

第 118 回 碩士學位論文

指導教授 李 彦 求

증강현실을 이용한 건물에너지평가
어플리케이션 개발에 관한 연구

A Study on Development of Building Energy
Evaluation Application by using Augmented Reality

中央大學校 大學院

建築學科 建築環境計劃專攻

朴 寶 琅

2013年 2月

증강현실을 이용한 건물에너지평가
어플리케이션 개발에 관한 연구

A Study on Development of Building Energy
Evaluation Application by using Augmented Reality

이 論文을 碩士學位論文으로 提出함.

2013年 2月

中央大學校 大學院
建築學科 建築環境計劃專攻
朴 寶 琅

朴寶琅의 碩士學位論文으로 認定함.

審査委員長

박진철



審査委員

권성철



審査委員

윤근영



中央大學校 大學院

2013年 2月

목 차

제 1 장 서 론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구의 범위 및 방법	2
제 2 장 증강현실의 정의와 건물 에너지 분야의 적용현황 ..	5
2.1 증강현실(Augmented Reality)의 정의	5
2.1.1 증강현실의 기술 동향	6
2.2 건축분야에서의 증강현실 연구동향	8
2.3 증강현실을 이용한 어플리케이션의 개념	11
2.4 소결	13
제 3 장 건물에너지절약 설계기법 및 시스템	15
3.1 에너지절약 위한 설계기법 및 시스템 기술 적용사례	15
3.1.1 국내 · 외 친환경건물 사례조사	15
3.1.2 친환경건물에 적용된 에너지절약 요소 기술	19
3.2 에너지절약을 위한 설계기법 및 시스템기술	24
3.3 소결	30
제 4 장 건물에너지 평가 모델	31
4.1 에너지소비량에 의한 평가모델	32
4.1.1 에너지소비등급 분류 방법 및 등급 고찰	32
4.1.2 에너지소비량에 따른 평가방법 제시	39
4.2 건물 Data Base에 의한 에너지 평가모델	41
4.2.1 건물에너지 해석기법 및 에너지 해석Tool에 의한 평가모델 ..	41

4.2.2 건물 DB(Data-Base)에 의한 에너지 평가모델 제안.....	53
4.3 건물에너지평가의 어플리케이션 적용 프로세스.....	60
4.3.1 어플리케이션 구성 및 적용 프로세스 구축.....	60
4.4 소결.....	62
 제 5 장 어플리케이션 구현을 위한 에너지 평가모델	
Case study	64
5.1 Case study의 개요.....	64
5.1.1 에너지소비량 평가.....	64
5.1.2 건물 DB평가.....	65
5.2 건물 DB평가 변수 수준 성능평가	67
5.3 대상건물의 어플리케이션 적용.....	86
5.4 소결.....	89
 제 6 장 결론	92
 참 고 문 헌	95
 국 문 초 록	99
 ABSTRACT	101

표 목 차

<표 2.1> 건축분야에서의 증강현실 연구동향	9
<표 3.1> 국내·외 저에너지 건물의 에너지 저감 요소 분석	21
<표 3.2> 건물에너지 절약 기법	30
<표 4.1> 건축물 에너지소비 총량제	33
<표 4.2> 건물에너지효율인증 등급	34
<표 4.3> 연면적당 에너지 소비량	37
<표 4.4> 면적규모별 연면적당 에너지 소비량	38
<표 4.5> 건축년도별 연면적당 에너지 소비량	38
<표 4.6> 주요 국가별 건물에너지저감 정책 목표	39
<표 4.7> 건물 용도별 에너지 저감 가능성	40
<표 4.8> 건물 용도별 등급	41
<표 4.9> Design Builder의 입력변수 및 결과 값	44
<표 4.10> DOE-2 의 입력변수 및 결과 값	45
<표 4.11> CE3 의 입력변수 및 결과 값	47
<표 4.12> e-QUEST 의 입력변수 및 결과 값	48
<표 4.13> Energy-plus 의 입력변수 및 결과 값	50
<표 4.14> 에너지 해석Tool별 건물 에너지 변수	52
<표 4.15> 건물에너지 평가 변수	52
<표 4.16> 평가 등급	53
<표 4.17> 건물향의 에너지 소비 수준 평가	53
<표 4.18> 건물 장단변비의 에너지 소비 수준 평가	54
<표 4.19> 건물외피 열관류율의 에너지 소비 수준 평가	56
<표 4.20> 창호의 열관류율의 에너지 소비 수준 평가	56
<표 4.21> 창면적비의 에너지 소비 수준 평가	57
<표 4.22> 외부 차양장치 적용 여부의 에너지 소비 수준 평가	58
<표 4.23> 조명기기의 종류에 따른 에너지 소비 수준 평가	58

<표 4.24> 냉·난방시스템에 의한 에너지 소비 수준 평가	59
<표 4.25> 어플리케이션 진행 단계	60
<표 5.1> Case study 대상 건물군의 개요	64
<표 5.2> 사례건물의 에너지소비량	65
<표 5.3> 건물DB평가 대상 건물 개요	66
<표 5.4> 사례건물의 건물DB평가	67
<표 5.5> 시뮬레이션 방법	67
<표 5.6> 표준모델의 개요 및 입력데이터	68
<표 5.7> 대상건물의 연간 에너지소비량	71
<표 5.8> 건물의 향에 따른 수준별 에너지소비량 결과	74
<표 5.9> 장단변비에 따른 수준별 에너지소비량 결과	75
<표 5.10> 외피 열관류율에 따른 수준별 에너지소비량 결과	76
<표 5.11> 창호 열관류율에 따른 수준별 에너지소비량 결과	77
<표 5.12> 창면적비에 따른 수준별 에너지소비량 결과	78
<표 5.13> 외부차양장치적용에 따른 수준별 에너지소비량 결과	80
<표 5.14> 외부차양장치적용에 따른 냉·난방부하소비량 결과	80
<표 5.15> 조명기구종류 및 소비전력에 따른 수준별 에너지소비량 결과 ..	81
<표 5.16> 조명기구종류 및 전력소비에 따른 냉·난방·조명부하 소비량 결과 ..	82
<표 5.17> 냉·난방시스템에 따른 수준별 에너지소비량 결과	83
<표 5.18> 종합 성능평가 결과	84
<표 5.19> 건물 DB평가 수준 등급 성능분석 에너지효율 우선순위	85

그림 목차

(그림 1.1) 연구의 흐름도	4
(그림 2.1) Milgram의 Reality-Virtuality Continuum	5
(그림 2.2) 증강현실의 예시 이미지	6
(그림 2.3) 모바일 증강현실 어플리케이션의 개념	12
(그림 2.4) 어플리케이션 개념	13
(그림 4.1) HERS Rating Index	36
(그림 4.2) Design Builder 알고리즘	44
(그림 4.3) DOE-2 알고리즘	46
(그림 4.4) CE3 알고리즘	47
(그림 4.5) e-QUEST 알고리즘	49
(그림 4.6) Energy-plus 알고리즘	50
(그림 4.7) 건물의 장단변비에 따른 에너지 절약 순위	54
(그림 4.8) 어플리케이션 개발 프로세스	61
(그림 5.1) 사례연구 건물전경	66
(그림 5.2) 표준모델의 기준층 평면도	69
(그림 5.3) 대상건물의 실측 가스사용량	70
(그림 5.4) 대상건물의 실측 전력사용량	70
(그림 5.5) 대상건물 시뮬레이션 모델링 이미지	71
(그림 5.6) 대상건물의 에너지원별 구성 비율	71
(그림 5.7) 대상건물의 에너지원별 소비량 비교	72
(그림 5.8) 실측 값과 시뮬레이션의 연간 에너지소비량 비교 · 분석	72
(그림 5.9) 실측 값과 시뮬레이션의 연간 가스소비량 비교 · 분석	73
(그림 5.10) 실측 값과 시뮬레이션의 연간 전력소비량 비교 · 분석	73
(그림 5.11) 건물의 향 등급에 따른 에너지소비량 성능비교	74
(그림 5.12) 건물의 향에 따른 배치(상 · 중 · 하)	74
(그림 5.13) 장단변비 등급에 따른 에너지소비량 성능비교	75

(그림 5.14) 장단변비 등급에 따른 이미지	76
(그림 5.15) 외피 열관류율 등급에 따른 에너지소비량	77
(그림 5.16) 창호 열관류율 등급에 따른 에너지소비량 성능비교	78
(그림 5.17) 창면적비 등급에 따른 에너지소비량 성능비교	79
(그림 5.18) 외부차양장치 적용 유무 등급에 따른 에너지소비량 성능비교 ..	80
(그림 5.19) 외부차양장치 적용 유무 등급에 따른 냉방·난방부하 성능비교 ·	81
(그림 5.20) 조명기구 등급에 따른 냉·난방·조명부하 성능비교	82
(그림 5.21) 조명기구 등급에 따른 에너지소비량 성능비교	83
(그림 5.22) 냉·난방시스템 등급에 따른 에너지소비량 성능비교	84
(그림 5.23) 건물검색화면(지도모드)	86
(그림 5.24) 건물검색화면(카메라모드)	86
(그림 5.25) 건물기본정보	87
(그림 5.26) 에너지소비량 제시	88
(그림 5.27) 에너지소비 등급	88
(그림 5.28) 건물 DB평가 등급	89

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

지구온난화에 의한 환경적 문제에 전 세계적으로 각 분야에서 위기의식을 느끼며 주목하고 있는 가운데, 지구온난화의 주요 원인인 온실가스 배출량을 줄이기 위하여 에너지소비저감을 위한 다양한 노력들이 이루어지고 있다. 이는 건축분야도 예외가 아니며, 건축물의 에너지소비에 의한 온실가스 배출저감을 위한 적극적인 노력이 필요하다는 인식이 확산되고 있다.

온실가스는 주로 에너지 소비에 의해 발생하는데, 국내에서는 건물분야에서 차지하는 에너지 소비율이 25%에 해당한다.¹⁾ 따라서, 건물분야의 에너지절약 측면에 대한 방안을 마련하는 것이 온실가스 배출량 감축을 위해 더 나아가 환경문제를 해결하기 위하여 필수적이라고 할 수 있다.²⁾

건물에너지 절약을 위한 관심이 고조되면서 일반인의 건물에너지에 대한 관심 또한 증가하고 있다. 국내에도 건물의 대형화, 복잡화에 따라 건물에너지 절약을 위한 방법으로 건물 자동화와 통합관리시스템이 널리 적용되면서³⁾ 건물에너지 관리 시스템(BEMS)을 도입하고 있다. BEMS(Building Energy Management System)란 건물 내의 쾌적한 실내 환경을 유지하면서 에너지 성능을 높이기 위하여 도입되는 건물 관리 시스템을 말한다. 이 시스템은 건물 내 설비 시스템의 가동 상태 감시와 자동제어를 수행하며, 에너지 사용량을 수집한 정보를 토대로 평가과정을 통해 건물 시스템의 효율적인 운영과 에너지 절감을 도모하는 역할을 한다. 그러나 BEMS를 사용하기에는 건물에너지 분야의 전문적인 교육을 받지 않은 일반인들이 접근하기에는 어렵다. BEMS는 실시간으로 전력 사용량을 관리하여 불필요한 에너지의 사용처를

1) 건설교통부, 건설부문 온실가스 배출 분석 연구, 한국건설기술연구원, 2006

2) 송승영 외1, 에너지절약형 공동주택을 위한 주요 설계변수별 비용효율 분석 및 설계모델 설정, 대한건축학회 논문집, 2008, 제28권 제1호 pp.329~340

3) 홍지표 외4, 국내 건물 에너지 관리 시스템(BEMS)적용 현황 및 개선 방향에 관한 연구, 한국친환경설비학회 추계학술발표대회, 2008, pp. 194-197

찾아 최소화하는 시스템으로서 사전교육 없이는 사용은 물론 분석하기가 어려운 것이 현실이다. 이러한 한계점을 보완하며, 건물의 재실자나 전문가가 아닌 일반 사용자 들이 건물에너지에 관하여 해당 건물의 에너지소비량의 수준에 대해 간략하게 평가가 가능한 프로그램이 필요한 시점이다.

즉, 이 같은 상황으로 인해 건물에너지 절약을 위한 관심이 과거에는 전문가들에게만 한정적으로 집중되었으나, 최근에는 일반인들에게도 주요 관심사로 주목받고 있기 때문에 이러한 한계를 극복하기 위하여 이해하기 쉽고 접근이 용이한 방법으로 다가갈 수 있도록 고려하는 방법들이 여러 가지 생겨나는 추세이다. 최근 기술의 발전과 기기의 보편화로 인해 점차 생활 전반에 큰 변화를 가져다 준 IT 기술의 발달은 건축기술에도 영향을 미치며 현실세계의 영상에 컴퓨터에 의해 생성된 정보를 중첩하여 표현하는 증강현실이라는 개념으로 도입되기 시작하였다. 그러나, 증강현실은 아직 건축환경 분야에서의 연구는 초기단계로서 건물에너지에 관해 일반인들에게 특히 쉽게 접근하기 위한 새로운 평가방법이 시급히 필요한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 건물에너지 절약을 위한 설계기법을 친환경건축물의 사례조사를 통하여 분석하고 특히, 증강현실기법을 적용한 건물에너지 평가모델을 구축 및 제시하였다. 또한, 일반인들이 쉽게 접근 가능한 Mobil Application을 제작하여 이를 Case-Study에 적용하여 증강현실 에너지평가모델의 타당성을 검증하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 증강현실 기법을 적용하여 간략한 건물 에너지평가 모델을 제시하고자 한다. 증강현실의 개념을 정리하고 국내외 친환경건축물의 사례와 에너지절약을 위한 설계 기법 및 시스템 기술을 통해 도출된 요소를 이용하여 에너지소비량에 의한 평가모델과 건물 DB에 의한 평가모델방법을 구축하고 이를 Case study 하여 모바일 어플리케이션에 적용하기위해 Process를 제시하는 연구를 진행하였다.

본 연구에서 수행된 연구의 내용 및 방법은 다음과 같다.

1) 증강현실의 건물에너지 적용을 위한 이론적 고찰

건물에너지 평가에 증강현실 기법을 적용하기 위하여 증강현실의 개념 및 기술을 조사하고, 증강현실이 적용된 다양한 분야와 특히, 건축 환경분야를 조사·분석하였다.

2) 건축물 설계기법 및 시스템 기술 분석

건물의 에너지 소비에 영향을 미치는 각 구성요소별 세부 요소기술의 범위는 매우 넓고 요소기술에 의한 에너지 절감 수준을 분석하기는 매우 어려우므로 국내·외 친환경건물의 사례조사를 통해 이에 적용된 요소기술을 조사하여 이를 토대로 에너지 절약 설계기법 및 시스템 기술을 정리하였다.

