

건물에너지 소요량 및 CO₂ 발생량 예측을 위한 gbXML 및 웹기반 분석 툴(E-Zero) 개발에 관한 연구

A Study on the Development of the gbXML and Web Based Analysis Tool(E-Zero) for the Estimate of Building Energy Needs and CO₂ Emissions

우 세 진* 윤 성 민** 최 진 원***
Woo, Sae-Jin Yoon, Sung-Min Choi, Jin-Won

Abstract

Since the severity of climate change arose worldwide, in the field of architecture, technologies and policies related with it have been developed in order to find out the salvation of that issue. Especially, development of the design methods of Building Energy Saving and development of the policies and evaluations for reducing CO₂ emissions, are the areas considered as more importantly and focused more than any other time. Accordingly, this study is intend to develop the gbXML and Web Based Analysis Tool. It assist architecture designers with deciding the suitable alternative plane by cross-checking architectural alternative plans and with estimating Building Energy Needs and CO₂ emissions in design processor. As a result, this paper has developed Web Based Analysis Tool, E-Zero. The Interface of the Tool consists of four parts, Data Manager, Analysis, Result and Help&Contact according as analysis algorithm. It is developed by C# and MS Access. Presently, The Tool is embodied on the Web by registering with a domain, www.e-zero.co.kr.

키워드 : 건축정보모델링, 건물에너지 소요량, CO₂ 발생량, 건축설계과정

Keywords : Building Information Modeling(BIM), Building Energy Needs, CO₂ Emissions, Architectural Design Process

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

전 세계적으로 기후변화의 심각성이 대두된 이후, 건축 분야에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 관련 기술과 정책 등을 개발하여 왔다. 특히, 건물에너지 절약과 관련된 설계기술과 CO₂ 배출량 저감을 위한 정책 및 평가 기술개발들은 관심이 집중되고 있는 중요 분야라 할 수 있다.

그러나, 이와 같은 분야는 타 분야와는 달리 건축설계 초기단계부터 체계적으로 반영되고 고려되어야만 그 실질적인 효과가 나타난다고 할 수 있다. 이를 위해서는 건축설계자들이 건축설계 초기단계부터 건축설계대상 건물의 에너지 소요량 및 CO₂ 발생량을 분석할 수 있을 뿐만 아니라 건축설계 대안별로 비교하여 판단할 수 있는 자료 분석을 쉽게 할 수 있는 것이 핵심이라 할 수 있다.

따라서, 본 연구는 건축설계과정 중 기획 및 기본계획 단계에서 건물에너지 소요량 및 CO₂ 발생량을 예측할 뿐만 아니라 설계 대안별로 비교 검토하여 적정 대안을 건축설계자들이 판단할 수 있도록 지원하는 웹기반 분석 툴을 개발하고자 한다. 그리고, 건축설계과정에서 설계도 구로 사용되고 있는 BIM 기반 설계지원 프로그램의 모델링 데이터를 개발 분석 툴에 직접적으로 호환할 수 있도록 BIM 표준 포맷(gbXML)을 적용하기 위한 방안을 마련한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 목적을 만족하는 분석 툴을 개발하기 위해서, 다음과 같이 분석 툴의 개발 범위를 설정하였다.

우선, 건물에너지 절약설계와 관련된 설계요소들의 디자인 값들이 결정되는 기획 및 기본계획단계에서 활용될 수 있도록, 건축설계과정과 연계해서 건축설계자들이 직접 사용할 수 있도록 분석 툴을 개발하였다. 관련된 설계 요소들은 건물외피구조, 냉난방시스템, 실내환경조건 등 건물에너지 소요량에 영향력이 높은 것들로 설정하였고, 사용자들이 쉽게 접근하여 분석 및 결과들을 취득할 뿐만 아니라 지속적으로 분석 자료들을 관리할 수 있게 웹 기반으로 분석 툴을 개발하였다.

* 울산과학기술대학교 공간디자인학부 건축전공 교수, 공학박사
(Corresponding Author, E-mail : sjwoo@uc.ac.kr)

** 버추얼빌더스(주) 디지털공간연구소 연구원, 공학석사

*** 버추얼빌더스(주) 대표이사, 공학박사

이 연구는 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (No. 2011-0028498)

본 연구의 목적을 달성하기 위해서, 다음과 같은 방법으로 진행하였다.

첫째, 참고문헌과 선행연구, 실무자들과의 인터뷰 결과 등을 토대로 웹기반 분석 툴의 개발방향과 모델을 정립한다.

둘째, 정립된 모델을 토대로 웹상에서 건물에너지 소요량 및 CO₂ 발생량을 대안별로 비교하고, 적정 대안에 대한 정밀에너지 시뮬레이션 분석을 할 수 있는 웹기반 분석 툴을 개발한다.

셋째, Case Study를 통해서 개발된 웹기반 분석 툴의 적용성을 검증한다.

2. 개발 방향 및 모델 설정

2.1 선행 연구개발 분석

분석 툴을 개발하는 과정에서 참조할 뿐만 아니라 본 연구와 관련된 기능을 가진 기존의 주요 분석 툴들을 조사·분석한 결과 표 1과 같이 요약할 수 있다.

