DB의 종류 및 특징

- 개요 : EnergyPlus 시뮬레이션을 위한 입력 자료인 IDF 파일 생성을 위한 DB
- 형태 : 각 클래스 별 텍스트(Text) 파일
- 특징
  - 클래스는 시뮬레이션 수행을 위한 동일한 속성을 갖는 변수의 집합체로 WebGBS 시뮬레이션에는 약 100여개의 클래스 사용
  - 시뮬레이션 변수에 따라 클래스의 내용 변경 필요
  - HVAC 시스템의 확장 및 보다 정밀한 시뮬레이션 수행을 위해 지속적인 클래스 개발 필요

(1) Material DB

- 개요 : IDF 파일의 클래스 중 Material 클래스 생성을 위한 자재 DB
- 형태 : XML파일
- 특징
  - Material(자재) DB의 기본 데이터는 국내 건물에너지 분석 기준인 '건축물의 에

너지절약 설계기준'의 40여개 자재를 바탕으로 구성

- ASHRAE 90.1의 자재 데이터를 추가로 입력하여 LEED 등의 평가기준에 활용이 가능하도록 구성
- 당사에서 수행한 각종 프로젝트에서 활용되었던 국내 공인인증 자재 추가 구성
- 그 외 국내 주요 자재생산업체의 공인된 자재에 대한 지속적인 구성 필요

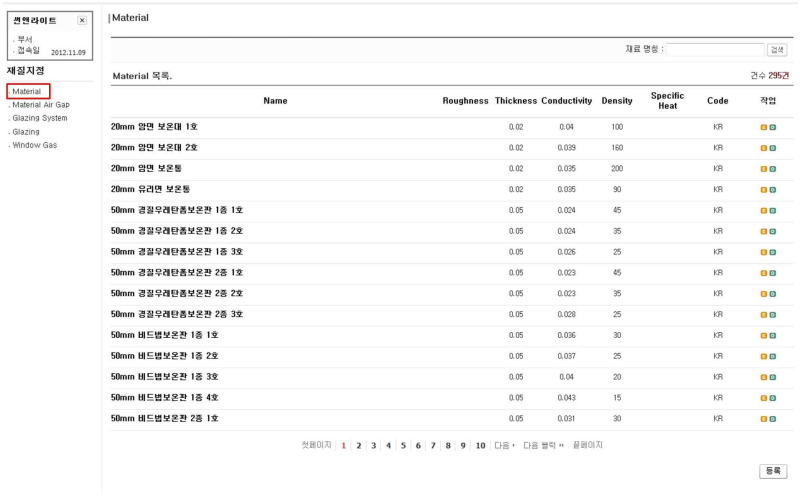


그림 37. 웹서버의 Material DB

(2) Material Air Gap DB

- 개요 : IDF 파일의 클래스 중 MaterialAirGap 클래스 생성을 위한 자재 DB
- 형태 : XML파일
- 특징

- Material Air Gap DB의 기본 데이터는 국내 건물에너지 분석 기준인 '건축물의 에너지절약 설계기준'의 '[별표 5] 열관류율 계산 시 적용되는 중공층의 열저항'을 기준으로 작성

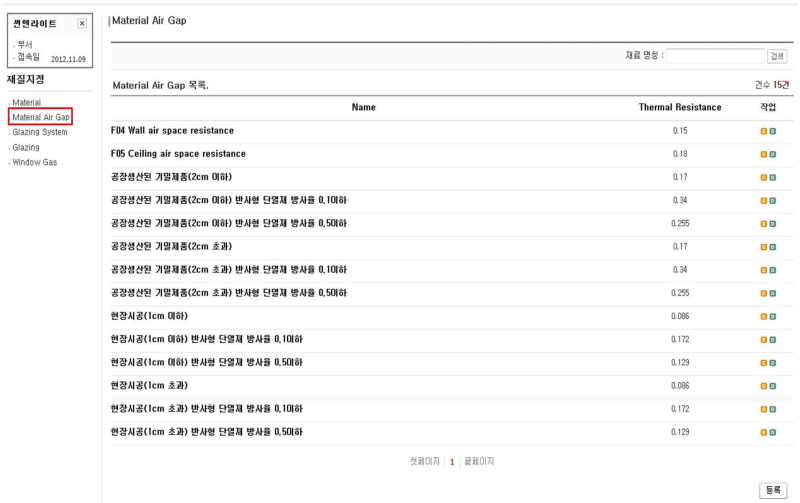


그림 38. 웹서버의 Material Air Gap DB

(3) Window Material Simple Glazing System DB

- 개요 : IDF 파일의 클래스 중 Window Material Simple Glazing System 클래스 생성을 위한 자재 DB
- 형태 : XML파일
- 특징
  - Window Material Simple Glazing System DB는 열관류율 및 차폐계수(SC, Shading Coefficient) 또는 일사취득계수(SHGC, Solar Heat Gain Coefficient)를 바탕으로 작성된 창호 시스템의 입력을 위한 DB
  - Window Material Simple Glazing System DB의 기본 데이터는 국내 건물에너지분석 기준인 '건축물의 에너지절약 설계기준'의 '창 및 문의 단열성능'표를 기준으로 작성

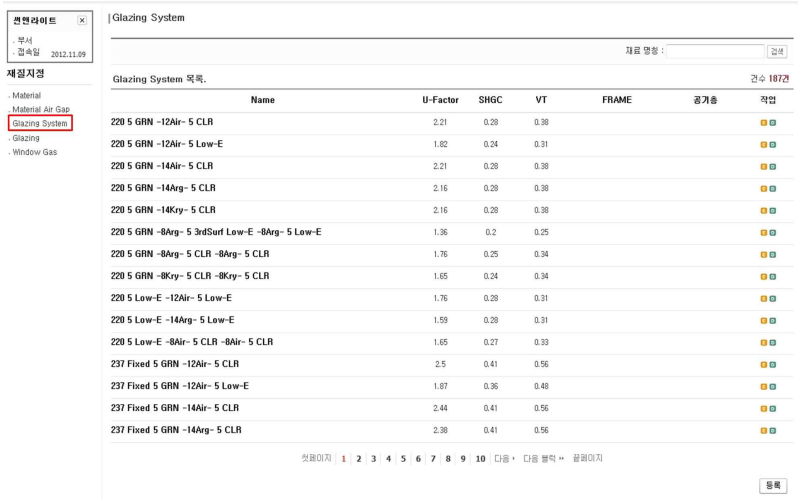


그림 39. 웹서버의 Window Material Simple Glazing System DB

(4) Schedule DB

- 개요 : IDF 파일의 클래스 중 Schedule 클래스 생성을 위한 DB
- 형태 : 각 스케줄 별 텍스트(Text) 파일
- 특징
  - Schedule DB의 기본 데이터는 국내 업무용건축물의 건물에너지성능 평가 기준인 '건물에너지 효율등급 인증에 관한 규정'을 바탕으로 작성
  - ASHRAE 90.1의 건물 용도별 운영스케줄을 추가로 입력하여 LEED 등의 평가기준에 활용이 가능하도록 구성

Schedule:Compact,	!- Name	!- Schedule Type Limits Name	!- Field 1	!- Field 2	!- Field 3	!- Field 4	!- Field 5	!- Field 6	!- Field 7	!- Field 8
Assembly	Assembly Occupancy	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 08:00,	0.0,	Until: 11:00,	0.2,	Until: 18:00,	0.8,
	Lighting Receptacl	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 06:00,	0.05,	Until: 09:00,	0.4,	Until: 22:00,	0.75,
	HVAC System	On/Off,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 05:00,	0.0,	Until: 23:00,	1.0,	Until: 24:00,	0.0,
	Service Hot Water	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 09:00,	0.0,	Until: 11:00,	0.05,	Until: 12:00,	0.35,
	Elevator	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 24:00,	0.0,	For: Saturday,	Until: 24:00,	0.0,	For: sunday,
Health	Assembly Occupancy	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 07:00,	0.0,	Until: 08:00,	0.1,	Until: 09:00,	0.5,
	Lighting Receptacl	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 07:00,	0.1,	Until: 08:00,	0.5,	Until: 16:00,	0.9,
	HVAC System	On/Off,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 24:00,	1.0,	For: Saturday,	Until: 24:00,	1.0,	For: sunday,
	Service Hot Water	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 07:00,	0.01,	Until: 08:00,	0.17,	Until: 09:00,	0.58,
	Elevator	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 07:00,	0.0,	Until: 08:00,	0.02,	Until: 09:00,	0.75,
Hotel/Motel	Assembly Occupancy	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 06:00,	0.9,	Until: 07:00,	0.7,	Until: 09:00,	0.4,
	Lighting Receptacl	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 01:00,	0.2,	Until: 02:00,	0.15,	Until: 05:00,	0.1,
	HVAC System	On/Off,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 24:00,	1.0,	For: Saturday,	Until: 24:00,	1.0,	For: sunday,
	Service Hot Water	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 01:00,	0.2,	Until: 04:00,	0.15,	Until: 05:00,	0.2,
	Elevator	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 01:00,	0.4,	Until: 06:00,	0.33,	Until: 08:00,	0.42,
Manufacturing	Assembly Occupancy	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 06:00,	0.0,	Until: 07:00,	0.1,	Until: 08:00,	0.2,
	Lighting Receptacl	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 05:00,	0.05,	Until: 07:00,	0.1,	Until: 08:00,	0.3,
	HVAC System	On/Off,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 06:00,	0.0,	Until: 22:00,	1.0,	Until: 24:00,	0.0,
	Service Hot Water	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 05:00,	0.05,	Until: 06:00,	0.08,	Until: 07:00,	0.07,
	Elevator	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 07:00,	0.0,	Until: 08:00,	0.35,	Until: 09:00,	0.69,
Office	Assembly Occupancy	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 06:00,	0.0,	Until: 07:00,	0.1,	Until: 08:00,	0.2,
	Lighting Receptacle	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 05:00,	0.05,	Until: 07:00,	0.1,	Until: 08:00,	0.3,
	HVAC System	On/Off,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 06:00,	0.0,	Until: 22:00,	1.0,	Until: 24:00,	0.0,
	Service Hot Water	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 05:00,	0.05,	Until: 06:00,	0.08,	Until: 07:00,	0.07,
	Elevator	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 07:00,	0.0,	Until: 08:00,	0.35,	Until: 09:00,	0.69,
Restaurant	Assembly Occupancy	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 02:00,	0.15,	Until: 03:00,	0.05,	Until: 07:00,	0.0,
	Lighting Receptacle	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 05:00,	0.15,	Until: 06:00,	0.2,	Until: 08:00,	0.4,
	HVAC System	On/Off,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 03:00,	1.0,	Until: 07:00,	0.0,	Until: 24:00,	1.0,
	Service Hot Water	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 01:00,	0.2,	Until: 03:00,	0.15,	Until: 07:00,	0.0,
	Elevator	Fraction,	Through: 12/31,	For: Weekdays,	Until: 24:00,	0.0,	For: Saturday,	Until: 24:00,	0.0,	For: Sunday,

그림 40. 웹서버의 Schedule DB

5. DataBase 적용프로젝트

프로젝트	설계단계	발주처	DB	비고
행복도시 국립도서관	실시설계	행복도시 건설청	· 기상데이터 · Material	· IES/VE, · DOE-2
국립생태원 생태체험관	실시설계	환경부	· 기상데이터 · Material	· Energy Plus
충남교육청	기본/실시설계	충남교육청	· 기상데이터 · Material · Schedule	· DOE-2
첨단에코에너지 연구센터	기본/실시설계	한국에너지기술 연구원	· 기상데이터 · Material · Schedule	· DOE-2
대통령 기록관	현상설계	행복도시 건설청	· 기상데이터 · Material	· Energy Plus
남동발전	현상설계	한국남동발전	· 기상데이터 · Material · Schedule	· DOE-2
KDN	현상설계	한국전력공사	· 기상데이터 · Material · Schedule	· DOE-2

제 3절 IFC 변환테스트 및 모델링 가이드

1. IFC 변환테스트

본 연구에서는 건축 BIM 모델의 국제표준호환포맷인 IFC(Industry Foundation Classes) 변환시의 문제점을 파악하기 위하여 주요 형상에 대한 IFC 파일 변환 테스트 수행하였다.

IFC 파일 변환 정확성에 대한 테스트를 위해 공동주택 및 일반주택을 포함한 벽체, 지붕, 창호, 문의 주요 설계형상 27개를 선정하여 대표적인 BIM 도구인 ArchiCAD로 모델링한 후, IFC파일로 변환하였다. 변환된 IFC 파일에 대한 형상오류 체크가 가능한 Solibri Model Viewer와 DDS-CAD Viewer를 이용하여 형태, 치수의 검토 및 문제점을 분석하였다. 테스트 프로세스는 그림 41(좌)과 같으며, 변환케이스 시나리오는 그림 41(우)과 같다.

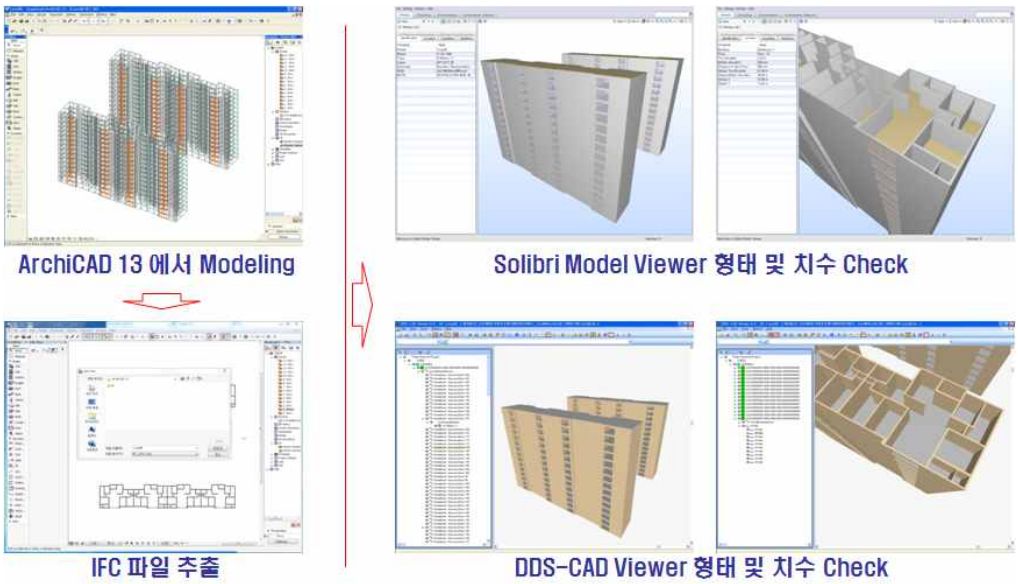


그림 41. IFC파일 변환테스트 프로세스

IFC파일 변환 테스트 결과, 대부분의 형태에서는 형상 및 치수에 대한 변환이 정확하게 이루어졌으나, 경사진 벽체의 경우 수직벽체로 변경되는 것으로 나타났다. 이 문제는 모델링 시 경사벽면을 지붕툴로 모델링함으로써 해결할 수 있었다.

일조분석의 경우 재료의 물성치가 불필요하므로 지붕틀로 모델링을 하여도 무관할 것으로 판단된다. 그러나 에너지 분석 시에는 재료의 물성치가 주요변수이므로 경사진 면체에 대한 별도의 모델링 가이드가 필요할 것으로 사료된다.

다른 BIM 도구(Revit 등)에 대한 IFC 파일 변환 테스트는 본 연구의 범위에 포함되어 있지는 않으나, 자체 테스트 결과 IFC 파일 변환 시 벽체의 어긋남, 치수의 변경, 내보내기(Export) 에러 등 다수의 오류가 발견되었다. 이는 Autodesk 社의 IFC 파일 포맷에 대한 미온적인 지원정책에 기인한 것으로 사료되며, 특정 버전에서는 IFC 저장기능을 기본 기능에서 제외시키고 그 부분만 오픈소스 프로젝트로 전환한 경우도 있었다.

추후, IFC 지원기능이 업그레이드 된 것으로 알려진 Revit 14 version과 IFC 2×4 edition에 대한 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다.

구분	형태
1. 단순박스형 건물 (창, 문 등 없음)	
2. 다각형 건물 (창, 문 등 없음)	
3. 1번과 같은 형태 (경사지붕)	
4. 1번과 같은 형태 (곡선형지붕)	
5. 1번과 같은 형태 (1방향자유곡선형지붕)	
6. 1번과 같은 형태 (직각방향 내벽)	
7. 6번과 같은 형태 (경사방향 내벽)	

구분	형태
8. 6번과 같은 형태 (내·외벽 두께 다양)	
9. 6번과 같은 형태 (곡선형 내벽)	
10. 1번과 같은 형태 (직각형태 창, 문 포함)	
11. 1번과 같은 형태 (다각형태 창, 문 포함)	
12. 1번과 같은 형태 (커튼월)	
13. 1번과 같은 형태 (커튼월, 창, 문 포함)	
14. 1번과 같은 형태 (2층)	

구분	형태
15. 2번과 같은 형태 (2층)	
16. 14번과 같은 형태 (1층만 내벽 포함)	
17. 14번과 같은 형태 (1,2층 동일한 내벽)	
18. 14번과 같은 형태 (1,2층 동일한 내벽)	
19. 18번과 같은 형태 (창, 문 포함)	
20. 19번과 같은 형태 (opening 포함)	
21. 곡선벽이 있는 형태 (창, 문 포함)	

구분	형태
22. 21번과 같은 형태 (전체 경사형 지붕)	
23. 21번과 같은 형태 (일부 경사형 지붕)	
24. 사다리꼴 형태 (창, 문, 수평차양 포함)	
25. 경사벽체 형태 (2층)	
26. 일반 아파트 (일조창 포함)	
27. 일반 주택건물 (일조창 포함)	

구분	SMV	DCV	형태	치수
1			O	O
2			O	O
3			O	O
4			O	O
5			△	△
6			O	O
7			O	O

구분	SMV	DCV	형태	치수
8			O	O
9			O	O
10			O	O
11			O	O
12			O	O
13			O	O
14			O	O

구분	SMV	DCV	형태	치수
15				O	O
16				O	O
17				O	O
18				O	O
19				O	O
20				O	O
21				O	O

구분	SMV	DCV	형태	치수
22				O	O
23				O	O
24				O	O
25				X	X
26				O	O
27				O	O

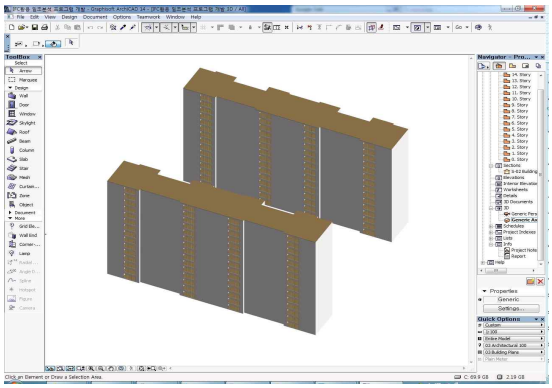
그림 42. IFC 변환 테스트

2. 모델링가이드 제작

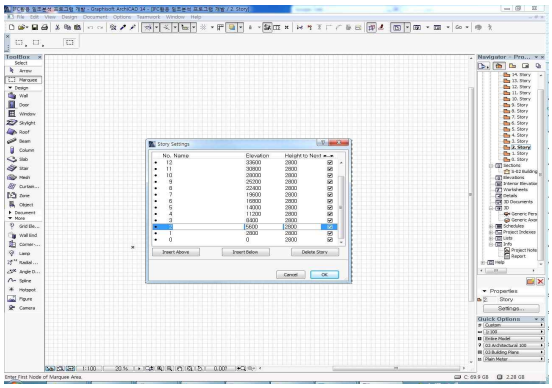
건축 BIM도구를 활용하여 설계안을 작성할 경우 분석모델로 변환되는데 어려움과 error가 발생하지 않도록 일조 및 에너지 모델링 가이드를 작성하였으며, 이는 건축BIM도구를 바탕으로 제작하였다.

가. 일조분석용 모델링 가이드

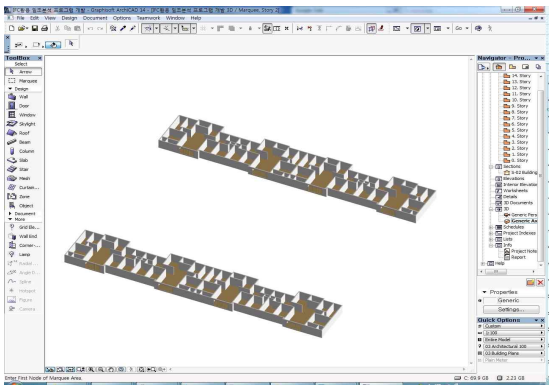
1) ArchiCAD에서 층 구분을 위하여 Story Settings을 한다.
2) Story(층)별로 3D 모델링을 실시한다. 만약, 각층의 평면이 같다면 모든 Story (층)에 복사하여 전체적인 하나의 건물을 만든다.
3) 3D 모델링을 할 때 모든 객체에 자동으로 부여되는 ID를 삭제하고 분석대상이 되는 Window요소에 대하여 ID를 설정하며, ID는 사용자가 구분이 가능한 형식으로 지정한다.(예: 동-호수).
4) 저장 시 IFC 포맷(IFC 2x3)으로 저장한다.
5) IFC 모델 뷰어를 통하여 Output이 정상적으로 생성되었는지 확인한다.
6) 확인된 IFC 파일을 웹상의 분석 페이지에 업로드 한다.



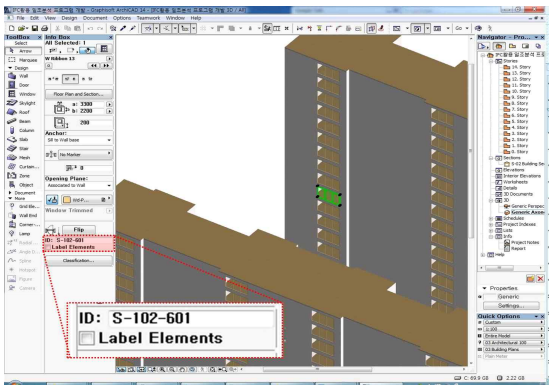
① 전층 3D 모델링



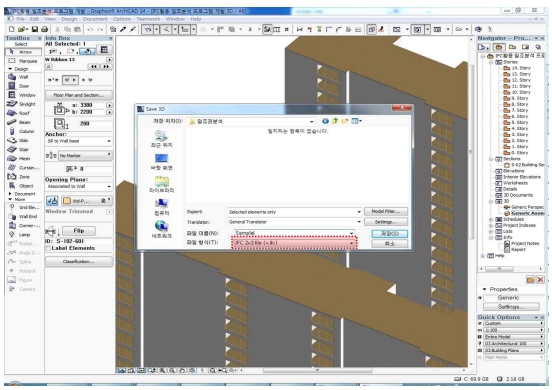
② Story Settings



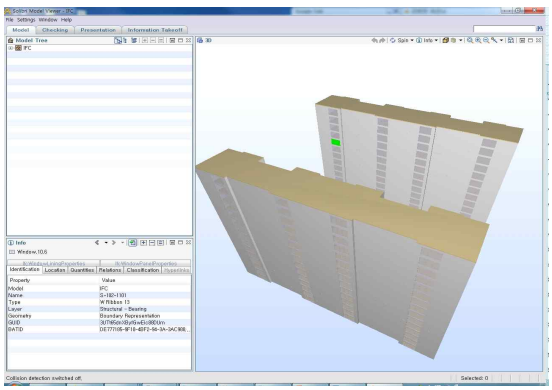
③ 기준층 3D 모델링



④ WIndos요소에 ID 지정



⑤ IFC 포맷으로 저장



⑥ IFC 모델 뷰어를 통한 모델 확인

그림 43. 일조분석 모델링 가이드

나. 에너지분석용 모델링 가이드

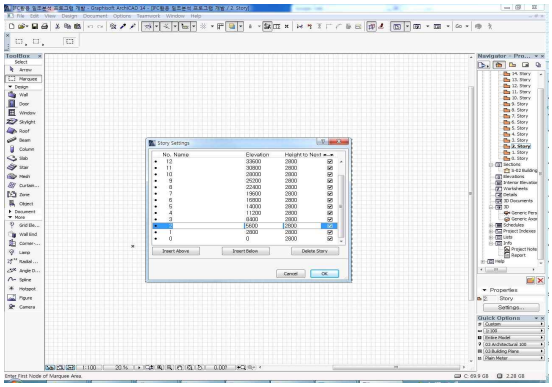
1) ArchiCAD에서 층 구분을 위하여 Story Settings을 한다.

2) Story(층)별로 3D 모델링을 실시한다. 3D모델링 시 단순화를 위하여 공간의 구분은 공조공간과 비공조공간으로 나누어 모델링을 실시한다. 만약, 각층의 평면이 같다면 모든 Story(층)에 복사하여 전체적인 하나의 건물을 만든다.

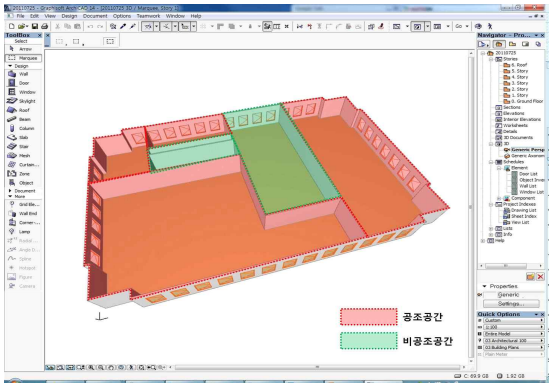
3) 저장 시 IFC 포맷(IFC 2x3)으로 저장한다.

4) IFC 모델 뷰어를 통하여 Output이 정상적으로 생성되었는지 확인한다.

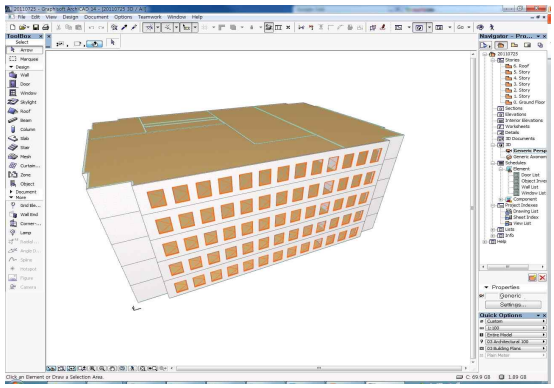
5) 확인된 IFC 파일을 웹상의 분석 페이지에 업로드한다.



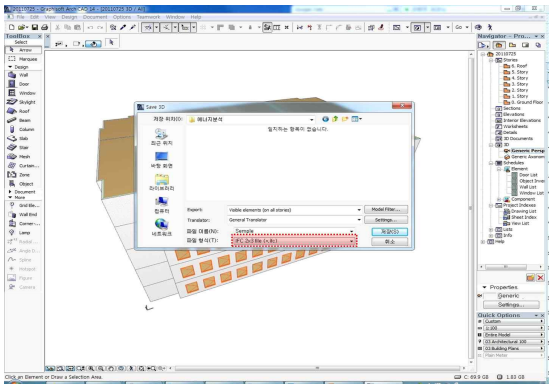
① Story Settings



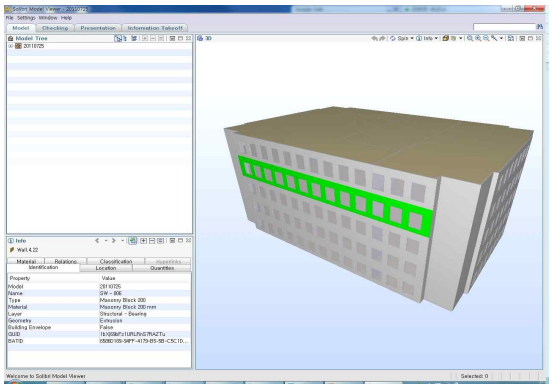
② 기준층 공간구분



③ 전체 3D 모델링



④ IFC 포맷으로 저장



⑤ IFC 모델 뷰어를 통한 모델 확인

그림 44. 에너지분석 모델링 가이드

제 4절 일조 및 에너지분석 모듈 개발

1. 일조분석모듈개발

BIM을 활용한 일조분석모듈 개발의 프로세스는 그림 45와 같다.

일조분석모듈은 VC++ 2005와 TNO_IFC Engine DLL모듈(http://www.ifcbrowser.com)을 사용하여 일조분석에 필요한 요소들(Wall, Roof, Window)을 IFC파일에서 필터링하여 추출하고, 제공되는 기하학 추출정보에서 일조계산 모듈에 사용하는 형식으로 데이터변환이 이루어지도록 기능을 구현하였다. 설계 초기단계에서 이용되는 만큼 빠른 결과도출을 위해 일조분석 방법으로 점분석 방식을 채택하였으며, 창문의 일조계산 위치점 등의 계산 기능을 구현하였다.



그림 45. 일조분석 프로세스

현행 법적 일조시간 수인한도는 연중 낮 시간이 가장 짧은 동지일(12월 21일)을 기준으로 직사일광을 받을 수 있는 시간으로 산정하며, 9시부터 15시 사이의 6시간 중 일조시간이 연속으로 2시간 이상 확보할 수 있는지(건설법 시행령 제86조), 또는 8시부터 16시 사이의 8시간 중 간헐적으로 확보되는 일조시간의 총 합이 4시간 이상 확보되어야 한다(서울고법 1996.3.26.선고 94나 11806판결:확정).

법적 일조시간 수인한도를 정리하면 표 8과 같다.

표 8. 일조시간 수인한도 만족 여부

총일조시간	연속일조시간	일조시간 수인한도 만족 여부
08:00~16:00	09:00~15:00	
확보	확보	만족
확보	–	만족
–	확보	만족
–	–	불만족

개발된 일조분석 모듈의 분석결과 검증을 위해 서울에 위치한 정남향 15층 60세대의 공동주택과 1층 1동과 2층 2동으로 이루어진 일반주택을 선정하여 앞 동에 의한 일조침해분석을 실시하였다. 법원의 일조피해 감정 시 300건 이상 프로젝트에서 사용되었던 일조분석 프로그램(SNL_Time)과 비교검증을 실시하였으며, 그림 46과 같이 동일한 일조시간 계산결과가 도출되는 것으로 나타났다.