3) 건물에너지 평가모델 구축

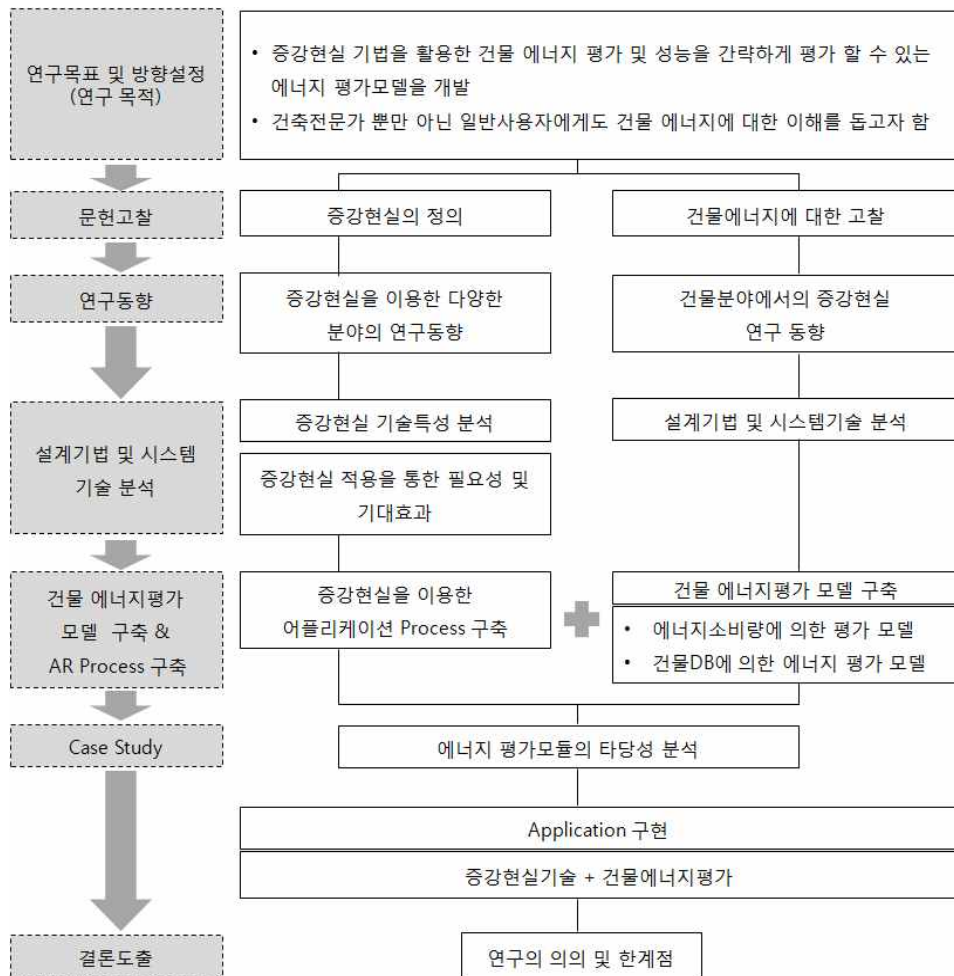
건물에너지 평가모델은 두 가지에 의하여 수행하였는데 먼저 국내외 에너지소비등급과 건물용도별 에너지소비실태를 통한 에너지소비량에 의한 에너지 평가모델과 에너지 해석기법 및 에너지 해석Tool(시뮬레이션 Tool)을 이용한 건물DB에 의한 평가모델로 구축하였다.

4) Application Process 구축

본 Application은 일반 사용자도 이용가능 하도록 Mobile Application의 형태로 개발하였다. 즉, 모바일기기를 통한 증강현실기술은 위도, 경도 등 위치정보를 획득하면 이를 위치정보시스템에 전송하여 해당위치의 부가정보 DB에서 사상(寫像)의 부가 정보를 전송하여 카메라를 통해 인식된 현실정보에 부가정보를 제시하며 이에 관해 프로세스를 제시한다.

5) Case study

Case study에서는 다수의 건물군으로 구성된 단지를 중심으로 에너지 소비량 및 건물DB평가를 실시하여 에너지 평가모델을 적용하였다. 대상건물은 복수의 건물로 구성된 대학교 캠퍼스로 선정하여 실시하였다.

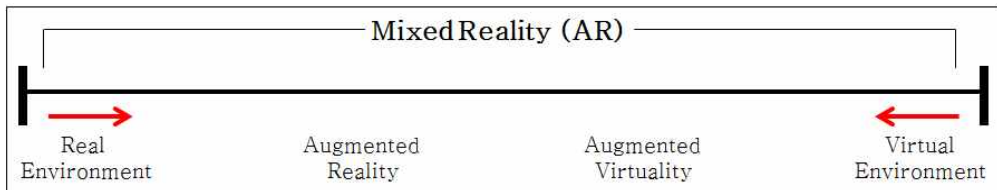


(그림 1.2) 연구의 흐름도

제 2 장 증강현실의 정의와 건물 에너지 분야의 적용현황

2.1 증강현실(Augmented Reality)의 정의

증강현실(Augmented Reality)은 가상현실(Virtual Reality)의 하나의 분야에
서 파생된 기술로 현실세계의 정보위에 컴퓨터로 처리된 가상의 정보를 결합
시켜 제공하는 기술을 의미한다.⁴⁾ 즉, 가상현실은 현실세계를 대체하여 사용
자에게 보여주지만 증강현실은 현실세계에 가상의 물체를 중첩함으로써 현실
세계를 보충하여 사용자에게 보여준다는 차별성을 가지며, 가상현실에 비해
사용자에게 보다 나은 현실감을 제공한다는 특징이 있다. Milgram은 이러한
AR의 개념을 Reality-Virtuality Continuum을 통해 혼합현실(Mixed Reality)
과 현실, 그리고 가상현실간의 관계를 설명하였다.⁵⁾



(그림 2.1) Milgram의 Reality-Virtuality Continuum

1997년에 Ronald Azuma가 다음과 같이 증강현실의 3가지 특징을 정의함
에 따라 대표적인 증강현실 개념으로 사용되기 시작했다. 첫째, 현실과 가상
이 결합되어야 하고, 둘째, 실시간으로 동작 및 상호작용이 가능해야 하며,
셋째, 3차원으로 현실 세계에 정합되어야 한다는 점이다. Azuma의 정의는
Milgram의 정의와 함께 현재까지 받아들여지고 있는 증강현실에 대한 대표
적 정의라 할 수 있다.⁶⁾

4) 진종홍 외, 모바일 증강현실 기술 표준화 동향, 한국전자통신연구원, 전자통신동향분석
2011, 제26권 제2호, pp.61~74

5) 박소영, 증강현실 기반의 건물 정보 통합 관리 시스템에 관한 연구, 석사학위논문, 연세
대학교 대학원, 2004



(그림 2.2) 증강현실의 예시 이미지

2.1.1 증강현실의 기술 동향

증강현실 기술을 적용하기 위해서는 몇 가지 기본적인 장치 및 기술이 필요하다. 증강현실 기술은 하드웨어 기술과 소프트웨어 기술로 구분할 수 있으며, 하드웨어 기술은 디스플레이, 입력장치 및 인식 기술, 트래킹 기술, 영상 접합기술, 3D 처리 기술, 증강현실 콘텐츠 기술, 상황인지 처리 기술, 증강현실 클라이언트 기술로 구분된다. 현재 모바일 증강현실의 보다 나은 성능향상을 위해 카메라 제어, 위치정보 활용 기술, 영상인식 및 정합기술, 3D 처리 가속화 등에서 많은 연구개발들이 진행되고 있다.⁷⁾

1) 디스플레이(Displays)⁸⁾

디스플레이는 증강현실을 구현하기 위해 실제의 장면에 컴퓨터 그래픽으로 합성된 가상화면을 실시간으로 보여주는 장치를 말한다. See-through HMD(Head Mounted Displays)는 대표적 예이며, 보는 방법에 따라 크게 광학적 방식(Optical see-through)과 비디오 방식(Video see-through)으로 나눈다.

6) 장영균 외1, 모바일 증강현실 기술동향, OSIA Standard & Technology Review, 2010, 제38권 제1호, pp.41~52

7) Ibid

8) http://mind.kaist.ac.kr/3_re/VRMR/20030110ch0sun.pdf

2) 추적 장치(Tracking Devices)⁹⁾

회전각과 위치정보와 같은 물리량을 가지고 사용자와 가상 물체의 위치를 추적하는 기술이다. 실내에서의 트래킹은 주로 추적을 위한 센서를 부착하고, 여러 대의 카메라를 이용하여 사용자의 위치를 추적하고, 실외 환경에서는 보통 GPS(Global Positioning System)를 이용하여 추적한다.

3) 3D 모델링

증강현실 내에서 표현하고자 하는 데이터 또는 가상물체를 3D로 생성하는 것을 말하며, 실질적으로 현실 세계에 중첩하고자 하는 가상의 물체를 3D 모델링을 통해 미리 생성을 해두어 이를 결과적으로 가시화 하게 된다.¹⁰⁾

4) 정합(Registration)

정합은 가상 물체가 정확하게 실제 환경에 위치시키도록 하는 과정을 말한다. 정합에는 기하학적 좌표들이 일치하도록 하는 기하학적 정합(Geometric registration), 광학적 성질들이 일치되도록 하는 광학적 정합(Photometric registration), 사용자 시점의 변화 등으로 발생하는 시간차를 해결하는 시간적 정합(Temporary registration) 등이 있다. 또한 정합문제는 그 요구되는 정확성의 정도가 매우 높고 에러의 근원이 다양하기 때문에 충분히 제어하기가 어렵다. 이러한 에러의 근원들은 크게 정적인 에러(Static error), 동적인 에러(Dynamic error)로 구분된다. 정적인 에러는 사용자의 시점(Viewpoint)과 주변 환경의 물체들이 그 자리에 멈춰 있을 경우에 발생하는 에러를 말하며, 동적인 에러는 사용자의 시점이나 물체가 움직일 때 발생하는 에러를 말한다. 이 같은 정합문제는 센서들의 측정 속도나 정밀도를 향상 시킴으로써 해결할 수 있다.

5) 카메라 보정(Calibration)

보정은 정합과정을 거친 후, 카메라의 위치·방향·초점 등의 파라미터를 계산하여 가상물체의 위치를 보정하는 과정을 말한다. 카메라 렌즈 자체와

9) <http://www.ar-vision.com/tech/tech-senser.asp>

10) 박소영, Op·cit

카메라의 회전, 줌·포커스와 같은 다양한 동작에서 나타나는 광학적·기하학적 왜곡을 몇 단계의 알고리즘과 절차를 거쳐 보정하게 되는데, 이 과정을 거쳐야 정합과정에서 발생하는 오차 등을 최소한으로 보정하여 좀 더 사실감 있는 증강현실 구현이 가능하다.

6) 기타

이 외에도 실시간으로 처리되어야 하는 증강현실과 관련된 영상처리기술을 성공적으로 수행하기 위해 필요한 디지털 영상 처리기술 역시 중요하게 고려되어야 한다. 또한 실행 시스템 구축과 함께 중요한 요소 중 하나가 사용자 인터페이스기술 이라고 할 수 있는데 구축하고자 하는 시스템의 GUI(Graphic User Interface)가 효율적으로 구성되지 못할 경우, 시스템 본래의 기능을 충분히 살릴 수 없게 된다. 따라서 증강현실 시스템에 있어서 사용자 중심의 효율적인 GUI 인터페이스 설계 및 구축 역시 증강현실 환경을 위한 중요한 기술요소 중 하나이다.¹¹⁾

2.2 건축분야에서의 증강현실 연구동향

증강현실은 다양한 산업분야에서 연구·활용되고 있으며 건축 분야에서도 2000년대 들어 증강현실의 잠재성에 주목하기 시작했지만 타 산업에 비해 아직 관련된 연구들이 초기단계에 머물러 있는 실정이다. 건축 분야에서 증강현실에 관해 진행된 연구에 대해 조사·분석한 결과, 적용 분야는 <표 2.1>과 같이 나눌 수 있다. 현재까지 진행된 연구의 분야는 건축정보가시화, 디지털 콘텐츠, 건설관리, 설계, 시뮬레이션 및 제어로 나누어진다.

11) 이형원, 혼합 현실 기술을 이용한 3D TV 콘텐츠 제작기법에 관한 연구, 연세대학교 공학대학원, 석사학위논문, 2003, pp.6-7

<표 2.1> 건축분야에서의 증강현실 연구동향

구분	저자	주요내용
건축정보가시화	Feiner(1995)	Architectural anatomy: 완공된 건축물의 구조 일부를 그래픽으로 재현하여 건축물의 내부 구조 및 구조에 관한 추가 정보를 얻음
	Park(2004)	건물 내 설비정보 가시화
	박소영(2005)	건물 실제 상황과 모델을 연계하여 직관적이고 자연스러운 건물 정보 탐색 방법을 제시함
	네덜란드건축협회(NAI)(2010)	SARA: 건축물의 사진, 동영상, 3D 모델, 축소 모형, 기타 텍스트 정보 제공
디지털 콘텐츠 개발	Changhoon(2003)	경주의 전통 건축물을 디지털 콘텐츠로 개발
	Kaga(2009)	일본 전통건축의 디지털 콘텐츠 개발
	Kvan(2009)	증강현실을 건축설계, 도시계획, 구조계획 등의 교육 자료로 활용하기 위한 실험적 연구 실시
	이강훈(2010)	증강현실을 이용한 인터랙티브 디지털 건축문화유산 응용프로그램 개발
건설관리	정성수(2005)	영상에서 창틀이나 건물 외곽과 같은 외부표정 요소의 3차원 좌표를 추출하여 데이터 모델의 특정점과 일치시켜 공정 모니터링을 실시함
	서준오(2005)	계획공정을 4D CAD를 이용해 생성한 구조물의 3차원 모델과 실제 공사 현장 영상을 합성하여 공정을 모니터링하는 시스템을 제안
	임준폰(2006)	모바일 증강현실기술을 이용하여 건물시물레이션(조망 및 일조분석)뿐만 아니라 건설공정관리 용도로 활용함
	Roh(2009)	건물 내부 공사 진척상황을 4D CAD에 의해 생성된 3차원 도면과 정합하여 비교함으로써 계획공정과 실제 공정 진도를 비교함
	안지연(2010)	BIM 의사결정 지원 시물레이션 개발 (AR navi X) 기법을 활용하여 현장사진과 동영상자료 혹은 레이저 스캐닝 데이터를 활용하여 의사결정 도구로 활용
설계지원	Ross(1995)	실내 가구 배치 등 실시간 시물레이션 실시
	변재형(2003)	증강현실을 활용하여 사용자 참여 디자인도구로서 인터랙티브 디자인 툴킷 제안
	Wang(2009)	건축설계단계에 AR을 접목시키기 위한 AR디자인 환경에 대한 연구 실시
	Dunston(2009)	건설대지조성 공정에 AR접목을 위한 연구실시
	류정립(2010)	주거단지를 대상으로 3D환경에서 주동을 배치하고 실제 환경에서의 구현여부를 실험을 통해 검토함
건축 환경 분석 및 제어	Malkawi(2005)	실제 사물의 화면위에 기류유통 패턴을 제공함
	김영진(2010)	맥락인식 증강현실을 이용한 유비쿼터스 건물 환경제어 시스템을 이중외피 시스템에 대해 구현함

1) 건물 정보 가시화 분야

사상(寫像)위에 건물의 다양한 정보를 제공함으로써 향후 건물에 관한 이해를 높이고자 하였다. 이와 관련된 연구를 살펴보면, Feiner과 Park는 건축물에 관한 다양한 정보를 사용자의 이해를 증진시키기 위하여 증강현실을 이용하여 가시화하였으며, 네덜란드건축협회는 세계최초로 모바일 건축 어플리케이션을 개발하여 건축물의 사진, 동영상, 3D 모델, 축소 모형, 기타 텍스트 정보를 제공하고 있다. 박소영은 건물의 물리적 요소(설비, 구조 등)과 공간의 속성, 사용자 및 관리 요소에 대한 통합 건물 관리 시스템을 제안하였다.