표1. 기존의 주요 분석 툴 분석

구분	명칭	내용 및 특성
정밀 에너지 분석 프로그램	EnergyPlus	·BLAST와 DOE-2의 장점을 갖추고 있음. ·모듈화된 통합해석 도구
	ESP-r	·CAD프로그램과 호환가능 ·온라인으로 각종 Data 제공 ·정밀분석용으로 사용
	eQuest	·DOE-2를 기반으로하는 어플리케이션 프로그램 ·건물모델러가 있어 직접입력
	TRNSYS	·Energy모델과 Zone 모델이 있음 ·기능과 Interface가 지속적으로 Upgrade 되고 있음.
건축 환경 성능 분석 프로그램	Green Building Studio (GBS)	·웹기반 분석툴 ·분석지역 및 Data가 한정적인
	IES/VE	·다양한 환경분석 모듈 제공 ·입력과 출력해석이 어려움
	EcoTect	·기획단계부터 다양한 환경요소들을 분석할 수 있음 ·건축자체의 최적화 설계용
	EcoDesigner	·IES/VE와 유사한 특성을 가짐 ·ArchiCAD용으로 한정됨
	Building Design Adviser (BDA)	·여러가지 분석도구와 시각화도구를 결합시켜 만든 오프라인 툴 ·Building Browser와 Decision Desktop으로 구성됨

조사한 주요 정밀에너지 분석 프로그램들은 분석 알고리즘 및 결과들에 대해서 신뢰성을 인정받고 있으나, 프로그램들의 사용방법과 적용용도에서 상호 차이가 있는 것으로 나타났다. 특히, EnergyPlus는 세계적으로 널리 사용되고 있는 BLAST와 DOE-2를 기반으로 개발된 것으로 입력변수들이 idf 파일로 모듈화되어 있어 타 프로

그램과의 결합이 타 분석 프로그램보다 용이하다.

조사된 건축환경 성능분석을 위한 프로그램들을 보면 기획단계부터 기본설계단계까지 적용할 수 있도록 다양하게 개발되어 사용되고 있으나, 최근 BIM 관련 기술과 접목하여 사용될 수 있도록 개발되고 있다. 특히, BIM 기반 설계프로그램(Revit, AchiCAD 등)과의 상호 연계를 위해서 데이터 호환 파일 포맷인 IFC와 gbXML을 이용한 방안이 주로 검토되고 있고, 사용자들의 편리성과 지속성을 위해서 웹기반 분석 툴에 대한 연구개발이 진행 중에 있다. 그러나, 아직까지는 건축설계자들 설계과정에서 사용하기에는 인터페이스 및 입력변수들이 복잡하고 전문성을 요구하고 있는 것으로 사료된다.

2.2 개발방향 설정

본 연구의 목적과 앞절에서 분석한 선행 연구개발의 내용들을 토대로 개발할 분석 툴의 개발방향을 설정하면 다음과 같이 요약할 수 있다.

우선, 건축설계의 방향 및 설계 값들을 결정하는 기획 및 기본계획단계에서 건축설계자들을 지원할 수 있도록 사용자(건축설계자)들을 중심으로 Interface를 개발한다.

둘째, 건물외피, 내부발생열, HVAC 시스템, 열원장치 등과 같은 설계요소들의 설계 값에 따라 건물에너지 소요량 및 CO₂ 발생량을 예측할 수 있도록 한다.

셋째, 기획 및 계획단계에서 개발 분석 툴과 원활한 상호 연결을 위해서, BIM 기반 설계프로그램의 모델링 데이터를 수용할 수 있도록 분석 툴은 gbXML 파일을 기반으로 개발한다.

넷째, 분석 결과는 건물에너지 비전문가인 건축설계자들이 쉽게 파악할 수 있도록 결과 출력형태를 개발하고, 사용자들이 장소 및 시간에 관계없이 사용할 수 있도록 웹을 기반으로 개발한다.

2.3 개발 툴의 모델 설정

앞 절에서 설정한 개발방향을 토대로 개발할 분석 툴의 모델을 그림 1과 같이 설정하였다.

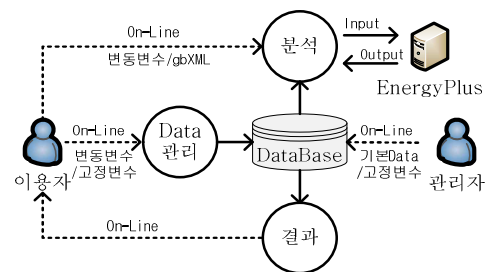


그림1. 개발 툴의 모델설정

그림 1을 보면, 이용자(건축설계자 등)들이 건축설계 진행과정에서 쉽게 접근하여 사용할 수 있게 웹기반 모델을 도입하였다. 모델은 분석, 결과관리, Data 관리 등 세 가지 주요 기능으로 구축하였다. Data 관리기능은 온

라인을 통해서 이용자 및 운영자들이 분석에 필요한 설계변수들의 설계 값들을 입력 및 수정, 선택 등을 할 수 있도록 이용자가 직접 관리하는 Data Manager와 운영자가 관리하는 DataBase로 구성하였다. 분석기능은 개발 툴의 핵심부분으로 이용자의 목적에 맞게 분석기능을 수행할 수 있도록 개발된 Interface와 분석 엔진으로 구성하였다. 분석엔진은 세계적으로 공인된 EnergyPlus (Ver:6.0.0)를 도입하였다. 결과 관리기능은 분석유형(기획 및 기본설계)과 분석대상 건물에 따라 이용자별로 관리될 수 있도록 Interface를 개발하고, 분석결과는 이용자들(건축설계자)이 쉽게 이해할 수 있는 그래픽 형태로 설정하였다.

2.4 구성요소 및 체계정립

개발 분석 툴의 구성요소와 구성체계를 그림 2와 같이 정립하였다. 그림 2를 보면, 분석 툴은 분석부분과 Data 관리부분으로 구성하였고, 각 부분들은 건축설계작업과 유사하게 순차적으로 진행될 수 있도록 작업단위를 기반으로 진행체계를 구성하였다. 즉, 분석관련 Data 생성 > 기본정보 입력 > 분석유형 선택 > 설계요소들의 설계 값 입력 > 분석 > 결과 순으로 체계를 정립하였다.