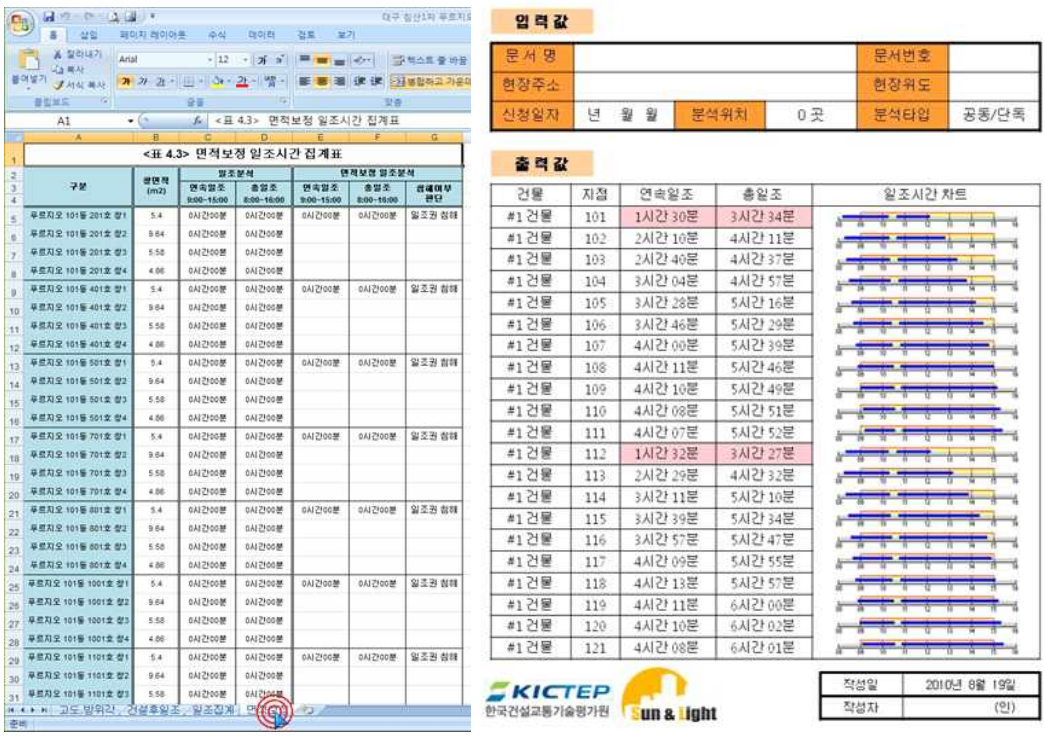


그림 46. 기존 일조분석과 개발된 일조분석 결과 비교

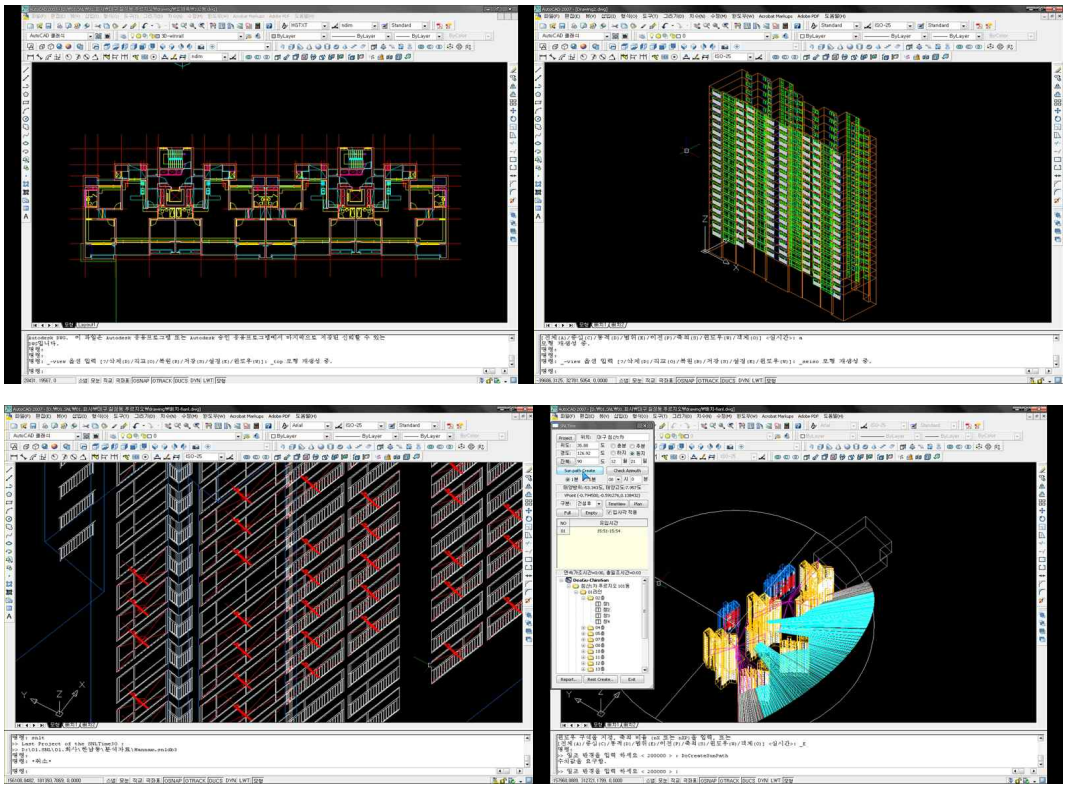


그림 47. 기존 일조분석 프로세스



그림 48. 기존 일조분석과의 비교분석

IFC 파일을 이용한 일조분석에 소요되는 시간은 1분 이내로 웹상에서 바로 결과리포트를 확인할 수 있어, 실무에서도 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

2. IFC형상정보 추출모듈개발

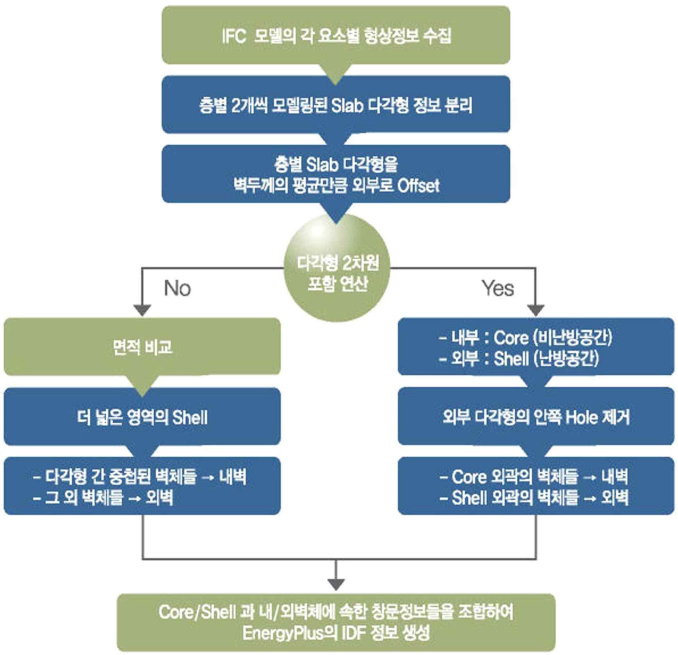


그림 49. IFC 요소정보 자동분석 프로세스

에너지분석을 위해서는 공간에 대한 정의가 중요한 요소이므로 IFC모델의 형상정보를 수집한 후 공조공간과 비공조공간을 분리하여 인식할 수 있도록 모듈을 개발하였다. 업로드된 IFC파일이 core/shell로 지정이 되어있지 않을 경우 모델링된 파일에서 면적을 비교하여 더 넓은 영역을 shell로 인식하고 중첩된 벽체들은 내벽, 그 외 벽체들은 외벽으로 구분하여 공간을 정의한 후 에너지분석이 수행될 수 있는 방법과 core/shell로 지정이 되었을 때는 core 외곽의 벽체를 내벽, shell외광의 벽체를 외벽으로 구분하여 재질을 지정할 수 있는 두 가지의 방법으로 형상정보의 추출이 가능하도록 구현하였다. 그림 49는 IFC 요소정보를 자동으로 분석하는 프로세스를, 그림 50은 IFC 입력파일을 나타낸다. 그림 51은 건축 BIM도구에서 모델링한 파일을 IFC로 변환 시 형상변환 오류 유무를 IFC 뷰어 프로그램을 통해 확인한 모습을 나타내며, 건축 BIM 모델과 IFC 변환 모델이 일치하는 것을 확인할 수 있었다.



그림 50. IFC 입력파일

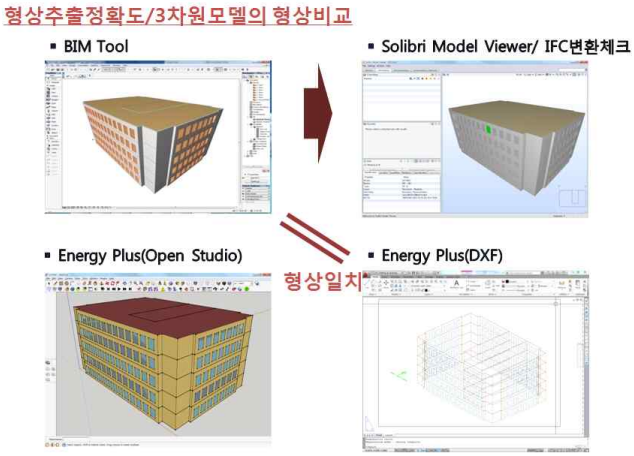


그림 51. 형상추출 검증

3. IDF파일 생성모듈 개발

동적시뮬레이션에 의한 에너지효율등급을 예측하기 위해 분석엔진으로 Energyplus를 사용하였으며, 이를 위해서는 EnergyPlus 입력(Input) 포맷인 IDF파일이 필요하다.

따라서 IFC파일의 형상정보와 웹에서 사용자가 직접 입력하는 데이터(건물정보, 스케줄, 자재물성치, HVAC)를 조합하여 IDF파일을 생성하는 모듈을 개발하였다. 그림 52~54는 BIM 모델의 IFC 형상정보와 웹상에 입력하는 데이타들을 XML파일로 변환하는 과정의 코드와 에너지 분석에 필요한 입력포맷인 IDF 파일 코드를 나타낸다.



그림 52. XML중간파일

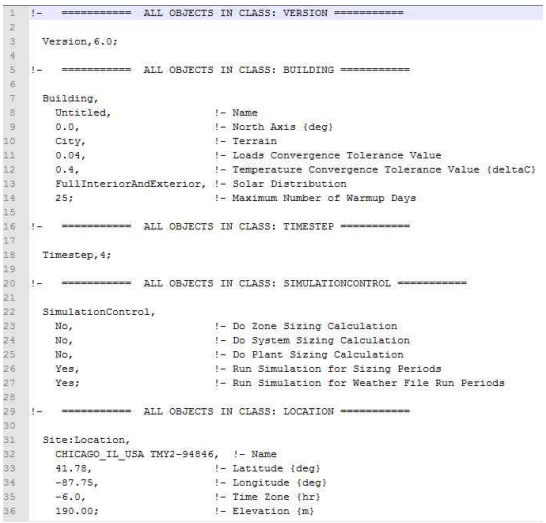


그림 53. IDF 입력파일

```
public static void DumpAxis2Placement(EEntity entity, int nIndent) throws SdaiException
{
    String strIndent = CommonTools.GetIndents(nIndent);
    String label = "";
    Point3d[] points = new Point3d[3];
    int iNd = 0;
    if (entity.isKindOf(EIfcaxis2placement3d.class)) {
        EIfcaxis2placement3d pos3d = (EIfcaxis2placement3d) entity;
        label = pos3d.getPersistentLabel();
        points[0] = IfcTools.CatesianToPoint3d(pos3d.getLocation(null));
        points[1] = IfcTools.DirectionToPoint3d(pos3d.getAxis(null));
        points[2] = IfcTools.DirectionToPoint3d(pos3d.getRefdirection(null));
        iNd = 3;    // 3D
    }
    else if (entity.isKindOf(EIfcaxis2placement2d.class)){
        EIfcaxis2placement2d pos2d = (EIfcaxis2placement2d) entity;
        label = pos2d.getPersistentLabel();
        points[0] = IfcTools.CatesianToPoint3d(pos2d.getLocation(null));
        points[2] = IfcTools.DirectionToPoint3d(pos2d.getRefdirection(null));
        iNd = 2;    // 2D
    }
    else {
        System.out.println(strIndent + "  <Unknown>" + entity.toString() + "</Unknown>");
    }

    switch (iNd) {
    case 2:
        System.out.println(strIndent + "<Axis2Placement2D id=\"" + label + "\">");
        System.out.println(strIndent + "  <Location>" + points[0].x + "," + points[0].y + "</Location>");
        System.out.println(strIndent + "  <RefDirection>" + points[2].x + "," + points[2].y + "</RefDirection>");
        System.out.println(strIndent + "</Axis2Placement2D>");
```

그림 54. IFC를 XML로 변환하는 코드일부

4. 에너지효율등급 예측모듈 개발

국제 기후변화협약이 발효됨에 따라 체계적인 건물에너지 절약정책 및 제도들이 세계적으로 수립되어 시행되고 있으며, 국내에서도 지난 2009년 12월 건축물에너지 효율등급 인증 규정이 고시되었고 신축공동주택과 신축 업무용건축물을 대상으로 시행되고 있다. 이와 더불어 BIM설계가 필요하게 되었고 동시에 BIM과 에너지분석에 관한 평가도구가 제작되었다.

본 연구에서는 이와 같은 정책을 반영하여 동적시뮬레이션이 가능한 Energyplus엔진을 이용하여 설계된 건축물에서 소요되는 에너지량을 수치해석에 의한 열 전달해석을 통해 해당 건축물에 설치된 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기시스템에서 소요되는 에너지량을 계산하도록 구현하였다. 분석값을 국내에서 적용하고 있는 1차 에너지 환산계수를 곱하여 계산하며, 계산된 1차 에너지소요량 합계에 따라 건물에너지효율등급 예측과 함께 탄산계수를 적용한 단위면적당 이산화탄소 배출량을 계산하도록 구현하였다.

에너지분석 흐름도는 그림 55와 같고, 분석 결과 리포트는 그림 56과 같이 나타난다. 설계초기단계 모델에 대한 분석이므로 설비시스템은 층별로 공조시스템만 선택할 수 있도록 구현하였다.

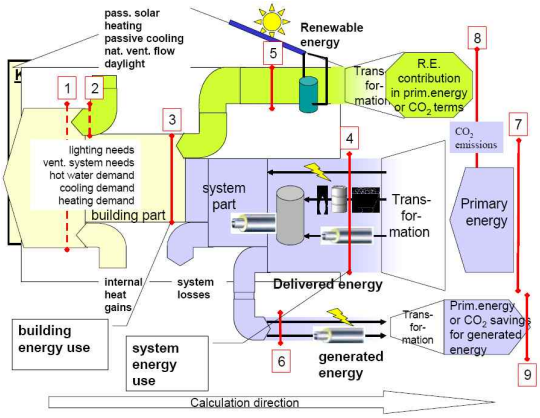
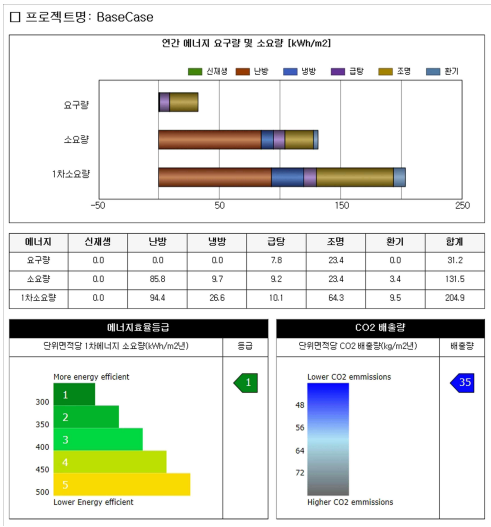


그림 55. 1차에너지 소요량 개념도



에너지	신재생	난방	냉방	급탕	조명	환기	합계
요구량	0.0	0.0	0.0	7.8	23.4	0.0	31.2
소요량	0.0	85.8	9.7	9.2	23.4	3.4	131.5
1차소요량	0.0	94.4	26.6	10.1	64.3	9.5	204.9

그림 56. 에너지분석 결과 보고서

제 5절 시스템 개발

1. 분배 및 분석서버 개발

분배 및 분석시스템은 그림 57과 같이 웹서버에서 전송된 복수의 작업을 각각의 분석서버로 분배하는 기능의 분배서버 1대와 분석엔진이 설치되어 일조 및 에너지 분석작업을 수행하는 분석서버 3대로 구성되어 있다.

분배서버는 작업검색, 분석파일 전송, 결과 수집, 웹서버 결과 전송 등의 작업을 진행할 수 있도록 개발하였으며, 표 9는 분배시스템의 작업 내용과 요구사항을 정리한 것이다.

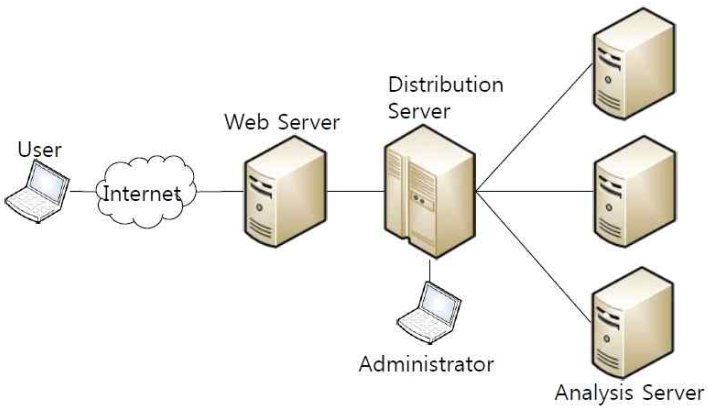




그림 57. 시스템 구성도 및 설치 사진

표 9. 분배서버 작업 및 작업사항

작업명	작업사항명	요구작업내용
작업검색	자동작업 분배	웹에서 작업신청시 자동으로 분석작업 실행
웹서버 파일수신	작업파일 분배	웹서버에서 분석파일 수신
분석서버선택	유휴서버에 업무할당	작업량이 적은 서버를 선택하여 분석작업의뢰
분석파일 전송	분석서버에 작업분배	선택된 작업서버에 분석파일 전송
분석실행	분석모듈 실행	작업유형에 따라 해당분석작업 실행
결과수집	작업결과 수집	분석결과파일을 마스터서버로 전송
웹서버 결과전송	웹서버에 결과 전송	웹서버에 결과파일 전송
관리자	작업 관리자 제공	관리자프로그램 제공

그림 58은 분배분석 시스템의 기술설계 시 논리데이터베이스 설계를 나타낸 것이며, 그림 59는 물리데이터베이스 설계를 나타낸 것이다.

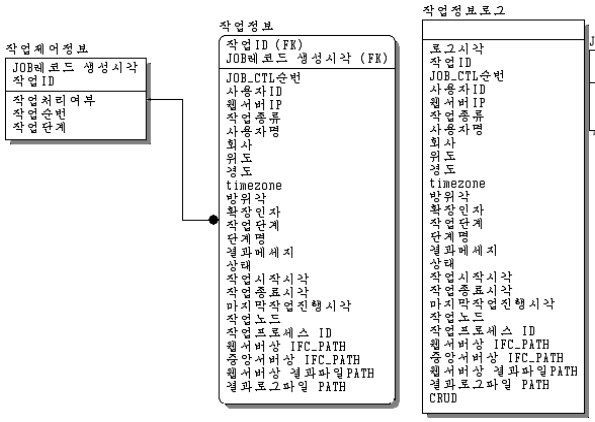


그림 58. 논리데이터베이스 설계

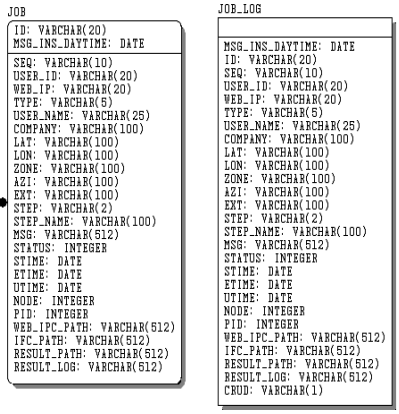


그림 59. 물리데이터베이스 설계

웹 서버에서 분배서버 마스터의 DB에 작업정보를 등록한 후, 작업제어테이블에 PROG_FG='N'으로 등록한다.

분배서버는 주기적으로 작업제어테이블에서 PROG_FG='N'인 정보를 조회하여 작업분배 프로세스를 실행하여 작업을 전달한다. 작업분배프로세스는 작업정보에서, 웹서버의 분석파일위치를 조회한 후, 분배서버마스터로 분석파일을 다운로드 한다. 다운로드 완료 후 작업정보에 다운로드 위치를 기록한 후 분석서버를 선택하여 프로그램을 실행한다. 분배서버 마스터에서는 유휴서버를 검색한 후, 분석서버의 작업 실행 프로그램을 실행한다. 작업 실행 프로그램은 작업정보를 조회한 후, 분배마스터에서 분석파일을 수신하여, 분석작업을 실행하고, 분석결과파일이 생성되면 분배서버 마스터에 전송한 후, 작업정리 프로세스를 실행한다. 작업정리 프로세스는 웹서버로 결과파일을 전송하고 작업정보에 최종결과를 기록하게 된다.

이러한 프로세스들이 원활하게 이루어지도록 프로그램을 Flex와 C++을 사용하여 작성 및 개발하였다. 표 10은 자동화 프로세스 설계 시 작성된 프로그램이다. 표 11은 테이블목록을 나타낸 것이다.

표 10. 자동화 프로세스 설계

업무명	프로그램 ID	프로그램명	개발언어	위치	성격
분석분배 시스템	manage_user	사용자관리	Flex	C	화면
	server_reg	노드등록	Flex	C	화면
	log_view	로그조회	Flex	C	화면
	job_view	작업조회	Flex	C	화면
	job_hist	작업이력조회	Flex	C	화면
	joa_stat	작업통계	Flex	C	화면
	server_info	서버정보	Flex	C	화면
	JJWatcher	성능정보 Watchdog	C++	C	연계
	JJSecheduler	작업모니터링	C++	C	연계
	sel_node	작업할당	C++	C	연계
	filetransfer	분석수행	C++	C	연계
	endwork	작업결과수집	C++	C	연계

표 11. 테이블목록

테이블명(한글)	테이블명(영문)	내용
공통코드	com_code	공통코드
주기정보	periods	모니터링주기정보
사용자정보	user_info	사용자정보
로그정보	log	프로그램 오류로그
메뉴정보	menuinfo	메뉴정보
성능정보	perf_now	CPU/MEMORY 성능정보
성능로그정보	perf_now_log	CPU/MEMORY 성능로그정보
서버정보	server	서버자산정보
프로세스정보	proc	프로세스목록정보
디스크정보	diskinfo	디스크자산정보
시스템정보	sysinfo	시스템자산정보
작업제어정보	job_ctl	작업제어정보
작업정보	job	작업정보
작업로그정보	job_log	작업로그정보

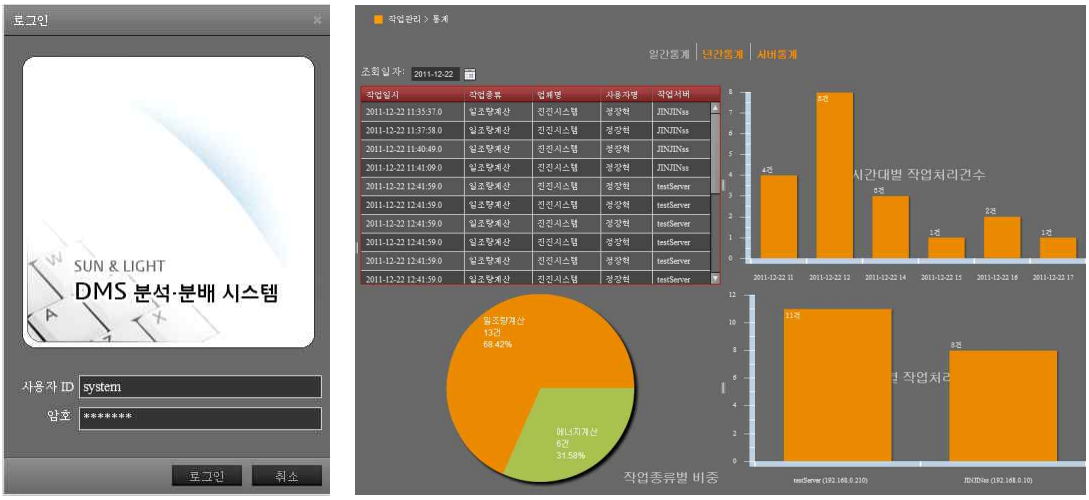


그림 60. 분배/분석서버 관리프로그램

마스터서버에서 웹브라우저로 접속하면 그림 60과 같이 WebGBS 분석/분배 관리 프로그램을 확인할 수 있다. 관리프로그램은 크게 시스템관리, 작업관리, 서버목록으로 구성되어 있으며, 시스템관리에서는 사용자관리, 노드등록, 로그조회를 할 수 있다. 사용자 관리 메뉴에서는 WebGBS 사용자의 조회, 추가, 수정, 삭제를 할 수 있으며, 노드등록에서는 서버등록 조회, 노드서버추가, 변경된 정보저장, 사용자 삭제 등의 기능을 제공한다. 로그조회에서 전체로그 중 가장 최근의 30건씩을 우선적으로 확인 할 수 있다.

작업관리 메뉴는 작업조회, 작업이력조회, 통계로 구성되어 있다. 작업조회에서는 작업을 조회, 재시작하는 기능을 제공하고, 작업이력조회에서는 원하는 조회기간에 수행된 작업을 조회할 수 있으며, 통계에서는 일간, 연간 작업통계자료, 작업종류별 비중, 서버별 처리건수 및 작업시간 등의 정보를 제공한다. 서버목록은 서버목록을 트리구조로 표기하며, 표기된 서버를 선택하면 CPU와 메모리 사용률 등의 상세정보를 조회할 수 있다.



그림 61. 분배/분석 서버의 작업 조회 및 일간/연간/서버 통계 화면

2. Web Server 개발

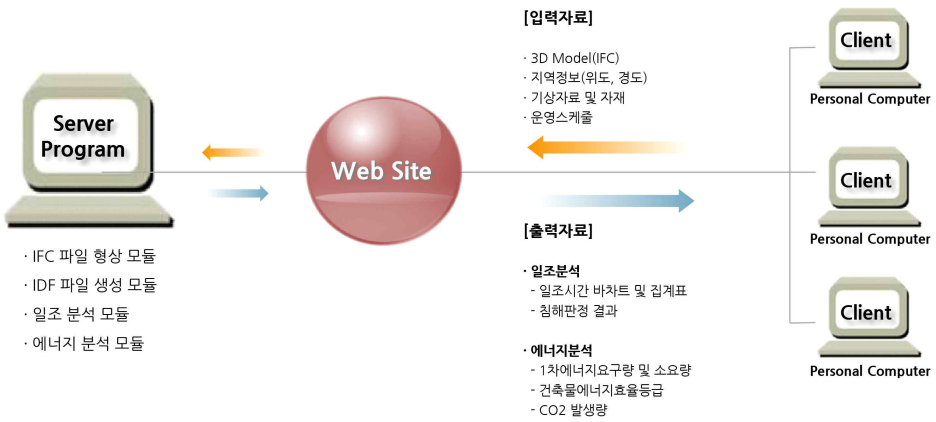


그림 62. Web기반 Green BIM System 개념도

사용자가 웹을 통해 로그인하여 해당페이지에 접속한 후 IFC파일을 업로드 하고 분석에 필요한 데이터를 입력하게 되며, 일조분석을 실행하면 국내일조권기준 대비 만족시간이 결과값으로 나타난다. 에너지분석의 경우는 연간 에너지 요구량 및 소요량이 계산되며 건축물

에너지효율등급 및 CO_2 배출량이 리포트로 표현된다.

Web Server 기능은 그림 63과 같으며, 웹 페이지는 본 연구과제에 대한 전반적인 설명과 모델링 가이드, 일조 및 에너지 분석 가이드, 일조 및 에너지 분석 수행 메뉴로 구성되어 있다.

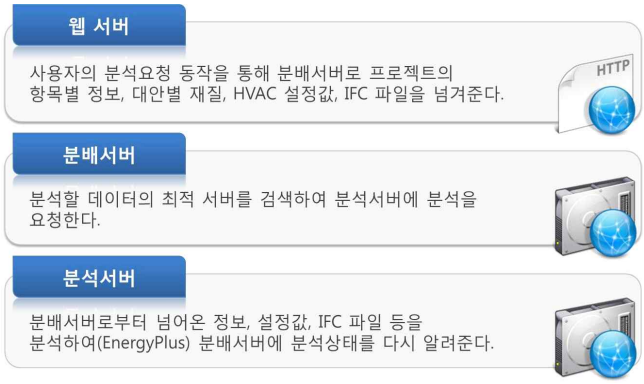


그림 63. 서버 종류 및 설명

가. 웹사이트 구성

웹사이트는 총 4개의 메뉴로 구성되어 있으며 로그인 전에는 HOME, 개요만이 활성화가 되며 로그인 후에는 일조분석, 에너지분석 메뉴가 활성화 된다.

개요에는 연구개발 개요, 연차별추진현황, 일조분석, 에너지분석, 사용자매뉴얼이 포함되어 있으며, 일조분석 메뉴는 일조분석 실행메뉴와 일조분석의 개요 설명, 모델링 가이드를 다운받을 수 서브 메뉴들로 구성되어 있다. 에너지분석 메뉴는 에너지분석 실행, 에너지분석 개요 설명 및 모델링 가이드를 다운받을 수 있는 서브 메뉴들로 구성되어 있다.

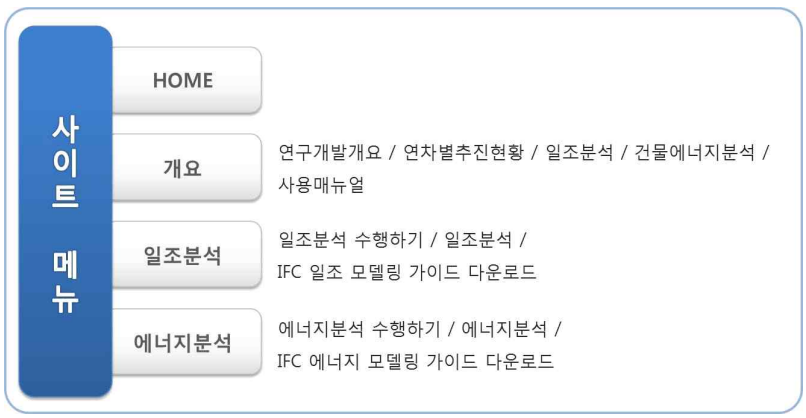


그림 64. 웹사이트 구성

나. 일조 및 에너지 분석 요청 구조

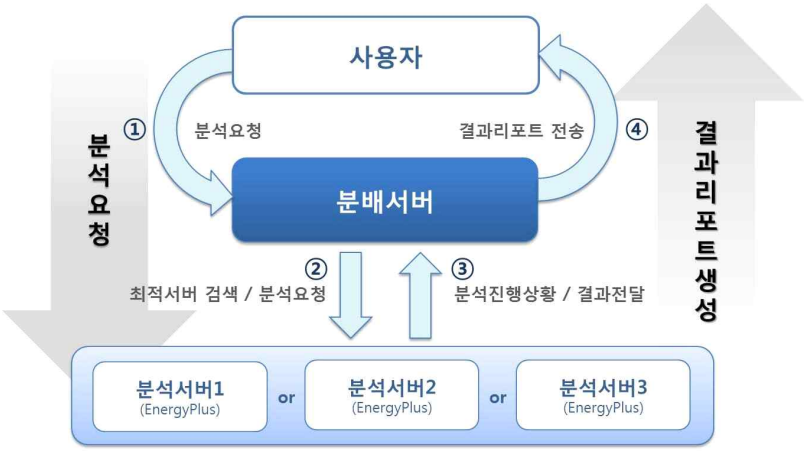


그림 65. 일조 및 에너지 분석 요청 구조

다. 일조분석 분석요청 단계 및 상세구조

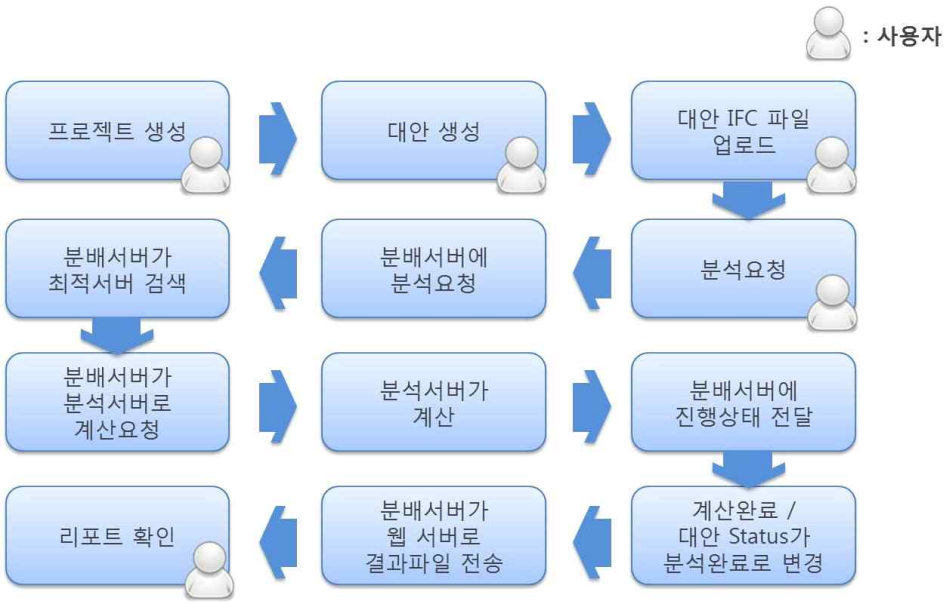


그림 66. 일조분석 요청 단계

표 12. 일조분석 분석요청 상세구조

웹 서버 GBS070T 테이블	필드 설명	분배서버 job 테이블
랜덤으로 생성(20자, A-Z, 1-0)	JOB ID	ID
1	임의로 삽입	SEQ
USER_ID	사용자ID	USER_ID
192.168.0.4	Web 서버 IP	WEB_IP
1	분석타입(일조:1)	TYPE
SingleNM	USER_NAME	USER_NAME
LATITUDE	위도	LAT
LONGITUDE	경도	LON
TIMEZONE	타임존	ZONE
NORTY	북방위각	AZI
계산요청 서버 시각	요청시각	STIME
IFC 파일 위치₩IFCFILE	Web서버 내 IFC 파일경로	WEB_IPC_PATH

웹 서버 GBS070T 테이블에서 PROJECT_ID, ALT_ID가 일치하는 사용자의 프로젝트의 정보를 추출하여 분배서버로 전송하며, 색상이 있는 셀은 GBS070T 테이블의 필드명을 나타낸 것이다.

라. 에너지분석 분석요청 단계 및 상세구조

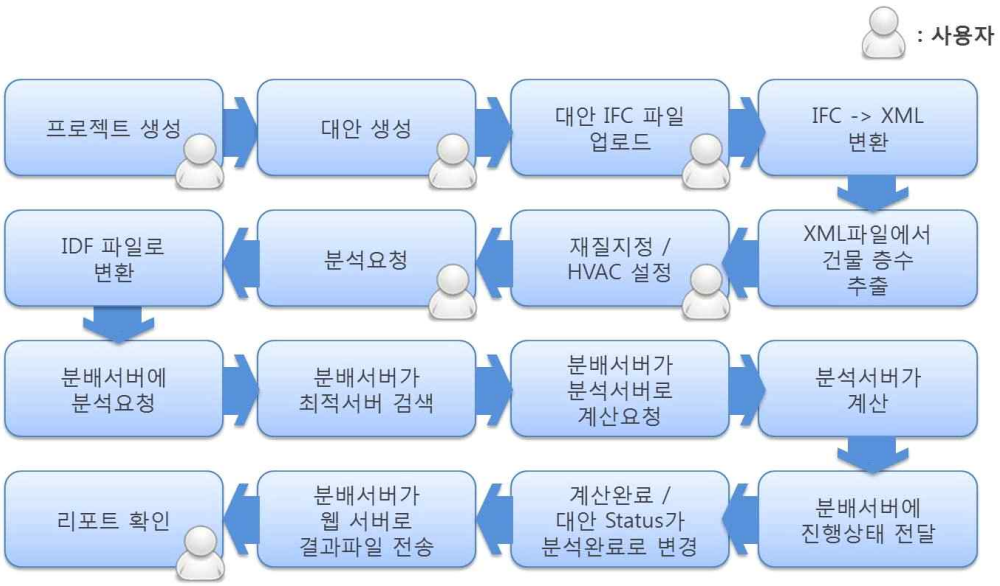


그림 67. 에너지분석 분석요청 단계

표 13. 에너지분석 분석요청 상세구조

웹 서버 GBS070T 테이블	필드 설명	분배서버 job 테이블
랜덤으로 생성(20자, A-Z, 1-0)	JOB ID	ID
1	임의로 삽입	SEQ
USER_ID	사용자ID	USER_ID
192.168.0.4	Web 서버 IP	WEB_IP
2	분석타입(에너지:1)	TYPE
SingleNM	USER_NAME	USER_NAME
KOR_Seoul_KSES	위치별 기상데이터 파일명	LAT
계산요청 서버 시각	요청시각	STIME
IFC 파일 위치₩IFCFILE	Web서버 내 IFC 파일경로	WEB_IPC_PATH

웹 서버 GBS070T 테이블에서 PROJECT_ID, ALT_ID가 일치하는 사용자의 프로젝트의 정보를 추출하여 분배서버로 전송하며, 색상이 있는 셀은 GBS070T 테이블의 필드명을 나타낸 것이다. 에너지분석에는 기상데이터 파일이 사용되므로 위도, 경도, 타임존, 북방위각을 GBS070T 테이블에서 삭제하여 작성하였다.