2) 디지털 콘텐츠 개발

건축관련 정보를 보존하고 교육적 측면에서 활용하고자 증강현실을 활용한 분야로 Changhoon 외, Kaga 외, 이강훈 외는 증강현실을 이용하여 전통건축물과 그 외 건축물을 디지털 정보로 제작하고 정보보존 및 교육에 활용하고자 하였다. 또한 Kvan 외는 건축설계, 도시계획, 구조계획 등의 교육 자료로 증강현실을 활용하여 교육적 효과를 증대시키고자 하였다.

3) 건설관리 분야

증강현실 기술과 공정, 건물의 3D 모델을 서로 연계하여 공정 모니터링에 유용한 정보를 사용자에게 효과적으로 제공하는 연구가 진행된 바 있다. 이에 관한 연구에 의하면 건물의 정보(3D)와 공정진행 사항을 연계하여 4D CAD를 생성하고 이 정보와 3차원 도면과 정합하여 비교분석함으로써 당초 공정 진행 계획과 진행사항을 비교하고, 이에 따른 즉각적인 수정을 실시하여 재작업과 공정지연을 최소화할 수 있다고 주장하였다. 또한 기존 모니터링방법에 비해 소요되는 시간을 단축시키고 향후 진행될 공정에 대한 순서를 시각적으로 제시함으로써 훨씬 간편하고 효율적으로 공정관리를 실시할 수 있다고 주장하였다. 또한 안지연 외는 기획, 설계, 시공, 유지관리 단계별로 참여하게 되는 발주자, 설계자, 시공자, 시설관리자간의 협업적 의사결정을 지원하기 위해 AR Navi X를 개발하였다.

4) 설계지원

건물의 계획 단계에서 설계안을 실제 공간 안에 제시함으로써 사용자에게 즉각적인 현실감을 부여해준다. 또한 3D CAD를 사용하는 설계자라 하더라도 3D 데이터의 대상물을 2차원 모니터에 디스플레이 되므로 실제 형상 구현에 어려움이 있어 작업한 3차원 데이터를 입체의 가상공간으로 만들어 설계자가 직접 그 공간상에 들어가 실시간으로 체험함으로써 설계 시 잘못된 점을 수정하여 정확한 설계를 가능하게 할 수 있다. Ross 외 는 가구 배치 등 인테리어 계획 단계에서 증강현실을 이용하여 실시간으로 정보를 인식하게 하였고, 변재형, Wang 외, Dunston 외, 류정립은 계획 초기단계에 증강현실기술을 활용하여 실제 적용 수준과 가능성을 확인하고 효과적인 계획을 위한 활용방안을 마련하고자하였다.

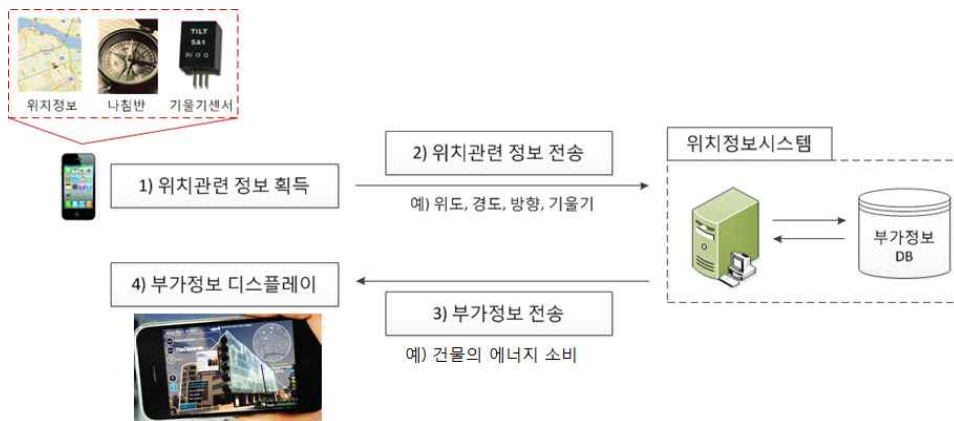
5) 건축 환경 분석 및 제어 분야

증강현실의 분석적 기능을 활용한 예로 기존에 개발된 시뮬레이션 툴이나 모니터링 기술과 증강현실 기능을 결합하여 실내환경에 대한 정보를 제공하고 이 결과를 토대로 건물 시스템 제어환경을 구현하고자 하였다. Malkawi 외는 실사 위에 사용자의 음성과 제스처 인식을 이용하여 건물 내 기류유동 패턴을 HMD(Head Mounted Display)를 통해 미리 구해진 계산 결과를 보여주는 것으로, 시스템의 실시간 정보 제공이 아니라는 측면에서 한계점이 있다. 또한 김영진 외는 온라인으로 물리적 정보(실내·외 온도, 풍속, 풍향 등)와 성능 관련 정보(에너지 비용, PMV 등)를 가시화하고 제스처 패턴 기술을 이용하여 이중외피 시스템 제어환경을 구현하고자 하였다. 현재 증강현실을 이용한 건축 환경 분석에 대한 연구는 미흡한 실정으로 향후 증강현실을 이용한 환경 분석 툴 개발을 통해 전문가뿐만 아니라 비전문가인 실사용자의 이해를 돕고 시스템 제어 환경을 구현할 수 있을 것으로 기대된다.

2.3 증강현실을 이용한 어플리케이션의 개념

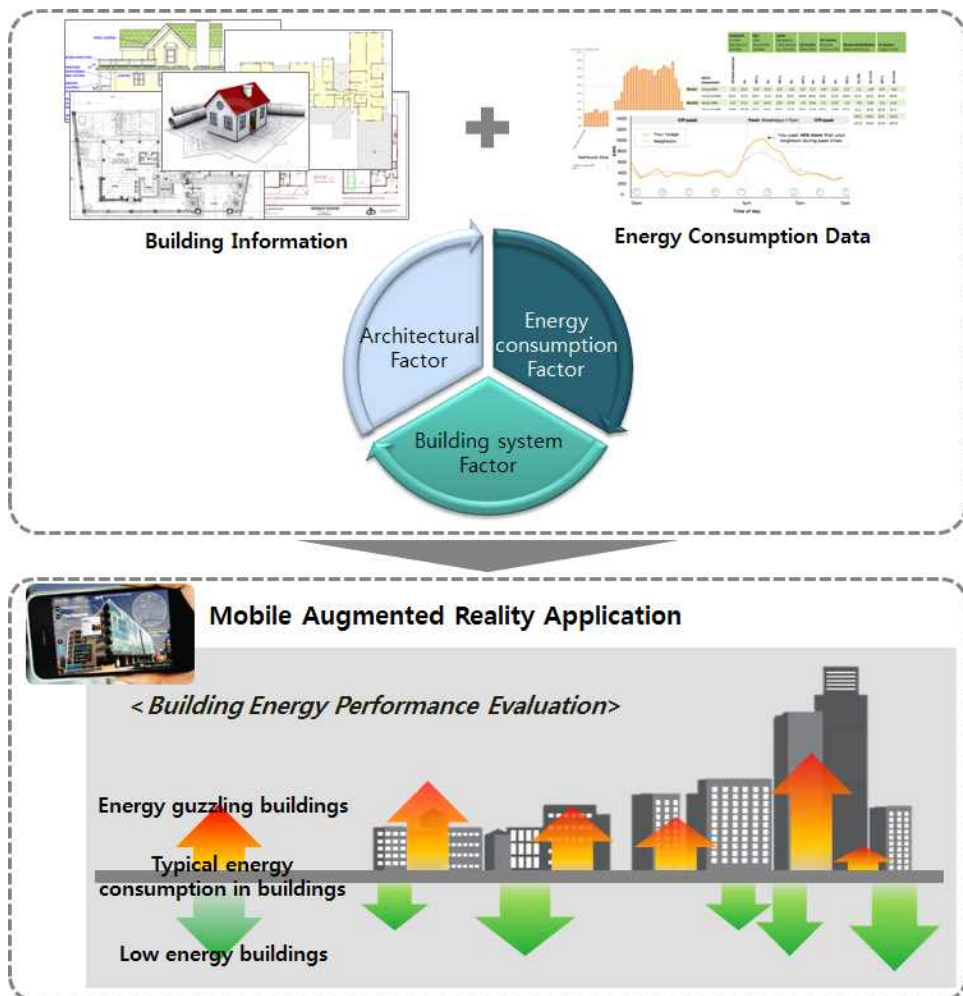
본 어플리케이션은 건물을 사용하는 일반 사용자에게 건물의 정보 및 에너지 성능 정보를 제공하는 것으로 스마트폰에서 제공가능한 모바일 어플리케이션의 형태로 개발하고자 한다. 이는, 모바일 분야는 증강현실에 필요한 하드웨어, 소프트웨어, 무선통신기능 등의 인프라가 구축되어 있어 최근 증강현실의 접목이 활발하며, 특히 스마트폰은 카메라, GPS 통신기능은 물론 고성능 정보처리 칩을 내장하고 있어 현실정보와 가상정보의 결합에 최적 환경을 제공하고 있기 때문이다. 또한 스마트폰의 보급률 확대에 따라 사용자가 손쉽게 관련 정보에 접근 할 수 있게 되었고, ‘눈에 보이는’ 대상에 대한 정보를 현장에서 실시간으로 원하는 소비자의 요구가 점점 확대되고 있으므로 모바일 기술을 활용한 증강현실 어플리케이션은 그 활용도가 높을 것으로 예상된다.

증강현실 어플리케이션의 개념은 (그림 2.3)과 같이 모바일 기기를 통해 위도, 경도 등 위치정보를 획득하면 이를 위치정보시스템에 전송하여 해당위치의 부가정보 DB에서 사상(寫像)의 부가 정보를 전송하여 카메라를 통해 인식된 현실정보에 부가정보를 제시한다.



(그림 2.3) 모바일 증강현실 어플리케이션의 개념

적용 대상은 복수의 건물 군으로 구성된 단지를 대상으로 하는 것으로 가정한다. 건물의 에너지 성능평가는 두 개의 분야로 나누어지는데 하나는 건물 Data-Base(이하 DB)에 의한 평가와 에너지소비량에 의한 평가로 이루어진다. 이를 모바일을 이용한 어플리케이션의 형태로 정보를 제공함으로써 사용자가 손쉽게 대상 건물의 에너지 수준을 평가하여 파악할 수 있도록 한다. (그림 2.4)는 본 연구에서의 어플리케이션의 주요 개념을 나타낸 것이다.



(그림 2.4) 어플리케이션 개념

2.4 소결

증강현실(Augmented Reality)은 가상현실(Virtual Reality)의 하나의 분야에서 파생된 기술로 현실세계의 정보위에 컴퓨터로 처리된 가상의 정보를 결합시켜 제공하는 기술을 의미하는데, 증강현실은 현실세계를 대체하여 사용자에게 보여주지만 증강현실은 현실세계에 가상의 물체를 중첩함으로써 현실세계를 보충하여 사용자에게 보여준다는 점에서 가상현실과 차별성을 가지며, 가상현실에 비해 사용자에게 보다 나은 현실감을 제공한다는 특징이 있다. 이러한 증강현실 기술을 적용하기 위해서는 기본적인 장치 및 기술이 필요하다. 이는 디스플레이, 추적장치, 3D모델링, 정합, 카메라 보정 등 이 있다.

건축분야에서의 증강현실 연구동향은 건물정보가시화, 디지털 콘텐츠개발, 건설관리, 설계지원, 건축환경분석 및 제어 분야 등에서 수행되고 있지만 타 분야에 비해 아직 초기수준단계에 머물러 있는 실정이다. 특히, 건축환경분야는 일부 연구자에 의해 기류, 온도 등의 분석이 단편적으로 수행되고 있었다.

제 3 장 건물에너지절약 설계기법 및 시스템 기술 분석

3.1 에너지절약 위한 설계기법 및 시스템 기술 적용사례

건물의 에너지 소비에 영향을 미치는 구성요소는 건축계획적 요소, 설비계획적 요소, 신재생에너지 요소로 구분된다. 건축계획적 요소는 건물의 향, 외피 및 창호의 열관류율, 창호의 성능, 창면적비, S/V비 등이 해당되며. 설비계획적 요소는 조명밀도, 냉난방시스템 등이 있다. 신재생에너지 요소는 건축에 적용되고 있는 대표적 시스템은 태양에너지, 풍력, 지열, 바이오매스에너지시스템이 있다. 각 요소별 세부 요소기술의 범위는 매우 넓고 요소기술에 의한 에너지 절감 수준을 분석하기는 매우 어렵다. 따라서 국내외 친환경건물의 사례조사를 통해 이에 적용된 요소기술을 조사하여 이를 토대로 에너지 절약 설계기법 및 시스템 기술을 정리하고자 하였다.

3.1.1 국내·외 친환경건물 사례조사

(1) Green Tomorrow

Green Tomorrow는 S기술연구소에서 지은 주거 건물로 2009년 11월에 국내 친환경 건축물 최우수등급을 받았다. 또한 2009년 9월 USGBC LEED-NC v.2.2의 Platinum(55 Points)의 건물로 건축계획을 친환경 건축과 제로 에너지 구현을 목적으로 개구부, 창, 외피부분은 열, 빛, 공기 등의 자연환경을 최적으로 활용할 수 있도록 계획하여 실내환경의 쾌적성을 추구하였고, 신재생에너지를 도입하여 건물에 요구되는 에너지를 직접 생산하였다.

(2) Green Home¹²⁾

그린 홈 제로하우스는 제로하우스에 관련된 전시를 목적으로 생활이 가능

12) 에너지관리공단, <http://www.kemco.or.kr>

하도록 건축되었으며, 실제 건축에 사용된 자재의 내부를 한눈에 볼 수 있도록 설계되었다. 건물의 Passive Design 요소로는 증가된 벽체 열관류율과 자연채광 등 기존 건물에서 난방으로 소요되는 에너지의 90%, 냉방으로 사용되는 에너지의 50% 이상을 저감할 수 있다.

(3) 3L House¹³⁾

3L 하우스는 패시브 하우스의 개념 내에서 에너지 소비량의 목표를 구체적으로 $3\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$ 로 규정한 것으로, 3리터 하우스(패시브 하우스)라는 용어는 다양한 기술, 설계와 재료를 이용하는 시공표준으로 간주되며, 기본적으로 저에너지 건축(low energy house)을 기본모델로 하여 설계된 것이다. 건물 계획 시 난방부하의 경우 $10\text{W}/\text{m}^2$ 미만으로 설정하여, 기존의 일반적인 건물(주택)보다 약 80%정도의 에너지를 절약할 수 있는 것으로 계획하였다.

(4) Zero Energy Town

제로 에너지 타운은 제로 에너지 타운 조성을 위한 전력 자립형 시범 건물로 성능 시험동, 제로 에너지 솔라 하우스, 옥외 전시장으로 구성되어 있다. 성능 시험동건물은 제로에너지 타운 설비 요소간의 성능을 평가하기 위해 건축되었으며, 건물 에너지 저감을 위해 태양열 집열기와 태양전지를 설치하였다.

(5) Gish Apartments¹⁴⁾

Gish Apartments는 USGBC LEED-NC, v.2/v.2.1의 Gold(40 Point) 등급과 USGBC LEED for Homes Pilot의 Gold(74.5 points) 등급을 받은 프로젝트로 AIA 위원회에 채택된 건물이다. 높은 단열 성능으로 인한 냉·난방에너지 소비를 감소시키고 에너지효율적인 Energy star의 가전제품을 적용하였다. 또한 Cool Roof 기술을 적용 하였으며, 태양광 발전 시스템을 옥상면에 설치하여 소비되는 에너지를 충당하도록 계획된 건물이다.