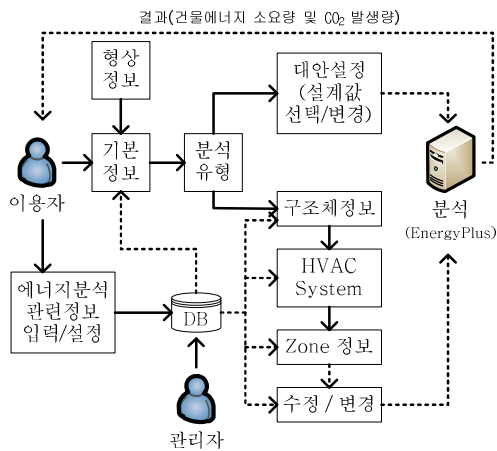


그림2. 개발 분석 툴의 구성요소 및 체계정립

분석부분은 분석건물의 건물에너지 소요량과 CO₂ 발생량을 예측하는 부분으로 우선 분석대상건물의 기본정보를 입력하게 하였다. 기본정보는 분석대상건물의 일반사항과 형상정보, 시뮬레이션 변수, 기상 Data 등을 입력한다. 특히, 분석대상 건물의 형상정보를 BIM 기반 설계프로그램에서 생성된 모델링 Data에 가져 올 수 있도록 gbXML 파일의 호환기능을 수용하였다. 그 다음으로 이용자들이 건축설계과정에서 따라 Pre Design과 Schematic Design으로 구분하여 선택할 수 있도록 하였다. Pre Design은 기획단계에서 건물에너지 절약설계를 위한 설계방향을 설정하기 위해서, 건물에너지 소요량 및 CO₂ 발생량에 영향을 주는 설계요소들의 설계 값에 따라 설계 대안들을 설정하고, 그 분석결과들을 상호 비교하여

적정 대안을 설정할 수 있도록 구성하였다. Schematic Design은 설정된 적정 대안을 토대로 정확한 분석 값을 예측할 수 있을 뿐만 아니라 설계요소들의 적정 설계 값을 건축설계자들이 판단하는 데 필요한 자료를 지원할 수 있도록 구성하였다.

Data 관리부분은 분석과정에서 필요한 건물 구조체(벽, 바닥, 지붕, 창호), 내부 발생열, 냉난방시스템, 열원장치 등에 관한 구성 Data들을 관리하는 부분으로 구성 Data들을 생성, 수정, 저장 등을 할 수 있도록 구성하였다.

3. gbXML 및 웹기반 분석 툴(E-Zero) 개발

3.1 분석 알고리즘 정립

그림 1에서 제시한 모델을 보면, 개발 분석 툴의 핵심적인 역할을 하는 것이 분석 엔진이라 할 수 있다. 즉, 개발할 웹기반 분석 툴의 목적인 건물에너지 소요량 및 CO₂ 발생량을 신뢰성있게 예측하기 위해서는 분석엔진의 신뢰성이 중요하다. 이를 위해서 본 연구에서는 신뢰성을 인정받고 있는 EnergyPlus를 분석엔진으로 사용하였고, 분석을 진행하기 위해서는 분석 입력파일인 idf 파일이 생성되어야 한다. 이러한 idf 파일을 생성하는 과정이 개발 분석 툴의 분석 알고리즘이라 할 수 있다. 분석 알고리즘을 앞 장에서 언급한 개발방향, 구성요소 및 체계를 토대로 개발한 결과 그림 3과 같이 나타낼 수 있다.

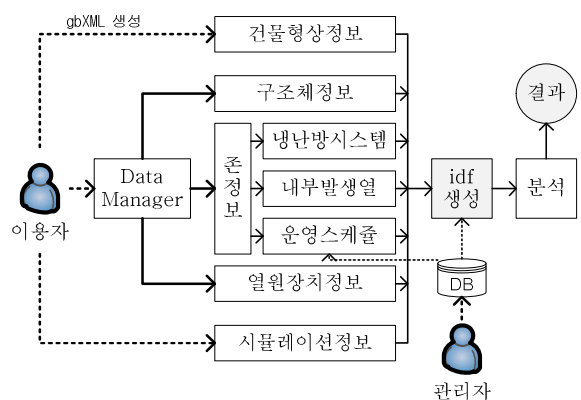


그림3. 분석 툴의 분석 알고리즘

그림 3을 보면, idf 파일 생성에 필요한 구성요소들을 건물형상정보, 구조체 정보, 존 정보, 열원장치정보, 분석대상 건물의 시뮬레이션정보, 고정변수 및 기타정보 등으로 구분하여 각각 모듈별로 생성되도록 하였다.

건물형상정보는 분석대상 건물의 규모, 치수, 형태 등에 관한 정보들이다. 이러한 정보는 건축설계과정에서 사용되는 BIM기반 설계지원프로그램(Revit Architecture, ArchiCAD 등)들의 모델링 데이터들에서 얻을 수 있다. 분석과정에서 그것을 직접적으로 사용할 수 있다면 기존의 건물에너지 분석과정에서 분석대상 건물을 제작성해야 했던 과정을 생략할 수 있어 시간과 노력이 절약될

수 있다. 이를 위해서 본 연구에서는 BIM 기반 설계지원 프로그램과의 상호 호환 파일포맷인 gbXML 파일을 사용할 수 있도록 개발하였다.