5.3 Web기반 Green BIM System

일조계산에 필요한 창문의 일조계산, 위치점 계산기능과 필요한 요소들만 건축 BIM 모델 IFC 파일에서 추출할 수 있는 일조분석모듈과 에너지분석을 위한 IFC 형상정보 추출모듈, EnergyPlus 엔진에서 사용되는 IDF를 생성하는 IDF 파일생성 모듈, 에너지효율등급 예측모듈과 웹서버, 분배/분석서버를 결합하여 Web기반 Green BIM System을 구축하였다.

Web기반 Green BIM System은 웹 서버, 요청된 일조 및 에너지분석에 대한 분석을 진행하는 분배/분석 서버로 구성되어 있다. 그림 68~그림71은 홈페이지의 개요, 일조분석, 에너지분석에 대한 각각의 화면을 나타낸 것이다.



그림 68. Web기반 Green BIM System 메인 화면



그림 69. Web기반 Green BIM System의 개요 화면

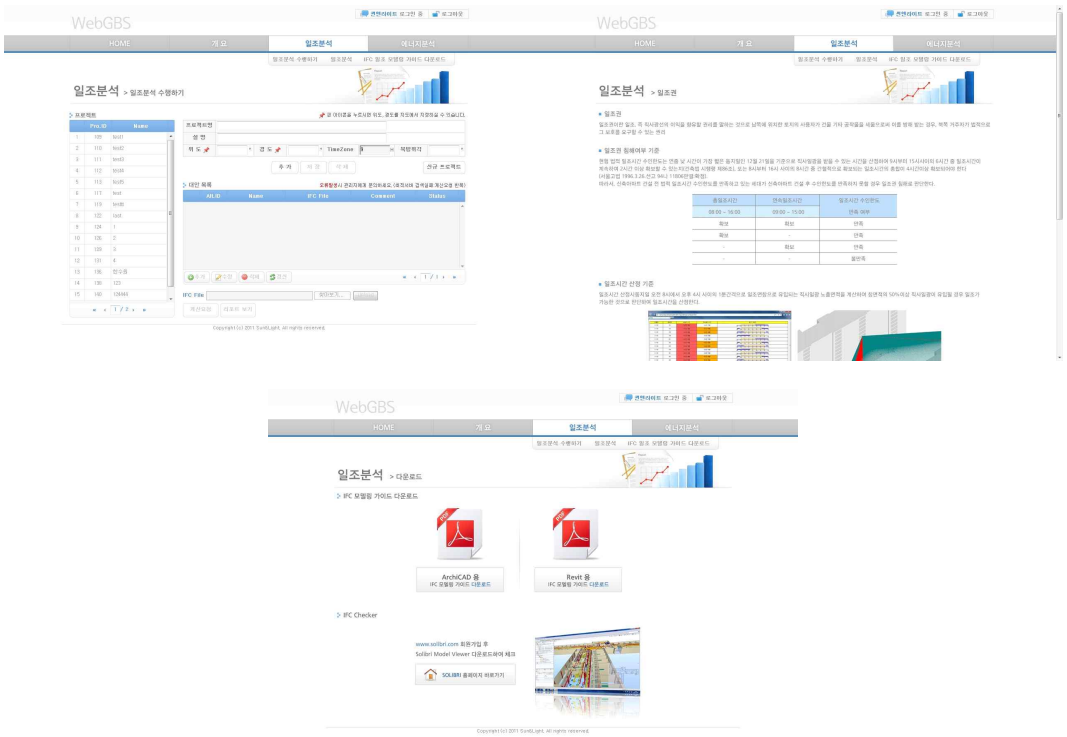


그림 70. Web기반 Green BIM System의 일조분석 화면

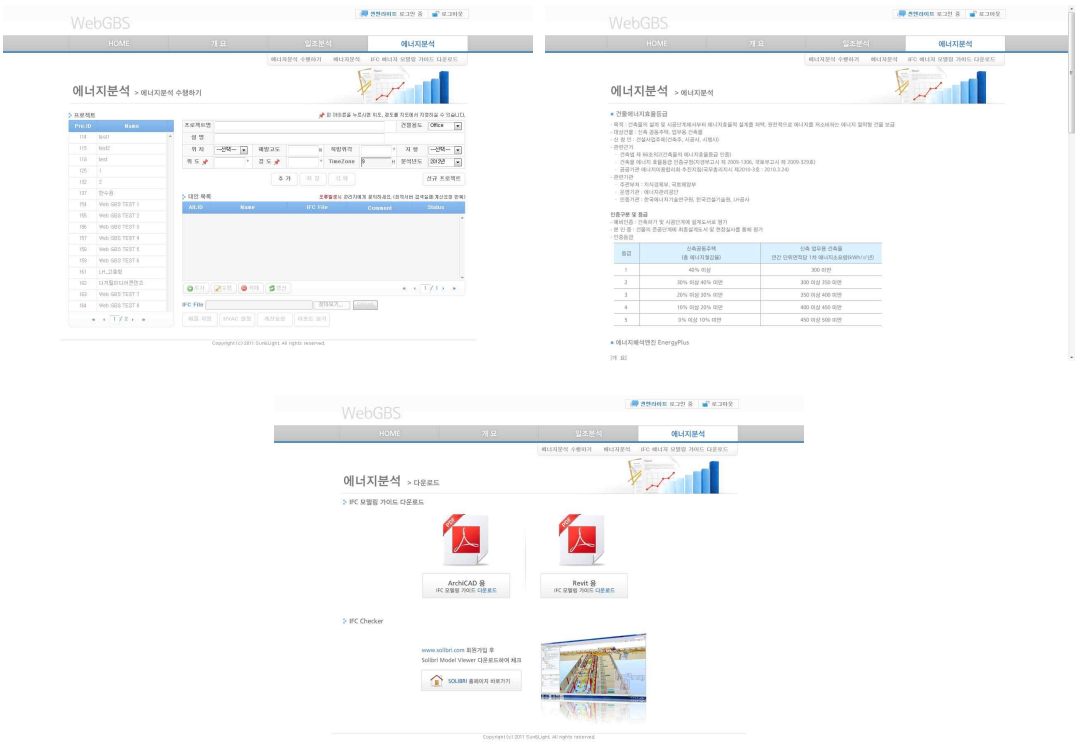


그림 71. Web기반 Green BIM System의 에너지분석 화면

제 6절 Web기반 Green BIM System 성능평가

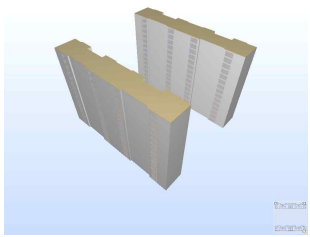
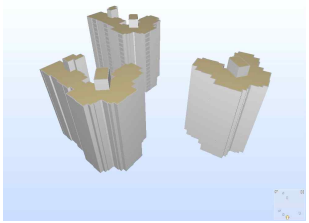
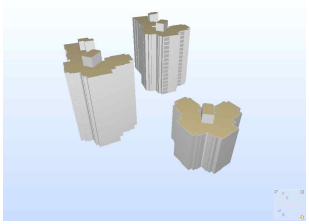
1. 분배/분석 서버의 Job 분배 및 모니터링 성능 테스트

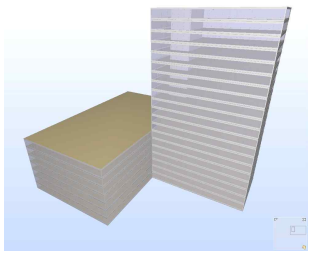
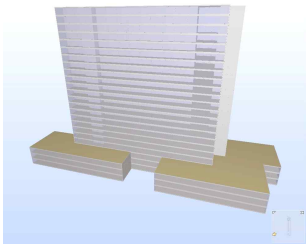
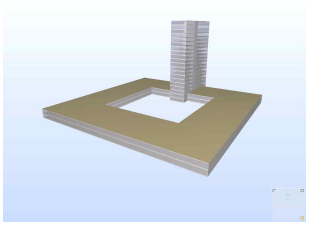
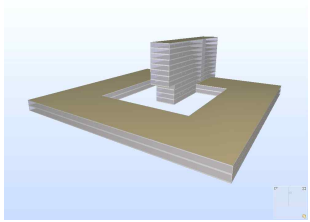
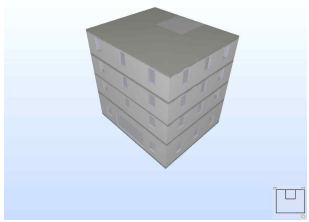
분배/분석 서버의 Job 분배성능 및 분석서버별 작업현황에 대한 모니터링 성능을 검증하기 위해 일조분석용 모델 3 Case와 에너지분석용 모델 5 Case를 이용해 테스트를 실시하였다. 테스트 결과는 분배관리시스템의 작업관리/작업조회 기능을 통해 확인하였다.

가. 테스트 모델 개요

Job 분배성능 테스트를 위해 사용한 일조 및 에너지분석 모델은 표 14와 같으며, 각기 다른 형상의 IFC 파일을 이용하여 테스트를 진행하였다.

표 14. 일조 및 에너지 분석 테스트 모델 개요

일조 분석		
Sun-hour_Test-01	Sun-hour_Test-02	Sun-hour_Test-03
		

에너지 분석		
Test-01	Test-02	Test-03
		
Test-04	Test-05	
		

나. 일조분석 테스트

일조분석 시의 분배성능 및 분석서버별 작업현황을 확인하기 위하여 일조분석용 IFC 파일 3 Case를 모두 업로드 한 후, 동시에 분석요청을 진행하였다.

테스트 결과 그림 72와 같이 각 분석서버별 Job 분배가 순차적으로 진행되었으며, 작업시작 및 종료시간, 작업서버명, 작업 성공 여부 등 모리터링 결과를 확인할 수 있었다.

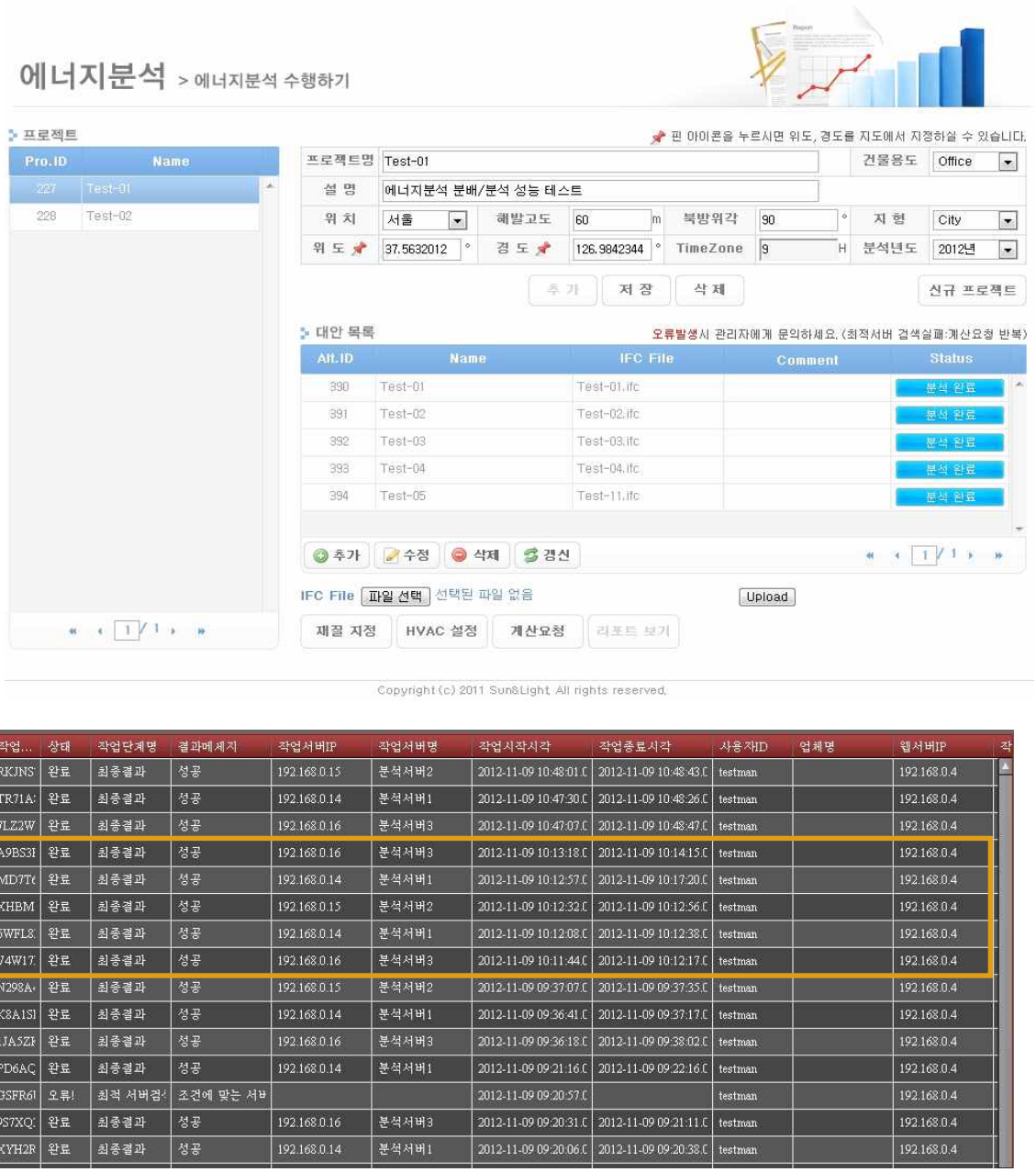


그림 72. 일조분석 및 모니터링 화면

다. 에너지분석 테스트

에너지분석 시의 분배성능 및 분석서버별 작업현황을 확인하기 위하여 에너지분석용 IFC 파일 5 Case를 모두 업로드 한 후, 동시에 분석요청을 진행하였다.

에너지 분석 테스트 또한 그림 73과와 같이 분석서버 1~3까지 순차적으로 Job 분배가 이루어졌으며, 분석서버 1의 경우 작업이 완료 된 시점에서 약 20초 뒤에 후속 작업이 순차적으로 진행된 것을 확인할 수 있었다.



작업...	상태	작업단계명	결과메세지	작업서버IP	작업서버명	작업시작시각	작업종료시각	사용자ID	업체명	웹서버IP	작
RKJNS	완료	최종결과	성공	192.168.0.15	분석서버2	2012-11-09 10:48:01.0	2012-11-09 10:48:43.0	testman		192.168.0.4	
TR71A	완료	최종결과	성공	192.168.0.14	분석서버1	2012-11-09 10:47:30.0	2012-11-09 10:48:26.0	testman		192.168.0.4	
7LZ2W	완료	최종결과	성공	192.168.0.16	분석서버3	2012-11-09 10:47:07.0	2012-11-09 10:48:47.0	testman		192.168.0.4	
A9BS3I	완료	최종결과	성공	192.168.0.16	분석서버3	2012-11-09 10:13:18.0	2012-11-09 10:14:15.0	testman		192.168.0.4	
MD7T(	완료	최종결과	성공	192.168.0.14	분석서버1	2012-11-09 10:12:57.0	2012-11-09 10:17:20.0	testman		192.168.0.4	
XHBM	완료	최종결과	성공	192.168.0.15	분석서버2	2012-11-09 10:12:32.0	2012-11-09 10:12:56.0	testman		192.168.0.4	
6WFL8	완료	최종결과	성공	192.168.0.14	분석서버1	2012-11-09 10:12:08.0	2012-11-09 10:12:38.0	testman		192.168.0.4	
V4W17	완료	최종결과	성공	192.168.0.16	분석서버3	2012-11-09 10:11:44.0	2012-11-09 10:12:17.0	testman		192.168.0.4	
N298A	완료	최종결과	성공	192.168.0.15	분석서버2	2012-11-09 09:37:07.0	2012-11-09 09:37:35.0	testman		192.168.0.4	
K8A1SI	완료	최종결과	성공	192.168.0.14	분석서버1	2012-11-09 09:36:41.0	2012-11-09 09:37:17.0	testman		192.168.0.4	
1JA5ZI	완료	최종결과	성공	192.168.0.16	분석서버3	2012-11-09 09:36:18.0	2012-11-09 09:38:02.0	testman		192.168.0.4	
PD6AQ	완료	최종결과	성공	192.168.0.14	분석서버1	2012-11-09 09:21:16.0	2012-11-09 09:22:16.0	testman		192.168.0.4	
GSFR6I	오류!	최적 서버검색	조건에 맞는 서버			2012-11-09 09:20:57.0		testman		192.168.0.4	
9S7XQ	완료	최종결과	성공	192.168.0.16	분석서버3	2012-11-09 09:20:31.0	2012-11-09 09:21:11.0	testman		192.168.0.4	
XYH2R	완료	최종결과	성공	192.168.0.14	분석서버1	2012-11-09 09:20:06.0	2012-11-09 09:20:38.0	testman		192.168.0.4	

그림 73. 에너지분석 및 모니터링 화면

2. 유사 에너지분석 프로그램과의 결과 비교

WebGBS와 유사 에너지분석 프로그램과의 분석결과 비교를 통한 유의성 검증을 위해 동일한 모델과 입력조건으로 대안별 시뮬레이션을 진행하였다.

유사 에너지분석 프로그램으로 실무 및 학계에서 폭넓게 사용되고 있는 동적시뮬레이션 도구인 Energyplus와 국내 건물에너지효율등급 평가도구인 ECO2를 비교 대상으로 하였다.

분석대상 모델은 표1과 같이 2012년 00 프로젝트의 초기 계획설계 mass study 단계의 건축 모델을 선정하여 대안별로 EnergyPlus, ECO2, WebGBS를 이용하여 분석하였다. 표 15는 대안별 BIM 모델링(ArchiCAD 13) 이미지와 IFC 포맷으로 변환 시 형상오류 체크가 가능한 그래픽뷰어 프로그램인 Solibri Model Viewer상의 이미지를 나타낸다.

표 15. 대안별 모델링 이미지

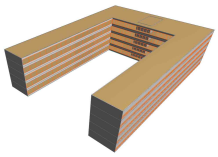
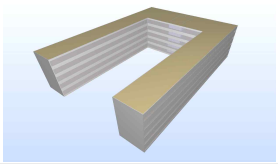
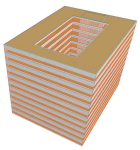
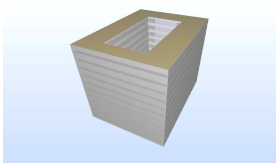
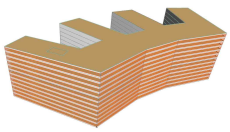
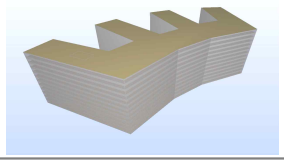
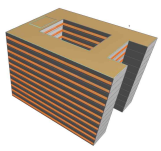
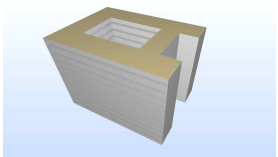
구 분	BIM model (ArchiCAD 13)	Solibri Model Viewer
Alt 1		
Alt 2		
Alt 3		
Alt 4		

표 16. 구조체의 단열성능 설정

구분	열관류율(W/m2·K)
Roof	0.420
Floor	0.556
Wall(ex)	0.459
Wall(in)	2.580
Window	4.000

표 17. 주요 설비시스템

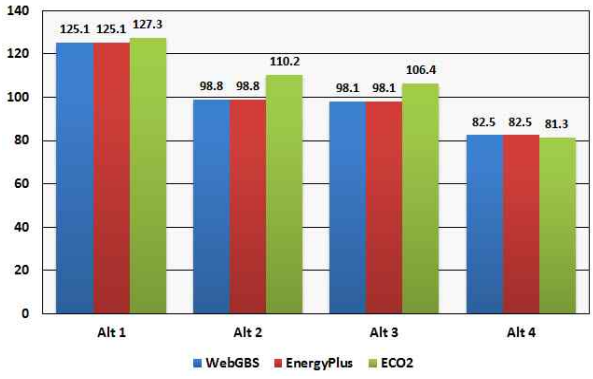
구분		설계조건
열원	냉방	· 터보냉동기(COP : 3.5) · 냉수 입/출구 온도 : 12℃/7℃
	난방	· 온수보일러(효율 : 85%) · 온수 입/출구 온도 : 70℃/80℃
	급탕	· 온수보일러(효율 : 85%) · 온수 입/출구 온도 : 5℃/55℃
공조방식		· VAV(전공조, 변풍량)

설계기준은 공기조화냉동위생공학 편람 기준을 적용하였으며, 건물의 단영성능 및 주요 설비 시스템은 표16, 표17과 같다.

상기 4가지 대안과 입력조건을 이용하여 각 프로그램별 시뮬레이션을 수행하였다. 해당 건축물의 냉방, 난방, 급탕, 조명 부문에서 요구되는 에너지량인 에너지 요구량과 시스템 적용시에 에너지량인 에너지 소요량, 그리고 에너지 소요량에 연료를 채취, 가공, 운송, 변환, 공급과정 등의 손실을 포함한 1차 에너지소요량에 대한 결과비교를 하였다.

표 18. 에너지요구량 비교(Unit : kWh/㎡·yr)

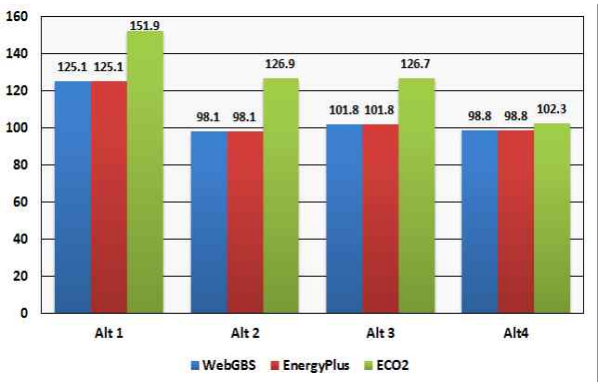
구 분	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4
WebGBS	125.1	98.8	98.1	82.5
EnergyPlus	125.1	98.8	98.1	82.5
ECO2	127.3	110.2	106.4	81.3
(%)	-1.73	-10.34	-7.8	1.48



시뮬레이션 결과, 에너지요구량(표 18)에서는 WebGBS와 EnergyPlus의 결과 값이 ECO2 대비 Alt1은 1.73%, Alt 2는 10.34%, Alt 3는 7.8% 낮게 나왔으며, Alt 4에서는 1.48% 높은 결과를 보였다. 4가지 대안의 에너지 소요량 평균값은 WebGBS와 EnergyPlus가 ECO2 대비 4.87% 낮은 결과 값을 나타냈다.

표 19. 에너지소요량 비교(Unit : kWh/㎡·yr)

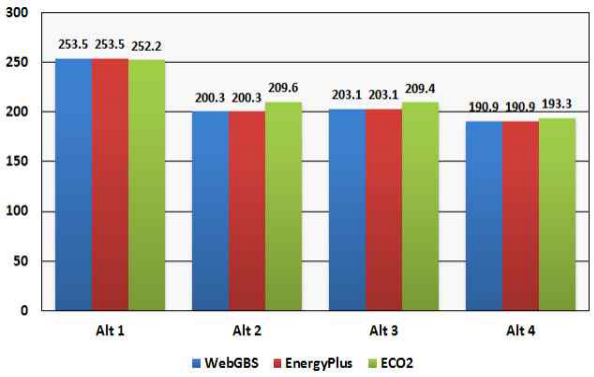
구 분	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt4
WebGBS	125.1	98.1	101.8	98.8
EnergyPlus	125.1	98.1	101.8	98.8
ECO2	151.9	126.9	126.7	102.3
(%)	-17.64	-22.70	-19.65	-3.42



에너지소요량(표 19)에서는 ECO2 대비 WebGBS와 EnergyPlus의 결과 값이 Alt 1은 17.64%, Alt 2는 22.70%, Alt 3는 19.65%, Alt 4는 3.42% 로 4가지 대안 모두 낮은 결과 값을 나타냈다. 에너지소요량 평균값은 WebGBS와 EnergyPlus가 ECO2대비 16.54% 낮은 결과 값을 나타냈다.

표 20. 1차에너지소요량 비교(Unit : kWh/㎡·yr)

구 분	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4
WebGBS	253.5	200.3	203.1	190.9
EnergyPlus	253.5	200.3	203.1	190.9
ECO2	252.2	209.6	209.4	193.3
(%)	0.52	-4.44	-3.01	-1.93



건물에너지효율등급 평가지표인 1차 에너지 소요량(표 20)에서는 WebGBS와 EnergyPlus가 Alt 1에서 0.52% 높게, Alt 2와 Alt 3는 각각 4.44%, 3.01% 낮은 결과값을 보였고, Alt

4는 1.24% 높게 분석되었다. 1차 에너지 소요량 평균값은 WebGBS와 EnergyPlus가 ECO2 대비 1.93% 낮은 결과 값을 나타냈다.

이상의 결과를 종합하면, 세 프로그램 간의 해석 결과는 유사한 값으로 나타났다. WebGBS와 EnergyPlus의 값이 동일하게 나온 것은 WebGBS에 사용되는 분석 엔진이 EnergyPlus이고 EnergyPlus의 기본 템플릿을 동일하게 사용하였기 때문이다. 반면, ECO2와의 비교에서 에너지 소요량 분석 결과는 상대적으로 큰 오차를 보였다.

이는 일사취득열량을 전열량 보다 크게 계산하는 Energy Plus와 그 반대인 ECO2의 냉난방부하 특성 차이가 주된 원인으로 보이며, 1차 에너지 소요량 계산을 위한 환산계수 적용과정에서 다시 그 차이가 감소된 것으로 판단된다.

WebGBS는 설계초기단계의 BIM 모델을 IFC로 변환하여 설계자가 직접 웹상에 업로드하고, 분석에 필요한 데이터를 선택하여 에너지 성능 예측이 가능한 도구이므로, 에너지 절약형 건축물의 설계에 유용할 것으로 사료된다. 또한 개방형 BIM 호환포맷인 IFC를 이용함으로써 시뮬레이션을 위한 별도의 모델링 작업을 생략할 수 있으므로, 시간적, 비용적 절감 효과도 기대할 수 있을 것이다. 추후 BIM에서 정의하고 있는 다양한 속성들(재질, 물성치 등)을 이용할 수 있는 호환성의 개선 및 BIM 프로그램간의 3D객체를 정의하는 방식의 상이점 등이 개선된다면, 웹상에서 IFC를 이용한 보다 다양한 환경분석 Tool의 개발이 가능할 것으로 사료된다.

3. 유사 에너지분석 프로그램과의 작업 시간 비교

가. 분석 모델 개요

WebGBS를 이용한 에너지분석과 범용적인 상용 Tool인 EnergyPlus와의 작업시간을 비교를 위해 표 21과 같은 분석모델을 대상으로 프로세스별 소요시간을 비교·분석하였다.

표 21. 분석모델 모델링 이미지

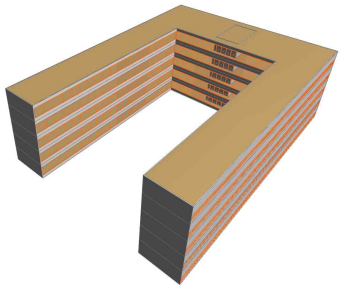
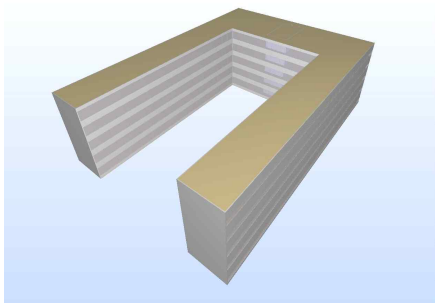
구 분	BIM model (ArchiCAD 13)	Solibri Model Viewer
분석모델		

표 22. 구조체의 단열성능 설정

구분	열관류율(W/m2·K)
Roof	0.420
Floor	0.556
Wall(ex)	0.459
Wall(in)	2.580
Window	4.000

표 23. 주요 설비시스템

구분		설계조건
열원	냉방	· 터보냉동기(COP : 3.5) · 냉수 입/출구 온도 : 12℃/7℃
	난방	· 온수보일러(효율 : 85%) · 온수 입/출구 온도 : 70℃/80℃
	급탕	· 온수보일러(효율 : 85%) · 온수 입/출구 온도 : 5℃/55℃
공조방식		· VAV(전공조, 변풍량)

표22와 23은 단열성능 및 설비시스템의 입력 조건이며, 상기 대안과 설정 값을 EnergyPlus와 WebGBS에 동일하게 입력하며 각각의 프로세스에 대한 분석 소요시간을 측정하였다. 단열성능 및 설비시스템의 설계조건은 공기조화냉동위생공학 편람기준을 적용하였다.

BIM 프로그램에서의 모델링과 IFC 변환, IFC check에 소요된 시간은 WebGBS와 EnergyPlus에서의 분석 전 과정으로 동일하다고 설정하였다. (1) BIM 프로그램 모델링, (2) IFC 파일 변환, (3) IFC 파일 체크의 순서대로 소요시간을 측정하였다.

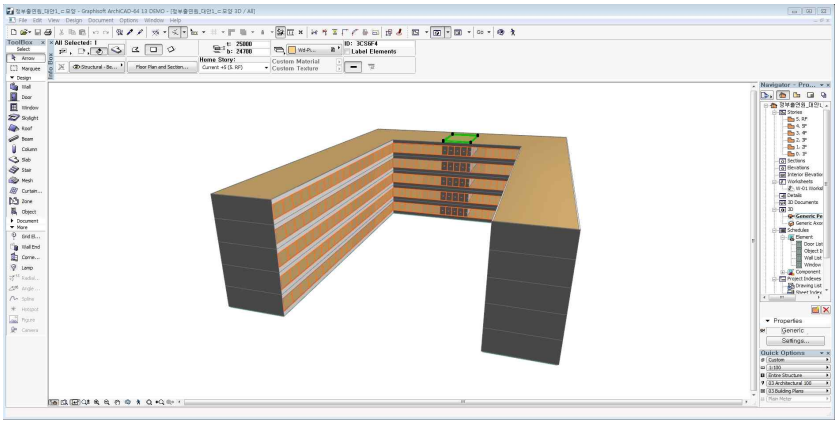
표 4는 모델링부터 IFC 오류 체크까지 소요된 시간을 나타낸다.

다음으로 WebGBS와 EnergyPlus의 에너지분석 단계 별 소요시간을 측정하였다.

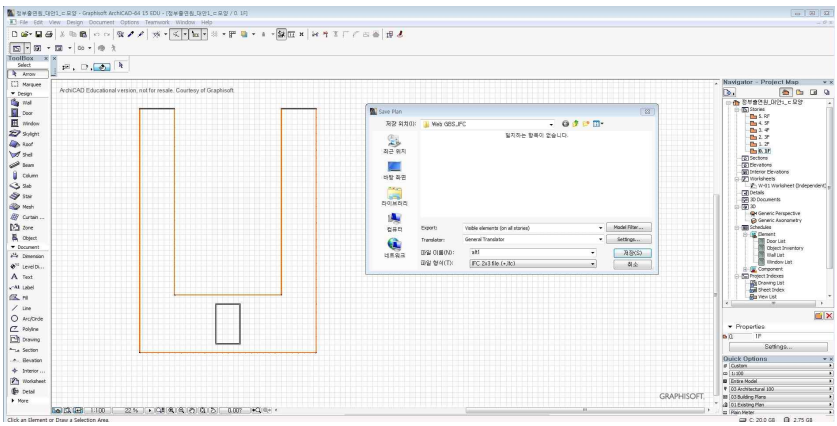
WebGBS는 (1) 프로젝트입력, (2) IFC file upload, (3)재질지정, (4) HVAC 설정, (5) 에너지분석 및 보고서 확인의 순서로 소요시간을 측정하였다.

EnergyPlus는 (1) EnergyPlus 분석용 모델링, (2) 건물위치 및 기후조건, (3) 건물 구성 입력, (4) 공간 구성, (5) 스케줄 입력, (6) 시스템 설정, (7) 시뮬레이션 해석 및 결과확인의 순서로 측정하였다.