(6) Solar Umbrella¹⁵⁾

13) 박선희 외2, 3L House의 설계, 시공 및 평가, 대림산업(주) 기술연구소, 2006

14) www.aiatopten.org

캘리포니아 베니스에 위치한 Solar Umbrella는 남부 캘리포니아의 건조한 기후에 적합한, Shading solar canopy를 설치하여 건물로 유입되는 태양열을 차단하고, 캐노피 상부에 PV를 설치해 건물에서 사용하는 95% 에너지를 PV를 통해 생산한다. 또한 태양열 집열판을 설치하여 급탕 및 수영장 용수로 사용하고, 건물에 자연채광을 유입할 수 있는 큰 창을 두어 담천공 상태를 제외하고는 조명부하를 요구하지 않도록 계획하였다.

(7) Super E

Super-E는 캐나다의 에너지 효율적이며 거주자들의 쾌적감을 만족시키고 경제적인 환경친화형 주거건물의 계획 방법으로 에너지 사용량 0%를 위한 표준 주택이다. Super-E의 Net-zero 주거는 건물 내의 여러 가지 시스템으로 에너지를 생산할 수 있고, 설비 시스템을 통해 주택 내 여러 가지 요소기술을 통합적으로 운영이 가능하다.

(8) Council House 2 (CH2)

호주 멜버른에 위치한 Council House2는 Green Building Council의 6 star를 획득한 최초의 사무소 건물로, 기존의 설계방식에서 벗어나 자연형 디자인을 통해 환경조절을 시도한 Low Emission Building으로 평가받고 있다.

(9) Hawaii Gate Energy Center¹⁶⁾

Hawaii Gateway Energy Center(HGEC)는 Zero Energy Building으로 USGBC LEED-NC, v.2/v.2.1의 Platinum 등급을 받았다. 대상건물은 하와이 코나의 남부 해안에 위치한 자연 에너지 연구소로, 주거건물의 에너지 저감 방안 및 설계, 기술 개발을 연구 목적으로 건축되었다.

(10) Heifer International Headquarter¹⁷⁾¹⁸⁾

15) Ibid

16) www.ariatopten.org

17) http://greensource.construction.com/projects/0701_COL.asp

2006년에 완공되어 Little Rock에 위치한 Heifer International Headquarter는 USGBC LEED-NC v.2/v.2.1의 Platinum 등급을 받은 건물로, 곡선 형태의 건물에 광선반과 vertical fin을 통하여 건물 내부로 자연채광을 유입한다. 이 건물은 이용 시간에 자연채광을 통해 조명부하를 저감시킴으로써, 기존의 비슷한 건물에 비해 55% 에너지 사용량을 저감할 수 있다.

(11) Mercator Centre Liuloliana¹⁹⁾²⁰⁾

Mercator는 남동유럽의 leading retailer company의 1,300개 이상의 소매점과 총면적 921,374m²의 대규모 슈퍼마켓을 포함한 상업 건물로, 건물 내 소매점의 에너지 저감방안을 목적으로 자연채광 방안 및 저온 치환 환기방식 등을 적용하여 프로젝트를 진행하였다. 그에 따라 인공조명의 30%, 열에너지의 40%를 저감하는 등 건물 전체의 에너지 비용의 40%를 저감할 수 있었다.

(12) La Botanical Gardens & Nature Center

텍사스 오렌지에 자리한 La Botanical Gardens & Nature Center는 자연 학습 체험 연구실, 실험실, 그리고 3 개의 야외 교실로 이루어져 있으며, 극장을 포함한 전시 홀, 어린이 정원 및 전시 온실, 그리고 자원 봉사 센터도 포함되어있다. La Botanical Gardens & Nature Center는 기존건물을 리노베이션하고, 전체건물의 80%를 신축한 것으로 USGBC LEED-NC v.2/v.2.1의 Platinum 등급을 받은 건물이다.

(13) Training Center in Bukhara

우즈베키스탄의 17~18세기에 건축 된 버려진 건물을 리모델링을 통해 새로운 학교 건물로 계획한 Training Center는 자연 채광 및 환기를 건물 내부 중정을 통해 가능하게 하고, 이 지역의 높은 냉방부하를 저감하기 위해 에너지 효율적인 디자인을 계획하였다. 그 결과, 일반적인 기준 건물에 비해 에너지를 30% 저감할 수 있게 되었다.

18) <http://www.aiatopten.org/hpb/overview.cfm?ProjectID=781>

19) <http://www.mercator.si/trgovina/>

20) <http://fgg.uni-lj.si/>

(14) Educational Office Building in Southampton

영국 Southampton 외곽에 위치한 Southampton 대학교의 학생 서비스 건물로, 에너지와 물의 사용, 건축자재 등 건물의 환경적인 영향을 최소화하도록 설계되었으며, 기존의 건물 대비 39%의 에너지 저감이 가능한 건물이다

(15) Primary School in La tour de Salvagny

Primary School은 프랑스 Sara-Project²¹⁾의 하나로, 기존에 학교 건물을 리모델링하고, 추가로 건물을 신축하고자 한 것으로, 이 프로젝트는 두 단계로 진행되었다. 1단계는 신축 건물로 건물에 지열 파이프 매설, 환기 관리 및 제어 시스템설치와 우수 집수조 설치를 통해 에너지를 저감하고자 하였고, 2단계는 기존 건물을 리모델링하는 것으로, 개구부와 창호 성능 향상과 환기 시스템적용을 목적으로 계획하였다

3.1.2 친환경건물에 적용된 에너지절약 요소 기술

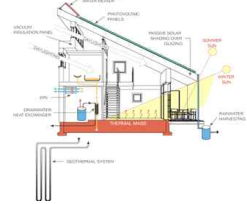
건물 에너지절약 설계기법 및 시스템 기술을 적용한 국내·외 사례분석결과 건축적 요소는 단열성능향상, 자연환기, 옥상녹화, 이중외피, 차양, 자연채광, Cool Roof, 고성능창호, 우수 및 중수재활용, 재활용 건축자재 등을 적용하였으며, 설비적 요소는 LED조명, 전열교환기, 바닥취출 공조시스템, 고효율 냉·난방시스템, 하수열재사용, 열병합발전, 냉각튜브, 조명제어가 있다. 신재생에너지로는 태양광 발전, 태양열 급탕, 지열 히트 펌프, 풍력발전, 연료전지 등이 적용된 것을 알 수 있다.

국내·외 저에너지 건물의 에너지 저감 방안 비교 분석을 위해 <표 3.1>과 같이 정리하였다.

21) SARA project는 유럽에서 진행되고 있는 친환경 건축 개발 프로그램으로 공공 시설물을 대상으로 경제적이고, 에너지 효율이 높으며, 지속가능한 친환경 건물을 개발하고 보급하는 것을 말한다.

<표 3.1> 국내·외 저에너지 건물의 에너지 저감 요소 분석

구분	Green Tomorrow	Green Home	3L House	Zero Energy Town
건물 이미지				
건축적 요소	• 고단열 고기밀 창호 • 자연환기 • 광덕트 및 천창계획 • 옥상녹화 • 이중외피	• 단열 성능 강화 • 시스템 상호 • 단열 환관문 • 외부 차양 • 집광 채광 • 옥상 녹화	• 슈퍼외단열 • 자연 채광 • 고성능 창호 • 옥상 녹화	• 슈퍼 단열 • 자연 채광 • 축열벽
설비 시스템	• 잠열 축열 시트 • 회전형 전열교환기 • LED 조명 • 직류(DC)배전 • 우수 및 중수 활용 • 열회수 환기장치 • 저온바닥난방 • 천장 복사 패널 • 바닥취출 공조시스템	• LED 조명 • 홈 네트워크 실시간 전력 감시시스템 • 고효율 펌프 • 우수 활용 • 건식바닥 난방시스템 • 배기열 회수 환기장치	• LED 조명 • 지중 덕트 시스템 • 환기 시스템 • 우수 활용	• 강제환기 배열 회수 시스템
신재생에너지	• 태양광 발전 • 태양열 급탕 • 지열 • 풍력 • 연료전지	• 태양광 발전 • 태양열 급탕 • 지열 • 연료 전지 • 펠레트보일러	• 태양광 발전 • 풍력 발전 • 지열	• 태양광 발전 • 태양열 난방 및 급탕 • 지열 • 풍력 발전 • 연료 전지

구분	Gish Apartment	Solar Umbrella	Super E
건물 이미지			
건축적 요소	• 잔디면적 최소화 • 건물외피(고성능 단열 유리) • 고단열 벽체 • 발코니(라이트 레일 라인) • Cool Roof	• 고단열 벽체 • low-e 유리, 이중유리 • open floor plan • 바닥 및 벽 축열 • 차양장치	• 돌출된 차양 • 맞통풍 • 진공단열패널
설비적 요소	• 관개 제어 시스템 (가뭄내성식물) • 저수사용 시설 (싱크, 샤워, 화장실) • 물-처리열펌프 시스템 • 고효율 중앙 보일러-배관단열 • 대형 팬 기계 시스템	• 태양열 급탕 • 가동형 창 • 천공스틸 계단 • 조명제어시스템	• 열교환기(ERV) • 복사 냉난방 • 하수열 재사용 시스템(DWHR)
신재생에너지	• 태양광 발전 시스템	• 태양광 발전 시스템 • 태양열 급탕 시스템	• 태양광 발전 시스템 • 태양열 급탕 시스템 • 지열 히트 펌프

구분	Council House 2	Hawaii Gateway Energy Center	Heifer International Headquarters	Mercator Centre Liubliana, Slovenia
건물 이미지				
건축적 요소	• 냉각천장 • 자연환기 • 축열벽 • 벽면녹화	• 건물 면적 최소화 • 지붕 단열 • 벽 (고단열재) • 창문 • 평면계획 • open Plan 및 넓은 창문, 높은 천장 • 굴뚝효과를 이용한 자연 환기	• 벽 단열 • 동서향 창문 개수 최소화 • 자연채광 (동서측의 평면) • 고성능 창과 문 • 건물 유리 • 우수 및 중수활용 • 물이 없는 소변기 • 광선반, vertical fin	• 벽체 단열 강화 • 자연 채광(광덕트) • Low-e유리
설비적 요소	• PCM 상변화 물질 • 열병합발전 • 디밍제어 • 오수 재사용 시스템 • 냉각천장 (chilled ceiling) 이용	• 폐쇄루프시스템 • 물이 없는 소변기 • 주광제어센서를 통한 조명 제어 • 바닥 냉난방 시스템	• 고효율 기기 • 조명제어(Dimming system) + T5 lamp • two pulse-combustion high-efficiency boilers • 이중마루 + VAV air distribution system	• 저열 바닥 냉난방 시스템 • 고효율 조명 기기 • DALI시스템 • 폐열회수 시스템 BMS • HVAC (바닥 급기)
신재생에너지	• 태양광 발전 시스템 • 태양열 급탕 시스템 • 풍력 발전 시스템	• 태양광 발전 시스템	• 태양광 발전 시스템	• 태양광 발전 시스템

구분	La Botanical Gardens & Nature Center	Training Center in Bukhara	Educational Office Building in Southampton	Primary School in La tour de salvagny
건물 이미지				
건축적 요소	• 넓은 창문, 높은 천장 • 외부루버 • 자연 습지 조성 • 건축재료 재사용	• Thermal mass • 맞통풍 계획 • 옥상 녹화 • 우수 집수 • 증발냉각 • 고정형 또는 가동형 • 태양 집광 장치	• 재활용 건축 자재 • 축열체 • 외단열 • 자연 채광 • 아트리움을 통한 자연 환기 • 우수저장	• 건축 자재 • 축열체 • 단열 • 자연채광 • 자연환기 • 우수
설비적 요소	• 열교환기	• 고효율 기기 • BMS와 에너지 모니터링	• 조명제어 • 냉각튜브 • BMS 및 모니터링	• 조명제어 • BMS
신재생에너지	• 태양광 발전 시스템 • 지열 시스템	• 태양광 발전 시스템 • 태양열 급탕 시스템	• 태양광발전시스템	• 태양광발전시스템 • 지열 시스템

3.2 에너지절약을 위한 설계기법 및 시스템기술

에너지 절약적 건물의 국내외 사례를 통해 조사한 결과, 건물에너지 절감을 위해서 적용되는 기술요소는 건축계획적 요소, 설비계획적 요소, 신재생에너지 요소기술로 나눌 수 있다.

(1) 건축계획적 요소기술

건축계획적 요소기술은 건물의 설계요소만을 통해 건물의 에너지 소비를 절약하기 위한 기법으로 주로 외피의 단열성능 향상, 자연형 설계원리(Passive design principle)의 적극적인 활용, 기밀 성능 향상을 주목표로 하고 있다. 이 목표를 이루기 위한 주요 요소기술은 다음과 같다.

가) 건물의 향

건물의 주배치향은 건물 내 주요 재실공간의 일사 획득량을 결정하며, 이로 인해 입사된 일사량에 의해 건물의 냉·난방부하에 영향을 미치게 된다.

나) 외피 및 창 의 열관류율

건축에서 열관류율 조절을 이용한 단열 계획은 냉·난방의 부하를 줄여 에너지절약 효과를 보게 하므로 반드시 이루어져야 하는 부분이다. 건축물에서 열손실은 건축물의 외피인 벽, 지붕, 바닥, 창, 슬래브 주변에서 생기는 정상적 열소실과 개구부 틈새에서 내·외부 압력차나 바람이나 온도차에 의해 나타나는 극간풍이나 환기 등에 의한 열손실이 있다. 이러한 열손실을 막기 위해서는 일차적으로 외피를 구성하는 재료에 단열재를 함께 마감하는 방법이 필요하다.²²⁾

다) 창호의 성능

창호는 열 성능에 따라 단층, 복층 또는 다층의 유리의 조합으로 이루어진다. 창호는 여러 가지 색채로 가공될 수 있으며, 그 색채에 따라 태양복사열

22) 김자경 (2008) 자연과 함께하는 건축-환경친화적 건축개념에서 기법까지-, 시공문화사

또는 가시광선의 투과 및 흡수율이 달라진다. 창호의 반사율과 투과율을 변화시키기 위해 표면에 코팅을 하기도 한다.²³⁾ 단열유리에 가장 우수한 성능을 가지는 것은 low-e 코팅 유리이다. 창호의 성능을 결정짓는 요소는 열관류율, 차폐계수, SHGC, 일사열취득계수가 있으며 창호의 성능에 따라 취득 일사열에 의해 연간 냉난방에너지 소비에 끼치는 영향력이 크다.

라) 창면적비

건물에 있어서 창호는 조망성, 채광성, 환기 등을 위한 필수적인 요소이다. 또한 건물 외피설계 시 중요한 디자인 요소로 사용되고 있다. 건물의 외장적인 효과를 위해 건물의 창호면적은 점차 확대되고 있으나 이는 하절기에 실내에 도입되는 일사량을 증가시키고, 결과적으로 하절기 건물의 냉방에너지 소비량을 증가시키는 원인으로 작용하고 있는 반면에, 창호면적의 증가로 인해 동절기에 실내에 도입되는 일사량이 증가하므로 실내 난방부하 절감 효과는 크다고 할 수 있다. 또한 외벽의 창호 면적을 감소시킴으로 인해 조명부하는 커지게 되어 조명 에너지 사용량이 증가된다고 할 수 있다. 그러므로 창면적비는 냉·난방부하의 절감을 위해 조절하는 방법이 필요하다.