구조체 정보는 분석대상 건물의 외피구조(외벽, 지붕, 창호)와 내부구조(바닥, 내벽, 창호)를 이루고 있는 건축 재료들과 그들의 물성치 정보에 관한 것이다. 이러한 정보는 BIM 기반 설계지원프로그램의 모델링과정에서 직접적으로 생성될 수 있으나, 현재 기술력의 한계성과 건축설계 환경 및 설계자의 다양성 확보 등을 위해서 본 연구에서는 목적에 맞는 Data Manager Interface를 개발하여 구조체 정보를 생성한다.

고정변수 및 기타정보는 idf 파일을 구성하고 있는 변수들 중 기획 및 기본계획단계에서 결정하기 곤란하거나 건축설계자들이 이해하고 적용하기에는 어려운 변수들 뿐만 아니라 건물에너지 분석과정에서 건축설계자들이 결정할 수 없는 컴퓨터 시뮬레이션 변수들의 설계 값을 설정하여 제공하는 정보들이다.

그 외 존 정보(내부발생열, 냉난방 시스템 및 적용 유무 등), 열원장치정보(냉난방열원장치 세부 설계값 등), 분석대상 건물의 시뮬레이션정보(기상자료, 위치, 규모, 주변 환경 등) 등은 앞에서 언급한 구조체 정보와 같이 본 연구의 목적을 위해서 개발한 Data Manager Interface에 의해서 정보를 생성한다.

3.2 건물형상정보의 구조와 생성

EnergyPlus에 의한 건물에너지 분석과정에서 필요한 건물형상정보의 내용과 구성은 idf 파일에서 요구하는 구조로 형성되어야 한다. 이를 위해서, 본 연구에서는 idf 파일의 구조를 건물형상정보의 구조 틀로 설정하고, 필요한 내용들은 gbXML에서 읽어 올 수 있도록 그림 4와 같이 건물형상정보의 구조를 설정하였다.

그림 4를 보면, 건물형상정보는 idf 파일의 구조인 구조체 정보(BuildingSurface : Detailed)와 창호정보(Fenestration Surface : Detailed)의 구조와 내용으로 구성하였다. 이러한 건물형상정보의 내용들은 gbXML파일의 구조체 정보(Surface id = " " SurfaceType=" ")와 창호정보(Opening id = " " OpeningType=" ")의 각 내용들을 토대로 idf 파일의 표현형식과 구조에 맞게 변경하여 설정하였다. 이와 같은 gbXML파일 내용을 적용하여 idf 파일을 생성하는 과정에서 본 연구에서 적용한 몇 가지 주요 원칙을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 건물형상정보 생성에 필요한 용어, 내용, 원칙 등은 idf를 기준으로 작성한다.

둘째, gbXML에서 설정한 구조체의 유형들 중 Shade, Air는 적용하지 않고, Interior Floor는 최하층 바닥, 층간 바닥, 필로티로 구분한다.

셋째, 구조체의 형상을 표현하기 위한 좌표값은 왼쪽 아래점을 기준으로 반시계 방향으로 진행한다.

넷째, 구조체(벽, 바닥, 지붕 등)의 분할은 열이동 경로를 고려하여 구조체에 인접한 공간(존)들을 기반으로 실시한다.

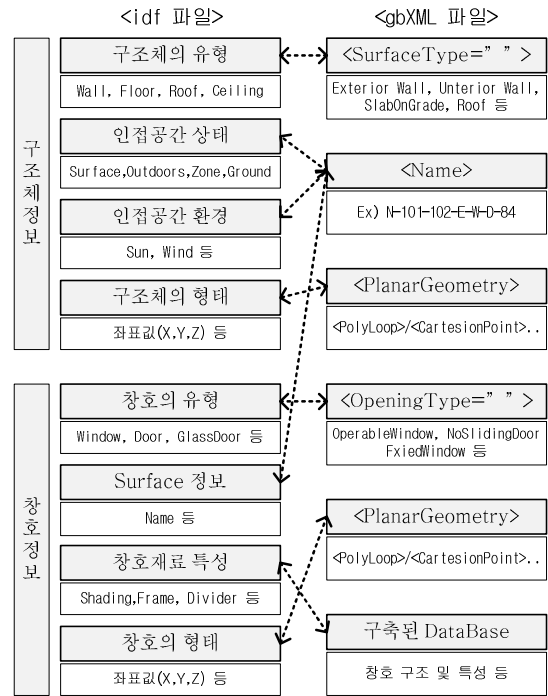


그림4. 건물형상정보의 구조

3.3 Data Manager Interface의 기능 및 체계

그림 3을 보면, 분석 알고리즘의 핵심적인 부분은 분석 엔진(EnergyPlus)을 사용하기 위한 idf 파일을 생성하는 것이라 할 수 있다. 이러한 idf 파일의 구성 요소들을 분석 툴의 사용자(건축설계자 등)들이 쉽게 생성할 수 있도록 Data Manager라는 Interface를 개발하였다.

Data Manager는 분석 대상건물의 구조체 정보, 존 정보, 열원장치정보 등을 통합적으로 사용자들이 직접 관리할 수 있도록 구성하였다. 이러한 Data Manager의 구성 체계를 요약하면 그림 5와 같이 나타낼 수 있다.