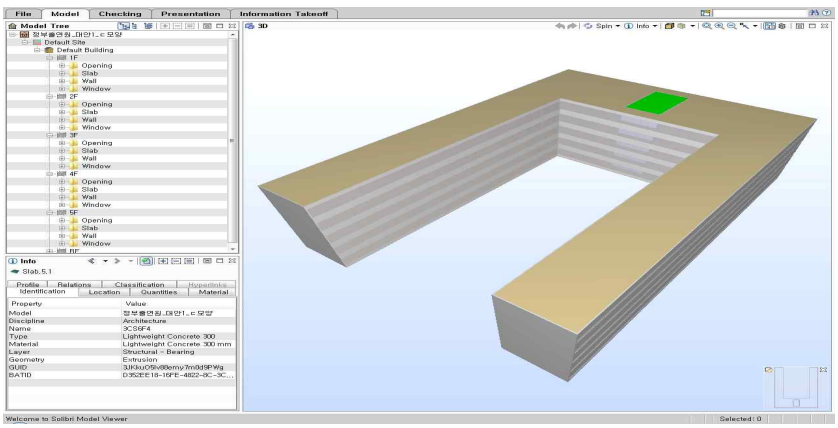
표 24. 에너지분석 전 프로세스



BIM 모델링(ArchiCAD) : 15분



BIM 모델링 → IFC 파일 변환 : 1분

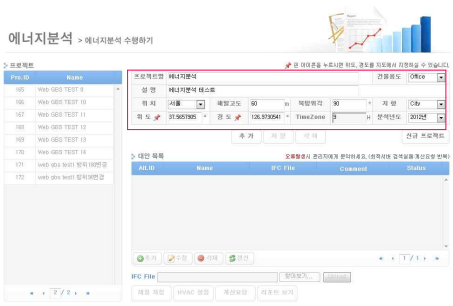


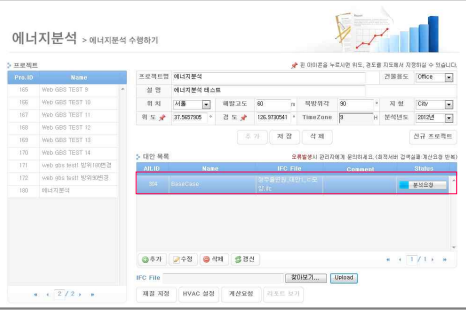
IFC 파일 오류 확인(Solibri model viewer) : 5분

나. WebGBS 프로세스별 소요시간

표25는 WebGBS의 프로세스 각각의 소요시간을 나타낸 것이다.

표 25. WebGBS 프로세스별 소요시간

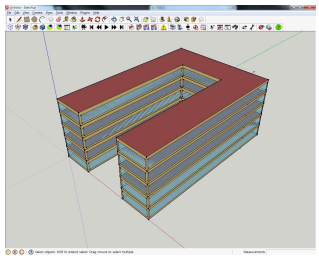
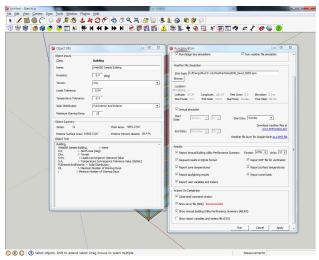
WebGBS 분석 프로세스	
	- 프로젝트 명 입력 - 위도, 경도, 해발고도, 북방위각 입력 - 건물용도 스케줄, 지형 선택 등을 하여 프로젝트 저장 : 약 2~3분
(1) 프로젝트 입력	
	- 저장된 프로젝트 명을 선택하여 IFC 파일 upload : 약 2~3분
(2) IFC file upload	
	- Exterior, Interior의 각 부위별 Construction 재질 지정 : 약 8~10분
(3) 재질지정	
	- Zone type, 조명 type, 조명밀도, system 입력 - 보일러타입 설정, 효율, 연료 타입 등 입력 - Chilled water plant의 각 항복 입력 : 약 3~5분
(4) HVAC 설정	

	- 재질지정, HVAC지정 완료 후, 계산요청 실시 - 분석완료 확인 후 리포트 확인 : 약 3~5분
(5) 에너지분석 및 보고서 확인	
WebGBS의 총 소요시간 : **18~26분** 소요	

WebGBS의 에너지분석 총 소요시간은 18~26분이 소요되었다. (1) 프로젝트 명, 건물위치, 건물용도, 지형 입력에서의 2~3분, (2)프로젝트 저장, IFC file upload 과정에서 2~3분, (3) 각 부위별 재질지정에 8~10분, (4) HVAC 설정에서 3~5분 소요되었으며, (5) 계산요청 및 결과리포트 보기까지는 3~5분이 소요되었다.

라. EnergyPlus 프로세스별 소요시간 분석

표 26. EnergyPlus 프로세스별 소요시간

EnergyPlus 분석 프로세스	프로세스 별 소요시간
	- EnergyPlus 호환 3차원 그래픽 프로그램을 이용한 외피 형상 모델링 - BIM 모델링 시간과 동일 : 약 15분 소요
(1) EnergyPlus 분석용 모델링	
	- EnergyPlus 호환 3차원 그래픽 프로그램을 이용한 입력 : 2~3분
(2) 건물 위치 및 기후조건 입력	

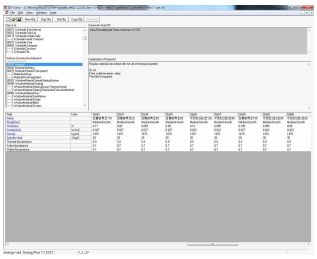
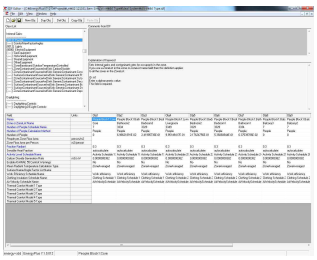
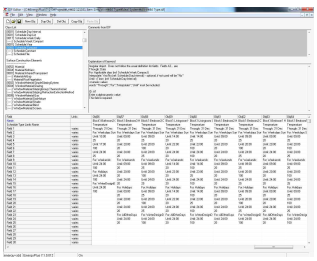
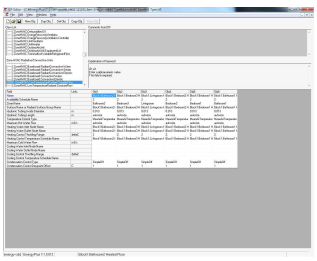
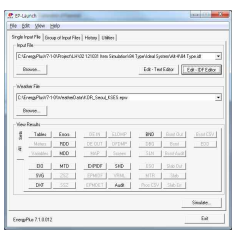
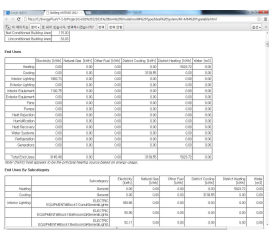
	- IDF Editor를 이용하여 Material, Glass, Gas 등의 자재 입력 - IDF Editor를 이용하여 Construction, Window 구성 - Building Surface와 Construction, Fenestration Surface와 Window 매칭 작업 : 약 2시간 소요
(3) 건물구성 입력	
	- IDF Editor를 이용하여 실내 인원밀도 및 발열기준, 조명밀도, 기기발열밀도 입력 : 약 1시간 소요
(4) 공간 구성	
	- IDF Editor를 이용하여 인체, 조명, 기기, 냉난방 온도 및 기간 등의 스케줄 입력 : 약 2시간 소요
(5) 스케줄 입력	
	- IDF Editor를 이용하여 HVAC 시스템 설정, Node-Branch 구성, Plant Loop 구성, Plant Control 구성 : 약 4~6시간 소요
(6) 시스템 설정	
 	- EP-Launch 프로그램을 이용한 시뮬레이션 수행 및 HTML 형식 결과물 확인 - 에너지 단위 환산 및 이산화탄소 발생량 계산 : 약 30분 소요
(7) 시뮬레이션 해석 및 결과	
EnergyPlus의 총 소요시간 : 약 9~12시간	

표 26은 EnergyPlus의 프로세스별 소요시간을 나타낸 것으로, 에너지분석에 소요된 총 시간은 약 9~12시간으로 나타났다. (1)EnergyPlus 분석용 모델링에서는 EnergyPlus 호환 3차원 그래픽 프로그램을 이용한 외피형상 모델링 과정과 BIM 모델링으로 인해 약 15분의 시간이 소요되었다. (2)건물 위치 및 기후조건 입력에는 2~3분, (3)IDF Editor를 이용한 Material, Glass, Gas, Construction, Window 구성에 대한 입력 과정과 Building Surface와 Construction, Fenestartion Surface, Window 매칭 작업으로 건물구성 입력에만 약 2시간이 소요되었다. (4)IDF Editor를 이용하여 실내 인원밀도 및 발열기준, 조명밀도, 기기발열밀도를 입력해야 하는 공간 구성에는 약 1시간이 소요되었다. (5)인체, 조명, 기기, 냉난방 온도, 스케줄 입력을 하는 프로세스에는 약 2시간이 소요되었고, (6)HVAC 시스템 설정, Node-Branch 구성, Plant Loop 구성, Plant Control 구성의 시스템 설정에는 프로세스 중 가장 많은 시간인 4~6시간이 소요되었다. (7)시뮬레이션 해석 및 결과확인까지는 약 30분이 소요되었다.

Web기반 Green BIM System의 작업효율성을 확인하기 위하여 EnergyPlus와 작업시간을 프로세스별로 확인한 결과, 분석용 모델링, 재질지정과 HVAC 설정 부분 등에서 95%(성과지표 기준 : EnergyPlus 분석 시간 대비 30% 단축)이상의 시간을 단축시킬 수 있었다. EnergyPlus와의 소요시간 분석은 본 연구과제의 성과지표인 작업시간효율 30% 단축을 만족하는 것으로 나타났다.

4. 수요자 만족도 조사

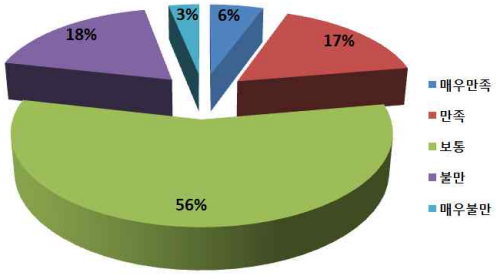
가. 목적

- Web기반 Green BIM System에 대한 사용자의 의견수렴을 통한 시스템 개선방안 수립
- 외부 User의 테스트를 통한 시스템 안정성 검증

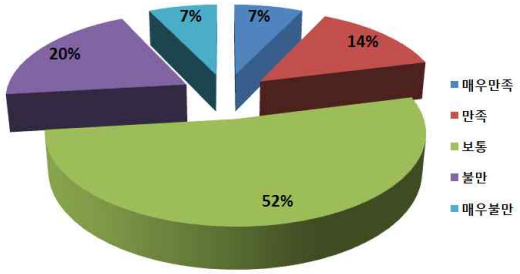
나. 만족도 조사 현황

- 조사기간 : 2012년 8월 6일 ~ 8월 24일
- 조사방법 : 설문지에 의한 표본조사
  - 조사대상 : 건축설계분야 종사자 중 BIM 도구 1년 이상 사용 경험자
  - 표 본 수 : 26명

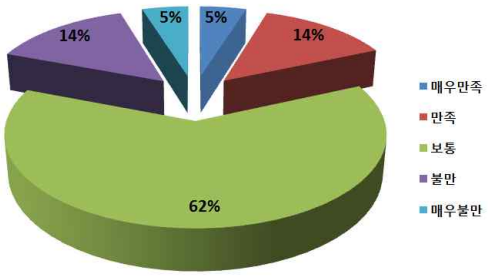
다. 수요자 만족도 조사 결과



[일조분석 만족도]



[에너지분석 만족도]



[Web기반 Green BIM Sysem 만족도]

그림 74. 수요도 만족조사 결과

Web기반 Green BIM System에 대한 이용자 중심의 효율적인 운영 및 수요자 만족도 제고를 위해 Web기반 Green BIM System 전반에 대한 만족도, 일조분석, 에너지분석 등 세 가지 영역에 대해 수요자 만족도 조사를 실시한 결과는 다음과 같다. 이용자들이 사용하는 웹의 인터페이스 및 IFC 파일을 이용하여 일조 및 에너지 분석, 결과리포트 확인까지 전 부문에 대한 만족도 조사를 실시하였다.

일조분석에 대한 만족도 조사는 프로젝트 생성의 편리성, 건물의 위도 및 경도 설정방법의 편리성, 일조분석 결과 값, 일조분석시간 등의 질문으로 구성되어있으며, 일조분석에 대한 전반적인 만족도는 보통이상이 78.5%를 차지하였다. 특히 일조분석시간에 대한 질문에는 응답자의 84.6%가 보통 이상을 선택하여 만족하는 것으로 나타났다.

에너지분석에 대한 만족도 조사는 프로젝트 생성, 재질 지정 시 각 부위별 추가, 삭제의 용이성, 자재 물성치 DB의 추가, 수정, 삭제의 편리성, 결과보고서 등에 대한 질문으로 구성되어 있다. 에너지분석에 대한 전반적인 만족도는 응답자의 73.3%가 보통 이상을 선택했으며, 에너지분석 결과보고서의 결과 값에 대한 만족도를 묻는 질문에 응답자의 80.8%가 보통 이상을 선택하여 만족하는 것으로 나타났다.

Web기반 Green BIM System에 대한 만족도 조사에는 연구과제의 전반적인 내용을 묻는 질문과 회원가입 절차, 로그인 방법, 각 분석으로 메뉴이동 및 설명 등으로 구성되어 있다. Web기반 Green BIM System의 전반적인 만족도를 종합하면 보통(56.6%)으로 나

타났고, 그 뒤로 만족과 불만족이 각각 17%, 15.4%로 나타났으며, 매우만족 6%, 매우불만 5%로 조사되었다.

기타 Web기반 Green BIM System의 개선 의견으로

- 결과물에 대한 가시화된 그래픽 구현
- 에너지분석 진행과정에 대한 보다 상세한 안내기능 구현
- 다른 BIM 모델(Revit 등) 파일 분석 기능 보완
- Google Map 연동기능은 좋으나, 검색창에서 직접 위치를 검색할 수 있는 기능 추가 등의 의견들이 있었으며, 사용자 인터페이스 개선의견이 주를 이루었다.

이러한 Web기반 Green BIM System에 대한 수요자 만족도 조사는 만족도 90%이상으로 설정한 성과지표 대비 76% 달성으로, 목표대비 다소 부족한 결과를 나타냈지만, 일반적인 일조 분석, 에너지 분석 수행 시 수반되는 복잡한 프로세스를 default화하여 작업시간이 단축된 점과 프로그램에 관한 전문지식이 없는 일반인들도 쉽게 일조 및 에너지 분석을 수행할 수 있다는 점에서 좋은 평가를 받을 수 있었던 것으로 사료된다.

반면, 보다 복잡한 형상에 대한 분석이 현 단계에서는 한계가 있는 점과 분석단계별 보다 상세한 안내기능 및 결과물에 대한 가시화된 그래픽 성능구현 요구, Revit을 포함한 다른 BIM 도구에 대한 분석기능 제공 요구 등은 본 연구에서 다소 아쉬움이 남는 부분으로 평가를 받았다.

개선 의견 중, 분석단계별 상세한 안내기능 제공 부분은 상대적으로 분석시간이 소요되는 에너지분석 실행 시 그림 75와 같이 상태 Bar로 진행율의 확인 및 메시지 기능을 추가로 구현하였으나, 보다 다양한 BIM 도구의 분석기능 제공 요구는 IFC 지원기능이 업그레이드된 후속버전의 BIM 도구와 IFC 2×4 version에 대한 추가적인 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다. 또한, 웹상에서 구현되어 가볍고 신속하게 해석되어야 하는 WebGBS의 특성상 가시화된 그래픽 성능구현은 개발 및 적용에 한계가 있다.

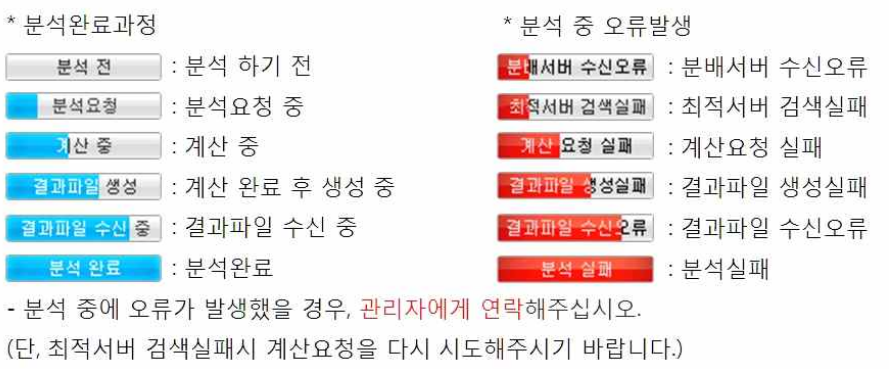


그림 75. 에너지 분석 진행과정의 상태 Bar 및 메시지

5. 연구성과

다음은 본 연구과제의 핵심연구성과 및 주요내용이다.

핵심연구성과	주요내용	비고
일조분석모듈	점분석 방식으로 일조분석을 하며, 현행 법적 일조시간 수인한도를 판단할 수 있는 분석 모듈	우수성:현행 법적 일조시간 수인한도 판단, 1분이내의 분석시간, IFC파일에서 wall, roof, window를 필터링하여 추출
IFC형상정보 추출모듈	IFC 파일에서 형상정보를 수집한 후 공조공간과 비공조공간을 분리하여 인식할 수 있는 모듈	우수성:IFC파일에서 면적을 비교하여 core/shell구분
IDF파일 생성모듈	IFC 파일 형상정보와 웹에서 사용자가 직접 입력하는 데이터(건물정보, 스케줄, 자재물성치, HVAC 등)을 조합하여 EnergyPlus 입력 포맷인 IDF파일을 생성하는 모듈	우수성: IFC파일의 형상정보와 스케줄, 자재물성치, HVAC등의 설정값을 합하여 IDF파일 생성
에너지효율등급 예측모듈	건축물에서 소용되는 에너지량을 열전달해석을 통해 해당 건축물에 설치된 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 시스템에서 소요되는 에너지량을 계산하여 국내 에너지효율등급을 예측할 수 있는 모듈	우수성:수치해석에 의한 열전달해석으로 해석 차별성:국내 적용 1차 에너지 환산계수를 곱하여 건물에너지효율등급예측, 탄산계수를 곱하여 이산화탄소 배출량 예측
Web기반 Green BIM System	일조계산에 필요한 창문의 일조계산, 위치점 계산기능과 필요한 요소들만 건축 BIM 모델 IFC 파일에서 추출할 수 있는 일조분석모듈과 에너지분석을 위한 IFC 형상정보 추출모듈, EnergyPlus 엔진에서 사용되는 IDF를 생성하는 IDF 생성모듈, 에너지효율등급 예측모듈과 웹서버, 분배/분석서버를 결합하여 Web기반 Green BIM System 구축	우수성:web분석 가능, Job 분배성능, 기존 일조 및 에너지분석 소요시간 단축, BIM 및 IFC를 이용한 다양한 환경분석 도구 개발의 가능성을 보여준 기초연구 차별성:설계초기단계에서의 일조 및 에너지분석

다음의 표27~29는 차년도별 연구성과를 나타낸 것이다.

표 27. 1차년도 성과지표

목표	성과지표		측정방법	최종 목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정 근거
3. 인증	6.	시험/조사 DB구축 및 활용실적	연구자원의 DB구축 여부	3	0.1	계량지표로 3건
4. 기술성능 목표달성	3.	공통기반기술과의 호환성	전문가 설문평가	1	0.1	결과지표로 1건
8. 기획/계획 수립	1.	기획결과의 적절성	전문가 설문평가 (기획과제의 적절성)	1	0.1	계량지표로 1건
	2.	기술동향조사(국내/국외)	기술동향조사 건수	1	0.1	계량지표로 1건
	3.	전문가 의견반영 실적	전문가 의견반영 건수 (전문가회의)	4	0.1	계량지표로 4건
	4.	사전 타당성 평가 실적	전문가 평가	1	0.1	계량지표로 1건
	5.	수요자 요구 반영 실적	수요자 요구반영 설문조사건수	1	0.1	계량지표로 1건
9. 연구시설, 장비 구축	1.	연구시설 구축 실적	연구시설 구축건수	1	0.1	계량지표로 1건
	2.	연구장비 구축 실적	연구장비 구입 건수	3	0.1	계량지표로 3건
10. 지침/ 매뉴얼	1.	지침/매뉴얼의 개발 및 보급	관리 지침/매뉴얼 개발건수	1	0.1	계량지표로 2건

표 28. 2차년도 성과지표

	과제명	성과목표		성과지표		성과검증 기준				가중치	달성평점(평점:1~5)
						목표수준		측정방법	검증방법		
						목표치	달성치				
성과질적목표점검	1 Web기반 Green BIM System 개발 -설계초기단계에서의 일조 및 에너지 분석도구 개발-	1-1	IFC기반 에너지분석모듈개발	①	형상 추출 정확도	100 %	100 %	3차원 DXF파일(Energy plus)과의 비교	시연	20 %	
		1-2	웹기반 IDF파일생성모듈 개발	②	분석 중 error발생도	error발생무	error발생무	error발생유무	시연	30 %	
		1-3	건물에너지효율등급 예측모듈개발	③	분석결과값 정확도	오차 5% 이내	오차 5% 이내	기존분석도구(Energyplus)와 오차율	시연	40 %	
		1-4	DB구축 및 활용도	①	DB구축 신뢰도	90%	90%	전문가설문 평가	보고서	5%	
				②	프로젝트 수행건수	3건	3건	프로젝트반영	수행프로젝트리스트	5%	
	종합점수 = ∑ (성과목표별 달성평점 ×가중치)										

	사업연계지표	목표	목표건수	달성건수	증빙	인정건수	달성율(%)	가중치	달성평점
양적지표점검		S/W 등록건수	1건	1건	등록증		100	50 %	
		논문건수	2건	1건	논문게재		100	20 %	
		홍보건수	1건	1건	홍보물		100	10 %	
		매뉴얼개발건수	1건	1건	매뉴얼		100	10 %	
		전문가 의견반영 건수	4건	4건	자문 보고서		100	10 %	
	종합점수 = ∑ (성과별달성율×가중치)								

표 29. 3차년도 성과지표

	과제명	성과목표		성과지표		성과검증 기준				가중치	달성평점 (평점 1~5)
						목표수준		측정방법	검증방법		
						목표치	달성치				
성과 질적 목표 점검	1 Web기반 Green BIM System 개발 -설계초기단계에서의 일조 및 에너지 분석도구 개발-	1-1	웹구축 (Job scheduling 도구개발) (App. Monitoring 개발) (웹서버 개발)	①	Job 분배성능	분석서버 가동율 90%	100%	각분석서버별 작업현황통계	보고서	20%	
				②	Monitoring 성능	구현율 90%	100%	분석서버의현황 모니터링구현	시연	20%	
				③	파일전송성능	오류율 10%이내	100%	시연	시연	10%	
		1-2	웹시험운영	①	수요자만족도	만족도 90%이상	72%	설문조사평가	운영보고서	10%	
				②	작업시간효율	30%단축	100%	Energy plus와 작업시간비교	보고서	20%	
				③	등급예측결과의 정확도	10%오차 이내	100%	Energy plus ·Eco2와 결과비교	보고서	20%	
	종합점수 = ∑ (성과목표별 달성평점 ×가중치)										

	사업연계지표	목표	목표건수	달성건수	증빙	인정건수	달성율(%)	가중치	달성평점
양적 지표 점검		S/W 등록건수	1건	1건	등록증		100	20%	
		논문건수	2건	2건	논문게재		100	30%	
		홍보건수	2건	2건	홍보물		100	20%	
		특허출원	4건	4건	등록증		100	20%	
		상표등록건수	1건	1건	등록증		100	10%	
	종합점수 = ∑ (성과별달성율×가중치)								

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 주요 연구목표 달성도

1. 연구개발 수행 진도율

표 30. 1차년도 연구개발 수행 진도율

구분 / 개발내용	연구개발기간 1	2	3	4	5	6	7	8	9	진도(%)
국내외 기존연구자료 분석	·····	·····	·····							100
	———	———	———							
IFC분석 및 관련 모듈개발										100
-Geometry 정보 변환모듈 작성	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····			
-건물 주요부 자동인식 모듈 작성	———	———	———	———	———	———	———	———		
-에너지관련 속성정보 분석										
일조계산 모듈개발						·····	·····	·····		100
계산결과 검증						———	———	———		
결과보고서 작성 모듈 개발										
국내 DB구축										100
-국내 표준년기상자료 DB구축	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	
-주요 건축자재 물성 DB구축	———	———	———	———	———	———	———	———	———	
-건물용도별 운영스케줄 DB구축										
총 진도율										100

····· 당초계획

——— 실 적

표 31. 2차년도 연구개발 수행 진도율

구 분 / 개발내용	연 구 개 발 기 간											진도(%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
국내외 자료분석	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	100
	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	
IFC관련 모듈개발	·····	·····	·····	·····	·····	·····						100
	———	———	———	———	———	———						
에너지분석 모듈개발	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····			100
	———	———	———	———	———	———	———	———	———			
웹 prototype제작									·····	·····	·····	100
									———	———	———	
총 진도율												100

····· 당초계획

——— 실 적

표 32. 3차년도 연구개발 수행 진도율

구 분 / 개발내용	연 구 개 발 기 간												진도(%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
국내외 기존연구 동향 조사	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	100
	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	
국내형 DB 구축	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	100
	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	
일조 및 에너지 분석 인터페이스 모듈 개발 보완	·····	·····											100
	———	———											
Web Server 구축	·····	·····	·····	·····	·····								100
	———	———	———	———	———								
일조 및 에너지 분석 web 테스트 환경 구축						·····	·····	·····	·····	·····			100
						———	———	———	———	———			
Web Server 시험운영 및 검증									·····	·····	·····	·····	100
									———	———	———	———	
총 진도율													100

····· 당초계획

——— 실 적

2. 연구개발 목표의 달성도

목 표	달성도(%)	내 용
웹에서 지역위치정보 입력모듈개발	100	직접입력과 구글맵 연동
IFC형상정보 추출모듈개발	100	건축IFC파일속성 중 형상정보만 추출 할 수 있도록 함
에너지계산모듈작성	100	Energy plus엔진을 활용하여 계산될 수 있도록 IDF파일생성모듈개발
계산값을 활용한 건축물에너지효율등급 예측모듈작성	100	계산된 에너지값을 활용하여 건축물 에너지효율등급을 예측할 수 있도록 모듈개발
일조 및 에너지 Web Server 개발	100	웹에서 개발모듈 적용 및 일조 및 에너지분석 실행 가능토록 제작

제 2절 관련분야 기여도

본 연구의 최종목표는 인터넷 웹기반의 일조 및 에너지분석 시스템을 구축하여 건축 설계자들이 웹환경에서 초기 설계단계의 다양한 설계안에 대한 일조와 에너지성능을 정량적으로 분석하여 최적의 설계안을 평가할 수 있도록 하는 것이다.

이러한 시스템이 성공적으로 구축되기 위해서는 IFC파일에서 분석에 필요한 변수를 추출할 수 있어야 하며 에너지분석의 경우 국외뿐 아니라 국내에서 생산되고 있는 건축자재, 건물운영스케줄, 국내기상데이타의 데이터베이스를 구축하여야 하며, 이 연구결과 국내 건축 관련 사용자들이 신속하고 저렴하게 설계안의 평가가 가능해질 것이다.

기후변화에 따른 에너지정책이 강화되면서 국외에서는 에너지분석을 위한 BIM의 활용분야에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 국제적인 연구흐름에 맞춰, 본 연구는 개방형 BIM 표준호환포맷인 IFC를 이용한 웹기반 환경분석도구 개발 연구로는 국내외적으로 최초의 시도이므로 기술의 선도 및 건축기술발전에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

또한, 본 과제의 연구를 통해 IFC파일에서 에너지 분석에 필요한 변수인 형상 및 치수정보를 추출할 수 있는 기술을 확보하였으며, 건축 BIM모델과 에너지 분석도구의 인터페이스모듈을 개발하여 건물에너지효율등급의 예측이 가능한 Tool을 개발함으로써 국내 BIM정책과 건물환경 분석기술 발전에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제 1 절 연구개발의 활용방안



본 연구의 성과인 웹상에서 이용 가능한 간이화된 환경분석도구는 BIM 및 IFC를 이용한 다양한 환경분석도구 개발의 가능성을 보여준 기초연구 성과물로서, 웹기반 일조 및 에너지분석 도구를 활용하여 BIM기반 건축설계 시 초기단계에서 에너지 절약적 건축물 구현을 위한 대안분석에 활용될 수 있을 것이다.

본 연구 성과의 범용적 활용을 위해선 속도개선 및 시스템 안정화(보안시스템 포함)를 위한 후속 연구의 진행이 필요하며, 실증연구를 거친 후, 안정적인 웹 서비스가 제공된다면 중·소규모의 건축설계사무소들은 독자적인 하드웨어나 소프트웨어 및 전문 인력 확보 없이 초기 설계안에 대한 일조 및 에너지 분석이 가능해 질 것이다.

후속 연구가 세움터 및 LH 등의 공공기관과 공동으로 진행된다면, 활용성 확대 측면에서 보다 실효를 거둘 수 있을 것이며, 시간 및 비용적 절감과 더불어 기업의 경쟁력 강화에 일조할 수 있을 것이다.

제 2 절 연구개발의 기대효과

일조분석은 설계초기단계에서 세대 일조피해의 최소화 및 자연광의 적극적인 활용을 통한 에너지절약형 건물구현에 활용될 수 있으며, 에너지분석은 건물의 매스계획, 창면적비, 외피재질 결정 등 초기 개념설계 단계에서 에너지효율적인 건물설계를 위한 다양한 대안비교에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

1. 공공적 측면

조달청에서 제시한 시설사업 BIM적용 기본지침서에 나와 있는 BIM에 의한 개략 에너지 효율 검토 요구를 충족할 수 있으며, 국가차원에서 진행되는 BIM 정책에 대응할 수 있으며 개방형 BIM 표준호환포맷인 IFC(Industry Foundation Classes)를 이용한 국내실정에 맞는 다양한 환경분석도구 개발 연구의 기초자료가 될 수 있을 것으로 사료된다. 친환경건축물, 에너지절약형 건축물에 대한 시장요구에 대응할 수 있으며, 건물환경분석에 소용되는 시간 및 비용절감 효과를 기대할 수 있어 중소 영세소기업의 경쟁력 강화에 일조할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 기술적 측면

본 연구를 통해 개방형 BIM 표준호환포맷인 IFC 파일을 이용한 건축환경 분석도구 개발의 선도적 기술을 축적할 수 있었으며, 웹상에서의 일조분석 및 에너지분석 기능 구현으로 친환경건축물인증, 주택성능등급인증, 건물에너지효율등급 인증 등에 부분적인 활용이 가능할 것으로 판단된다. 또한 연구를 통해 확립된 기술은 설계초기단계(Schematic design)에서 빠른 시간 안에 여러 대안들의 비교검토가 가능할 것이다. BIM과 IFC를 이용한 다음과 같은 후속 연구개발의 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

- BIM 기반 채광 및 조명성능평가
- BIM 기반 실내외 기류평가
- BIM 기반 친환경건축물 관련 인증평가

3. 경제·산업적 측면

설계초기단계에서의 신속한 대안비교로 에너지 절약적 건축물의 구현이 가능하며, BIM 포맷인 IFC를 이용함으로써 기존 일조 및 에너지분석에 필요한 별도의 모델링 작업이 생략 가능하여 시간 및 비용 절감을 할 수 있다. 또한 웹을 이용한 간이화된 분석도구를 제공함으로써 설계자가 손쉽게 활용이 가능할 것으로 판단되어 진다.

가상공간을 이용한 시뮬레이션을 통해 결정된 건축설계는 시행착오에 의한 자원 낭비를 감소시킬 수 있으며, 외국으로부터 수입되고 있는 상업용 시뮬레이션 소프트웨어를 대체할 수 있어 외화낭비를 줄일 수 있다. 또한, 국내의 열악한 BIM 기반 건축환경분석도구 개발 환경의 기반조성으로 개발시장 활성화를 도모할 것으로 사료된다.

기술적측면	경제산업적측면	개발기술의 사업화
• 설계초기단계에서 빠른 시간안에 여러 설계대안 비교검토 가능 • 웹서비스를 통하여 전문적인 건물환경 성능 분석 기술지원 가능 • BIM과 인터넷을 활용한 기술획득을 통하여 건축환경분야에 접목 다양한 컨텐츠 개발 가능 -채광 및 조명성능평가 -CFD에 의한 실내외기류평가 -친환경건축물 관련 인증평가	• 가상공간을 이용한 시뮬레이션을 통해 결정된 건축설계는 시행착오에 의한 자원 낭비를 감소시킴 • 외국으로부터 수입되고 있는 상업용 시뮬레이션 소프트웨어를 대체할 수 있어 외화낭비 감소 • BIM을 통한 분석소요시간 및 모델링 작업비용 감소 • 국내 열악한 건축환경 기술개발 환경에 기반이 조성되어 개발시장 활성화 도모	• 온라인 기술지원 서비스로 의뢰인의 문제점을 지속적으로 수정 및 보완해 실질적인 서비스를 저렴하게 제공 • 국내외 주요 포탈사이트를 활용한 홍보 • BIM관련 주요 박람회 참가 및 방송을 통한 홍보 • BIM전문자료에 게재하여 홍보

제 3 절 일조 및 에너지분석 활용범위

현 연구단계의 성과물인 일조분석 및 에너지분석의 활용범위를 살펴보면 다음과 같다.