마) 장단면비

건물의 평면형태를 결정하는 주요소인 장단면비는 외피의 면적에 따라 변하므로 외피를 통한 열손실량을 변화시키며 이에 따라 냉·난방부하에 영향을 끼친다. 장단면비는 부지의 특성이나 제약 또는 건물의 특성에 의해 제한이 될 수 있으며 건물의 장단면비 변화는 건물의 냉·난방에너지 변화뿐만 아니라 투과체에 의한 유입 일사량 또한 변하기 때문에 건물 내 조명에너지의 변화를 가져 올 수 있다.²⁴⁾

(2) 설비계획적 요소기술

설비계획적 요소기술은 재실자의 활동을 위한 필수적인 에너지 공급을 위

23) 구재오 외 (2006) 건축환경계획, 태림문화사

24) 김원석 외, 사무소 건물 평면의 장단면비 변화에 따른 에너지 소비 패턴에 관한 연구, 대한설비공학회 학술대회논문집, 2010, 제2010권, 6호, pp139~144

한 것으로 조명, 기기, 냉·난방기기 등 에너지 부하를 담당하기 위한 시스템들을 말한다.

가) 조명밀도

조명에 의한 전력소비는 건물에서 소비되는 전체 전력 소비량 중 22.6%를 차지하고 있다.²⁵⁾ 삶의 질의 확대와 많은 분위기 조명의 확산으로 실내조명의 수가 늘어나면서 조명 계획도 점차 확대되고 있다. 그러나 조명기기는 조명부하 뿐만 아니라 건물의 냉방부하에도 영향을 미치므로 건물의 에너지 소비 절감을 위해서는 조명 기기의 고효율화, 장수명화, 효율적인 조명제어 등이 요구되고 있다.²⁶⁾

나) 냉·난방시스템

냉·난방시스템은 건축물의 실내환경을 쾌적하게 유지하기 위한 냉방설비, 난방설비 및 이의 효율적인 운전을 위한 자동제어설비를 뜻한다. 이 분야는 위생설비나 전기설비 등의 다른 어떤 설비보다도 건축계획에 많은 영향을 주고 있다.

다) 열교환기(폐열회수 시스템)

건물의 고층화, 고기밀화로 인한 환기의 필요성 증대에 따라 100인 이상 공동주택의 환기장치설치가 의무화²⁷⁾ 되었고, 이러한 기계적인 환기방식에 의해 발생하는 에너지 손실을 줄이기 위해 폐열회수 시스템을 설치한다. 폐열회수 시스템은 배출되는 RA(Return Air, 오염공기)를 들어오는 OA(Outer Air, 외기)와 접촉시킴으로써 실내로 공급되는 SA(Supply Air, 공급공기)를 적절한 온·습도 상태로 만들어 냉·난방 설비의 부하를 감소시킬 수 있다.

25) 아파트를 제외한 업무용, 상업용, 교육용, 호텔, 병원 등 대형건물의 총 전력소비량 945,297.8toe 중 조명에 의한 전력소비량은 214,200.1toe으로 전력소비량 중 22.6%를 차지하며 기타 다른 에너지원을 포함한 총에너지 소비량 (1,582,402.3toe) 중에서는 13.5%를 차지한다. (출처: 에너지관리공단 (2012) 2011에너지총조사보고서)

26) 김은희, 사무소를 위한 조명설계 자료의 개발 및 검증, 인하대학교 대학원, 석사학위논문, 2007

27) 건설교통부, 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙, 제11조, 2012.4

(3) 신재생에너지 요소기술

신재생에너지는 기존에너지인 화석연료를 대체하는 청정 자연에너지다. 지식경제부 주관 ‘신재생에너지 개발 및 이용 보급 촉진법 제2조’에 의해 태양에너지, 바이오에너지, 풍력, 소수력, 지열, 해양에너지, 폐기물에너지의 8개 재생에너지 분야와, 연료전지, 석탄액화 및 가스화, 수소 에너지를 포함하는 3개의 신에너지 분야로 나누어 정의 하고 있다. 이 중 건축물에 적용되고 있는 대표적인 신·재생에너지는 태양에너지, 풍력, 지열, 바이오에너지가 있다.²⁸⁾

가) 태양에너지

태양에너지는 친환경적 에너지원이며 유지보수가 용이하고 설치 후에 관리가 따로 필요 없기 때문에 무인화가 가능하며 수명이 긴 장점이 있다. 그러나 전력생산량이 지역이나 기후에 따라 다르고 에너지 효율이 낮아 큰 설치면적을 필요로 하는 단점이 있다. 그럼에도 불구하고 태양에너지는 현재 우리나라의 가장 가능성 있는 신재생에너지 자원으로 손꼽히며 주목 받고 있다. 태양에너지를 활용하는 방법에 따라 태양광 발전 시스템과 태양열 시스템으로 분류할 수 있다.

태양광 발전 시스템은 태양광을 직접 전기에너지로 변환시키는 기술로 빛을 받아 광전효과에 의해 전기를 발생하는 태양전지를 이용한 발전방식²⁹⁾으로 태양전지로 구성된 모듈과 축전지 및 전력변환장치로 구성된 신재생에너지 시스템이다. 건물에는 기존의 건물외장재와 통합된 건물일체형 태양광시스템인 BIPV(Building Integrated Photo voltaic)를 적용 한다면 태양광 발전 시스템은 더 적극적으로 활용 가능 하다.³⁰⁾

태양열시스템은 흡수·저장·열변환 등을 통하여 건물의 냉난방 및 급탕 등에 활용하는 기술로, 태양으로부터 오는 복사광선을 흡수해서 열에너지로

28) 김원 외 (2009) 친환경 건축설계 가이드북, 한국건축가협회, (주)삼우종합건축사사무소, 발언

29) Wenham, S. R., Green M. A., Watt, M. E. & Corkish, R.(Eds.) (2006). Applied photovoltaics. Routledge.

30) 박재범 외, 커튼월 구조 사무소 건물에 설치된 BIPV 발전 특성, 대한설비공학회 학술대회논문집, 2011, 제2011권 제7호, pp 334~337

변환(필요시 저장)시켜 건물의 냉난방 및 급탕, 열발전 등에 활용하는 기술이다.³¹⁾ 태양열 에너지는 에너지밀도가 낮고 계절별, 시간별 변화가 심한 에너지이므로 집열과 축열기술이 가장 기본이 되는 기술이다. 태양열 시스템은 태양열을 흡수하여 열로 변환하여 난방 및 급탕에너지를 절감하는 시스템으로 유지 관리비가 적고, 생산된 온수를 다양하게 활용가능하며, 기존 화석에너지에 비해 지역적 편중이 적다는 장점을 갖고 있다. 그러나 초기 설비비용이 높고, 에너지 밀도가 낮아 설치면적을 많이 요구하며, 유가 변동에 따른 경제성의 영향을 많이 받는다는 단점을 갖고 있다.

나) 풍력 발전 시스템

풍력 발전 시스템은 바람이 가진 에너지를 흡수, 변환하는 운동량 변환장치, 동력 전달장치, 동력 변환장치, 제어장치 등으로 구성되어 있으며, 이러한 구성요소는 독립적으로 그 기능을 발휘하지 못하며 상호 연관된 전체적인 시스템으로서의 기능을 수행한다. 날개의 회전축의 방향에 따라 회전축이 지면에 대해 수직으로 설치되어 있는 수직축 발전기와 회전축이 지면에 대해 수평으로 설치되어 있는 수평축 발전기로 구분된다.³²⁾ 풍력에너지원의 특징으로는 첫째, 무공해 천연 에너지원으로서 대기오염이나 연료소비 등 환경에 미치는 영향이 거의 없다. 둘째, 독이나 산간, 오지 등에서 개발할 수 있어, 국토가 비좁은 우리의 현실에서 국토 이용효율을 높일 수 있다. 셋째, 실용성에서도 매우 뛰어나 대단위 규모로 운전하고 있는 미국의 경우에는 발전 단가 면에서도 기존 에너지원인 원자력 및 화력 등에 대등한 상태까지 발전된 상태이다. 넷째, 여러 가지의 대체 에너지원 중에서도 최저의 사회 회피비용으로서 향후 그 가치가 절대적으로 커지게 될 환경 영향에 대한 부담이 적은 에너지원이다.

31) Denholm, P. (2007), The technical potential of solar water heating to reduce fossil fuel use and greenhouse gas emissions in the United States, National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-640-41157. Retrieved on May 12, 2011 from: <http://www.nrel.gov/docs/fy07osti/41157.pdf>.

32) Kreith, F. & Goswami, D. Y. (2007) Handbook of energy efficiency and renewable energy. CRC Press. 22-2~22-4

다) 지열 시스템

지열 시스템(Geothermal system)이란 건물의 냉방, 난방, 급탕을 위해 지중의 일정한 온도를 이용하는 시스템으로 지중에 파이프를 매설하여 지중의 열을 흡수하거나 지중으로 열을 방출한다.³³⁾³⁴⁾ 지열시스템의 냉방모드의 경우, 공조공간의 열을 열펌프로 취출하여 그 열을 지중파이프로 보내 상대적으로 차가운 지중으로 배출한다.³⁵⁾ 반대로 난방모드에는 지중에서 열을 흡수하여 실내로 공급한다. 지열시스템은 지중에 설치되어 열을 흡수하거나 방출하는 지중열교환기와 낮은 온도의 열을 높은 온도의 열로 올려주는 히트펌프 유닛, 그리고 물이나 부동액의 열전달 매체가 순환하는 배관과 펌프 시스템으로 구성되며, 실내 측 분배장치는 기존의 냉난방 설비와 동일한 공기조화기, 팬 코일 유닛(Fan Coil Unit, FCU) 등과 조합하여 사용할 수 있다.

라) 바이오에너지

바이오 에너지란 바이오매스(Biomass, 유기성 생물체를 총칭)를 직접 또는 생·화학적, 물리적 변환과정을 통해 액체, 가스, 고체연료나 전기·열에너지 형태로 이용하는 화학, 생물, 연소공학 등의 기술을 말한다.³⁶⁾ 바이오 에너지는 온실가스를 절감시킬 수 있고 에너지 전환 과정을 통해 생성되는 형태가 다양하다는 점에서 많은 주목을 받고 있으며, 특히 미국이나 브라질, 유럽 등에서 적극 개발되고 있으며 오스트리아에서는 60만이 넘는 가정에서 난방을 나무나 나무조각, 나무필렛을 태우는 보일러로 해결한다. 규모가 큰 바이오매스 보일러는 지역난방이나 열병합 발전에 이용된다.³⁷⁾

33) 국제지열원히트펌프협회, International ground source heat pump association, <http://www.igshpa.okstate.edu/geothermal/geothermal.htm>

34) Energy Efficiency and Renewable Energy Clearinghouse (U.S.) (1998). Geothermal heat pumps. pp.1~6

35) 손병후 외3, 지열원 열펌프 시스템: 기술개요, 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집, 2004, pp.1306~1317

36) Boyle, G. (2004) Renewable energy power for a sustainable future, Oxford

37) 이상철, 재생에너지! 바이오매스 활용기재생에너지 활용기술, 한국건축친환경설비학회, 학회지, 2008, 제2권 제3호, pp 23~26

3.3 소결

건물에너지 소비에 영향을 미치는 구성요소는 건축계획적 요소, 설비계획적 요소, 신재생에너지 요소로 구분된다. 건축계획적 요소는 건물의 향, 외치 및 창호의 열관류율로 구성되며, 설비계획적 요소는 조명밀도, 냉·난방시스템, 열교환기가 해당된다. 신재생에너지 요소는 태양에너지, 풍력발전시스템, 지열시스템, 바이오에너지가 있다.

이러한 각 요소별 세부 요소기술의 범위는 매우 넓기 때문에, 그에 따른 건물에너지 절감 수준을 분석하기는 어렵다. 따라서, 국내외 친환경건물의 사례 조사를 통해 이에 적용된 요소기술을 조사하여 이를 바탕으로 건물에너지 절약 설계기법 및 시스템 기술을 정리하였다. 사례 조사에서 국내 친환경 건축물 4 가지 및 국외 친환경 건축물 11가지를 정리 해 본 결과 다음 <표 3.2>와 같다.

<표 3.2> 건물에너지 절약 기법

구분	기법	세부기법
건축 계획적 요소	• 부지계획 • 건물 배치계획 • 건물 형태계획 • 건물의 평·입·단면계획 • 건물의 재료계획	- 건물의 장단변비 고려 - 건물의 층고 고려 - 실의 기능, 운영스케줄에 고려 - 부착온실, 축열벽 - 천창, clearstory, 광선반, 모니터창 - 내·외부 차양 - 개구부의 위치 및 형태, 크기 계획 - 벽체 및 지붕 단열 계획 - 고기밀, 고성능 개구부 - 아트리움, 이중외피 - 입면 및 지붕녹화
설비 계획적 방법	• 고효율 기기 • 폐열회수 시스템 • 유지/관리시스템성능향상	- LED 등 고효율 조명 기기 사용 - BMS 및 모니터링 - 열교환기
신재생 에너지	• 태양광 발전 시스템 • 태양열 급탕 및 난방 시스템 • 지열 시스템 • 풍력 발전 시스템 • 연료전지	- BIPV, 차양형 PV, 거치형 PV - 평판형 및 진공관형 태양열 집열 - 지중열교환기 매립 타입 (수직형, 수평형, 스파이럴형) - 기타

위와 같이 건물에너지 절감 요소 중 우선시되고 중요도가 높은 요소기술을 위주로 에너지 절감 수준을 분석할 필요가 있다.

제 4 장 건물에너지 평가 모델

건물에너지 평가 모델 개발을 위한 방법으로 본 연구에서는 두 가지로 에너지소비량에 의한 평가모델과 건물DB에 의한 에너지 평가모델로 이루어진다. 두 가지 방법으로 선정한 이유는 본 연구에서 제시하고자 하는 프로그램은 일반사용자를 대상으로 건물에너지를 평가하기 위함으로 일반사용자는 건물의 에너지에 관해 가장 간편히 확인 가능한 것이 전기와 가스의 소비량이며 이는 에너지비용과도 직접적인 관계가 있다. 일반건물의 사용자가 에너지 소비량에 관한 정보를 획득할 수 있는 가장 일반적인 방법은 에너지요금 고지서를 통해서이다. 이를 통해 당월 사용량, 전월, 전년당월 사용량을 알 수 있지만 사용자의 건물이 비슷한 용도의 타 건물에 비해 어느 정도의 에너지를 소비하는지는 파악이 어렵다. 따라서 건물 유형이 비슷한 건물들간의 에너지 소비를 비교분석 하기위한 에너지 평가 프로그램이 필요하다. 이를 통해 에너지를 적게 사용하는 친환경건물이 건물에너지에 관한 자연스러운 홍보가 가능하므로 저에너지 건물에 관한 부가가치 상승이 가능 할 것이다. 건물 DB평가는 건물 내에서 발생하는 에너지소비 중 전기에너지는 건물 내에서 사용하는 기기(생활가전 등)에 영향을 받지만 그 보다 더 큰 비중을 차지하는 냉·난방에 의한 에너지소비는 기기 보다는 건물의 향, 열관류율 등 건축 요소에 의해 결정된다. 따라서, 일반사용자에게 건물에너지 소비에 영향을 미치는 요소에 관한 정보를 제시함으로써 전문가가 해석하는 수준에는 도달하지 못하지만 에너지 소비에 관한 필수적인 정보를 제시함으로써 건물 에너지에 관한 이해를 도울 수 있도록 하였다. 이를 통해, 건물 에너지소비를 절약하려면 단순히 냉·난방부하 절감의 개념이 아닌 건물 설계초기단계부터 에너지 절약적인 계획이 동시에 이루어져야 한다는 인식을 심어주기위해 설정되었다.