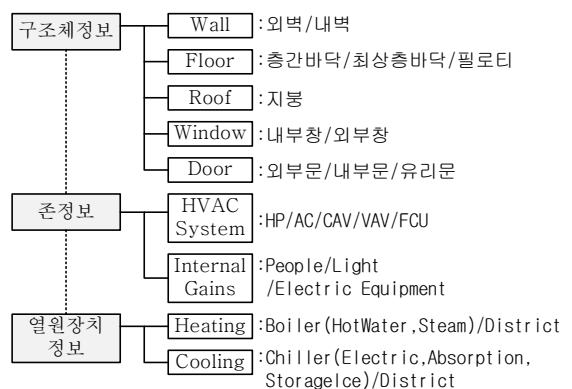


그림5. Data Manager Interface의 구성체계

구조체 정보는 분석대상 건물의 각 구조체들의 구성과 물성치를 제공한다. 이를 위해서, 사용자들이 벽, 바닥, 지붕, 창, 문 등으로 구성된 유형들에 따라 DataBase의 건

축재료들을 선택하여 직접 구조체들을 생성 및 관리할 수 있게 하였다. 존 정보는 냉난방 존들의 HVAC System과 내부 발생열에 관한 정보를 제공한다. Zone HVAC System은 일반적 사용하고 있는 5개의 유형을 선정하여 일부 변수 값을 사용자가 설정할 수 있도록 하였고 (그림 6참조), 내부 발생열은 3개의 유형으로 구성되어 설계 값들을 생성 및 관리할 수 있게 하였다.

열원장치 정보는 냉난방에 사용되는 열원장치인 보일러와 냉동기에 관한 정보를 제공한다. 건축물에서 높은 빈도로 사용되고 있는 유형을 중심으로 보일러는 3개의 유형, 냉동기는 4개의 유형을 선정하였다. 각 열원장치들의 일부 설계변수들은 존 정보와 같이 사용자가 직접 생성 및 관리할 수 있도록 하였다.

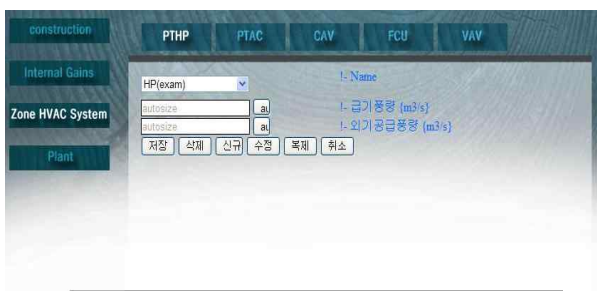


그림6. Zone HVAC System 정보 생성 및 관리 Interface (예)

Analysis Interface는 건축설계과정에 따라 요구되어지는 설계 값들의 수준 차이를 고려하여, 기획단계(Pre Design)과 기본계획단계(Schematic Design)로 분리하여 분석을 진행 할 수 있도록 그림 7과 같이 구성하였다.

그림 7를 보면, 우선 Basic Information Interface를 통해서 분석엔진인 EnergyPlus에 의한 정밀 건물에너지 분석을 진행할 경우 필요한 기본정보들을 입력한다. 이러한 기본정보들은 지역별 기상데이터를 포함한 시뮬레이션 변수 값들과 Simulation Period, 그리고 건물형상정보를 가지고 있는 gbXML file을 관리할 수 있도록 구성하였다

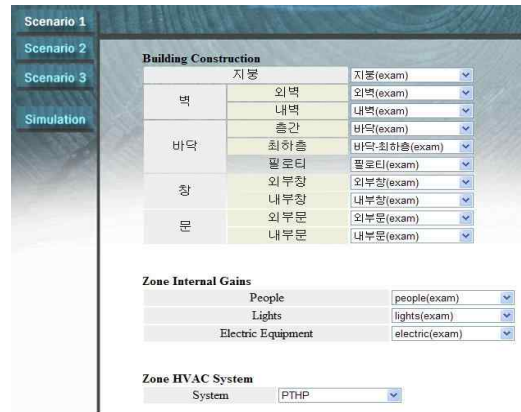


그림8. Pre Design Scenario 작성 Interface (예)

3.4 Analysis Interface의 기능 및 체계

개발 분석 툴의 목적인 기획 및 기본계획단계에서의 건물에너지 소요량과 CO₂ 발생량을 쉽게 예측할 수 있도록, 사용자가 직접 개발 분석 툴을 이용하여 분석을 진행할 수 있도록 개발한 것이 Analysis Interface이다.