분석도구	활용범위
일조분석	▪ 설계초기단계에서의 세대 일조 피해 분석 ▪ 신축 전·후 주변건물 일조 피해 분석 ▪ 현행 법적 일조시간 수인한도 분석 시뮬레이션 ▪ 일조피해 최소화 및 자연광 활용을 통한 에너지 절약형 건물구현
에너지분석	▪ 설계초기단계에서의 건물 매스 계획 ▪ 설계초기단계에서의 창면적비·외피 재질 대안 비교 분석 ▪ 설계초기단계에서의 건축물의 난방, 냉방, 급탕, 조명 등 대안 비교 ▪ 설계초기단계에서의 에너지효율등급 예측 시뮬레이션 분석 ▪ 초기개념설계단계에서의 대안 비교를 통한 에너지효율적 건물 설계

제 4 절 관련 후속 연구개발의 전망 및 활성화 방안

본 과제 확립 후 친환경설계를 위한 Web기반 Green BIM Solutions를 개발할 수 있는 토대가 마련되어 향후 설계의도를 반영한 기류 분석도구 개발 등으로 확대가 가능하며, 친환경건축물인증제도 세부시행지침 중 일조권 간섭방지 대책의 타당성평가와 주택성능인증제도 세부시행지침의 환경관련 항목 중 일조평가를 위한 방위별 가중치를 적용한 바닥면적 대비 채광창의 비율 등의 검토에 활용 및 에너지 효율등급, 에너지 성능지표 평가 등에도 광범위하게 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

파일변환 오류가 일부 개선된 IFC 후속 버전(2×4 edition) 및 새로운 버전의 BIM Tool에 대한 후속 연구가 필요하며, 실용화 및 범용적 활용을 위해선 국내 건물에너지효율등급 등 친환경건축물과 관련된 평가도구로서의 활용을 위한 추가적인 연구개발이 필요할 것이다.

본 연구과제는 IFC 2×4 Edition의 속성정보 분석, BIM tool의 IFC 지원체계분석, 분석속도 개선을 위한 Web 최적화 시스템 개발, 공공기관의 연구 참여 등의 상용화 방안이 필

요하다. 또한 활성화방안으로는 정책적 지원이 필요할 것이며, 건축 인·허가 전 건물의 일조 환경 및 에너지 성능 사전평가 도구로 WebGBS 활용 의무화가 필요할 것이다.

다음은 Web기반 Green BIM System의 상용화 및 활성화 방안을 정리한 것이다.

BIM기반 설계환경 개발 기초 연구



Web기반 GreenBIM System 개발
-설계초기단계에서의 일조 및 에너지분석 도구 개발

■ IFC(2×3edition) 속성정보 분석 및 일조/에너지 분석용 형상정보 추출모듈 개발

■ IFC기반 일조 및 에너지분석 모듈 개발

■ 웹기반 일조 및 에너지분석 Prototype 개발
(웹 시스템, 분배 및 분석시스템 개발)

■ 본 과제의 한계
- 후속버전의 IFC 및 BIM 도구(Revit 2013 등)의 지원체계 추가 연구 필요
- 웹 구현 환경분석도구인 만큼 분석속도 개선 필요
- 속도 개선을 위한 Web IT 최적화 기술개발 필요

BIM 기반 설계환경 구축 / 상용화



■ IFC 2×4edition 속성정보 분석

■ 후속버전의 BIM tool(Revit 2013 등)의 IFC 지원체계 분석
→ 일조 및 에너지분석용 형상정보 추출모듈 개발

■ 분석속도 개선을 위한 Web 최적화 시스템 개발
- job 분배 시스템 Load balancing 개선
- 사용자 중심의 UI 개발
- 시스템 최적화

■ 세움터 등과의 연동을 위한 공공기관의 연구 참여 필요

BIM 기반 설계환경 활성화



■ 활성화를 위한 정책적 지원 필요

■ 건축 인·허가 전 건물의 일조환경 및 에너지 성능 사전평가 도구로 WebGBS 활용 의무화

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. 연구논문

- 논문제목 : Benefits of BIM in the Thermal Performance Management
- 저　　자 : Tuomas Laine, Reijo Hanninen, Antti Karola
- 년　　도 : 2007
- 주요내용 : 건축물의 열효율 분석에 대한 중요성이 증가하고 있지만, 여전히 간단한 방법의 계산이나, 추정을 이용하고 있다. 정확한 동적열부하 시뮬레이션 소프트웨어는 수년 전에 개발되었지만, 건축프로젝트의 전문가들 사이에서는 이러한 소프트웨어가 여전히 널리 사용되지 못하고 있다.

  동적 열부하 방법이 널리 사용되지 못하는 가장 주요한 문제점은 많은 양의 입력 작업이 필요하다는 점이다. 그러나 BIM을 열적부하 분석 데이터로 활용함으로써 데이터입력이 더 효율적이고 기존 데이터를 다시 활용할 수 있다는 장점이 있다. 또 BIM은 건축 단계별 열효율 확인을 쉽게 할 수 있다. 상호 교환이 가능한 새로운 개념의 소프트웨어를 이용하여 건축물 전 주기의 열적 부하 관리에 관한 논문이며 연구 결과를 실제 건축물에 적용하였다.

- 논문제목 : IFC BIM-Based Methodology for Semi-Automated Building Energy Performance Simulation
- 저　　자 : Vladimir Bazjanac
- 년　　도 : 2008
- 주요내용 : 빌딩 에너지 퍼포먼스 시뮬레이션은 아직 빌딩 디자인, 커미셔닝과 운영에서 많이 사용되고 있지 않다. 프로세스가 너무 비용이 많이 들며 인력이 많이 들기도 하며, 결과가 나오기까지 너무 오래 걸리기 때문이다. 이것의 양적 결과는 시뮬레이션 모델 결정 때 사용된 추정과 임의 결정에 따라 다시 사용될 수 없으며, 특수 상황에서만 신뢰돌 수 있다.

  반자동 BEP 시뮬레이션 준비와 실행에 대한 방법론은 이 프로세스를 훨씬 더 효과적으로 만들어 준다. 이것은 정보 과학의 원칙들을 사용하고, 주관적이고 임의적 결정을 만들어내는 사람의 부적절한 개입을 미리 제거하기 위한 목적을 가지고 있다. 이것은 오리지널 소스에서 나온 데이터에 의존하고 모든 필요한

데이터를 규칙을 통해서 또한 자동화를 통해서 변환하여, 가능한 모든 파트의 BEP 모델링과 시뮬레이션 프로세스를 자동화함으로 이루어진다. 이 논문은 새로운 방법론과 이것의 IFC-based BIM과의 관계, 소르트웨어의 호환사용가능성에 대해 설명한다. 이 논문은 방법론의 적용에 필수적인 다섯 개의 과정을 밝히고, 현재 이 방법론의 어떠한 부분이 적용될 수 있는지에 대해 보여준다. 이 논문은 EnergyPlus와 시뮬레이션으로의 적용에 대한 논의와 새로운 Geometry Simplification Tool(GST)에 있는 데이터 변환 규칙에 대해 설명한다.

- 논문제목 : Building Information Model based Energy/Exergy Performance assessment in early Design Stages
- 저　　자 : Arno Schlueter, Frank Thesseling
- 년　　도 : 2009
- 주요내용 : 전 세계적으로 기후변화와 건물 규정의 마련 인식의 상승으로 인하여 건축 설계사들은 점점 건축물 디자인의 에너지 성능을 고려하여야 한다. 현재, 에너지 효율 시뮬레이션은 주로 설계 단계 이후에 수행되므로 설계시의 의사결정에 포함되지 못한다. 재료와 시스템의 효율 기준을 평가하기 위해서 건물 효율 평가가 설계 과정부터 균일하게 수행되어야 한다. 이 연구에서는 종합적인 정보가 저장된 BIM을 효율계산에 필요한 매개 변수로 활용하였다. 에너지 균형을 계산할 뿐만 아니라, 에너지원에 대한 가용에너지 평가 및 고효율 건축물 설계의 도구로 활용가능하다. BIM 프로토타입 소프트웨어를 이용하여 즉각적인 에너지 및 가용에너지 계산을 가능케 하였다.

- 논문제목 : BIM-Centric Daylight Profiler for Simulation (BDP4SIM) : A methodology for automated product model decomposition and recomposition for climate-based daylighting simulation
- 저　　자 : Benjamin Welle, Zack Rogers, Martin Fischer
- 년　　도 : 2012
- 주요내용 : 건축, 엔지니어링, 건설(AEC) 산업에서 속도, 정확성, 확장성 그리고 비용 효율성을 위해, 유연한 문제형성은 종합 디자인 최적화 환경을 이용한 제품 모델 기반 열부하 분석에 필요하다. 그러나, 일조 시뮬레이션을 MDO 프로세스에 결합을 하는 것은 몇 가지 무제점을 드러냈다. 현재는 건축가, 엔지니어 또는 일조 컨설턴트가 특정 빌딩 디자인의 일조 퍼포먼스를 어떻게 분석 또는 결정하는 것

은 주관적이다. 또한, 일조 시뮬레이션에 걸리는 긴 시간은 MDO에서 얻을 수 있는 많은 이득을 감소시킨다. 빌딩 내의 어떠한 공간이 독립적 일조 분석을 하기 위해 충분히 다른 면을 가지고 있는지에 대해 정하는 것은 빌딩의 물리학, 빌딩 디자인 요소, 운영 시간 등을 주로 기반으로 한다. 이러한 일조 분석의 특징은 퍼포먼스 기반 방법, 공간적 결과의 시뮬레이션, 공간 시뮬레이션 결과를 이용한 빌딩 공간 분석의 확인을 자동화시켜줄 수 있는 지적 매캐니즘을 발전시킬 수 있는 계기가 되어 현재 걸리는 시간보다 현저히 적은 시간에 전체 빌딩 퍼포먼스를 분석할 수 있다. 이러한 방법은 MDO, non-MDO 기반 일조 시뮬레이션에 훨씬 나이진 속도, 정확성, 확장성, 비용 효율성을 가져다 준다.

- 논문제목 : Building information modeling for sustainable design and LEED® rating analysis
- 저　　자 : Salman Azhar, Wade A. Carlton, Darren Olsen, Irtishad Ahmad
- 년　　도 : 2011.
- 주요내용 : 현재, 지속가능한 빌딩에 대한 수요는 매우 높다. 빌딩의 지속가능함을 결정하는 요소에 관련된 가장 중요한 결정들은 디자인과 시공 전 단계에서 결정이 된다. LEED는 미국에서 가장 널리 쓰이고 있는 빌딩의 지속가능성 평가 시스템이다. LEED 인증을 원하는 프로젝트들에서, 디자이너들은 빌딩의 형태, 재료, MEP 시스템 등을 고려한 지속가능한 분석을 실시해야 한다. BIM이 한 모델 내에서 여러 종류의 정보를 겹쳐놓을 수 있게 해주기 때문에, 이러한 분석들이 전통적인 방법에 비해 더 효과적이고 정확하게 될 수 있는 기회를 만들어냈다. BIM 기반 건축환경 분석과 LEED 인증 프로세스 간의 관계를 설정하기 위한 개념적 프레임워크를 개발하였다. 프레임워크가 이 케이스 스터디를 통해 입증되었으며, 이 논문의 결과는 LEED 인증을 지지하는 논문들이 직접적으로나 간접적으로 BIM 기반 환경분석 소프트웨어의 결과를 사용했다는 것을 보여준다. 이 프로세스는 LEED 인증 프로세스를 간소화할 수 있으며 전통적 방법을 사용했을 때 필요했던 상당한 시간과 자원을 절약할 수 있다.

2. 해외보고서 자료

가. GSA(General Services Administration)

미연방 정부의 총무청 (연방 정부의 재산 관리, 문서 관리, 건설 관리 업무 담당)에서 2009.2월 에너지성능평가를 위한 BIM모델링에 관한 연구를 진행하였다. BIM의 기본 에너지 모델링 장점은 모델의 재현 또는 수정의 전통적인 접근뿐만 아니라 시간소비의 노동 집약적인 경향이 있다. 전통적인 존 타입의 에너지 모델링의 목적은 평이화와 시간의 절약이다. 기본적인 BIM과정은 반복과 확실함이 가능하며, 오늘날 모델 타입의 변화의 예측 연습의 최소화가 가능하다.

중요한 것은 현재의 제한된 정보교환과정을 존재하는 BIM 에너지 시뮬레이션 프로그램으로 가능하게 되었다. 여러 가지 예가 포함되는데 빛, HAVC 계획, 전통적인 존의 기능, 운영 특성 등이 포함된다. 그러나 소프트웨어 개발이 다양한 소프트웨어 툴의 상호 운영성의 향상을 가져올 수 있다. GSA의 현재의 협력 가능한 것은 OGC, AECOO, BPEA가 있다. 많은 장비의 특별한 변화과정은 미래의 GSA BIM 시뮬레이션 장비의 기초 서브의 변화의 노력이 필요하다.

IFC는 작업 및 스키마 사양을 표준 방법으로 정보가 포함된 방법으로 BIM에 제공되며, IFC는 주제-지향 데이터 모델을 IAI의 관계와 특정 개체의 건물 속성을 설명하는데 사용하도록 개발되었다. IFC를 위해서는 건물 개체에 대한 정보를 교환하고, 상호 운용 소프트웨어를 생산하기 위해 조직을 위한 프레임 워크를 제공하고 프로세서 및 MVD 및 시간을 통해 지정된 건물 분야 간에 공유할 수 있는 언어를 만들어 다른 MVDs 대한 부분적 구현을 하고 있다.

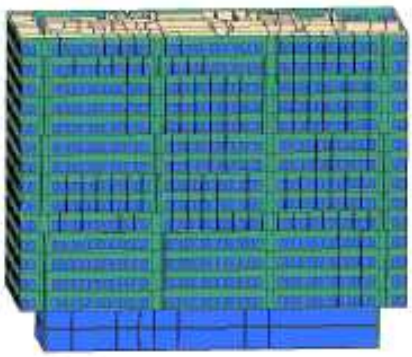


그림 76. GSA Office Building, IFC
imported by Riuska

에너지 모델을 만드는 목표는 현실에서 기계 시스템 디자인을 결정하는데 사용하여 정확하게 모델의 열 영역을 대표하는데 사용한다. 앞으로 가장 정확한 모델링 설계 접근 방법으로는 온도 영역에 대한 모델에서 열 영역을 1대1로 일치 시키는 것이다. 그러나 전통적인 에너지 모델인은 수동으로 온도 영역이 만들어진다. 그 결과 상당히 평이화 되어 종종 BIM 기본 에너지 모델링에서 열 지대가 간소화되고, 더 쉽게 BIM의 모델을 이산 영역의 공백을 기반으로 에너지 모델 작성이 가능해진다.

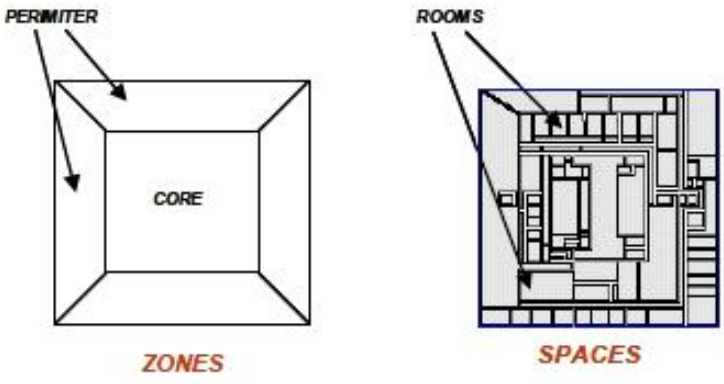


그림 77. Traditional Energy Modeling Partitioning vs.
BIM-Based Energy Modeling Partitioning

Space Boundaries는 공간 경계 공백에 대한 경계를 정의하는 개념이며, 중요한 공간과 공간을 올바르게 붙이고 경계 독립과 관련된 기하학을 건물 요소 간의 적절한 관계를 정의하는 것이다. 공간 경계는 1차원 공간 경계와 2차원 공간 경계로 나누어진다. 1차원 공간경계는 일반적으로 “건축”공간의 경계이며, 하나의 공간의 관점에서 인접한 공간의 관계없이 하

는 것이며, 2차원 공간 경계는 경계에 인접한 공백을 “열”공간의 경계로 정의하여 경계하는 것이다. 에너지 모델링 목족으로 WALL1 요구가 multiple 2 수준의 공간경계 의 경우 열 공간 및 그 주변의 공백 사이에 전해진다. 두 벽 (빨간색으로 된 그림의 교차 부분)의 열 시뮬레이션 모델에서 무시되며, 이 공간의 경계 개념은 일반적인 1차원 열전달이 가정 대부분의 에너지 시뮬레이션 엔진에 사용되기 때문에 2차원 열전달 사용할 수 있는 경우에만 교환을 설명할 수 있다.

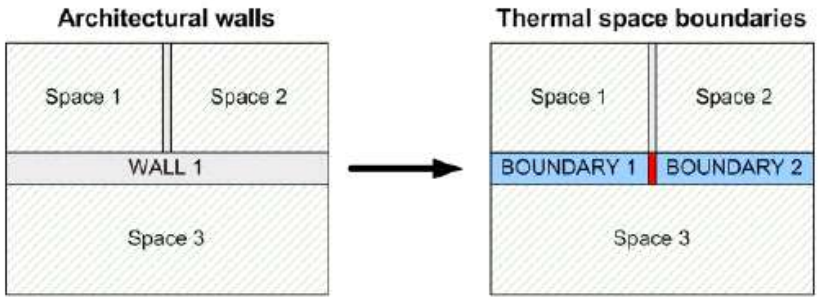


그림 78. 1차원 벽 공간 경계 (건축) / 2차원 벽 공간 경계 (열)

2차원 공간 경계의 생성은 또한 에너지 시뮬레이션 도구에 필요한 정보가 벽면 요소의 하나의 공간에 속한다. 아래의 그림과 같은 시나리오를 보여준다.

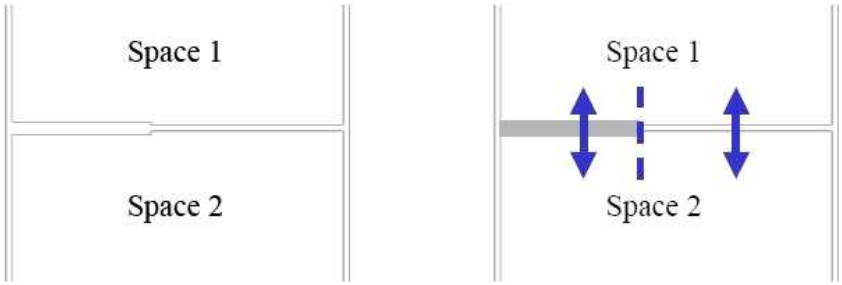


그림 79. 1단계 경계 벽 공간 (a) / 2단계 벽 공간 경계 (다중벽) (b)

공간이 수직 (그림과 같이 1층의 하나의 아래 위의 공간에) 2공간 경계를 제대로 열 관계를 올바르게 정의가 필요하다.

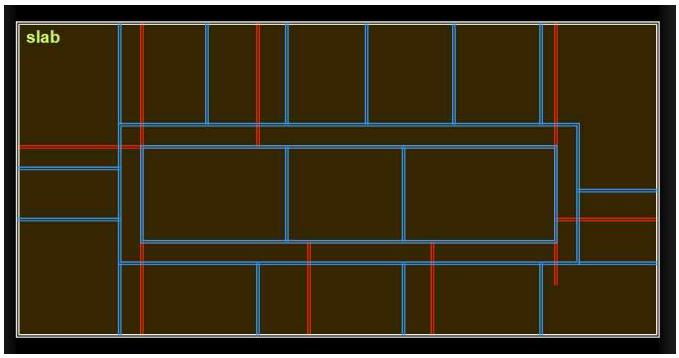


그림 80. 2차원 공간경계의 필요성은 인접 층 사이의
비가 균일한 벽 공간 경계

나. BPEA(Builidng Performance and Energy Analysis)

BPEA는 BIM을 활용하여 에너지시뮬레이션을 할 경우 입력조건을 분야별로 정리한 보고서이다. 에너지 분석은 건물 내의 사용 프로필과 에너지 소비 비용을 예측할 수 있다. 초기 에너지 모델링 정보를 사용할 수없는 경우에는 시뮬레이션 입력 범위의 가정을 만들기 위해 디자이너가 필요하며, 입력 데이터는 다음과 같다 :

1) 레이아웃과 공간의 구성을 포함한 건물 정보
2) 건물 방향
3) 벽, 바닥, 지붕 / 천장, 창문, 문, 음영 장치를 포함한 모든 건축 요소의 열 속성을 포함한 건물 구조
4) 기능사용을 포함한 건물의 사용
5) 내부 부하와 조명, 거주자에 대한 일정 및 장비
6) 난방, 환기 및 공기 조절 (HVAC) 시스템 유형 및 운영 특성
7) 공간 상태 요구 사항
8) 유틸리티 비율
9) 기상 데이터

에너지 분석의 출력 결과는 다음과 같다 :

1) 공간 및 규정을 준수한 대상 건물의 에너지 성능 평가
2) 에너지 사용의 전반적인 평가와 건물 및 에너지 비용의 전반적인 견적
3) 건물 및 유틸리티 비율을 기준으로 에너지 사용 시간을 기준으로 한 시뮬레이션
4) 에너지 사용과 비용으로 건물의 수명주기 추정

다양한 형태의 결과를 범위 내에 포함한다. :

1) 최소 및 최대 필수 실내 공기를 포함한 공간 쾌적 기준 설정 및 최소 신선한 공기 요구 조건
2) 열 손실 / 이득 계산을 사용하여 분석 방법을 정의
3) 에너지 성능 평가 시스템 및 에너지 코드 요구 사항 준수
4) 건물 에너지 수요를 충족하는 에너지 소비 분석
5) 에너지 성능 최적화 장비 또는 시스템 입력 및 관련 장비 / 시스템 성능 특성 및 생애주기 비용, 환경에 미치는 영향 문제를 고려

일반적인 에너지 분석의 흐름은 그림 75와 같다. 1.1 에너지 분석을 위한 BIM 모델 준비 및 설정, 1.2 분석을 위한 BIM 파일 내보내기, 1.3 에너지 수요 및 소비 분석, 1.4 에너지 분석 결과 확인, 1.5 검토를 위한 준비 제출/승인, 1.6 에너지 분석에 대한 BIM 확인, 1.7 분석에너지 수요 및 소비, 1.8 에너지 분석 결과 확인, 1.9 결과 보고서 준비, 1.10 에너지 평가 성능, 운영비용, 자본 비용, 1.11 설계 피드백으로 나타낼 수 있다.

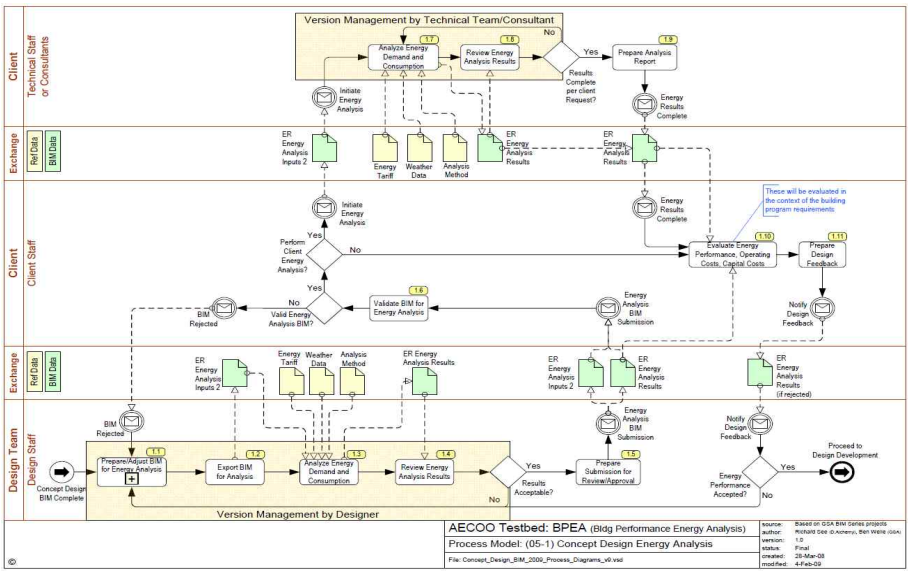


그림 81. 일반적인 설계초기 단계에서의 에너지 분석

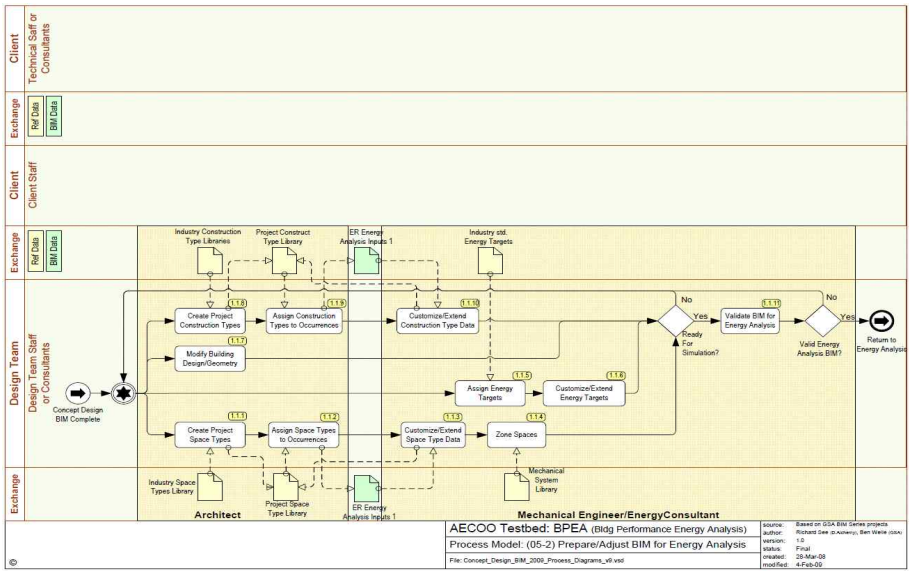


그림 82. 에너지 분석을 위한 BIM 모델 준비

BIM 모델을 활용한 에너지 분석의 흐름을 살펴보면 다음과 같다. 1.1.1 프로젝트 공간 형태 확인, 1.1.2 공간 유형 확인, 1.1.3 사용자 정의 및 공간 유형 데이터 확장, 1.1.4 zone space, 1.1.5 에너지 목표, 1.1.6 사용자 정의 에너지 목표, 1.1.7 건물 디자인 수정 및 기하학 확인. 1.1.8 프로젝트 구조 타입 설정, 1.1.9 건축 유형 설정, 1.1.10 사용자 정의 및 건축 형태 데이터 확장, 1.1.11 에너지 분석에 대한 BIM의 순으로 확인할 수 있다. 건축 부분에서의 에너지 시뮬레이션을 위한 조건은 다음과 같다.

Type of Information	Information Needed	Required	Optional	Data Type	Units
Project	The following properties should be included:				
	○ Identification	X		String	n/a
	○ Owner/Client information		X	String	n/a
	○ Model Author		X	String	n/a
Site	The following properties should be included:				
	○ Address		X	String	n/a
	○ Global Coordinates	X		(2) triples	deg/ min/s ec
	○ Site Elevation (datum)(relative to sea level)	X		Real	m
	○ 2D Geometry		X	IFC Geom	varie s

				etry	
	○ 3D Geometry		X	IFC Geometry	varies
Site Context	The following properties should be included for existing buildings adjacent to the subject building:				
	○ Identification	X		String	n/a
	○ 3D Geometry	X		IFC Geometry	m
Building	The following properties should be included (if not known then probable values should be used):				
	○ Identification	X		String	n/a
	○ Global Coordinates	X		(2) triples	deg/min/sec
	○ Functional Classification (OmniClass)		X	String	n/a
	○ Orientation (deviation of building grid from true north, clockwise)	X		Real	Angular Degrees
	○ Elevation (relative to the site datum)	X		Real	m
Building *(Energy Target)*	The following properties should be included (if not known then probable values should be used):				
	○ Energy Target Units (mandatory if Energy Target Value is included)		X	String	varies
	○ Energy Target Value		X	Real	varies
Building Stories	The following properties should be included (if not known then probable values should be used):				
	○ Identification	X		String	n/a
	○ Elevation (relative to building datum)	X		Real	m
Spaces	The following properties should be included (if not known then probable values should be used):				
	○ Identification	X		String	n/a
	○ Description		X	String	n/a
	○ Functional Classification - OmniClass Table 13 (reference to a classification -- see below)		X	Relationship	n/a
	○ Functional Classification – Client Space Type (reference to a classification -- see below)	X		Relationship	n/a
	○ Inside or Outside space	X		Boolean	

	○ Space Usage (thermal simulation type)		X	Enumeration value	n/a
	○ 2D Geometry		X	IFC Geometry	varies
	○ 3D Geometry	X		IFC Geometry	varies
	○ Links to Space Boundaries	X		List of Relationships	n/a
	○ Space Conditioning Requirement (heated and cooled, heated only, cooled only, unconditioned)		X	Enumeration value	n/a
Second Level Space Boundaries	The following properties should be included for 2nd level space boundaries:				
	○ Space Boundary Type (1=internal, 2=external, 3=virtual)	X		Enum	n/a
	○ Space Boundary Tag (2nd level, "face")	X		String	n/a
	○ 3D planar geometry	X		IFC Geometry	m
	○ Link to Space	X		Relationship	n/a
	○ Link to Building Element	X		Relationship	n/a
Building Elements *(General)*	The following properties should be included (if not known then probable values should be used):				
	○ Building Element Type (wall (exterior/interior), curtain wall, roof, floor, ceiling, window, door, shading device)	X		Enum	n/a
	○ Construction type (e.g. wall type, door type, window type, shading device type, etc.) Window constructions from Window 6, opaque constructions from ASHRAE Fundamentals.	X		String	n/a
	○ Classification - UniFormat (reference to a classification -- see below)		X	String	n/a
	○ 3D Geometry	X		IFC Geometry	varies
	○ Exterior or Interior Element (i.e. Is Exterior)	X		Boolea	n/a

				n	
	○ Link to Space Boundary	X		Relatio nship	n/a
Building Elements *(Opaque-Wall, Roof, Floor, Ceiling, Door)*	Added to the list above, the following properties should be included for opaque building elements (e.g. walls, floors, ceilings, roofs, doors, etc.):				
	○ Link to Material Layer Set	X		String	n/a
Building Elements *(Glazing-Curtain Wall, Glazed door, Skylight, Window)*	Added to the Building Elements list above, assigns thermal information to building elements to enable energy analysis. The following properties should be included for glazed building elements (e.g. windows, curtain walls, glazed doors, and skylights):				
	○ Window Assembly Exterior Surface Color of Glass (clear, bronze, silver, gold, copper, blue, green, gray, mirror)		X	Enum	n/a
	○ Window Assembly Interior Surface Color of Glass (clear, bronze, silver, gold, copper, blue, green, gray, mirror)		X	Enum	n/a
Material *(Opaque)*	A building material (e.g. wood, concrete, steel, etc.):				
	○ Identification	X		String	n/a
Material Layer *(Opaque)*	An individual building layer in a material layer set:				
	○ Identification	X		String	n/a
	○ Description	X		String	n/a
	○ Material	X		String	n/a
Material Layer Set *(Opaque)*	An ordered list of material layers used in a building element construction:				
	○ Identification	X		String	n/a
	○ Description	X			
	○ List of material layers	X		List of String	n/a
Photovoltaics	The following describes properties for PV electricity generation on-site:				
	○ Photovoltaics		X	Boolea	

				n	
	○ Host Building Element (required if 'Photovotaics' = TRUE)		X	Relatio nship	n/a
	○ Active Area Fraction (fraction of host element with PVs) (required if 'Photovotaics' = TRUE)		X	Real	%
	○ DC to AC Inverter Conversion Efficiency (required if 'Photovotaics' = TRUE)		X	Real	%
	○ PV Surface Integration (Decoupled, Integrated, Integrated w/ Ventilation) (required if 'Photovotaics' = TRUE)		X	Enum	n/a
	○ PV Cell Efficiency (required if 'Photovotaics' = TRUE)		X	Real	%

3. BIM 및 에너지해석 프로그램

ArchiCAD는 모델 세부 사항이 필요한 수준과 함께 강력한 디자인 정보를 제공하며, 이 정보는 직접 액세스하고 그린 빌딩 스튜디오 및 ArchiPHYSIK에 의해 또는 ECOTECT같은 다른 응용프로그램 업계 표준 형식을 통해 에너지 분석에 사용될 수 있다. 이러한 응용 프로그램은 건축가를 위해 설계되었고 그들이 건물 구조와 자료를 외피에 관한 설계 의사 결정을 올바르게 활용할 수 있도록 초기 설계 단계에서 사용할 수 있다.

IFC에 대한 ArchiCAD는 EnergyPlus 또는 RIUSKA와 같은 전문적인 건물 성능 시뮬레이션 소프트웨어에 대한 링크를 제공하며, 이 도구는 완벽하게 설계, 계획, 건설 전체 건물 접근의 시뮬레이션을 개선 구축 및 HVAC 시뮬레이션 프로그램을 통합하고, 에너지 절감, 비용 절감 및 실내 환경 품질에 대한 새로운 문을 열고 있다.

에너지 분석 도구는 직접 ArchiCAD통해 가상 건물 모델, 건물의 에너지 소비에 대한 의견을 설계 과정에서 언제든지 구할 수 있다. 3D 모델의 본질은 모든 데이터가 최신정보를 포함하고 있다는 것을 의미하기 때문에 디자인에 지속적인 변경 사항은 시뮬레이션 연결 시 즉시 사용 가능하다.

ArchiCAD로 업데이트된 3D 모델은 에너지 시뮬레이션 툴을 이용하여 계획이 얼마나 발전했는지 설계안들에 대해 쉽게 반복하여 분석가능하며 에너지 시뮬레이션 도구에 의해 다시 분석을 할 수 있다. 분명 이것은 건축가와 클라이언트 노력과 돈을 모두 감소시킬 수 있다는 것을 보여준다.