에너지소비량에 의한 평가모델 제시를 위하여 에너지소비등급 분류 방법 및 등급 고찰을 실시한다. 이는 국내·외의 에너지소비등급을 분석하고 이를 바탕으로 건물의 에너지 소비를 평가하기 위해 용도별 에너지 소비 실태를 조사한다. 에너지 소비량에 의한 건물 에너지 소비 수준 평가기준 설정을 위

해 국·내외 주요 국가별 건물에너지저감 정책 목표를 조사·분석하여 제시한다.

건물DB에 의한 에너지 평가모델을 제시하기 위해 건물의 에너지 소비에 직접적으로 영향을 미치는 부하를 계산하는 에너지 해석기법과 이를 이용한 에너지 해석Tool에 대해 조사·분석한 후, 이를 이용하여 건물 에너지 평가 변수를 설정하여 제시한다.

4.1 에너지소비량에 의한 평가모델

4.1.1 에너지소비등급 분류 방법 및 등급 고찰

(1) 국내·외 에너지소비 등급 분류 방법 및 등급

가) 건축물 에너지소비 총량제 (한국)

건축물 에너지소비 총량제란 1년 동안 건축물에서 소비하는 총에너지 사용량을 건물면적으로 나눠 단위 면적당 에너지 소비량을 표시 및 관리하는 제도이다. 온실가스 감축을 위해서 중장기 목표 및 에너지 효율, 신재생에너지 사용 등을 우선으로 추진하고 있다. 정부가 녹색건축물의 활성화 일환으로 ‘건축물 에너지소비 총량제’를 2011년부터 시행하였다. 이는 기존 건축물의 각 부위별 열관류율 기준 및 기계, 전기 분야의 에너지절약 항목의 적용여부인 에너지 절약계획서 작성에서 건축물 에너지소비 총량제를 실시하여 에너지 소비량을 예측할 수 있는 방향으로 강화된 것이다. 건축물 에너지소비 총량제의 시행기관은 국토해양부와 서울시로 나뉜다.

국토해양부에서 실행하는 건축물 에너지소비 총량제는 업무시설 및 그와 유사한 건축물 중 바닥 면적이 10,000㎡이상 되는 건축물을 대상으로 실시하며 정부는 에너지 사용량을 제한하지는 않고 건물의 에너지사용총량만을 작성하여 제출하도록 하고 있다. 서울시에서 실시하는 건축물 에너지소비 총량제는 2030년까지 서울시 전체 에너지 소비량의 60%를 차지하는 건축부분에서 20%에너지를 절감하겠다는 목표를 가지고 있다. 이에 분산되어 있는 에너

지절약성능평가기준(EPI, 건물에너지효율등급, 공공기관 에너지이용합리화 추진지침)을 일원화하여 ‘건축물에너지소비 총량제’를 실시하기로 하였다. 2011년부터 공공건축물 3,000㎡이상, 민간건물 10,000㎡이상의 건축물은 에너지소비 총량제 프로그램을 통해 목표 기준값 이하로 계획되어야한 인허가가 가능하며, 일반건축물 대비 에너지 성능을 차별화하여 재산 가치를 증대시키며 자발적인 에너지 절약을 유도하고자 한다.

<표 4.1> 건축물 에너지소비 총량제

구분	국도해양부 시행	서울시 시행	
프로그램	ECO2 - OD	BESS	
대상	10,000㎡이상 업무용 및 유사한 용도 건물	공공	3,000㎡이상 신축 또는 리모델링
		민간	10,000㎡이상 신축건물
시행방법	ECO2 - OD 프로그램 실행결과평가서를 건축인허가 신청 시 제출	BESS Ver.4.0을 사용하여 건축심의 또는 인허가 신청 시 확인	
기준	제출 의무만 현재 시행 향후 기준 제시 예정	공동주택	200kWh/㎡·yr 이하
		일반건축물	300kWh/㎡·yr 이하
		일반건축물 (공공)	270kWh/㎡·yr 이하
관련근거	건축물 에너지 절약설계기준 제5장 20조, 21조 (2010년 12월 31일)	서울시 건축위원회 공동주택 심의 기준 제10조, 일반건축물 심의기준 제7조(2011년 1월)	
향후계획	2020년 모든 건축물로 대상 확대	2030년 서울지역 81% 건축물 적용 5년마다 분석 후 기준 강화 예정	

나) 건축물 에너지효율등급 인증제도

건축물 에너지효율등급 인증제도는 에너지관리공단에서 운영하는 제도로 건축물의 에너지성능이나 거주환경의 질 등과 같은 객관적인 정보를 제공받고 건물의 가치를 인정받음으로써 건설 사업주체, 소유주체, 관리주체 및 건물사용자등 건물과 관련된 모두에게 이익이 돌아가도록 하기 위한 제도이다. 또한 합리적인 에너지절약을 위해 건물에 사용되는 에너지에 대한 정확한 정보를 제공하여 에너지 절약기술에 대한 투자를 유도하고 경제적인 효과를 가시화하여 에너지절약에 대한 인식을 제고함과 동시에 쾌적한 실내 환경을 제공하기 위해 마련된 제도이다. 대상은 신축 공동주택과 업무용 건축물(복합용

도일 경우 인증적용대상에 해당하는 공간에 한하여 등급인증)이며, 공공기관에서 발주하는 공동주택과 업무용 건축물은 인증신청을 의무화하고 있다.

<표 4.2> 건물에너지효율인증 등급

등급	신축 공동주택 (총 에너지절감율)	신축 업무용 건축물 연간 단위면적당 1차에너지소요량(kWh/m ² · 년)
1	40%이상	300미만
2	30%이상 40%미만	300이상 350미만
3	20%이상 30%미만	350이상 400미만
4	10%이상 20%미만	400이상 450미만
5	0%이상 10%미만	450이상 500미만

다) SAP (영국)

SAP(Standard Assessment Procedure)는 영국정부의 주거건물의 에너지 표준을 제시하는 것으로 1995년부터 시행되었다. 수치가 높을수록 에너지 효율이 좋으며 80이상이 훌륭한 에너지 효율 주거이다.³⁸⁾ 난방의 전형적인 연간 에너지 비용을 계산한다. 2005년부터는 빛, CO₂ 배출량도 계산한다. SAP2012에는 환기량과 지열, 태양에너지 등 많은 에너지 부하 요소들이 포함되어 있다. SAP는 에너지소비량으로 건물의 성능을 평가하는 것이 아니라, 이를 바탕으로 건물이 소비하는 에너지비용 또는 배출하는 CO₂량을 산출하여 나온 결과로 건물의 에너지성능을 평가한다. 건물 에너지비용 지표에 해당하는 SAP rating의 경우 건물의 난방 및 급탕에너지 소요량에 해당상수를 곱하여 에너지비용계수(ECF, Energy Cost Factor)를 구하고, 이를 이용하여 값을 산출한다. EI rating은 바닥면적과 CO₂배출량으로 산출한다. DER은 CO₂를 발생시키는 각각의 시스템에 배출계수(Emission factor)를 곱하여 산출하며, DER을 규제하기 위한 기준으로 표준주택의 CO₂배출율을 설정하는데, 이를 TER이라 하며 산출방식은 DER과 동일하다.

SAP의 등급은 건물의 전체 에너지 비용과 연관되어 있는데, 그 식은 식(1)과 같이 나타낸다.

38) 공공기술연구회 (2004), 제로에너지 타운조성 운영사업

$$ECF = \text{deflator} \times \text{total cost} / (\text{TFA} + 45) \dots\dots\dots \text{식 (1)}$$

여기서, ECF : Energy Cost Factor

TFA : Total Floor Area

deflator : 에너지원별 가격 수정 인자

라) HERS (미국)

HERS(Home Energy Rating System)는 미국에서 주로 사용되는 가정의 에너지 효율 측정이다. 기존 주택의 경우 거주자가 에너지 효율을 높이기 위한 사항들을 받아 볼 수 있고 신규 주택의 경우, 집 구매 시 집의 에너지 효율을 비교할 수 있도록 하는 데에 주거 에너지 등급이 이용된다. HERS에서는 공인된 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램을 적용하여 난방, 냉방, 급탕관련 개별 표준 수정 부하량 등을 구하고, 이를 이용하여 HERS Index를 구하게 되며, 이 값으로 건물의 에너지성능을 평가한다. 표준 수정 부하량은 표준주택 부하량, 평가 대상주택의 표준 에너지 소비량, 표준주택의 에너지소비량을 가지고 계산하게 된다. HERS 지수 0~150까지 있으며 100은 “미국 표준 신축 주택”의 에너지 사용을 의미하며 130은 기존 주택, 0은 HERS 지수 0은 제로 에너지주택을 의미한다.³⁹⁾ 즉 HERS 70은 표준 신축주택보다 에너지 소비량을 30%로 줄인 것을 의미한다.

$$\text{HERS Index} = \frac{\text{TDVRated} - \text{TDVPV}}{\text{TDVReference}} \times 100 \dots\dots\dots \text{식 (2)}$$

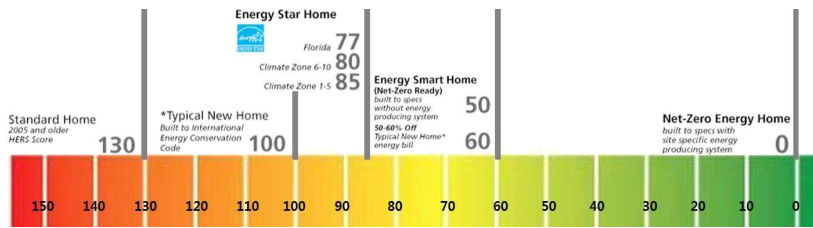
여기서, TDVRated : 평가 대상주택의 TDV(Time Dependent Value)

에너지, (kBtu/year)

TDVPV : 부지 내 PV나 기타 신재생에너지시스템을 통해 생산되는 TDV 에너지 (kBtu/year)

TDVReference : 표준 주택의 TDV에너지 (kBtu/year)

39) 손병후 외, Op.cit



(그림 4.1) HERS Rating Index

마) 기타

독일에서는 에너지성능을 평가하기 위해 GRE Energie Pass와 EnEV Energie Pass제도를 운영하고 있다. 건물의 에너지효율등급은 $0 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{year}$ 부터 $400 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{year}$ 까지 $40 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{year}$ 간격으로 세분하여 총 10단계로 세분화하여 등급을 부여하고 있다.

호주에서는 NatHERS(Nationwide House Energy Rating Schemme)등급제도를 운영하고 있다. 이는 신축주택에 대하여 10단계의 등급을 부여하는 제도로 향후 모든 주택을 대상으로 등급을 부여할 예정이다. 에너지 등급은 지역별로 단위면적당 에너지 소비량(MJ/m^2)을 세분하여 제시하고 있으며 그에 해당하는 등급을 획득하게 된다.⁴⁰⁾ 1단계가 에너지 소비량이 많은 건물을 의미하여 단계가 높아질수록 저에너지 건물을 의미한다. 그 외 프랑스, 일본, 캐나다, 덴마크, 뉴질랜드 등의 국가에서 건물 에너지와 관련하여 건물의 에너지 성능을 인증하고 있다.

(2) 건물 용도별 에너지 소비 실태조사

건물의 에너지 소비를 평가하기 위해서는 기존 건물의 에너지 소비 실태를 조사해야한다. 건물의 용도에 따라 에너지 소비량이 달라지므로 조사 대상은 아파트, 회사, 사무소, 대형상가, 대학교 등 에너지 다소비 건물인 대형건물을 위주로 조사하였다⁴¹⁾. 대형건물은 연료 및 열, 전력의 연간 사용량의 합계가 2,000TOE 이상이거나 연간 사용량 1,000TOE이상의 연료 및 열을 사용하거나, 연간 400만 kWh이상의 전력을 사용하는 건물을 대상으로 조사하였다. 건

40) Nationwide House Energy Rating Scheme, <http://www.nathers.gov.au/>

41) 지식경제부 (2012) 2011년도 에너지 총 조사보고서

물의 용도는 이중 건물의 보급률이 높고, 에너지 소비량이 많은 업무용, 교육용(대학 및 연구소), 아파트로 한정하였다.

단위면적당 에너지 소비량은 업무용 210.8 Mcal/m², 교육용 180.8Mcal/m², 아파트 125.4Mcal/m²으로 조사되었으며, 소비에너지원은 대부분 전력과 도시가스로 집중된 것으로 조사되었다. 면적규모별 연면적당 소비를 살펴보면 평균적으로 건물면적이 커질수록 연면적당 소비가 뚜렷이 낮아지는 것으로 조사되었다. 또한 <표 4.3>과 같이 건축 연도별 단위면적당 에너지 소비량 조사결과, 아파트는 건축년도에 따라 에너지 소비량이 감소하는 것으로 조사되었으나, 업무용이나 교육용 건물은 건축년도에는 영향을 받지 않는 것으로 조사되었다. 이는 아파트는 건축년도와 상관없이 실내환경이 유사하고 냉방부하가 적기 때문에 외피의 단열성능 기준 강화에 따라 에너지 소비량 감소한 것으로 판단되나, 업무용과 교육용 건물은 실내환경이 매우 다양하고 냉방부하가 차지하는 비율이 높기 때문에 건축년도에 영향을 받지 않는 것으로 판단된다.

<표 4.3> 연면적당 에너지 소비량 (단위 : Mkcal/m²)

에너지원	업무용	교육용	아파트
합 계	210.8	180.8	125.4
실내등유	0.1	0.6	-
보일러등유	0.0	2.8	0.1
경유	2.2	0.4	0.1
B-A	-	0.1	-
B-C	-	0.1	6.5
프로판	0.1	0.1	-
부탄	-	0.0	-
도시가스	54.9	67.6	47.8
일반전력	134.2	100.4	33.9
심야전력	5.8	5.4	0.1
발전전력	0.9	0.5	1.5
지역난방	13.5	3.3	37.0

<표 4.4> 면적규모별 연면적당 에너지 소비량 (단위 : Mkal/m²)

구 모	업무용	교육용	아파트
평 균	210.8	180.8	125.4
10,000m ² 이하	-	-	-
10,000m ² -15,000m ²	205.7	-	-
15,000m ² -20,000m ²	728.5	-	-
20,000m ² -25,000m ²	610.5	743.0	-
25,000m ² -30,000m ²	551.4	660.6	-
30,000m ² -35,000m ²	432.7	596.2	-
35,000m ² -40,000m ²	364.4	-	-
40,000m ² -45,000m ²	271.6	689.1	-
45,000m ² -50,000m ²	322.3	271.6	-
50,000m ² -100,000m ²	213.6	350.0	184.5
100,000m ² -200,000m ²	197.9	172.0	147.2
200,000m ² 이상	185.2	160.4	108.3

<표 4.5> 건축년도별 연면적당 에너지 소비량 (단위 : Mkal/m²)

건축년도	업무용	교육용	아파트
평 균	210.8	180.8	125.4
1961년 이전	121.3	130.8	137.6
1961년 - 1965년	104.9	218.7	-
1966년 - 1970년	154.8	-	-
1971년 - 1975년	226.8	164.9	204.7
1976년 - 1980년	166.6	182.8	155.4
1981년 - 1985년	215.8	136.6	142.7
1986년 - 1990년	189.5	250.5	146.9
1991년 - 1995년	236.2	277.7	135.0
1996년 - 2000년	238.5	157.1	107.7
2001년 - 2005년	191.7	168.1	67.6
2006년 이후	256.9	152.6	63.9

4.1.2 에너지소비량에 따른 평가방법 제시

에너지소비량에 의한 건물에너지소비 수준 평가 기준은 국내의 건물에너지 절감 목표를 조사·분석하여 설정하였다. 국내외 건물 에너지 저감 정책 목표는<표 4.6>과 같다. 국가차원에서 건물의 에너지 저감목표량을 제시하고 있지는 않고 각 주별 정책에 따라 목표량을 제시하고 있다. (대부분의 주에서 2020년까지 20%감축 목표를 제시함) 다만, 연방정부 건물에 대해서는 에너지

저감 목표량을 년도별 감축목표량을 제시하고 있으며 2015년까지 30%감축하는 것을 목표로 법에서 제시하고 있다.⁴²⁾ EU는 EPBD(Energy Performance of Building Directive)발표를 통해 2020년까지 모든 신축건축물의 제로에너지를 목표로 설정하였다⁴³⁾. 또한 일본은 2030년까지 신축건물을 제로 에너지화하는 것을 목표로 관련 정책이 추진 중이며⁴⁴⁾ 많은 선진국에서 건물의 에너지 저감 목표를 제시하고 이를 달성하기 위한 노력이 진행 중이다.