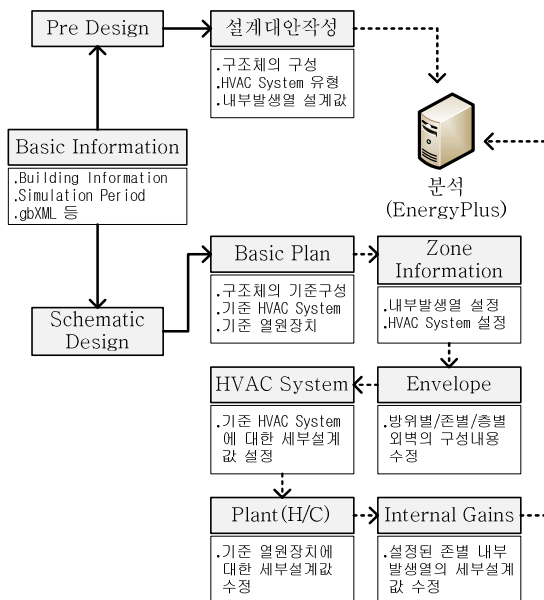


그림7. Analysis Interface의 구성체계

Pre Design Interface는 기획단계에서 분석을 진행할 수 있도록 구성하였다. 기획단계의 특성을 고려하여 관련 설계요소들의 유형을 3개 영역으로 설정하여 설계대안별로 비교할 수 있도록 하였다 (그림 8참조). 3개의 영역은 구조체 유형별 구성, HVAC System 유형, 내부 발생열의 설계값으로 각 영역별 세부적인 변수들의 값들은 Data Manager Interface에서 사용자가 설정할 수 있도록 하였다. Schematic Design Interface는 기본계획단계에서 분석작업을 순차적으로 진행할 수 있도록 구성하였다. 우선, 분석대상 건물의 기본이 되는 분석변수들(열원장치, 존별 내부발생열 등)의 기준 값을 Basic Plan과 Zone Information에서 선정한다. 이러한 기준 값들을 토대로 분석 대상건물의 특성과 설계조건 등을 고려하여 분석변수들의 설계 값을 수정 및 재설정을 순차적으로 진행한다. 즉, 외피구조는 Envelope, 존별 HVAC System은 Zone HVAC System, 열원장치는 Plant, 내부 발생열은 Internal Gains에서 진행될 수 있도록 Interface를 개발하였다.

3.5 분석 툴의 개발과 내용

개발된 분석 툴인 E-Zero는 웹기반으로 C#(MS Visual Studio 2010)과 MS Access를 이용하여 구축하였다. 구축된 E-Zero는 www.e-zero.co.kr의 도메인으로 등록되어 현재 서비스 중에 있다.

E-Zero의 초기화면인 그림 9를 보면, 앞에서 정립한

결과를 토대로 Home, Data Manager, Analysis, Result, Help&Contact 등 5개의 부문으로 구성하였다. 주요 부문인 Data Manager와 Analysis는 앞에서 언급한 결과를 토대로 기능을 구축하고, Result 부문은 분석 결과를 사용자에게 쉽게 이해될 수 있도록 그래픽 기능을 중심으로 개발하였다. 그 외, Home과 Help& Contact 부문에는 사용자들의 편리성을 위한 기능을 부여하였다.



그림9. E-Zero의 초기화면

4. Case Study

4.1 분석 건물의 개요

개발된 분석 툴(E-Zero)의 적용성과 문제점들을 검토하기 위해서, 표 2 및 그림10과 같은 건축물을 대상으로 분석 툴(E-Zero)을 사용하여 건물에너지 소요량 및 CO₂ 발생량을 예측하였다. 분석과정에서 적용된 건물형상정보와 구조체정보는 인허가과정에서 사용된 건축설계도면의 정보들을 사용하였고, 그 외 존정보, 열원장치정보, 시뮬레이션 정보 등은 현장조사 및 연구자의 판단을 통해서 수집된 자료를 적용하였다.

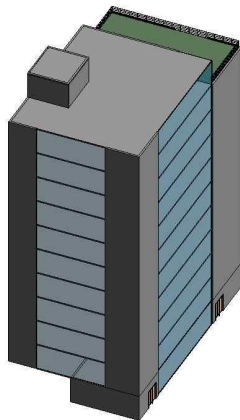


그림10. 분석대상 건물의 형상

표2. 분석대상 건물의 개요

구분	내용
위치 / 용도	울산 / 근린생활시설
규모	지하1층 지상 12층
주요 구조체 구성	.외벽 : 1) 석재(25mm)+콘크리트(200mm)+단열재(75mm)+석고보드(16mm) 2) 목재널(25mm)+단열재(50mm)+콘크리트(200mm) .바닥(최하층) : 베타콘크리트(60mm)+콘크리트(300mm)+단열재(50mm)+몰탈(15mm)+타일 .지붕: 아스팔트루핑+몰탈+콘크리트(150mm)+단열재(50mm)+석고보드(19mm)
ZoneHVAC System	.Fan Coil Unit / Constant Air Volume
열원장치	.Boiler:Steam / Chiller:Electric
내부발생열	.People : 10 m ² /인 .Light : 15 w/m ² .Electric Equipment : 16 w/m ²

4.2 분석 및 결과

본 연구의 Case Study에서는 기본계획단계(Schematic Design)를 대상으로 분석대상 건물의 기준층에 대한 건물에너지 소요량 및 CO₂ 발생량을 예측하였다. 우선 그림 11과 같이 분석대상 건물의 형상정보를 가지고 있는 gbXML 파일을 생성하고, 분석과정에서 필요한 구조체(벽, 바닥 등)들의 구성, Zone HVAC System, 열원장치 등의 정보들을 분석 툴(E-Zero)의 Data Manager에 의해서 생성하였다 (그림 12참조).

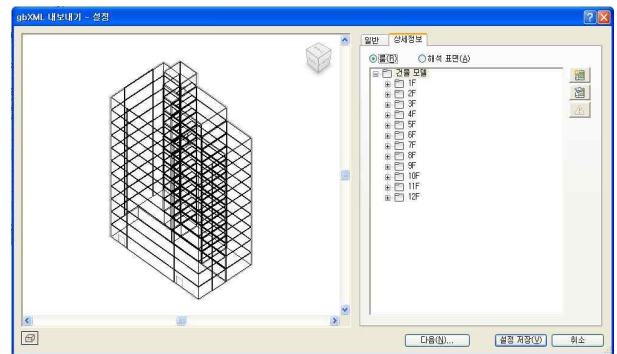


그림11. Revit에 의한 gbXML 생성

분석대상 건물의 기본방향이 설정된 기본계획단계에서의 에너지 소요량 및 CO₂ 발생량을 예측하기 위해서 그림 8을 토대로 구축된 분석 툴(E-Zero)의 Analysis에 의해서 진행하였다. 즉, 분석 엔진인 EnergyPlus에 의한 분석과정에 필요한 정보들을 Basic Information(시뮬레이션 정보, 형상정보 등), Basic Plan(벽, 바닥 등의 구조체 정보), Zone Information(존 별 내부발생열 및 HVAC 시스