다음은 BIM도구와 함께 사용가능한 에너지분석 도구에 대한 소개이다.

가. ArchiPHYSIK (4.5)

ArchiPHYSIK(APH)가있는 독립 실행형 도구로 계산이 현실과 정확하기 위해 대규모 "실제"건축 요소 라이브러리를 가지고 있다. 내부 "기후 생성기"에서 선택한 위치의 정확한 기상 조건을 시뮬레이트하며, 지역 건축 규제의 템플릿은 쉽게 필요한 인증서를 만드는 데 도움이 되는 프로그램이다.

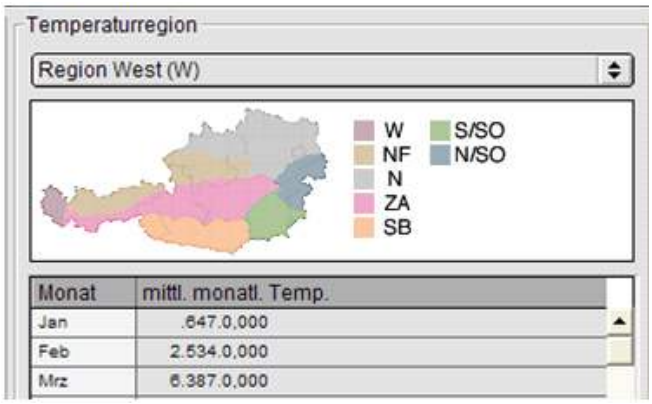


그림 83. Location selection in APH

ArchiCAD와 APH 사이에 API 링크로 모델 지오메트리를 내보낼 물성을 계산하고 이에 따라 최고의 건물 구조를 선택할 수 있다. 계산된 데이터는 ArchiCAD로 다시 연결되며 건축자재 및 초기 설계 단계에서 건물의 에너지 성능을 분석하여 디자인 솔루션을 선택할 수 있도록 디자인 변경에 의한 즉각적인 피드백이 가능하다.

ArchiCAD 내에서 에너지 계산이 빠르게 업데이트되며 설계 단계 동안 건물의 물리학적인 영향을 모니터링 할 수 있다. APH는 독일어를 쓰는 나라에서 현재 독립형 또는 웹 서비스로 사용할 수 있고 미래에 다른 언어 버전을 사용할 수 있다.

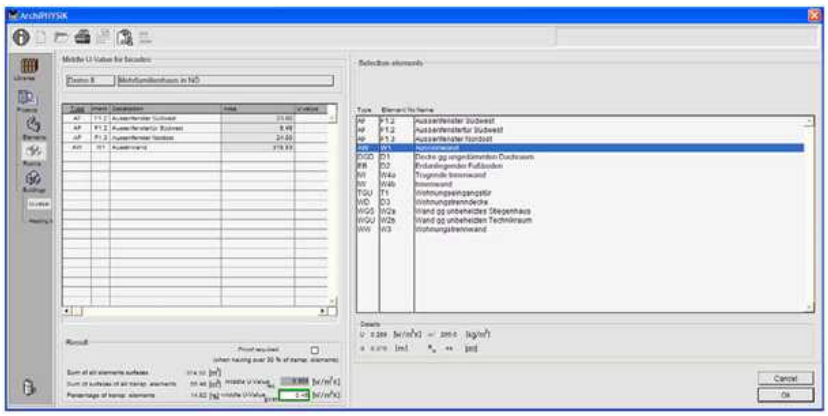


그림 84. APH.의 인터페이스

나. Green Building Studio

그린 빌딩 스튜디오 (GBS)는 건축가가 초기 설계 단계에서 ArchiCAD 모델 건물의 에너지 성능 및 에너지 비용을 계산할 수 있는 웹 서비스이다. GBS는 특히, 통합 설계 프로세스를 간소화하도록 설계되어있어 팀 협업을 촉진시켜 주고 녹색 건물 설계비용을 크게 감소시킬 수 있는 프로그램이다.

ArchiCAD 모델을 green building XML 형식(gbXML: BIM설계 모델과 다양한 성능분석 툴과의 통합된 상호호환성을 위해 3D BIM모델 안에 저장되어 있는 건물 정보들을 분석 툴로 전송하기 위한 산업표준 스키마)으로 변환되는 플러그인을 통해 ArchiCAD에 연결하고 그것을 ArchiCAD로부터 직접 GBS 웹사이트로 업로드 한다. Zone들을 포함하는 ArchiCAD의 모델의 지오메트리 (ArchiCAD zone은 플러그인의 기하학에 기반을 통해 사용자가 만들거나 자동으로 배치)를 포함하여 ArchiCAD 모델의 기하학적 지역 건물 코드와 관련된 정보를 그린 빌딩 스튜디오의 웹상에 입력해야 한다.

건물 에너지 분석은 DOE - 2.2 시뮬레이션 엔진을 사용하여 실행되며, 연간 에너지 소비 비용과 건물 난방에 대한 데이터 및 냉방 부하, 공조 및 시스템 부하가 계산된다.

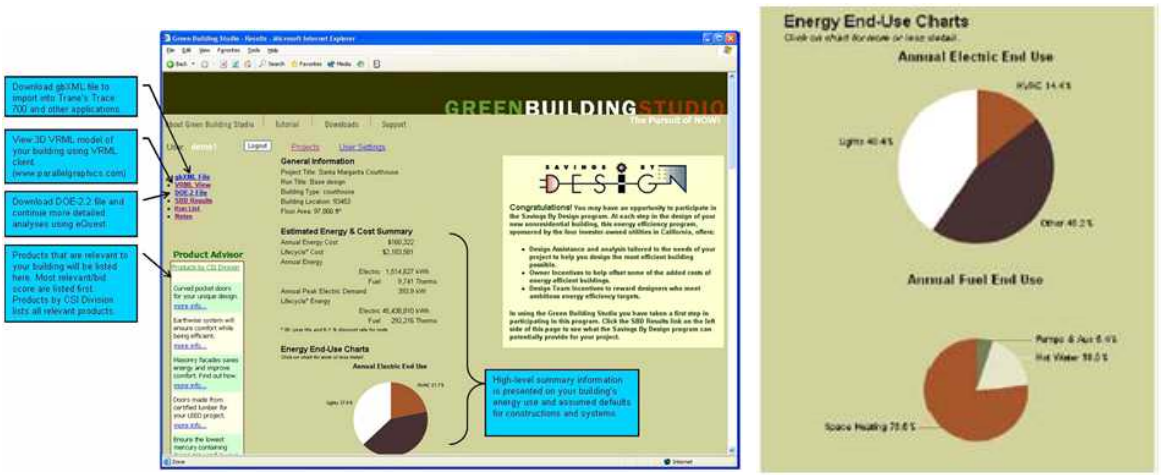


그림 85. GBS 웹 결과화면

다. EnergyPlus

EnergyPlus는 건축가, 엔지니어, 건물 소유자 및 관리자에게 에너지 사용 및 비용을 최소화 할 수 있는 차세대 건물 에너지 시뮬레이션 프로그램으로 건물의 에너지 사용을 시뮬레이션하여 건물 성능을 최적화 (건물 난방, 냉각, 조명, 환기 및 기타 에너지 흐름)한다. 건물의 기하학정보, 지역정보, 기상데이터, 건물 운영스케줄 및 HVAC 설명 데이터를 포함한 변

수를 설정해야 한다.

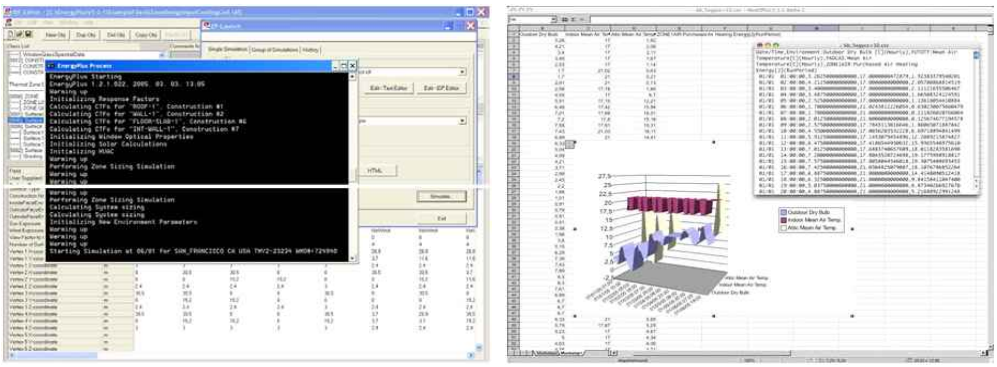


그림 86 . EnergyPlus 실행 및 결과화면

프로그램 입력데이터 포맷으로 IFC건물데이터를 변환하는 과정(IFC to IDF)을 도와주는 BSPro의 COM서버와 같은 타사 응용 프로그램과 쉽게 결합하여 사용할 수 있으며, 97 개국800여 지역의 기상 데이터를 www.energyplus.gov 사이트에서 무료로 다운로드받아 입력한다.

라. ECOTECT

ECOTECT는 태양, 열, 에너지, 조명, 음향, 자원 사용 및 비용 측면을 다루는 다양하고 포괄적이며 시각적인건축 설계 및 분석 도구이다. 모델링과 분석 능력은 건물 설계 과정의 초기 단계에서 피드백에 초점을 맞추고 있다. 표준 그래프 및 테이블 기반 보고서뿐만 아니라, 분석 결과는 건물 표면을 통해 매핑 될 수도 있고 아니면 그들을 생성한 공간 내에서 직접 표시, 디자이너에게 이해와 그들의 건물의 실적을 정확히 보여주는 기회를 제공한다.

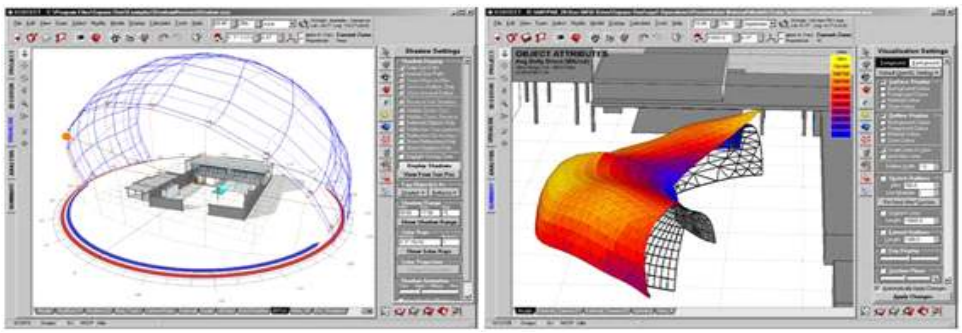


그림 87. 프로그램 분석결과 예

마. RIUSKA

RIUSKA는 건물 서비스 설계 및 시설 에너지 소비의 동적 시뮬레이션을 위한 도구로 온도 및 개별 공간의 냉방부하를 계산하고, 전체 건물의 에너지 소비를 계산할 뿐만 아니라 설계안 비교와 HVAC 시스템분석, 안정 상태 조건에서 건물의 열 손실을 계산하는 모듈이 있다. RIUSKA는 핀란드 Granlund에서 개발하였고, 분석엔진은 국제적으로 알려진 DOE 2.1의 엔진을 사용하고 있다.

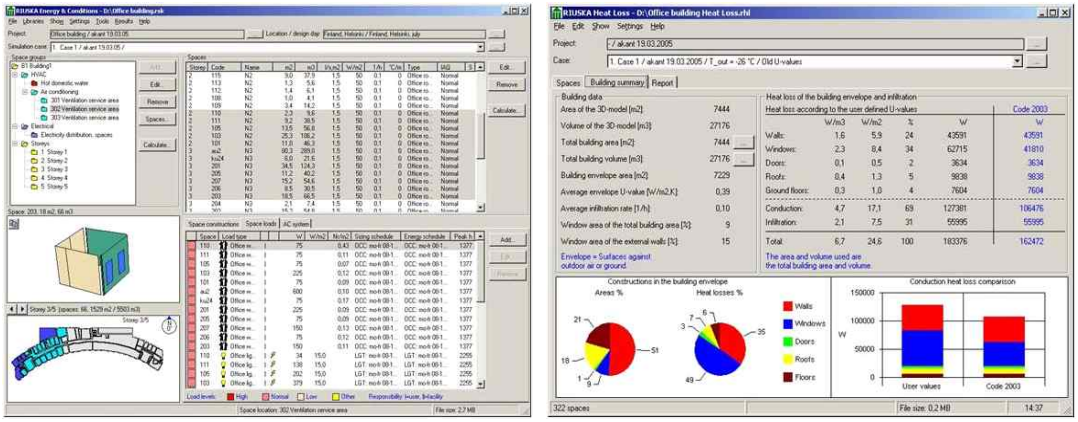


그림 88. RIUSKA 입력 및 분석결과 화면

RIUSKA는 설계초기단계에서 성능 시뮬레이션의 모든 요구 사항을 다루며 직접 모델링과 IFC 인터페이스를 통해 ArchiCAD에서 디지털 건축 지오메트리 데이터를 재사용하는 것이 가능하다. RIUSKA는 공식적으로 IFC 2X, IFC 2.0 BLIS (라이프 사이클 상호 운용 소프트웨어 빌딩)과 IFC 1.5.1 표준을 준수하여 IAI로부터 인증을 받았다.

바. ArchiVIP

건축가들이 설계 대안 건물의 에너지 성능을 예측할 수 있도록 만든 웹서비스 프로그램이다. 여러 설계안에 따른 연간에너지 소비량, 비용, 난방 및 냉방에서니, 시스템부하 등을 분석한다. 초기 설계단계에 사용하기 위해 설계된 스웨덴어 제품으로 직접 ArchiCAD에 연결된 프로그램으로 수동 데이터 입력이 필요하다.

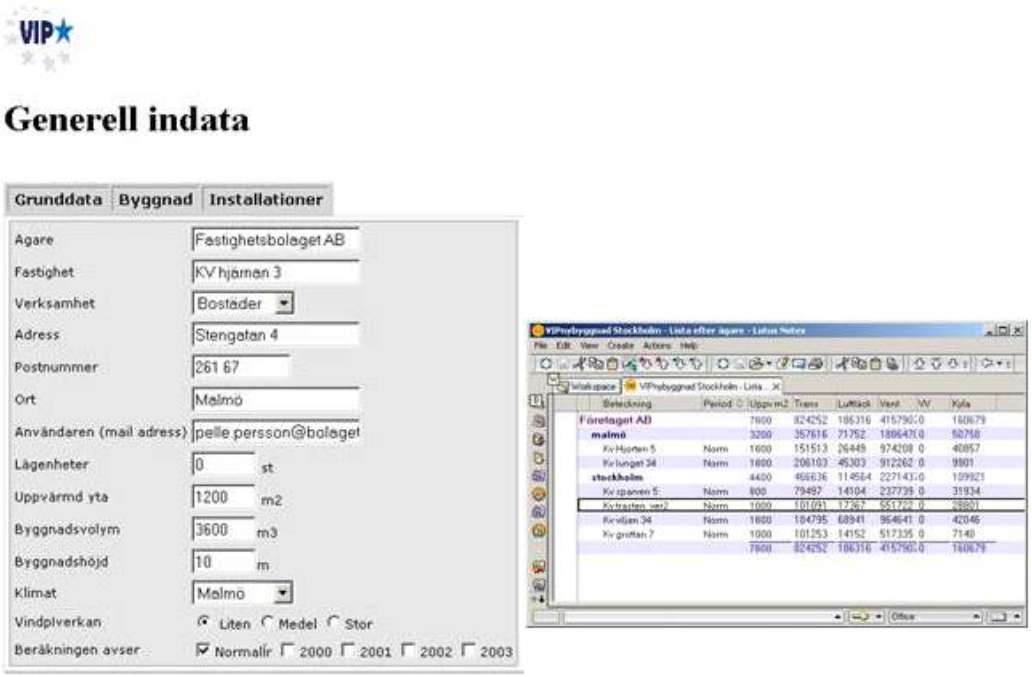


그림 89. VIP입력 및 결과화면

제 7 장 참고문헌

(1) Appu Haapio, Pertti Viitaniemi, A critical review of building environmental assessment tools, Environmantal Impact Assessment Review, 2008

(2) Abraham Yezioro, Bing Dong, Fernanda Leite, An applied artificial intelligence approach towords assessing building performance simulation tools, ENERGY and BUILDING, 2008

(3) Godfired Augenbroe, et al, An interoperability workbench for design analysis integration, ENERGY and BUILDING, 2004

(4) Autodesk, BIM and the Autodesk Green Building Studio,2008

(5) Annette Stumpf, Beth Brucker, BIM Enables Early Design Energy Analysis

(6) Kimon G. Onuma, AIA., et al, Integrated Facility Planning using BIM Web Portals,2006

(7) K.P Lam, N.H Wong., et al, SEMPER-Ⅱ: an internet-based multi-domain building performance simulation environment for early design support, AUTOMATION IN CONSTRUCTION, 2004

(8) Autodesk, Sustainable Design Analysis and Building Information Modeling

(9) Chuen-Huei(Joseph) Huang, Robert J. Krawczyk, Web based BIM for Modular House Development, 2007

(10) Arno Schlueter, Frank Thesseling, Building information model based energy/exergy performance assessment in early design stages, Automation in Construction 18 (2009) 153-163

(11) Tuomas Laine, Reijo Hanninen, Antti Karola, Benefits of BIM in the thermal performance management, Building Simulation 2007, 1455-1461

(12) Benjamin Welle, Zack Rogers, Martin Fischer, BIM-Centric Daylignt Profiler for Simulation(BDP4SIM): A methodology for automated product model decomposition and recomposition for climate-based daylighting simulation, Building and Environment 58 (2012), 114-134

(13) Salman Azhar, Wade A. Carlton, Darren Olsen, Irtishad Ahmad, Building information modeling for Sustainable design and LEED rating analysis, Automation in Construction 20 (2011), 217-224
(14) 권한솔, 허정호, 도시 광역적 에너지 수요관리 기술, 한국그린빌딩협의회, Vol.10, No.3, 2007
(15) 김희강 외 5명, 웹 기반 실내공기질 평가 프로그램의 개발 및 적용, 한국건축친환경설비학회 추계학술발표대회, 2007
(16) 정은길, 김진욱, 주거단지 외부환경의 웹기반 컴퓨터 그래픽 시뮬레이션의 유형별 인지성에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계 제24권, 제11호(통권241호), 2008
(17) 양기인, 방기진, 제해성, 웹 기반 초고층 복합빌딩 데이터베이스의 필요성 및 개발, 한국도시설계학회 2009년 추계 학술대회, 2009
(18) 한국과학재단, 인터넷 웹기술을 이용한 건축환경 데이터베이스 구축에 관한 연구, 2002
(19) 이현우 외 7명, 인터넷 웹기술을 이용한 건축환경 교육기반 구축에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계 15권9호(통권131호), 1999
(20) 장원준, 김미경, 김승욱, 전한종, 지속가능 건축을 위한 BIM기반 건축 설계 프로세스에 관한 기초적 연구, 한국문화공간건축학회논문집 통권 제26호, 2009
(21) 최정민, 옥종호, 김성근, BIM 기술 기반 PMIS 개발에 관한 실험적 연구, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2008
(22) 유호천, 박소희, 김경률, 서울지역의 표준기상데이터 산출방법론 비교, 한국태양에너지학회, 2008
(23) 김두천, 서진석, 한국 주요도시의 HASP용 표준기상데이터의 개발, 공기조화 냉동공학회 논문집, 1993
(24) 최원기, 이현근, 서승직, 트랜시스 제공 우리나라 TMY2 자료의 신회성 평가, 대한건축학회논문집 계획계 22권 2호(통권208호), 2006년
(24) 빌딩스마트코리아 http://www.buildingsmart.or.kr

주 의

1. 이보고서는 국토해양부에서 시행한 첨단도시개발사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 첨단도시개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

부록 1

Web기반 Green BIM System

-일조 및 에너지분석 사용메뉴얼-

2012. 09

Sun & Light
Architectural Consulting Group

일조분석 사용매뉴얼

▪ 일조분석 계획

① 분석사항 확인

② 대상 건물간의 기하학적 위치관계 확인

- 현장 검증을 통한 분석대상 건물들간의 형태 및 위치관계 확인
- 분석대상 건물간의 위치관계 및 방위 확인

③ 대상 건물들의 재원 확인

④ 신축건물 건설 전후 대상건물간의 수평적/수직적 위치관계와 방위 확인

⑤ 분석방법

- 일조권 침해여부 기준
- 일조시간 산정기준
- 태양입사각을 고려한 일조시간 산정
- 분석 대상창 확인
- 분석결과 확인

⑥ 일조권 침해여부 판단

▪ BIM 작성

- 현재 사용하고 있는 BIM 전용 프로그램(Revit, ArchiCAD, MagiCAD 등)에서 분석대상 건물 및 주면건물을 모델링(Modeling)을 합니다.

▪ BIM 모델링 및 IFC 추출

1) ArchiCAD에서 층 구분을 위하여 Story Settings을 합니다.

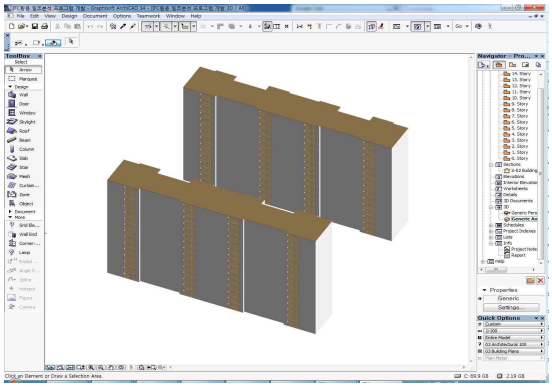
2) Story(층)별로 3D 모델링을 실시한다. 만약, 각층의 평면이 같다면 모든 Story (층)에 복사하여 전체적인 하나의 건물을 만듭니다.

3) 3D 모델링을 할 때 모든 객체에 자동으로 부여되는 ID를 삭제하고 분석대상이 되는 Window요소에 대하여 ID를 설정하며, ID는 사용자가 구분이 가능한 형식으로 지정합니다.(예: 동-호수).

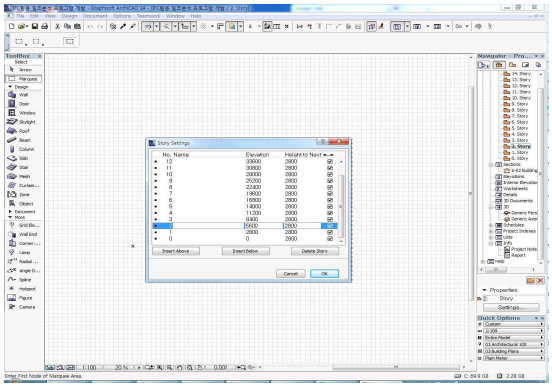
4) 저장 시 IFC 포맷(IFC 2x3)으로 저장합니다.

5) IFC 모델 뷰어를 통하여 Output이 정상적으로 생성되었는지 확인합니다.

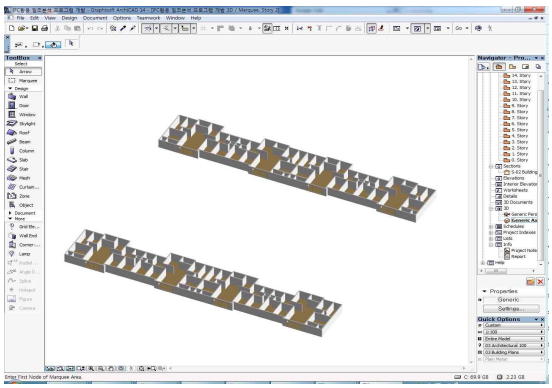
6) 확인된 IFC 파일을 웹상의 분석 페이지에 업로드 합니다.



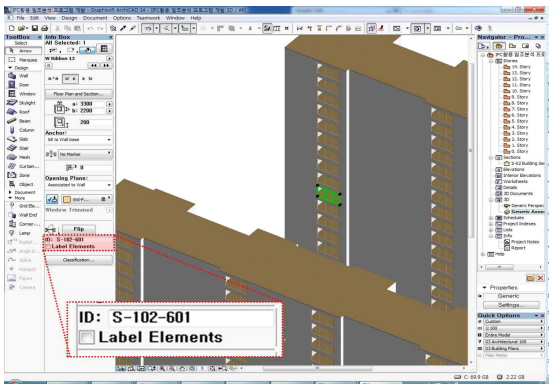
① 전층 3D 모델링



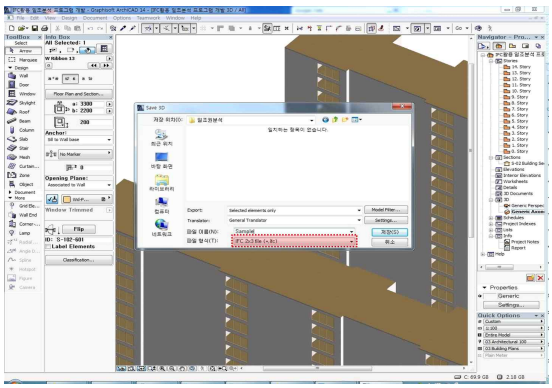
② Story Settings



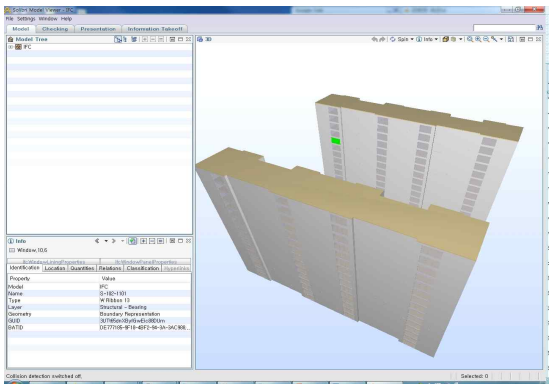
③ 기준층 3D 모델링



④ WIndos요소에 ID 지정



⑤ IFC 포맷으로 저장



⑥ IFC 모델 뷰어를 통한 모델 확인

▪ 일조분석 수행 전 필수체크

✓ 일조분석 수행 전에 체크사항

요청하신 분석데이터의 결과를 확인하시려면 HTML5가 지원되는 브라우저를 사용하셔야 합니다.
HTML5 미지원 브라우저의 경우 분석결과가 제대로 나오지 않을 수 있습니다.
아래의 첫 화면은 현재 사용중인 브라우저가 HTML4를 지원하지 않을 경우에 나타납니다.



[HTML5 체크 : 첫 화면]

✓ 사용자 등록 / 로그인 체크

일조분석을 수행하시려면 로그인이 필요합니다.
로그인 전 사이트 상단의 등록을 클릭하여 사용자 등록을 수행합니다.
사용자 등록 후 등록하신 정보로 로그인을 하시면 일조분석 메뉴가 나타납니다.



[사용자 등록]



[로그인]

▪ 일조분석 수행하기

일조분석 수행하기 메뉴입니다.
일조분석 수행하기는 각 프로젝트 단위로 구분됩니다. (프로젝트 > 대안)

- 일조분석 수행하는 순서
  ① 프로젝트 추가
  ② 대안 추가
  ③ IFC 파일 업로드
  ④ 분석요청
  ⑤ 리포트 보기



1. 프로젝트

프로젝트는 추가 / 저장 / 삭제 / 신규 프로젝트 버튼이 있습니다.

추가 : 신규 프로젝트를 생성합니다. (프로젝트 추가시 활성)

저장 : 선택된 프로젝트의 정보를 수정합니다. (프로젝트 선택시 활성)

삭제 : 선택된 프로젝트를 삭제합니다. (프로젝트 선택시 활성)

신규 프로젝트 : 프로젝트를 추가하기 위한 새 페이지로 이동하며 입력란을 비웁니다.

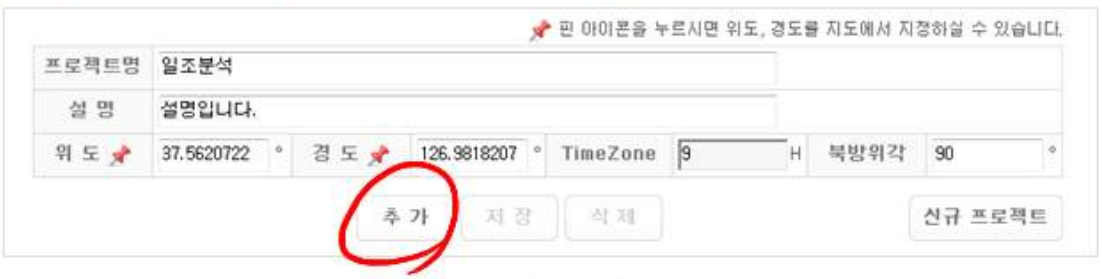


[프로젝트 정보 입력 영역]

- 추가

설명을 제외한 모든 항목은 필수사항입니다.

추가할 프로젝트의 정보를 입력하시고 추가버튼을 누릅니다.



[프로젝트 추가]

프로젝트명 : 프로젝트명을 입력합니다.

설명 : 프로젝트의 설명을 입력합니다.

위도 / 경도 : 위도와 경도를 입력합니다.

TimeZone : 자동으로 설정되어 있습니다. (입력 불가)

북방위각 : 북방위각을 입력합니다.

* 위/경도 입력시 위도, 경도 글자 옆의 빨간 핀 아이콘을 클릭하면 위도와 경도를 위치에 맞춰 입력해주는 지도가 나타납니다.

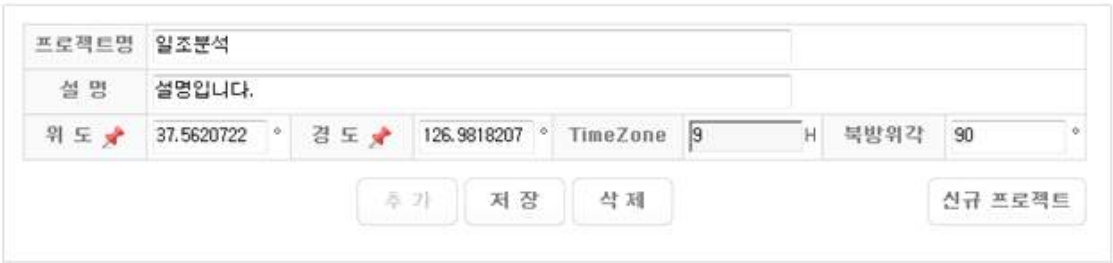


[위도/경도 입력지도]

* 프로젝트 추가시 대안 목록에 대안명 BaseCase로 대안이 자동생성됩니다.
해당 대안에는 IFC 파일이 추가되어있지 않고 대안명만 입력되어 생성되어있습니다.

- 수정

프로젝트 목록에서 프로젝트를 선택하면 해당 프로젝트의 정보와 프로젝트 하위의 대안목록을 불러옵니다. 선택된 프로젝트의 하위에 대안이 없을 시 대안목록에 아무것도 나타나지 않습니다. (수정, 삭제 버튼이 활성)



[프로젝트 수정]

해당 프로젝트의 하위에 대안이 존재할 경우 아래 그림과 같이 대안이 나타납니다.



[프로젝트 선택시 하위 대안목록]

- 삭제

삭제할 프로젝트를 목록에서 선택한 후 프로젝트 입력영역 아래의 삭제버튼을 누릅니다.
프로젝트는 한번 삭제하시면 복구할 수 없으니 경고글을 읽으신 후 진행하시기 바랍니다.
삭제하려면 확인 버튼을 누르시고, 삭제 취소하실 경우 리스트 버튼을 누릅니다.



[프로젝트 삭제 페이지]

- 신규 프로젝트

신규 프로젝트 버튼을 클릭하면 프로젝트 정보입력 영역 부분의 값을 모두 지우고, 프로젝트를 새로 추가할 수 있게 추가 버튼이 활성화됩니다.
(일조분석 수행하기 메뉴를 눌렀을때의 페이지와 동일해집니다.)

대안은 추가 / 수정 / 삭제 / 갱신 버튼이 있습니다.

추가 : 신규 대안을 생성합니다.

수정 : 선택된 대안의 정보를 수정합니다. (대안 선택시 활성)

삭제 : 선택된 대안을 삭제합니다. (대안 선택시 활성)

갱신 : 대안목록을 새로고침합니다. (분석상태를 새로고침하여 확인)



[대안목록]

- 추가 / 수정

추가 / 수정 버튼을 누르면 아래와 같은 창이 나타납니다.

대안 추가창에 대안명과 대안설명을 입력합니다.



[대안 추가하기]



[대안 수정하기]

- 삭제

삭제 버튼을 누르면 다음과 같은 페이지로 이동합니다.

대안은 한번 삭제하시면 복구할 수 없으니 경고글을 읽으신 후 진행하시기 바랍니다.

삭제하려면 확인 버튼을 누르시고, 삭제 취소하실 경우 리스트 버튼을 누릅니다.



[대안 삭제 페이지]

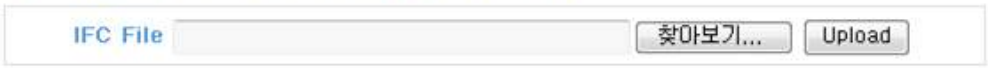
- 갱신

대안 목록을 새로 고침합니다.