<표 4.6> 주요 국가별 건물에너지저감 정책 목표

국가	에너지 저감 목표
미국	연방정부건물의 에너지 저감 목표설정: 2015년까지 30%저감 2020년까지 20%감축
영국	2016년 신축주택 제로에너지
덴마크	2015년 건물에너지소비 50%(2006년 대비) 절감
독일	2015년 신축건축물 패시브하우스 수준
프랑스	2020년 주택에너지소비 38% 절감
일본	2030년 신축건물 제로 에너지화
한국	정부: BAU대비 2020년까지 건물부분에 의한 온실가스 26.9%감축 서울시: 2030년까지 20%저감

우리나라의 온실가스 감축목표는 2020년까지 BAU대비 30%로 설정하고 있으며 분야별 감축목표는 건물부분은 26.9%를 감축하는 것으로 설정하였다. 이를 실천하기 위해 서울시는 2030년까지 서울시 전체 에너지 소비량의 60%를 차지하는 건물부분에서 20%의 에너지를 절감하겠다는 목표를 세우고 에너지소비총량제를 실시하며 단계적으로 건물부분의 에너지를 저감하고자 하는 노력이 진행 중이다.

에너지 저감 목표를 달성하기 위해 건축계획적 요소와 설비계획적 요소 등 건물에서의 에너지 저감 가능성 분석 결과 <표 4.7>와 같이 건물의 용도마다 상이한 것으로 조사되었다.⁴⁵⁾ 에너지저감 가능성이 가장 높은 용도는

42) U.S. Department of Energy (2007) Energy Independence and Security Act of 2007

43) 서백호 (2012) IBS 국제컨퍼런스 프로그램, ICIBS, 에너지관리공단

44) Kamimura, T. (2012) ,KAJIMA's approach toward the realization of the Zero Energy Building , 2012 GREEN FORUM

45) 중앙대학교 산학협력단 (2012) 제로에미션빌딩(ZEB)의 실용화를 위한 시스템통합설계

교육용 건물이었으며, 신재생에너지를 활용할 경우 최대 표준건물 대비 58.8%까지 저감할 수 있는 것으로 분석되었다. 업무용건물은 46.3%, 공동주택은 37.1%까지 저감할 수 있는 것으로 나타났다.

<표 4.7> 건물 용도별 에너지 저감 가능성

건물의 용도	표준건물 대비 저감 비율(%)		
	건축계획요소 +설비계획요소	신재생에너지 활용	합계
업무용	23.4	22.9	46.3
교육용	32.0	26.8	58.8
공동주택	19.6	17.5	37.1

이에 본 연구에서는 국내·외 에너지 저감 목표량 및 에너지 저감 가능성을 종합하여 <표 4.8>과 같이 건물에서의 에너지 소비 수준 평가 기준을 제시하였다. 건물의 평가 등급은 총 5단계로 분류되며 건물의 용도별 평균 소비량을 기준으로 범위를 설정하였다. 보통 단계(현 소비수준)은 평균 소비량의 $\pm 10\%$ 범위로 설정하였으며, 우수단계는 평균 소비량의 10~30% 저감한 경우, 최우수 30%이상 저감한 것으로 설정하였다. 그와 반대로 에너지 소비가 많은 건물의 경우 10~30%를 더 소비한 경우 미흡 등급, 평균소비량에 비해 30% 이상 소비한 경우는 불량 등급으로 설정하였다.

<표 4.8> 건물 용도별 등급

등급	기준	범위(Mcal/m ² ·yr)					
		업무용		교육용		공동주택	
최우수	평균 소비량 -30% 이상	147.7 이하		126.7 이하		84.7 이하	
우수	평균 소비량 -10~-30%	147.7 초과	189.9 이하	126.7 초과	162.9 이하	84.7 초과	108.9 이하
보통	평균 소비량 -10~+10%	189.9 초과	232.1 이하	162.9 초과	199.1 이하	108.9 초과	133.1 이하
미흡	평균 소비량 +10~+30%	232.1 초과	274.3 이하	199.1 초과	235.3 이하	133.1 초과	157.3 이하
불량	평균 소비량 +30% 초과	274.3 초과		235.3 초과		157.3 초과	
비고	평균소비량 (Mcal/m ² ·yr)	211		181		125	

및 적용모델 개발 3차년도 보고서, 교육과학기술부

4.2 건물 Data Base에 의한 에너지 평가모델

4.2.1 건물에너지 해석기법 및 에너지 해석Tool에 의한 평가모델

건물에너지 평가모델을 제시하기 위해 건물의 에너지 소비에 직접적으로 영향을 미치는 부하를 계산하는 에너지 해석기법과 이를 이용한 에너지 해석 Tool에 대해 조사·분석하였다. 건물의 부하 예측을 위한 에너지 해석기법은 외기 조건에 따라 발생하는 부하를 계산하는 정적 열부하 계산방식과 비정상 상태에서의 열의 축열 및 흐름을 고려한 비정상 열전달 해석이론에 의한 동적 열부하 계산방식으로 구분된다. 실제로 건물의 에너지 사용량은 수많은 에너지 요소들과 이들 상호간의 복합적 반응에 의해 결정된다. 따라서 본 연구에서는 동적 열부하 계산 방식에 의한 해석기법을 고찰하고 이를 응용한 에너지 해석Tool을 고찰함으로써 에너지 평가모델에 주요 변수로 작용할 평가 변수를 도출하고자 한다. 이를 위해 에너지 해석Tool은 수많은 연구결과로 그 신뢰성이 입증된 Design Builder, DOE-2, CE3, E-QUEST, Energy plus로 5가지를 고찰하였다.

(1) 건물에너지 해석기법(동적 열부하 계산방식)

건물에너지 해석은 일정 기간 동안 건물의 열적 거동을 해석하기 위하여 기후/대지, 건물/설비, 사용자/건물운영으로 대별되는 에너지요소들과 이들 간의 상호작용이 건물에너지 성능에 미치는 영향을 종합하여야 한다. 건물의 에너지 부하는 정적 에너지 해석으로는 끊임없이 변화하는 건물 내외부에서의 열적 상관관계들을 해석하는 것은 한계가 있다. 따라서 시간이 경과함에 따라 변화하는 실내 열환경 상태와 열부하 변동을 수치해법으로 해석할 수 있는 동적 에너지 해석이 필요하다. 동적 에너지 해석은 매시간 또는 일정한 시간 간격으로 건물의 각 부분에서 아래에 열거한 여러 가지 열전달 경로를 통하여 동시에 발생하는 열부하를 통합해야 한다.

- ① 벽체의 축열 효과를 고려한 외벽을 통한 관류열
- ② 시간에 따른 재실자, 조명, 기기 등으로부터의 현열 및 잠열 발열
- ③ 자연 또는 강제환기 및 침기에 의한 열손실 및 열취득
- ④ 내외부 표면에 대한 일사의 영향
- ⑤ 외벽체와 주위 건물 지표면 하늘과의 복사열 교환
- ⑥ 내벽체 사이의 복사열 교환
- ⑦ 주위 건물 및 물체에 의한 투명/불투명 벽체에 대한 음영의 영향
- ⑧ 건물 내외부의 대류에 의한 열교환

동적 에너지 해석방법에는 기상상태의 불규칙성, 벽체의 축열성능에 의한 시간지연효과, 난방에 다른 축열 등 계산방식에 따라 유한차분법(Finite Difference Method), 응답계수법(Response Factor Method), 가중계수법(Weighting Factor)등 수치해석 방법이 적용된다.

가) 응답계수법

응답계수법의 기본개념은 불규칙적으로 변화하는 기상조건을 일정 시간 간격의 삼각파열로 분해하여 과거부터 계속적으로 발생한 삼각파의 응답이 현재에 미치는 영향을 계산하여 합성(누적) 시키는 것으로 일종의 합성적분연산(Convolution)기법이다. 또한 임의의 시점에서 어떤 물체에 단위온도과 여진(Unit Thermal Excitation)이 작용할 경우 그 반응으로 나타나는 시계열의 열류응답이라고도 설명할 수 있다.

나) 유한차분법

유한차분법은 미소시간 dt 및 미소거리 dx 를 유한한 시간간격 Δt 및 거리 Δx 로 근사시키는 수치적 해석방법이다. 매질 내의 이산된 위치(Discrete Point)를 선택하고, 즉 매질을 많은 작은 영역으로 나누고 각각의 중앙에 절점을 할당한다. 각 절점은 일정 영역을 대표하며 그 절점의 온도는 그 영역의 평균온도를 나타낸다. 두 번째로 각 절점에 대하여 유한차분방정식을 세우고 방정식을 풀어 물질내의 온도분포를 구할 수 있다.

다) 가중계수법(Weighting Factor)

가중계수란 어떠한 여진에 따라 응답으로 나타나는 온도의 변화를 시간의 함수로 나타낸 것을 말한다. 열부하를 계산하기 위해 시간적으로 변하는 여진(외기온도, 일사량 등)을 시간의 함수로 나타내야 하므로 계산이 복잡하고 번거로운 단점이 있다.

(2) 에너지 해석Tool

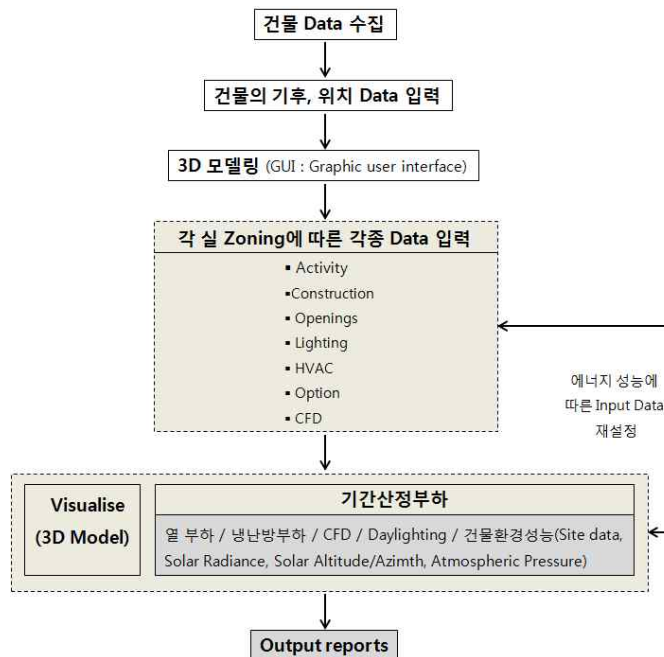
가) Design Builder

영국 Design Builder사에서 개발한 건물 환경 시뮬레이션 프로그램으로 모델링과 작동방법이 쉬워 사용자의 편의성을 높였다. Energy plus(미국), SBEM(영국)과 연동하여 건물 에너지, CO₂, 조명 및 쾌적 성능 등 다양한 친환경 해석 Module을 제공한다.⁴⁶⁾ 시뮬레이션 가동을 위한 Design Builder의 입력변수와 그에 의해 얻어지는 결과 값은 <표 4.9>과 같고 알고리즘은 (그림 4.2)와 같다. 해석하고자 하는 건물의 기후, 위치를 지정하고 건물의 3D 모델링 후, Zoning에 따라 구성 재료, 거주자 스케줄 및 운전관련 설정 자료, 침기 및 실 간의 공기 이동 등 풍부한 데이터베이스 구축을 토대로 자료를 해당 툴을 통하여 입력하게 된다. 입력된 자료는 기상조건 변화, 각 실의 조건, 설비 기기의 종류 및 제어의 방법 등과 연결되어 설정된 시간 단위로 기간 산정 부하를 목적으로 동적 에너지 해석 방법에 의거한 응답계수법에 의해 해석된다.

46) Design Builder Manual, Design Builder Software, www.DesingBuilder.com

<표 4.9> Design Builder의 입력변수 및 결과 값

구분	Design Builder	
입력 변수	• 건물의 위치 및 향 • 기후데이터 • 건물의 규모 (면적, 층고) • 열관류율 : 벽체, 바닥, 지붕 자재와 두께 • 창호 성능(유리 두께, 열전도도, 반사율) • 창 면적 • 기밀성	• 건물 운영시간 • 공조시스템 • 재실자 밀도 • 차양 • 환기기와 기류 (CFD) • 조명시스템 • 실내설정온도
결과 값	• 3D 모델 • 냉·난방 부하 성능 평가 • 에너지 소비량 평가	• 열 부하 평가 • Daylighting 성능평가 • 자연환기(CFD)



(그림 4.2) Design Builder 알고리즘

나) DOE-2

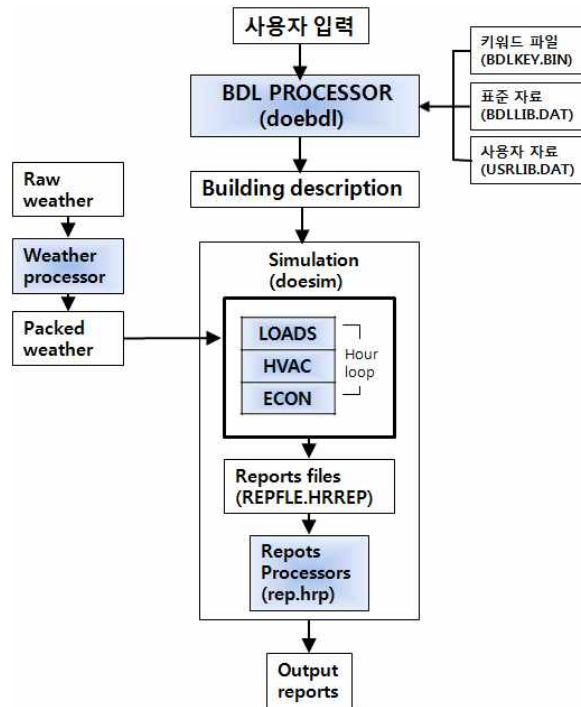
DOE-2는 미국 에너지성(Department of Energy)의 지원하에 Lawrence Berkely Laboratory에서 개발된 에너지부하 해석을 위한 프로그램이다. 건물의 위치, 구조, 설비 운용에 관한 정보를 주어 매 시간 마다의 건물의 에너지 사용과 설비 운용의 Life-Cycle 비용과 냉난방, 환기 시스템 등에 대한 계산

을 실행한다.⁴⁷⁾ 시뮬레이션 가동을 위한 DOE-2의 입력변수와 그에 의해 얻어지는 결과 값은 <표 4.10>과 같고 DOE-2의 에너지 해석 알고리즘은 (그림 4.3)과 같다.