그림12. Data Manager (사례: 벽체생성)

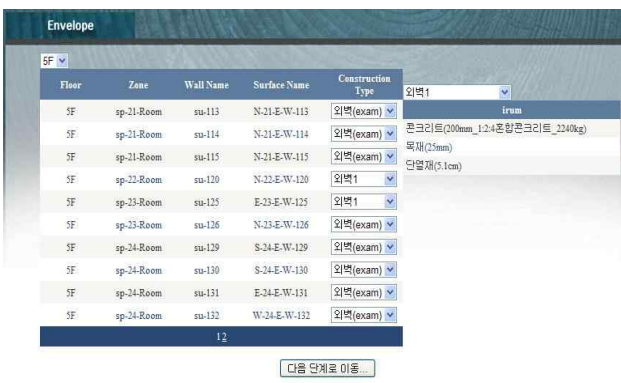


그림13. Envelope의 정보 수정 및 보완화면

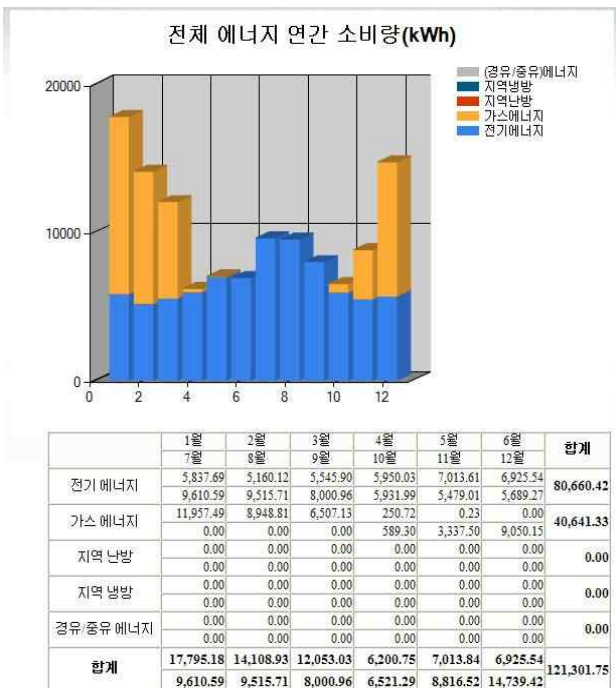


그림14. 에너지원별 소요량 (결과 사례)

통 정보) 등의 Interface를 통해서 설계변수들의 값들을 입력하였다. 설계변수들의 기본적인 값들을 입력 한 후, 분석대상 건물의 특성을 반영하기 위해서 세부적인 설계 변수들의 값들을 수정 및 재설정하였다. 외벽의 구성내용은 Envelope Interface (그림 13참조), 존별 냉난방 시스템은 Zone HVAC System Interface, 열원장치는 Plant Interface, 내부발생열은 Internal Gains Interface에 의해서 세부 설계값들을 수정 및 재설정하였다.

이와 같은 과정에 의해서 분석한 결과를 보면, 기준층의 연간 건물에너지 소요량이 121,302 kWh, CO₂ 발생량은 108.35 TCO₂(1차에너지)과 44.30 TCO₂(2차에너지)로 예측되었다. 이러한 분석결과를 쉽게 이해하고 적용성을 높이기 위해서 그림 14와 같이 에너지원별 소요량(kWh), 용도별 전기에너지 소요량(kWh), 용도별 가스에너지 소요량(kWh) 등의 형태로 정리된 것으로 구할 수 있었다.

4.3 검증

앞 절에서 실시한 Caes Study 결과를 토대로 개발된 분석 툴(E-Zero)의 신뢰성을 확보하기 위해서 다음과 같은 방법으로 검증을 실시하였다.

우선, 개발된 분석 툴(E-Zero)의 실무적용 적합성을 검증하기 위해서 관련 전문가(실장급 이상의 건축설계 실무자 11명과 건축설비 실무자 8명을 선정)들을 대상으로 인터뷰를 실시하였다. 그리고, 분석 결과의 신뢰성을 확보하기 위해서 공인된 분석엔진(EnergyPlus)을 사용한 분석 툴(E-Zero)의 결과 값의 적정성을 검증하였다. 이를 위해서 그림 15와 같은 기존 건축물(S사의 사옥)을 대상으로 분석 툴에 의한 분석 값과 실제 운영 결과 값을 비교하였다.



그림15. 적정성 검증 분석대상 건물의 형상

실무적용 적합성에 대한 검증을 실시한 결과, 인터뷰 대상자의 80% (적합하다 6명, 매우 적합하다 9명)정도가 실무 적용에 적합한 것으로 판단하고 있는 것으로 나타났다. 나머지 4명(20%)이 중간 값인 “보통”으로 답하고, 분석대상 건물의 모델링과 검토 기능이 부족한 것을 지

적하였다. 이를 위해서, 분석대상 건물에 대한 뷰(View) 기능과 자체의 모델링 기능을 추가할 것을 제안하였다.

분석 결과 값의 적정성을 분석하기 위해서 그림 15의 분석대상 건물의 기준층을 대상으로 실제 운영한 결과 값인 월별 전기 및 가스 에너지 소비량을 조사한 결과 그림 16과 같이 나타났다.