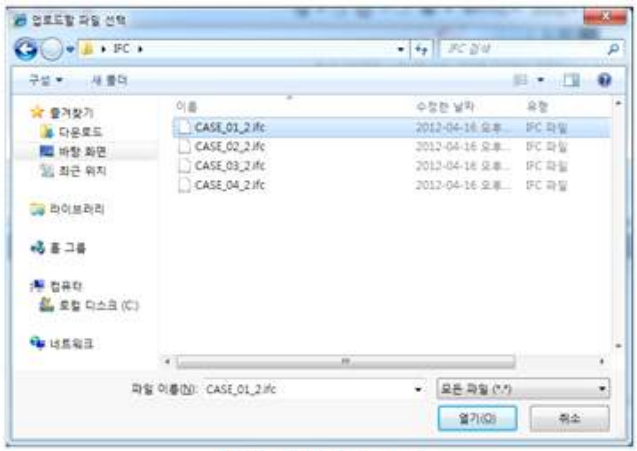
계산을 요청한 리스트가 있다면 요청한 대안목록의 분석 단계를 확인할 수 있고, 대안이 선택 해제됩니다.

3. IFC Upload

대안명과 설명을 추가하신 후 해당 대안을 선택하여 IFC 파일 업로드합니다.
대안을 선택 후 IFC 파일을 재등록할 경우 해당 대안에 파일이 덮어쓰여지게 됩니다.
(대안을 선택하지 않으시면 Upload 버튼이 활성되지 않습니다.)



[IFC File]



[IFC 파일 선택 창]



[대안추가 후 IFC 파일 Upload]

4. 계산요청

대안을 선택하면 계산요청이 활성화됩니다.
IFC 파일을 등록하지 않으면 계산요청 버튼이 활성화되지 않습니다.
계산 요청을 누르면 분석서버에 분석을 요청합니다.

대안의 분석상태는 다음과 같이 나타납니다.

* 분석완료과정

분석 전 : 분석 하기 전
분석요청 : 분석요청 중
계산 중 : 계산 중
결과파일 생성 : 계산 완료 후 생성 중
결과파일 수신 중 : 결과파일 수신 중
분석 완료 : 분석완료

* 분석 중 오류발생

분배서버 수신오류 : 분배서버 수신오류
최적서버 검색실패 : 최적서버 검색실패
계산요청 실패 : 계산요청 실패
결과파일 생성실패 : 결과파일 생성실패
결과파일 수신오류 : 결과파일 수신오류
분석 실패 : 분석실패

- 분석 중에 오류가 발생했을 경우, 관리자에게 연락해주십시오.
(단, 최적서버 검색실패시 계산요청을 다시 시도해주시기 바랍니다.)

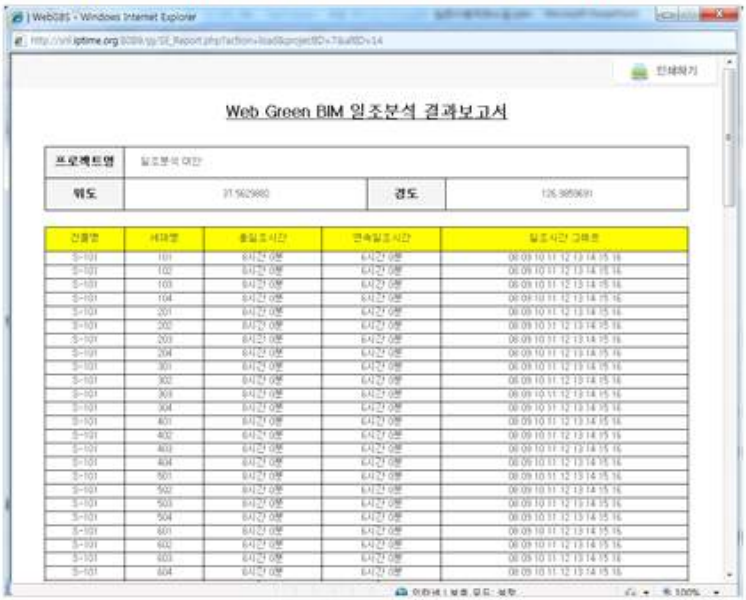
분석요청이 완료되면 다음과 같이 Status가 분석완료가 되고 리포트보기 버튼이 활성화됩니다.



[분석완료]

5. 리포트 보기

분석이 완료된 대안을 선택 후 리포트보기를 클릭하면 결과보고서가 새창으로 나타납니다.
리포트 보기창 상단의 인쇄하기 버튼을 클릭하면 리포트를 바로 인쇄할 수 있습니다.



[결과리포트(HTML5 미지원 브라우저)]



[결과리포트(HTML5 지원 브라우저)]

에너지분석 사용매뉴얼

▪ 에너지분석 계획

① 건축 CAD 모델 확인

② 건물의 위치 및 방위 확인

③ 건물 요소(외벽, 지붕, 바닥, 창문 등) 재료 및 물성치 확인

④ 공간(Core & Shell) 구성

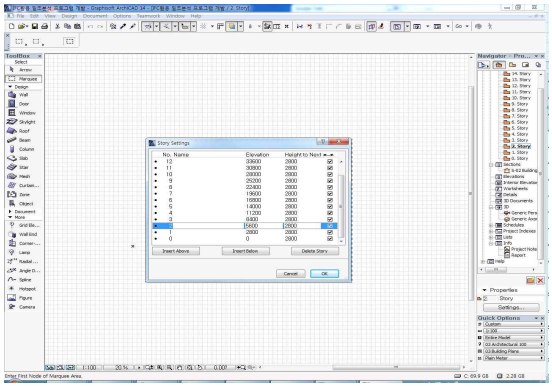
⑥ 공조 / 조명 / 설비 시스템 확인

▪ BIM 작성

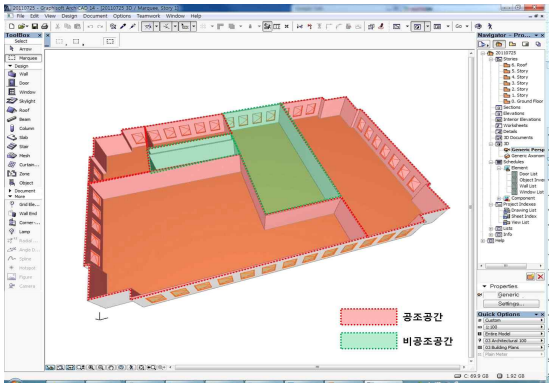
현재 사용하고 있는 BIM 전용 프로그램(Revit, ArchiCAD, MagiCAD 등)에서 분석대상 건물을 모델링(Modeling)을 합니다.

▪ BIM 모델링 및 IFC 추출

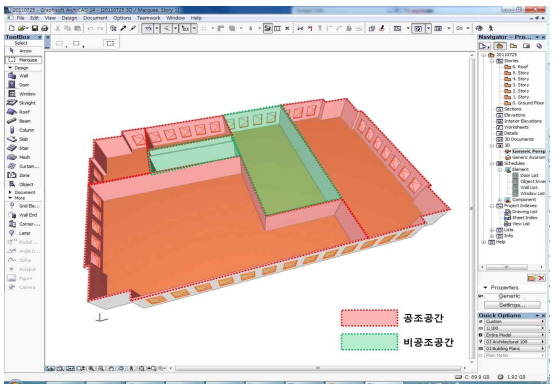
1) ArchiCAD에서 층 구분을 위하여 Story Settings을 합니다.
2) Story(층)별로 3D 모델링을 실시한다. 3D모델링 시 단순화를 위하여 공간의 구분은 공조공간과 비공조공간으로 나누어 모델링을 실시합니다. 만약, 각층의 평면이 같다면 모든 Story(층)에 복사하여 전체적인 하나의 건물을 만듭니다.
3) 저장 시 IFC 포맷(IFC 2x3)으로 저장합니다.
4) IFC 모델 뷰어를 통하여 Output이 정상적으로 생성되었는지 확인합니다.
5) 확인된 IFC 파일을 웹상의 분석 페이지에 업로드합니다.



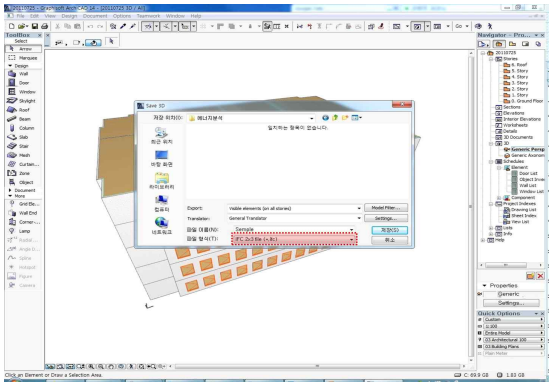
① Story Settings



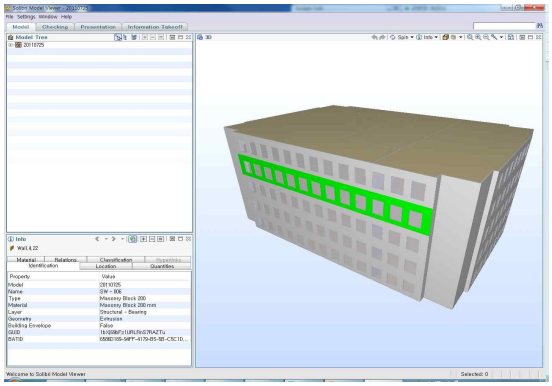
② 기준층 공간구분



③ 전체 3D 모델링



④ IFC 포맷으로 저장



⑤ IFC 모델 뷰어를 통한 모델 확인

▪ 에너지분석 수행 전 필수체크

✓ 에너지분석 수행 전에 체크사항

요청하신 분석데이터의 결과를 확인하시려면 HTML5가 지원되는 브라우저를 사용하셔야 합니다.
HTML5 미지원 브라우저의 경우 분석결과가 제대로 나오지 않을 수 있습니다.
아래의 첫 화면은 현재 사용중인 브라우저가 HTML4를 지원하지 않을 경우에 나타납니다.



[HTML5 체크 : 첫 화면]

✓ 사용자 등록 / 로그인 체크

에너지분석을 수행하시려면 로그인이 필요합니다.
로그인 전 사이트 상단의 등록을 클릭하여 사용자 등록을 수행합니다.
사용자 등록 후 등록하신 정보로 로그인을 하시면 에너지분석 메뉴가 나타납니다.



[사용자 등록]



[로그인]

▪ 에너지분석 수행하기

에너지분석 수행하기 메뉴입니다.
에너지분석 수행하기는 각 프로젝트 단위로 구분됩니다.(프로젝트 > 대안)

- 에너지분석 수행하는 순서

① 프로젝트 추가
② 대안 추가
③ IFC 파일 업로드
④ 재질지정
⑤ HVAC 설정
⑥ 분석요청
⑦ 리포트 보기



1. 프로젝트

프로젝트는 추가 / 저장 / 삭제 / 신규 프로젝트 버튼이 있습니다.

추가 : 신규 프로젝트를 생성합니다. (프로젝트 추가시 활성)

저장 : 선택된 프로젝트의 정보를 수정합니다. (프로젝트 선택시 활성)

삭제 : 선택된 프로젝트를 삭제합니다. (프로젝트 선택시 활성)

신규 프로젝트 : 프로젝트를 추가하기 위한 새 페이지로 이동하며 입력란을 비웁니다.

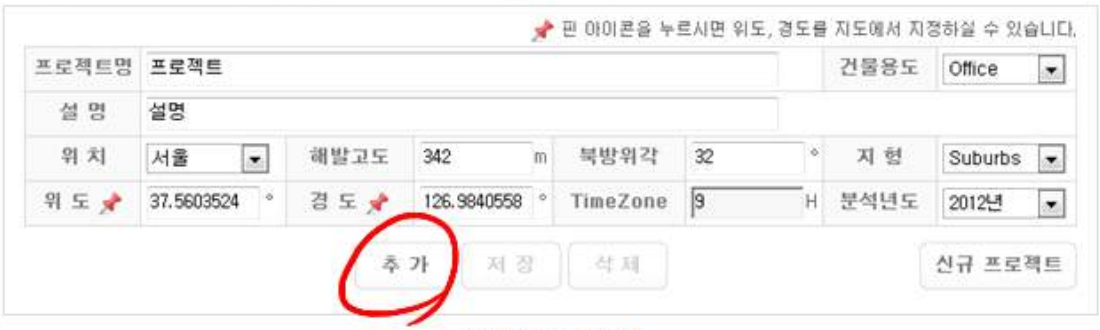


[프로젝트 정보 입력 영역]

- 추가

설명을 제외한 모든 항목은 필수사항입니다.

추가할 프로젝트의 정보를 입력하시고 추가버튼을 누릅니다.



[프로젝트 추가]

프로젝트명 : 프로젝트명을 입력합니다.

설명 : 프로젝트의 설명을 입력합니다.

건물용도 : 건물의 용도를 선택합니다.

위치 : 위치를 선택합니다.

해발고도 : 해발고도를 입력합니다.

북방위각 : 북방위각을 입력합니다.

지형 : 지형을 선택합니다.

위도 / 경도 : 위도와 경도를 입력합니다.

TimeZone : 자동으로 설정되어 있습니다. (입력 불가)

분석년도 : 분석년도를 선택합니다.

* 위/경도 입력시 위도, 경도 글자 옆의 빨간 핀 아이콘을 클릭하면 위도와 경도를 위치에 맞춰 입력해주는 지도가 나타납니다.



[위도/경도 입력지도]

* 프로젝트 추가시 대안 목록에 대안명 BaseCase로 대안이 자동생성됩니다.
해당 대안에는 IFC 파일이 추가되어있지 않고 대안명만 입력되어 생성되어있습니다.

- 수정

프로젝트 목록에서 프로젝트를 선택하면 해당 프로젝트의 정보와 프로젝트 하위의 대안목록을 불러옵니다. 선택된 프로젝트의 하위에 대안이 없을 시 대안목록에 아무것도 나타나지 않습니다. (수정, 삭제 버튼이 활성)



[프로젝트 수정]

해당 프로젝트의 하위에 대안이 존재할 경우 아래 그림과 같이 대안이 나타납니다.



[프로젝트 선택시 하위 대안목록]

- 삭제

삭제할 프로젝트를 목록에서 선택한 후 프로젝트 입력영역 아래의 삭제버튼을 누릅니다.
프로젝트는 한번 삭제하시면 복구할 수 없으니 경고글을 읽으신 후 진행하시기 바랍니다.
삭제하려면 확인 버튼을 누르시고, 삭제 취소하실 경우 리스트 버튼을 누릅니다.



[프로젝트 삭제 페이지]

- 신규 프로젝트

신규 프로젝트 버튼을 클릭하면 프로젝트 정보입력 영역 부분의 값을 모두 지우고, 프로젝트를 새로 추가할 수 있게 추가 버튼이 활성화됩니다.
(에너지분석 수행하기 메뉴를 눌렀을때의 페이지와 동일해집니다.)

2. 대안

대안은 추가 / 수정 / 삭제 / 갱신 버튼이 있습니다.

추가 : 신규 대안을 생성합니다.

수정 : 선택된 대안의 정보를 수정합니다. (대안 선택시 활성)

삭제 : 선택된 대안을 삭제합니다. (대안 선택시 활성)

갱신 : 대안목록을 새로고침합니다. (분석상태를 새로고침하여 확인)



[대안목록]

- 추가 / 수정

추가 / 수정 버튼을 누르면 아래와 같은 창이 나타납니다.

대안 추가창에 대안명과 대안설명을 입력합니다.



[대안 추가하기]



[대안 수정하기]

- 삭제

삭제 버튼을 누르면 다음과 같은 페이지로 이동합니다.

대안은 한번 삭제하시면 복구할 수 없으니 경고글을 읽으신 후 진행하시기 바랍니다.

삭제하려면 확인 버튼을 누르시고, 삭제 취소하실 경우 리스트 버튼을 누릅니다.



[대안 삭제 페이지]

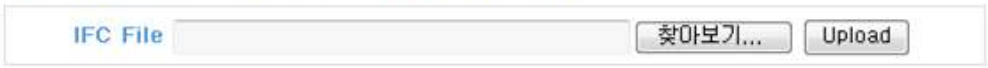
- 갱신

대안 목록을 새로 고침합니다.

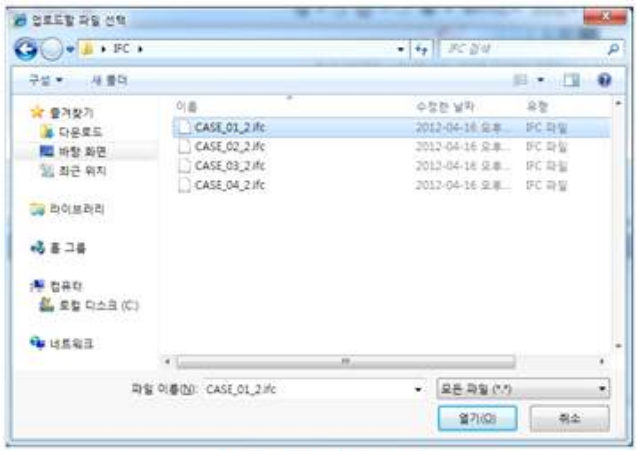
계산을 요청한 리스트가 있다면 요청한 대안목록의 분석 단계를 확인할 수 있고, 대안이 선택 해제됩니다.

3. IFC Upload

대안명과 설명을 추가하신 후 해당 대안을 선택하여 IFC 파일 업로드합니다.
대안을 선택 후 IFC 파일을 재등록할 경우 해당 대안에 파일이 덮어쓰여지게 됩니다.
(대안을 선택하지 않으시면 Upload 버튼이 활성되지 않습니다.)



[IFC File]



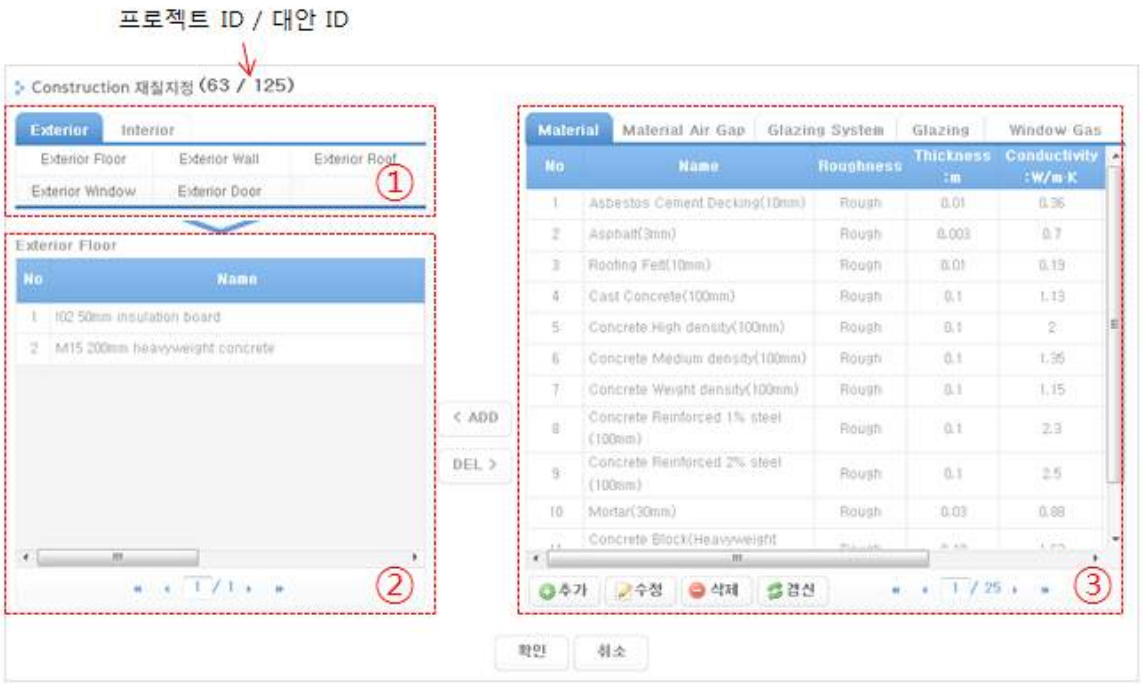
[IFC 파일 선택 창]



[대안추가 후 IFC 파일 Upload]

4. 재질지정

IFC 파일을 업로드 한 후 대안을 선택하고 대안목록 아래 재질지정 버튼을 누릅니다.
재질지정을 누르면 자동으로 추가된 기본재질이 나타납니다. (대안 추가시 자동추가됨)



상단에는 현재 재질을 지정할 프로젝트 ID와 대안 ID를 보여줍니다.
① 지정할 재질분류탭입니다.
② 사용자가 추가한 재질분류의 목록입니다.
③ 재질별 목록입니다.

ADD : 재질을 선택하여 우측의 재질목록에서 좌측의 사용자 재질목록으로 추가합니다.
DEL : 좌측의 사용자 재질목록에서 재질을 선택하여 삭제합니다.

- 재질분류탭

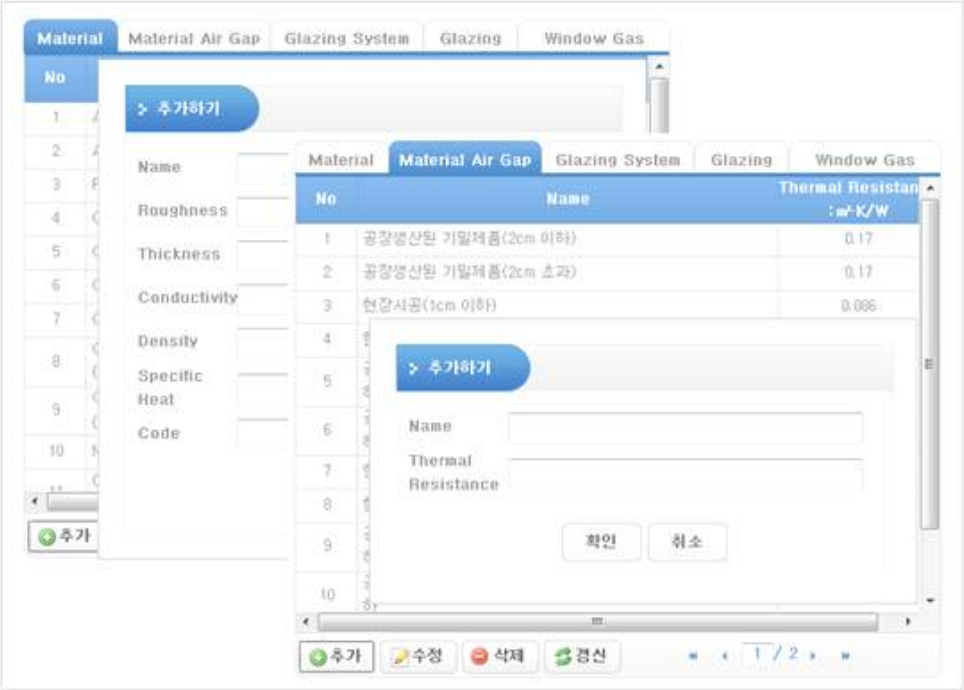
Exterior / Exterior Floor, Exterior Wall, Exterior Roof, Exterior Window, Exterior, Door
Interior / Interior Floor, Interior Wall, Interior Roof, Interior Window, Interior Door

- 재질추가

우측의 재질목록에는 사용자가 필요한 재질을 직접 추가할 수 있습니다.

우측 재질목록의 하단에 위치한 추가버튼을 누르면 재질탭의 항목마다 다르게 추가창이 나타납니다.

* 사용자가 우측에 추가하는 재질은 추가한 사용자의 목록에만 나타납니다.



[재질목록 추가]

- 재질수정

우측의 재질목록에서 수정할 재질을 선택하고 하단에 위치한 수정버튼을 누르면 선택한 재질의 값이 나타납니다.

재질 값을 수정하고 확인을 누르면 선택한 재질이 수정됩니다.

* 기본 재질을 선택한 후 수정할 경우 가장 마지막 리스트에 수정한 재질이 수정한 값으로 추가됩니다.

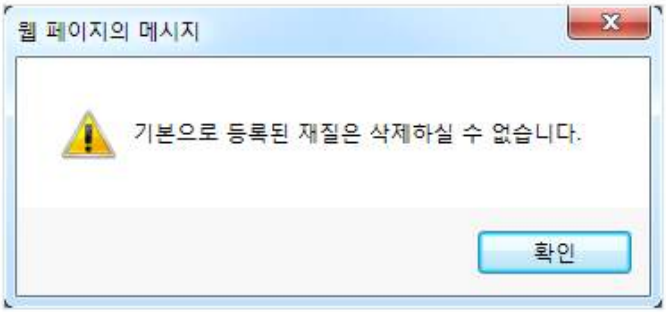


[재질수정]

- 재질삭제

삭제할 재질을 선택한 후 우측의 재질목록 하단에 위치한 삭제버튼을 삭제됩니다.

* 단, 기본으로 등록된 재질은 삭제되지 않고 아래와 같은 경고창이 나타납니다.



[삭제 경고창]

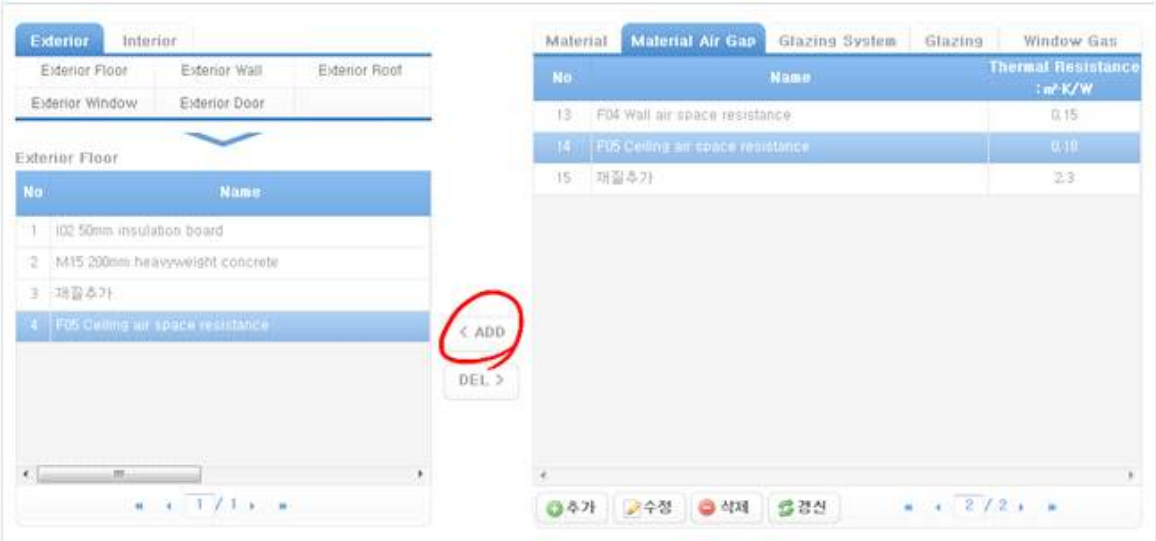
- 갱신

갱신을 누르면 우측의 재질목록이 새로고침됩니다.

- ADD

재질을 지정합니다.

우측의 재질목록에서 해당 대안에 지정할 재질을 선택한 후 좌측의 분류탭을 선택하고 ADD 버튼을 누릅니다. ADD 버튼을 누르면 우측 목록에서 선택한 재질이 좌측 재질지정 목록으로 추가됩니다.



[재질 ADD]

- DEL

좌측의 재질지정목록에서 삭제할 재질을 선택하고 DEL 버튼을 누르면 재질이 삭제됩니다.

선택한 대안에 지정할 재질을 모두 지정한 후 페이지 하단의 확인버튼을 누르면 저장되어 프로젝트 페이지로 이동합니다.

5. HVAC 설정

대안을 선택한 후 HVAC 설정을 HVAC 설정 버튼을 클릭하면 아래와 같은 HVAC 설정 페이지로 이동합니다. 이 때, 대안에 IFC 파일을 등록되지 않으면 HVAC 버튼이 활성화되지 않습니다.

Conditioned Zone List에는 선택된 대안에 등록한 IFC 파일에 의해 층수가 계산되어 나타납니다.
아래의 항목에 맞게 HVAC 설정값을 입력합니다.
아래의 이미지는 기본으로 설정된 값입니다.



[HVAC 설정 페이지]

HVAC의 값을 모두 입력 후 확인버튼을 누르면 HVAC 값이 설정되고 프로젝트 페이지로 이동합니다.

6. 계산요청

대안을 선택하면 계산요청이 활성화됩니다.
IFC 파일을 등록하지 않으면 계산요청 버튼이 활성화되지 않습니다.
계산 요청을 누르면 분석서버에 분석을 요청합니다.

대안의 분석상태는 다음과 같이 나타납니다.

* 분석완료과정

분석 전 : 분석 하기 전
분석요청 : 분석요청 중
계산 중 : 계산 중
결과파일 생성 : 계산 완료 후 생성 중
결과파일 수신 중 : 결과파일 수신 중
분석 완료 : 분석완료

* 분석 중 오류발생

분배서버 수신오류 : 분배서버 수신오류
최적서버 검색실패 : 최적서버 검색실패
계산요청 실패 : 계산요청 실패
결과파일 생성실패 : 결과파일 생성실패
결과파일 수신오류 : 결과파일 수신오류
분석 실패 : 분석실패

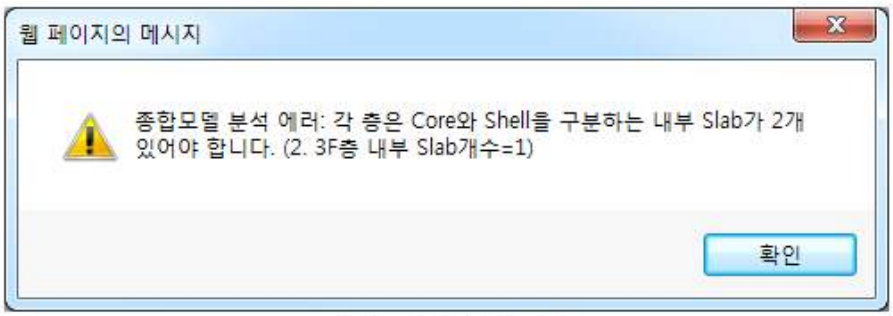
- 분석 중에 오류가 발생했을 경우, 관리자에게 연락해주십시오.
(단, 최적서버 검색실패시 계산요청을 다시 시도해주시기 바랍니다.)

분석요청이 완료되면 다음과 같이 Status가 분석완료가 되고 리포트보기 버튼이 활성화됩니다.



[분석완료]

계산요청시 IFC 파일이 IDF 파일로 자동으로 변환되어 계산을 요청하는데, IFC 파일이 잘못되어 있을 경우 해당 문제점이 경고창으로 나타나며 분석은 요청되지 않습니다. 이 경우 IFC 파일을 경고에 따라 수정한 후 재등록하고 계산요청을 하십시오.
아래는 IDF 변환 중 발생한 오류의 예입니다.



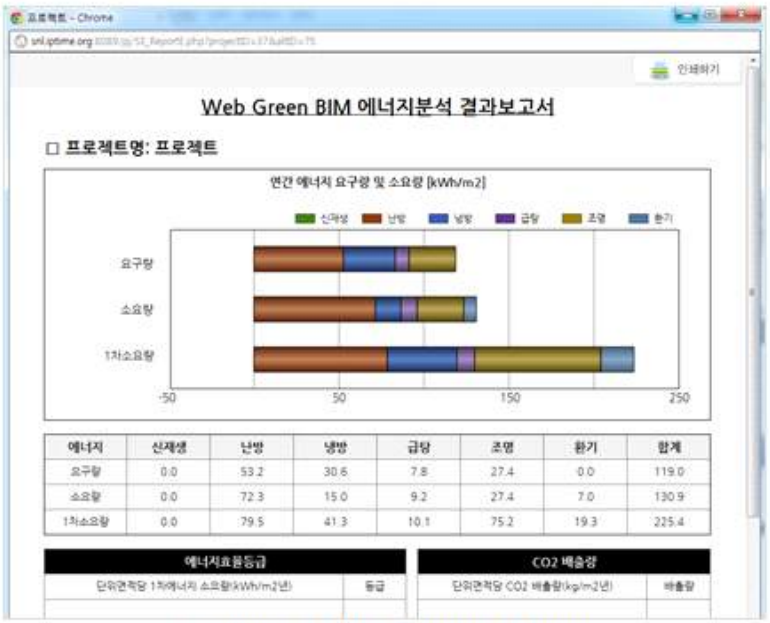
[계산요청 중 발생오류]

7. 리포트 보기

분석이 완료된 대안을 선택 후 리포트보기를 클릭하면 결과보고서가 새창으로 나타납니다.
리포트 보기창 상단의 인쇄하기 버튼을 클릭하면 리포트를 바로 인쇄할 수 있습니다.