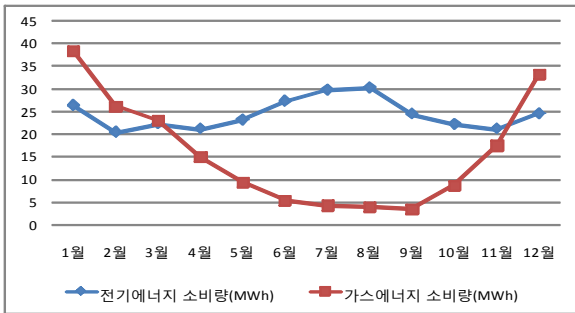


그림 16. 연간 전기 및 가스 에너지 소비량 (기준층)

분석대상 건물의 모델링 Data, 운영 조건 및 공조시스템 등을 토대로 그림 10의 Case Study 분석 대상 건물과 같이 분석 툴(E-Zero)에 의해서 분석한 결과 값과 그림 16과 같이 조사된 운영 결과 값을 비교한 결과 표 3과 같이 나타났다. 표 3을 보면, 분석 툴(E-Zero)에 의한 분석 결과 값이 전기에너지 소비량은 31.22 MWh (10.6%), 가스에너지 소비량은 13.31 MWh (7.1%) 정도가 실제 운영 결과 값보다 높게 나타났다. 이는 분석대상 건물의 운영과정에서 설계 시에는 고려하지 못한 건물에너지 절약을 위한 시설과 제어 기술들에 의한 영향이라 사료된다. 이러한 요인들을 토대로 볼 때, 분석 툴(E-Zero)의 결과 값들은 신축건물의 설계과정에서 건물에너지 소비량에 대한 예측 값으로 활용할 수 있다고 사료된다.

표3. 운영과 분석의 결과 값 비교(연간)

구분	운영 결과 값	분석 결과 값
전기에너지 소비량(MWh)	293.38	324.60
가스에너지 소비량(MWh)	187.89	201.20

5. 결 론

기획 및 기본계획단계에서 건물에너지 소요량 및 CO₂ 발생량을 예측할 수 있는 분석 툴 개발을 연구한 결과, 다음과 같이 요약할 수 있다.

1) 설정된 개발방향을 토대로 분석 툴의 모델을 정립하였다. 즉, 사용자의 접근성과 설계작업과의 연계성을 위해서 gbXML 및 웹기반으로 건축설계과정과 유사한 작업단위로 진행할 수 있도록 구성요소와 체계를 구축하였고, 기능 또한 분석, Data 관리, 결과관리 등을 주요기능으로 구성하였다.

2) 분석 툴의 분석 알고리즘은 분석엔진인 EnergyPlus의 분석 입력파일인 idf 파일의 구성내용을 토대로 정립하였고, 분석 알고리즘의 구성요소들을 건물형상정보, 구조체 정보, 존 정보, 열원장치정보, 시뮬레이션 정보, 고정변수 및 기타정보 등으로 설정하였다.

3) 설정된 분석 알고리즘을 구성하고 있는 요소들의 내용(설계값)들을 생성 및 관리 할 수 있는 Interface를 Data Manager, Analysis, Result, Help&Contact 등과 같이 4개 부분으로 설정하여 C#과 MS Access를 이용하여 분석 툴을 개발하였다.

4) 개발된 분석 툴(E-Zero)은 www.e-zero.co.kr 을 도메인으로 등록하여 웹상에 구축하였다. 현재 서비스 중에 있으나 서비스 과정에서 발생하는 문제점과 보완점을 토대로 지속적으로 연구개발이 필요할 것이다. 특히, 사용자들의 편리성을 위한 3D View와 분석의 신뢰성과 다양성을 확보하기 위한 DataBase(건축재료, 스케줄, 열원장치 등)들에 대한 지속적인 연구개발이 필요하다.

참고문헌

1. Chuck Eastman 외 3인, BIM Handbook, Wiley, 2008
2. Eddy Krygiel 외 2인, Green BIM : Successful Sustainable Design with Building Information Modeling, Sybex, 2008
3. Brad Hardin, BIM and Construction Management : Proven Tools, Methods, and Workflows, Sybex, 2009
4. 김가람 외 1인, 건물에너지 부하량 산출을 위한 IFC 파일의 형상정보 추출 방법, 대한건축학회논문집 계획계, 제28권 제5호(통권 283호), 2012.5
5. 우세진 외 1인, 기본계획을 위한 BIM 기반 건물에너지 및 CO₂ 분석 툴 개발, 대한건축학회 학술발표대회논문집, 제32권 제2호(통권 제58집), 2012.10
6. 안기연 외 3인, BIM 에너지 시뮬레이션 인터페이스 개발과 검증, 대한건축학회논문집 계획계, 제28권 제5호(통권 283호), 2012.5
7. 오세민 외 3인, BIM 기반 시뮬레이션 모델의 상호 운영성을 이용한 건물 에너지 성능평가, 대한건축학회논문집 계획계, 제27권 제6호(통권 272호), 2011.6
8. 우세진, 건축계획단계에 있어서 Green BIM 통합설계프로세스의 구성 설계요소와 체계화에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계, 제27권 제1호(통권 267호), 2011.1
9. 고동환, 건물 환경성능 및 에너지 효율 평가를 통한 BIM 기반 친환경설계 프로세스 연구, 대한건축학회논문집 계획계, 제26권 제9호(통권 263호), 2010.9
10. 문현준 외 3인, BIM 기반 건축환경 성능분석 인터페이스 개선방안 연구, 대한건축학회논문집 계획계, 제25권 제10호(통권 252호), 2009.10
11. Shady A., et al., Simulation based decision support tool for early stages of zero energy building design, Energy and Buildings, Vol. 49, 2012
12. Shaviv E., Simulation and Knowledge based computer aided architecture design systems for passive and low energy architecture, Energy and Building, Vol. 23, 1996

(接受: 2013. 1. 3)