[결과리포트(HTML5 미지원 브라우저)]



[결과리포트(HTML5 지원 브라우저)]

부록 2

Web기반 Green BIM System

-자문보고서-

Sun & Light
Architectural Consulting Group

자 문 의 견 서 (DB구축)

소 속	울산대학교	이 름	유 호 천

1) 에너지분석 시 기상데이터 구축이 필요하게 되는데 현 태양에너지학회의 기상데이터 구축현황은 어떠한가요.
→ 1985년~2006년의 20년 기상데이터 구축(11개 지역)
→ 20년 또는 30년 데이터로 구축할지 진행 중
(1980~2010, 1990~2010)

2) 앞으로 기상데이터 구축방향 및 장기적 비젼은 무엇인가요.
→ 기상청 자료를 Low data화
→ 타 연구과제를 통해 추후 5년간 연구 진행할 예정
→ 11개 지역만 지속적으로 연구

3) 태양에너지학회 자료와 다른 기상데이터자료의 비교분석 시 어떠한 차이가 있었는지요.
→ 앞으로 지속적으로 연구 논문 및 자료가 나올 예정임
→ 방위별 일사량 측정에 관한 연구 진행 예정

4) 기상데이터 중 일사량에 대해 직산분리를 어떻게 처리했는지요.
→ 에너지기술연구원 : 기상데이터 측정에 관한 지침 매뉴얼 확인
→ 학회에서 일사량 직산분리는 하지 않으며 에기원에서 일사량을 직산분리하여 5년간 측정 중

5) 기상자료 관련하여 태양에너지학회와 MOU체결을 통해 연구진행이 가능한가요?
→ MOU 체결보다는 추후 프로젝트 진행시 협업을 통해 연구진행
→ 본 연구과제의 기상데이터 구축은 태양에너지학회 기상데이터를 활용하여 진 행하는 것이 바람직

6) [Web기반 Green BIM System개발]과제에서 기상데이터 구축방향에 대해 어떻게 진행하는 것이 바람직한지 의견 부탁드립니다.
→ 일반인이 쉽게 접근할 수 있는 프로그램 개발이 되도록 할 것
→ 누구나 확인할 수 있는 분석용 tool 사용(예-DOE-2, EnergyPlus 등)
→ 구체적인 변수 값을 사용할 수 있도록 연구진행 필요
→ 변수값은 각 에너지 해석 프로그램에서 사용하는 값을 포함시켜 분석흐름을 개발할 수 있도록 하는 것이 바람직

소 속	한양대학교	이 름	송규동

◇ 작업단계마다 바로 저장 및 확인할 수 있도록 구성

◇ DB구축시 확장할 수 있도록 구축하며, BSK(빌딩스마트코리아)포맷을 활용

◇ 기상데이타의 경우 측정된 데이터 활용을 통해 분석하는 것이 바람직하므로 기상청 데이타를 정리한 한국태양에너지학회 자료를 분석에 적합하도록 가공하는 것이 필요함

◇수요자예측(수요계층과 빚요한 정보)을 설계사를 대상으로 설문조사를 통해 수요자요구를 반영한 도구가 될 수 있도록 함

◇분석단계별 진행사항을 표시하여 설계자가 프로젝트분석의 단계별 진행사항을 파악할 수 있게 하며 분석이 종료된 후 error를 알려주는 것이 아니라 각 단계에서 발생하는 error를 보여줌으로써 분석에 영향을 주는 에러발생율을 감소시킬 수 있도록 하여야 함

1단계	2단계	3단계	4단계	5단계

◇ 불필요한 작업이 웹에서 이루어지지 않도록 기본포맷은 수요자에게 제공하는 것이 필요

◇ 추후 실용화를 고려한다면 개발된 도구의 표현언어는 영어로 작성

◇ 일조 및 에너지 이외의 환경분석분야를 추가시킬 수 있도록 각 분석간
영향을 고려하여 개발하는 것이 필요

자 문 의 견 서 (2차년도 연구진행)

소 속	한양대학교	이 름	김정선

◇ 서버구축시 KT와 같은 데이터센터를 활용하여 데이터백업이나 보안, 안정적인 운영이 될 수 있도록 방안모색 필요

◇ 본 과제가 웹서비스를 환경분석을 수행할 수 있도록하는 것인데 이에 대한 당위성을 제시하는 것이 과제발표시 필요함

◇ 웹에서 체크할 수 있는 프로그램을 다운받아서 기본적인 사항을 입력 및 체크해서 웹으로 다시 올릴 수 있도록 하여 분석시간을 단축 할 수 있도록 하는 것이 필요

◇ Active X를 사용하지 않도록 연구를 진행

◇ 웹서버방식과 분석프로그램방식이 다른 경우 연동이 가능

◇ 다양한 인터페이스를 사용하는 것이 바람직

자 문 의 견 서 (2차년도 연구진행)

소 속	안산1대학	이 름	김규환

◇ Stand alone에서 filtering하여 분석만 웹에서 구현하는 것도 고려

◇ 웹에서 프로그램 다운받아 포맷에 맞게 처리후 웹에 올리는 방법도 고려

◇ 설계초기단계에서 에너지시뮬레이션을 위해 모델링하는 방법제시

◇ 각각의 건축모델링 도구에서 모델링하는 방법, IFC로 내보내는 포맷을 분석하여 각 모델링도구에서 분석에 적합한 모델링가이드를 제시하는 것이 필요함

연구과제 자문보고서

1. 자문과제명 : Web기반 Green BIM System 개발
   -설계초기단계의 일조 및 에너지분석 도구개발-
2. 청구금액 :
3. 입금계좌번호(은행) :
4. 과제자문내용

자문일시	2010년 8월 19일 오후5시 ~ 7시		
자문장소	양재 EL타워 데이지홀		
자문자소속	Illinois Institute of Technology 건축학과.	자문자직책	정교수.
자문내용	(상세 자문자료는 별도 첨부 바람)		

- 연구의 필요성
- 연구범위 및 목표
- 연구 개발 내용
- 개발 기술 및 내용

위와 같이 과제자문을 실시하였고 과제자문비를 청구합니다.

2010년 8 월 19 일

연구과제자문자 : 고 동 환

Sun & Light 썬앤라이트 연구책임자 김 민 성

자 문 의 견 서 (연구과제 계획)

소 속	Illinois Institute of Technology	이 름	고 동 환

자 문 의 견

- 연구과제의 focus 단계.
  : 초기 단계 혹은 최종 단계인지. (혹은 Beginner, Expert 두 버전 version 을 고려하고 있나?)
- 연구 과제의 필요성.
  - 특히 초기 단계에서 일조 · 건물 에너지 평가는 중요.
  - 현재 이를 위한 Tool 및 기반이 부족한 실정.
  - 특히 BIM 을 통한 건물 성능 평가가 향후 건축계 전반에서 핵심적 요소로 자리잡을 것으로 보임.
  - 초기 설계 툴은 AE. 엔지니어링 회사에도 도움이 될 것으로 사료됨.
- 각 기본 설정 조건에 대한 고려.
  - 기상 데이터.
  - 심볼 혹은 건축법 Schedule 설정.
  - 건축 타입
    ↓
  : 초기 단계인만큼 Typical 한 기준이 고려.

자 문 의 견 서 (1차년도 연구성과)

소 속	Illinois Institute of Technology	이 름	고 동 환

자 문 의 견

- 제안.
  - 단순 정의가 아닌 여러 안들을 고려하고 평가하는 Interface 요구.
  - 특히 초기 단계에서 고려되는 안들 각각 안에 대한 정의를 비교 · 평가하는 방안 필요.
- 건물 스케줄.
  - 주거 · 학교 기준은 비교하여, 일반적이고 합리한 스케줄이 요구. (신 or Building Type)
  (초기 건축가의 Building Type, schedule 에 대한 요구? 적으로, 일반적인 값은 입력자가 어떻게만, 수정?)
- 건물 타입 Database.
  - 기준이 없는 안들. Typical 한 수치 선정 필요.
  - 특히 건축가가 초기 단계에서 일반적인 선정을 통해 확인하는 안들 이에 대한 고려가 필요.
- 일조권
  - 다양한 software 의 비교 · 분석 기능들.
  - 평가를 위한 해당 객체 (혹은 세대 or 창) 등 이에대한 Interface 적용 고려.
  - 앞서 언급하였듯이 Web 기반 그리고 BIM 의 특성을 이용하여 으로써 사용자 편의성면 고려가 중요하다고 봅니다.

연구과제 자문보고서

1. 자문과제명 : Web기반 Green BIM System 개발
-설계초기단계의 일조 및 에너지분석 도구개발-
2. 청구금액 :
3. 입금계좌번호(은행) :
4. 과제자문내용

자문일시	2010년 8월 20일 오후7시 ~ 9시		
자문장소	썬앤라이트 회의실		
자문자소속	인산1대학 건축디자인부	자문자직책	부교수
자문내용	(상세 자문자료는 별도 첨부 바람)		

1. Web 기반 Green BIM 시스템이 효율적이 설계초기 단계에서 자유자재로 활용되는 것이 중요함.
2. 신뢰성 있는 DB는 기존시스템 보다는 더욱 다양한 지재 DB 구축이 필요함.

위와 같이 과제자문을 실시하였고 과제자문비를 청구합니다.

2010년 8월 20일

연구과제자문자 : 김 규 한 (서명)

썬앤라이트 연구책임자 김 민 성

자 문 의 견 서 (1차년도 연구성과)

소 속	인산1대학 건축디자인부	이 름	김 규 한

자 문 의 견

1. Web 기반 Green BIM 시스템이 효율적이 활용되기 위해서는 설계초기 단계라는 용어에 대한 명확한 정의 및 가이드라인이 필요함.
2. IFC Model에 대한 Upload 기능이 필요함.
3. 급변한 시장 변화로 인해 Web기반 분석 System은 환경 변화의 흐름에 맞추어 업그레이드 가능한 구조로 개발되어야 함. 운영후 유지성은 지속적으로 개선하여 시대 변화에 부응되는 시스템으로 Update 될 수 있어야 함.

자 문 의 견 서 (연구과제 계획)

소 속	인산1대학 건축디자인부	이 름	김 규 한

자 문 의 견

1. 연구 과제중 환경형 Revit 전용 모델을 개발하기 설계 초기 단계에 있어서 환경분석을 수행하여 결과물은 추출하기 보다는 기존 기상 데이터를 활용하는 것이 바람직한 것으로 사료됨.
2. Web 상에 이와 같은 Service를 통해 손쉽게 설계초기단계에서 설계 초기 단계이 효율이 이루어진다면 설계자 의뢰한 Client 마다 상황에 맞는 프로젝트 수행에 많은 도움이 이루어 질 것으로 사료됨.

연구과제 자문보고서

1. 자문과제명 : Web기반 Green BIM System 개발
-설계초기단계의 일조 및 에너지분석 도구개발-
2. 청구금액 :
3. 입금계좌번호(은행) :
4. 과제자문내용

자문일시	2010년 8월 19일 오후5시 ~ 7시		
자문장소	양재 EL타워 데이지홀		
자문자소속	한양대학교 친환경건축연구소	자문자직책	연구교수.
자문내용	(상세 자문자료는 별도 첨부 바람)		

1. GBS의 사용주체 및 Target Group 설정.
2. Data 호환성
3. Interface의 용이성.

위와 같이 과제자문을 실시하였고 과제자문비를 청구합니다.

2010년 8 월 19 일

연구과제자문자 : 김 형일.

sun & light 썬앤라이트 연구책임자 김 민 성

자 문 의 견 서 (연구과제 계획)

소 속	한양 대학교	이 름	김 형일.

자 문 의 견

Web 기반의 GBS는 현재 건축 및 건설분야의 큰 패러다임 업무환경 변화라는 의미에서 볼때 매우 시기적절한 연구라고 생각됩니다.

건축 및 건설분야에서의 BIM 활용이 다른 공업분야와 비교하였을시 오히려 뒤쳐져 있다고 사료되어지며 친환경 건축, 지속가능성 평가등 국내 및 국외의 모든 경우에서도 가장 중요한 요소로 설계에 적용하여 건축물의 성능을 정확히 예측하고 평가하는 기술을 확보하고 또 이에 따른 시장을 선점하는 것이 중요 합니다.

친환경 건축을 위한 전문적인 프로그램들이 개발되어 사용되고 있습니다만 대부분 해외에서 개발되어 사용상 어려움들이 있어왔으며 데이터 들의 정확성 혹은 적용가능성에 문제점들이 지적되고 있는 시점에서 본 연구과제도 Web 기반으로 개발하여 비교적 쉽고 저 비용으로 친환경 성능을 예측하고 평가 할수있는 Tool을 개발 하는데 큰 의의가 있다고 할수 있으며 BIM을 적극 활용함으로서 정보로 공유하여 중복되는 업무를 매우 효율적으로 수행할수 있을 것으로 사료됩니다.

자 문 의 견 서 (1차년도 연구성과)

소 속	한양 대학교	이 름	김 형일.

자 문 의 견

1. 서로게 개발되어지는 Web 기반의 GBS의 사용주체를 명확하게 설정하여 BIM 모델링 작업시 포함되는 데이터 양을 줄이고 불필요한 에너지 성능평가 이외의 불필요한 데이터 들을 filtering 할수 있어야 하겠습니다.

2. IFC 기반의 Data를 주 데이터 포맷으로 설정하였는데 현재 시점에서 문제가 되는 Data 호환성을 파악하여 Data의 호환문제를 완벽하게 처리할수 있도록 하여야 겠습니다.

3. 현재의 시스템들은 Interface가 복잡하고 교육에 많은 시간을 할애하여야 합니다. Web 기반으로 개발되어지므로 Interface가 용이하게 개발되어 쉽게 이용이 되도록 개발되어야 겠습니다.

연구과제 자문보고서

1. 자문과제명 : Web기반 Green BIM System 개발
   -설계초기단계의 일조 및 에너지분석 도구개발-
2. 청구금액 :
3. 입금계좌번호(은행) :
4. 과제자문내용

자문일시	2010년 8월 20일 오후7시 ~ 9시		
자문장소	썬앤라이트 회의실		
자문자소속	디자인플랫츠	자문자직책	실장
자문내용	(상세 자문자료는 별도 첨부 바람)		

1. 현재 나에게 필요한 수학은 무엇인지 수학적 구현 데이터베이스 설계하여 웹 기반 시스템 구축에의 접목 방안
2. 유저들이 활용하는 툴에서 사용자 불편, 활용방안 보강 방안
3. 에너지 효율등급에 관계없는 건축물의 에너지 성능 향상

위와 같이 과제자문을 실시하였고 과제자문비를 청구합니다.

2010년 08 월 20 일

연구과제자문자 : 이 병현

Sun & Light 썬앤라이트 연구책임자 김 민 성

자 문 의 견 서 (1차년도 연구성과)

소 속	디자인플랫츠	이 름	이 병현

자 문 의 견

1. 소형 설계사무소에서도 활용 가능하도록 대중화, 1) 에너지 성능 향상을 위한 건물주의 추가부담 비용 2) 에너지 성능을 위한 대안 옵션(예시)가 경과 데이터와 함께 제시될 수 있는지 여부를 검토하여 주시길 부탁드립니다.
2. 각각 데이터베이스 구축이 필요시 주변 자재(유리, 단열재/커튼월) 에 대한 데이터 설정 방법 (U-value, g-value, 가시광선 반사율/투과율 등) 을 명확하게 숙지해야 할 것입니다.
3. IFC 뷰어 상에서의 개량적인 provide를 제시하고, 버튼화 하여야, user (설계사무소) 들이 참여를 적극적으로 하는 예상됩니다.
4. 일조분석과 에너지 시뮬레이션이 동일 IFC 환경에서 진행되는지 여부와, 오염성의 강화 방식에 대한 가이드가 제시되어야 할 것으로 생각됩니다.
5. 추후 실제 시스템을 반영하여 에너지 사용량 예측이 되고, 에너지 효율 등급 획득이 가능한 ≠ 프로그램 구축이 되었으면 합니다.

자 문 의 견 서 (연구과제 계획)

소 속	디자인플랫츠	이 름	이 병현

자 문 의 견

1. 현재 상태에서 기상 데이터, 재료 물성치, 옵션별 금액 DB 정보 부분이 제외되어 있습니다. 향후 에너지 성능을 중심으로 해서 기상 데이터 베이스 구축이 진행되고 있으므로, 이를 활용하고, 에너지 효율 등급 기준 모델인 DIN V4599 기준을 준용하되, 등급 구분 등과 같은 해석을 위해서 기준 설정 추가하여 각 재료 물성치 DB 구축이 더욱 확장 되고, 활용성을 극대화하는 향후 기반 설계 시스템 구축이 더욱 심화하는 것이 연구 성과 확보에 유리하다고 봅니다.
2. 최대 한정된 사용자에서 개발에서 유저에 대한 고려와 분석이 충분하지 않아, 향후 프로그램 개발 시 사용자에 대한 불편과 사용자 요구 분석, 사용자 활용 메뉴의 더욱 직관적인 구성과의 활용도를 높이는 방안은 강구해야 할 것 같습니다.
3. 에너지 효율 개념이 없이도 독자적인 에너지 효율개념이 이식되면, 사용가능한 에너지 효율등급 정보라고, 이론 IFC 범위 정보만 영향하는 단열재, 창호재 등등 비교 검토 위 보완을 권장합니다.
4. 현재 에너지 효율등급 미시 건물을 에너지 효율등급 인증하여 그리고 별 기술으로 건축 건물의 적용 기술 요소와 함께 사용을 용이하고 있어, 설계 사무실에서 활용할 수 있도록 2011년 (과제종료) 까지 개발을 조기 수행하고, 최종 완료되면 사용자 검증에 참여하는 것이 업계의 현황으로 극복하는 방안일 것 같습니다.

연구과제 자문보고서

1. 자문과제명 : Web기반 Green BIM System 개발
   -설계초기단계의 일조 및 에너지분석 도구개발-
2. 청구금액 :
3. 입금계좌번호(은행) :
4. 과제자문내용

자문일시	2010년 8월 19일 오후5시 ~ 7시		
자문장소	양재 EL타워 데이지홀		
자문자소속	GS건설	자문자직책	선임연구원
자문내용	(상세 자문자료는 별도 첨부 바람)		

- Web 기반의 예초기설계단계의 일조 및 에너지 분석 도구의 개발은 BIM 기술과 에너지 효율 분석 기술과의 연동(연계) 라는 관점에서 반드시 요구되는 것으로 사료됨.
- 시공사 관점에서 건물 설계주기에 걸친 그린건설을 위해서는 초기~~설계~~ 단계에서 에너지 효율이 높은 건물들의 설계뿐가 절적 그린건설 구축을 위해 대단히 중요함.

위와 같이 과제자문을 실시하였고 과제자문비를 청구합니다.

2010년 8 월 19 일

연구과제자문자 : 정 연석 (서명)

Sun & Light 썬앤라이트 연구책임자 김 민 성

자 문 의 견 서 (연구과제 계획)

소 속	GS건설	이 름	정연석

자 문 의 견

- 연구주제의 ~~적합성~~ 필요성 및 목표의 적합성 : BIM 기술의 도입으로 방대한 건물정보가 생산되는 시점에, 건물정보를 이용하여 건물의 에너지 성능을 분석하는 툴의 개발이 절실히 요구됨. 단, 기존 해석 프로그램과의 차별성을 고려하여 구체성있게 부합하도록 개발할 필요성이 있음.
- 연구개발 방법의 적합성 : 전체적인 연구수행 방법은 타당하다고 사료됨. 부가적으로 건물정보와 해석정보간의 연관관계에 대한 ~~범위를~~ 보다 심도 깊은 연구가 필요함.
- 연구기간 및 연구비 적합성 : 그린건설 구축을 목표로 한다면 연구기간과 연구비가 부족하다고 판단됨. 그러나 현재의 연구범위를 고려하여 타당할 것으로 사료됨.

자 문 의 견 서 (1차년도 연구성과)

소 속	GS건설	이 름	정연석

자 문 의 견

- Green BIM System 개발을 효과적이고 실질적인 결과를 도출 하기 위해서, 크게 세부분에 대한 고려가 중요함.

① 명확한 해석 목적 및 적용 범위.
- BIM 모델을 통해 획득하고자 하는 정보의 추출
- 요구되는 정보가 IFC 에서 제공되는지에 대한 여부.
- 추가로 요구되는 정보를 IFC에를 통해 전달 가능하도록 구성.

② 설계자를 위한 모델링 가이드
- 초기설계단계에 대한 정의
- BIM 툴별 모델링 가이드 (GSA 가이드 참조)

③ 건물정보와 에너지 해석 정보간의 매핑
- 건물정보를 해석 모델로 변환하는 방법

연구과제 자문보고서

1. 자문과제명 : Web기반 Green BIM System 개발
-설계초기단계의 일조 및 에너지분석 도구개발-
2. 청구금액 :
3. 입금계좌번호(은행) :
4. 과제자문내용

자문일시	2010년 8월 19일 오후5시 ~ 7시		
자문장소	양재 EL타워 데이지홀		
자문자소속	우영 AMECS	자문자직책	소장
자문내용	(상세 자문자료는 별도 첨부 바람)		

* 분석시기에 대한 정확한 정의
* IFC의 향후 기술개발을 고려하여 개발
* Green B.d. Studio Benchmarking
* Web을 활용한 accessibility, efficiency improvement

위와 같이 과제자문을 실시하였고 과제자문비를 청구합니다.

2010년 8 월 19일

연구과제자문자 : 조 대수 (서명)

Sun & Light 썬앤라이트 연구책임자 김 민 성

자 문 의 견 서 (연구과제 계획)

소 속	우영 AMECS	이 름	조대수

자 문 의 견

1. 연구 Scope에 대한 명확한 정의후 연구 진행
→ 일조분석의 도구
→ Energy 분석의 도구
현재 개발된 tool의 Web 적용의 적절성

2. 분석에 영향을 미치는 Impact factor 의 level of detail 정의
→ Location : Database.
→ Orientation / Mass / Floor Plan Layout ...
→ Facad Cladding
→ object Library: Database

3. 분석결과의 가시성, 사용성 확보 방안
→ Designer에게는 전문적인 분야인 성과분석결과를 보다 이해하기 쉬운 형태의 결과물로 제시 할수 있어야 함
예) CO_2 Emmision, Electricity Cost, Water Usage Cost Life-cycle-cost, etc.

자 문 의 견 서 (1차년도 연구성과)

소 속	우영 AMECS	이 름	조대수

자 문 의 견

1. Web을 이용한 효과를 극대화시킬수 있어야 함
→ 에너지 분석과 관련된 최신정보를 지속적으로 update 함으로써 다른 Software application이 할수없는 실시간 정보제공
→ 일본의 캐스비, 미국의 Leed와 같이 분석 결과를 국내 기준에 맞는 점수화로 표현, User가 획득한 점수에 Incentive를 주는 방안
→ 궁극적으로는 정부에서 운영하는 system으로써 초기 설계단계의 Building 에너지 효율을 향상시키기 위한 지표로서 활용 될 수 있기를..
→ Energy 분석 각 단계별 분석결과를 조언해 줄수 전문가 knowledge-based system을 병행하여 있는 시스템이 된다면 Web의 효과를 향상시킬 수 있을것임

2. 연구 범위 및 최종 성과물이 2년내에 하기에는 다소 무리가 있으므로 명확한 목표를 Define한 후 연구를 진행하기 바람.

연구과제 자문보고서

1. 자문과제명 : Web기반 Green BIM System 개발
-설계초기단계의 일조 및 에너지분석 도구개발-
2. 청구금액 :
3. 입금계좌번호(은행) :)(국민)
4. 과제자문내용

자문일시	2010년 8월 19일 오후5시 ~ 7시		
자문장소	양재 EL타워 데이지홀		
자문자소속	인텔리전트융합연구	자문자직책	대표
자문내용	(상세 자문자료는 별도 첨부 바람)		

자재선택, 에너지효율, 재사용 등 여러가지 제반 환경이 고려되고 시뮬레이션.
BIM base의 web기반 green module의 개발로 제시되어야 할 것이 아님.
건물 완공 이후 운영에서 적용 되어야 할 변수들에 의한 신축 되는 건물의 에너지 분석의 사업화보다 필요하다 생각됨.
본 연구과제 에서는 보다 효율적인 설계 단계의 need 와 target을 제시해야 할 것이라 생각함.
특히 일조와 복사열로 에너지 부하에 영향이 미치는 부분과 인공적으로 제어 할 수 있는 process가 정립되어져야 한 것이라 생각됨.
또한 이 application이 web기반에 필요 기능과 전화, 학생을 통한 에너지적 성능 효과를 검증할 수 있는 사이클이 기초 되어야 할 것이라 생각됨.

위와 같이 과제자문을 실시하였고 과제자문비를 청구합니다.

2010년 8 월 19 일

연구과제자문자 : 조 용성

Sun & Light 썬앤라이트 연구책임자 김 민 성

자 문 의 견 서 (연구과제 계획)

소 속	인텔리전트융합연구	이 름	조 용성

자 문 의 견

1. 과제 범위 및 방법의 적정.
설계단계에서, planning 단계에서. 건축의 인허가, 주변 일조 현황, 자연 에너지 효율 등을 신속히 파악할 수 있도록 하여 그 결과에 따라 비교 수정할 수 있도록 반복하는 tool로 사용될 수 있도록 개발되는 것이 필요하다.

2. Web 기반의 적용 검토.
web기반 개념 이해 한 것임. 각 terminal 에서 사용자의 CPU를 사용하는 programming 형 으로써 인터넷 system의 speed 등에는 적합한 것이 아닌가 생각됨.

3. 재료 선택 type.
user friendly 하게 이해하기 쉽도록, 유추하기 쉽도록, office, 집 등 생활 패턴 등 보편적 건축의 기본 type은 제시하여 참조하도록 하고 필요한 기본 입력 data를 type에 따라 automatic 하게 link 시켜서 입력하는 것이 필요할 것이라 생각됨.

4. IFC model.
본 module의 개발을 위해 작성되어야 할 BIM data를 보다 user friendly 하게

자 문 의 견 서 (1차년도 연구성과)

소 속	인텔리전트융합연구	이 름	조 용성

자 문 의 견

입력할 수 있도록 해야 할 것이라.
이 module을 사용하는 사용자의 level 등이 초기에 정의되고 이에 가장 적합한 simplified 된 입력 module 이 제공 되도록, 또는 선택 가능 되도록 할 것이라.

5. 인텔리전트융합연구의 에너지 관련.
이번 본 module의 개발로 저희가 궁극적인 목표로 하는 에너지 분석 module 과 link 되어 보다 종합적인 에너지 분석이 가능 할 수 있도록 연계 되어야 할 것이라.
아직 에너지 개념에 익숙한 분위기에, 이 부분이 선도적 개념이 필요한 것으로 판단 된다.

6. 기타 idea.
에너지 분석에 사용될 기초 weather data 나 web기반 개념의 map 사용 인증을 통하여 기존에 선행 분석된 기초 에너지 map 이 제공된다면 보다 신속한 분석이 가능 할 것이 보인다.

연구과제 자문보고서

1. 자문과제명 : Web기반 Green BIM System 개발
   -설계초기단계의 일조 및 에너지분석 도구개발-
2. 청구금액 :
3. 입금계좌번호(은행) :
4. 과제자문내용

자문일시	2012년 1월 19일 오전 11시		
자문장소	서초구 방배 취화헌		
자문위원	김 정선	소속 및 직책	한양대 교수
자문내용			

1. User Interface
   Workflow를 안정한 widget(예, button)의 활성/비활성으로 오류가행성을
2. 사용자 실수로 인한 오류와 시스템의 오류로 인한 작업의 중단을 구분하여
   추가의 경우 사용자 개입없이 자동으로 재처리될수 있도록 하는것이 바람직함.
3. 작업분배 기준은 작업의 성격, 자원 사용량 (CPU load, Memory) 등을 종합적으로
   고려해야 하고, 가상 workload를 이용한 실험적 결과에 의해 현실적으로 설정을
   필요가 있음.
4. 현재 대부분 수동적 진행되고 있는 관리의 작업 중 상당부분 자동화 할수
   있을 것으로 보임.
5. 물리작업서버의 failure는 재부팅으로 결함허용성의 [illegible] 필요없음

위와 같이 과제자문을 실시하였고 과제자문비를 청구합니다.

2012 년 1 월 19 일

연구과제자문자 : 김정선 (서명)

Sun & Light 썬앤라이트 연구책임자 김 민 성

연구과제 자문보고서

1. 자문과제명 : Web기반 Green BIM System 개발
   -설계초기단계의 일조 및 에너지분석 도구개발-
2. 청구금액 :
3. 입금계좌번호(은행) :
4. 과제자문내용

자문일시	2012년 1월 19일 오전 11시		
자문장소	서초구 방배 취화헌		
자문위원	이 광호	소속 및 직책	한밭대학교 전임강사
자문내용			

1. 국내에서 많이 사용되는 HVAC system 타입에 대한 구축이 필요.
2. 오류 발생시의 처리에 대한 구축 필요.
3. 결과값은 어느정도 단계까지 보여주는지?
4. Energyplus 기상데이터 구축 필요.
5. 건물의 형상에 대한 check 절차 필요.

위와 같이 과제자문을 실시하였고 과제자문비를 청구합니다.

2012 년 1 월 19 일

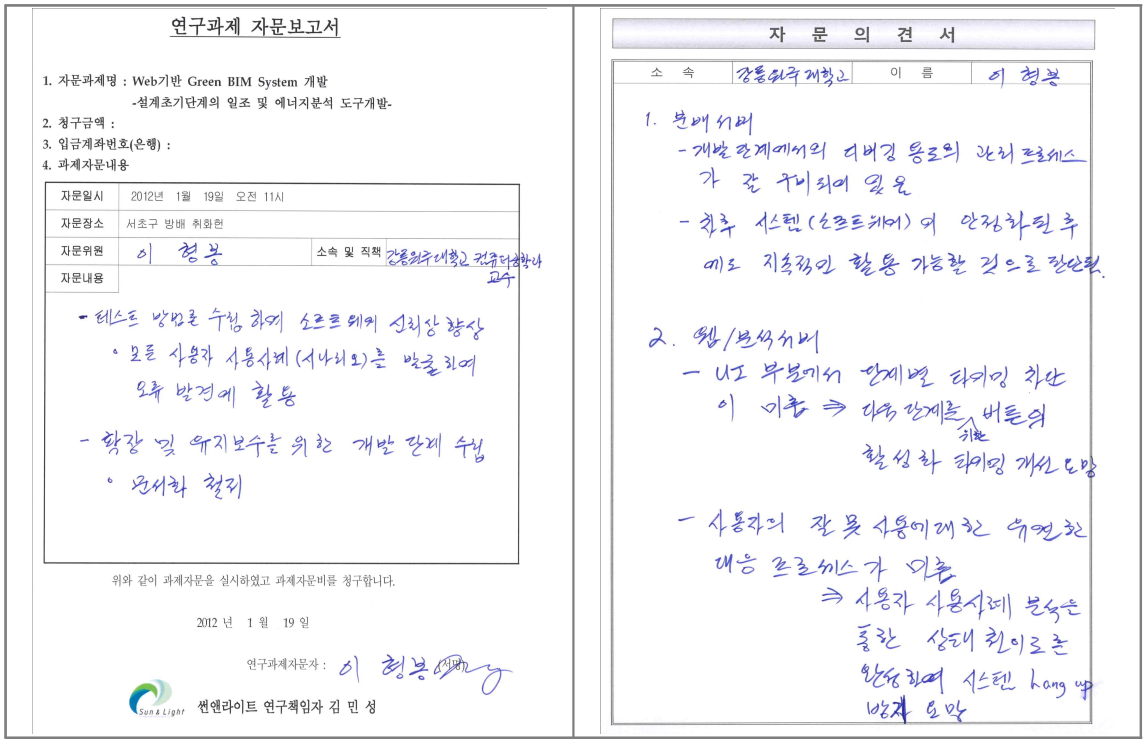
연구과제자문자 : (서명)

Sun & Light 썬앤라이트 연구책임자 김 민 성

자 문 의 견 서

소 속		이 름	

1. 정밀하고 복잡한 Energyplus 시뮬레이션 모델링 구축하시고자 하는 분야가 많으십니다.
   국내에서 일반적으로 많이 쓰이는 시뮬레이션 타입 구축이 필요할 듯 합니다. (더 많은)
2. Energyplus 실행시에 많은 오류가 발생하는데, 이에 대응하는 절차를 구축할 필요가 있습니다.
3. Energyplus를 통해 계산된 결과를 얻을 수 있는데, 프로젝트 특성상 계산된 결과까지 보여줄 필요는 없을 듯 합니다. 어느 정도 디테일한 결과까지 사용자에게 보여줄지 결정할 필요가 있습니다.
4. Energyplus에서 제공하는 기상데이터는 4개밖에 없습니다. 그 외의 위치에 대한 기상데이터를 어떻게 ~~[illegible]~~ 구현할지 결정할 필요가 있습니다.
5. Energyplus에서 구현할 수 없는 건물 형상들이 있습니다. 이에 대한 확인 작업이 필요합니다.



연구과제 자문보고서

1. 자문과제명 : Web기반 Green BIM System 개발
   -설계초기단계의 일조 및 에너지분석 도구개발-
2. 청구금액 :
3. 입금계좌번호(은행) :
4. 과제자문내용

자문일시	2012년 1월 19일 오전 11시		
자문장소	서초구 방배 취화헌		
자문위원	이 형 봉	소속 및 직책	강릉원주대학교 컴퓨터공학과 교수
자문내용			

- 테스트 방법론 수립 하에 소프트웨어 신뢰성 향상
  ◦ 모든 사용자 사용시퀀스(시나리오)를 발굴하여 오류 발견에 활용
- 확장 및 유지보수를 위한 개발 문제 수립
  ◦ 문서화 철저

위와 같이 과제자문을 실시하였고 과제자문비를 청구합니다.

2012 년 1 월 19 일

연구과제자문자 : 이 형봉 (인)

Sun & Light 썬앤라이트 연구책임자 김 민 성

자 문 의 견 서

소 속	강릉원주대학교	이 름	이 형봉

1. 분배서버
   - 개발단계에서의 디버깅 등으로의 과다 프로세스가 갖 추비되어 있음
   - 최후 시스템(소프트웨어)이 안정화된 후에도 지속적인 활용 가능할 것으로 판단됨.

2. 웹/프락시서버
   - UI 부분에서 입력별 타이밍 차단이 이루 ⇒ 다중 입력을 위한 버튼의 활성화 타이밍 개선 요망
   - 사용자의 잘못 사용에 대한 예외처리 응답 프로세스가 미흡
     ⇒ 사용자 사용시퀀스 분석을 통한 상태 천이로 완전하여 시스템 hang up 방지 요망