<표 4.10> DOE-2 의 입력변수 및 결과 값

구분	DOE-2
입력 변수	• 건물의 위치 및 향 • 기후데이터 • 건물의 규모 (면적, 층고) • 열관류율 : 벽체, 바닥, 지붕 자재와 두께 • 창호 성능 (유리 두께, 열전도도, 반사율) • 창 면적 • 기밀성건물 운영시간 • 공조시스템 • 재실자 밀도 • 조명시스템 • Plant (보일러, Chiller, 태양열 집열기 등의 상세 Data)
결과 값	• 냉·난방 부하 성능 평가 • HVAC의 성능 • 에너지 비용 (LCC 계산)

47) Overview of DOE-2.2, DOE-2 Software, www.doe2.com



(그림 4.3) DOE-2 알고리즘

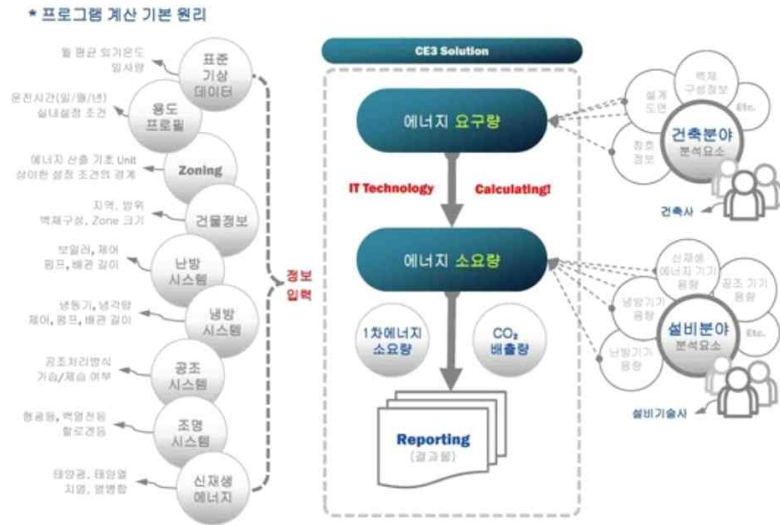
건물의 일반 사항인 위도, 경도, 고도, 방위각, 자연채광유무, 연면적 등을 입력하고 해석 기간을 설정한다. 건물 구성재료의 물성치 및 유형에 대한 정보의 모든 변수를 입력할 수 있다. 재실자의 스케줄을 고려하여 재실밀도, 기기밀도, 조명밀도 등 Zoning된 공간의 정보를 입력할 수 있다. 이를 통해 가중계수법에 의한 동적열류해석 방법으로 건물에 대한 열손실과 열획득을 계산하여 건물의 냉난방 부하를 계산하고 시스템의 작동계획, 실제적으로 변환하는 실온을 바탕으로 시스템에 의한 열 획득 및 열 손실량을 계산하여 설비에서의 연료 필요량과 에너지 공급량을 설정하게 된다.

다) CE3

CE3는 유럽의 건물에너지성능지침 EPBD(Energy Performance of Building Directives)에 따른 국제표준 ISO 13790 및 독일의 건물에너지성능 평가규격 DIN V 18599를 바탕으로 국내 실정에 맞추어 개발된 Web기반 건물에너지 성능 평가 Tool이다. 또한 주거 및 비주거용 건물 전반에 걸쳐 건축 물리적 또는 건축설비적 특성에 의한 에너지흐름의 상호작용을 종합적으로 고려하여 난방, 냉방, 조명, 급탕 및 환기에 요구되는 에너지를 정량적으로 분석할 수 있다. 신축과 리모델링 시 주택, 업무용 건물 전반에 걸쳐 건물에너지의 정량적 분석과 1차 에너지 소요량, 신·재생에너지 및 이산화탄소 배출량 분석이 가능하다. 시뮬레이션 가동을 위한 CE3의 입력변수와 그에 의해 얻어지는 결과 값은 <표 4.11>과 같고 해석 알고리즘은 (그림 4.4)와 같다.

<표 4.11> CE3 의 입력변수 및 결과 값

구분	CE3	
입력 변수	• 건물의 위치 및 향 • 기후데이터 • 건물의 규모(면적, 층고) • 건물 운영시간 • 열관류율 : 벽체, 바닥, 지붕 자재와 두께 • 창호성능 • 공조시스템 • 조명시스템 • 신재생에너지	
결과 값	• 에너지 요구량 및 에너지 소비량 평가 • 이산화탄소 배출량 평가 • 설비시스템 용량 산정 • 신재생에너지 생산량 평가	



(그림 4.4) CE3 알고리즘

CE3는 건축설계와 설비설계 부문으로 나뉘어서 입력 및 계산된다. 건축설계 부문은 먼저 프로젝트를 등록하기위해 기본 정보를 입력하고 벽체 데이터, 창호 데이터, 용도프로파일 데이터를 구성한 후에 Zone 데이터를 구성하게 된다. 여기에 Zone면의 데이터를 구성하면 에너지 요구량이 계산된다. 설비설계 부문은 앞서 건축설계에서 구해진 에너지 요구량을 분석하고 공조처리시스템을 입력한다. 그 후 신재생기기를 설정하고 냉난방 설비정도를 설정하여 설비기기를 Zone별로 적용하게 된다. 이를 통해 에너지 소비량이 계산되며 분석을 통하여 1차 에너지소비량, 이산화탄소 배출량, 신·재생에너지 생산량이 분석된다.

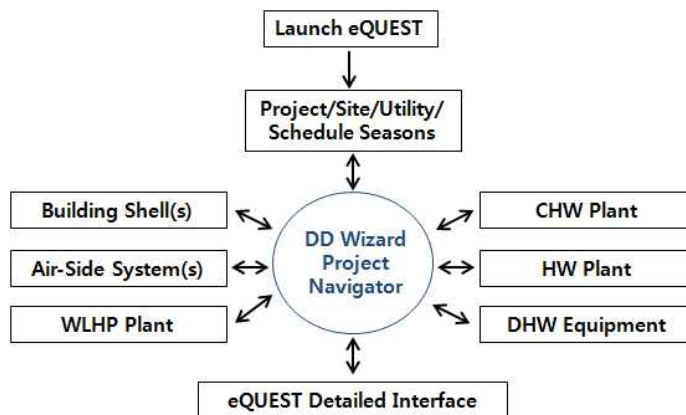
라) e-QUEST

e-QUEST는 DOE-2 알고리즘을 기반으로 3D Modeling 기능과 그래픽 기능을 부각시킨 프로그램이다[53]. e-QUEST는 설계자들에게 편의성을 높인 시뮬레이션 툴을 지향한다. e-QUEST는 DOE2엔진이 각종 옵션(building creation wizard, energy efficiency measure wizard, industry standard input default, graphic results display module)을 포함하여 사용자로 하여금 복잡한 건물을 간단한 시뮬레이션과 직관적인 그래픽을 제공하도록 한다⁴⁸⁾. 시뮬레

이선 가동을 위한 e-QUEST의 입력 변수와 그에 의해 얻어지는 결과 값은 다음 <표 4.12>와 같고 알고리즘은 (그림 4.5)와 같다.

<표 4.12> e-QUEST 의 입력변수 및 결과 값

구분	e-QUEST
입력 변수	• 건물의 위치 및 향 • 기후데이터 • 건물의 규모 (면적, 층고) • 창호성능 • 창면적비 • 차폐장치 유무 • 건물 운영시간 • 열관류율 : 벽체, 바닥, 지붕 자재와 두께 • 개구부 크기 및 개수 • 공조시스템 • 조명시스템 • 실내기기밀도 • 실내설정온도
결과 값	• 에너지 소비량(가스/ 전기) • 냉난방 부하 및 피크 부하



(그림 4.5) e-QUEST 알고리즘

e-QUEST는 4단계로 구분되어 수행되는데, 첫 번째, 냉난방부하 계산으로 건물의 외피를 통한 열전달 계산이 축열효과, 단열재 위치를 고려하여 응답계수법에 의해 실행된다. 태양일사, 실내조명, 재실자 및 기기발열 등을 고려하여 실내 설정온도를 기준으로 가중계수법 방법을 사용하여 각 실의 부하가 계산된다. 둘째, 시스템 부하계산으로 입력된 시스템의 특성을 이용하여

48) e-QUEST Introductory Tutorial version 3.64, JAMES J. HIRSCH & ASSOCIATES, 2010

각 실의 변화하는 온도를 고려하여 시간별 시스템 부하를 산출한다. 셋째, 열원 설비의 결정으로 Plant Program은 시스템 부하계산 단계에서 계산된 시스템 부하와 사용자 입력에 의한 열원기기의 종류, 열원기기의 용량 및 대수 등을 이용하여 열원기기에서 사용되는 시간별 에너지 소비량을 예측한다. 마지막으로 경제성 분석으로 건물 각 부분의 생애비용을 계산하고 설계대안의 경제성 비교를 위한 투자의 효용가치를 계산한다.

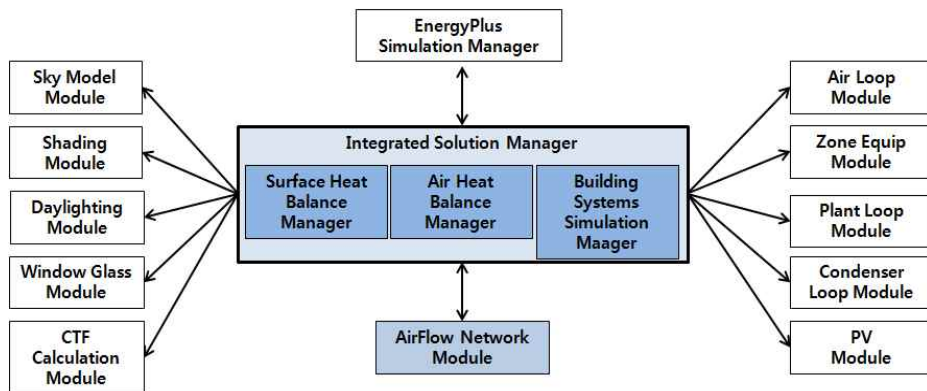
마) Energy-plus

Energy-plus는 DOE-2와 BLAST의 장점을 취합한 프로그램이다. 건물의 냉난방, 조명, 환기를 포함하여 건물 내에서 사용되는 물의 에너지 흐름까지 설계 가능한 시뮬레이션 프로그램이다⁴⁹⁾. BLAST는 미국의 국방성(Department of Defense)의 지원을 받아 일리노이 대학에서 개발한 것으로서 건물 부하계산에 지금까지 보편적으로 사용해왔던 전달함수법이 아닌 수치해석방법을 적용한 에너지 밸런스 알고리즘을 적용한 프로그램으로 건물에너지 시뮬레이션 프로그램 중 가장 유연하고 신뢰도가 높은 것으로 평가된다. 시뮬레이션 가동을 위한 Energy-plus의 입력 변수와 결과 값은 <표 4.13>과 같고 알고리즘은 (그림 4.6)과 같다.

<표 4.13> Energy-plus 의 입력변수 및 결과 값

구분	Energy-plus	
입력 변수	• 건물의 위치 및 향 • 기후데이터 • 건물의 일반적인 개요 (면적, 층고) • 건물 운영시간 • 열관류율 : 벽체, 바닥, 지붕 • 자재와 두께 • 창호 성능 • 창면적비	• 기밀성 • 공조시스템 • 조명시스템 • 재실자 밀도 등의 실내 발열요소 • 신재생에너지 • 실내설정온도 • 환기횟수
결과 값	• 냉난방부하 성능 평가 • 에너지 소비량 평가 • 이산화탄소 배출량 평가	• 오염물질방출요소 평가 • 기타 환경 오염 요소 평가 • Excell 또는 HTML 형식의 결과 출력

49) Energy-plus Manual, Energy-plus Software, <http://energy.gov>



(그림 4.6) Energy-plus 알고리즘

(3) 건물 에너지 평가 시뮬레이션 Tool 선정

본 연구에서는 조사된 다양한 시뮬레이션 Tool 중 e-QUEST를 선정하여 에너지 해석을 하고자 하였다. e-QUEST는 타 시뮬레이션 Tool보다 그래픽 부분과 입력방식을 윈도우 프로그램으로 개선시켜 좀 더 손쉽게 다룰 수 있게 한 건물에너지 프로그램으로⁵⁰⁾ 다양한 에너지해석을 수행할 수 있는 기능을 지원하고 있어, 본 연구에서 진행할 대상건물의 냉난방 부하분석 뿐 아니라 건물 DB평가를 통한 에너지 소비량 및 절감량 추정 시 실시할 건축 및 설비요소에 대한 에너지 절감 효과를 연간에너지소비량을 통한 DB수준 성능 평가관점에서 분석하기에 적합하다고 판단되어 선택하였다.

(4) 건물 에너지 평가 변수 설정

에너지 해석Tool의 특성 조사를 통하여 각 프로그램에서 요구하고 있는 건물에너지해석에 사용되는 에너지 변수를 비교분석 해 본 결과는 <표 4.14>과 같다. 기본적인 정보인 건물의 향, 규모, 기후데이터는 공통으로 설정하였으며, 프로그램의 특성에 따라 창호의 성능은 창면적비나 창호의 크기, 차폐

50) 조관행 외, 에너지 및 빛 환경평가 프로그램을 이용한 패시브 주택의 에너지 성능 비교 연구, 2010, 대한건축학회 학술대회논문집, 제30권 제1호, pp435~436

장치의 유무 등으로 구분된다. 또한 실내환경 설정은 프로그램의 정밀도에 따라 재실자의 밀도, 기기밀도, 조명밀도, 실내설정온도를 고려하도록 하였다. 에너지 해석Tool별 건물 에너지의 변수는 해석기법에 따라 결정되지만 프로그램의 정밀도에 따라 변수의 설정 방법 및 범위가 다양하게 구현되는 것으로 조사되었다.

<표 4.14> 에너지 해석Tool별 건물 에너지 변수

변수	Design Builder	DOE-2	CE3	e-QUEST	Energy-plus
건물의 향	O	O	O	O	O
열관류율	O	O	O	O	O
건물의 장단변비	O	O	O	O	O
창호성능	O	O	O	O	O
창면적비	O			O	O
차폐장치유무	O			O	O
개구부 크기 및 개수	O	O			O
기밀성	O	O			O
환기횟수	O				O
조명밀도	O	O	O	O	O
재실자 밀도	O	O			O
실내기기 밀도	O			O	
공조시스템	O	O	O	O	O
실내설정온도	O			O	O
건물 운영시간	O	O	O	O	O
기후 데이터	O	O	O	O	O
신재생에너지			O		O

기존의 에너지 해석Tool이 전문가를 대상으로 개발된 것이라면 본 연구에서 제시하고자 하는 에너지 해석모델은 일반 건물 사용자들에게 손쉽게 에너지 등급을 제시하기 위한 것이므로 앞서 제시된 건물 에너지 평가 변수 중 필수적이고 직접적으로 중요도가 높은 변수를 중심으로 선정하였다.

<표 4.15> 건물에너지 평가 변수

구분	변수	변수의 세부항목
건축 계획적 변수	건물의 향	-
	장단변비	-
	외피의 열관류율(W/m²k)	벽체
		지붕
		바닥(최하층)
	창호의 열관류율(W/m²k)	-
	창 면적비(%)	-
설비 계획적 변수	외부 차양장치 적용여부	남
		동
		서
	조명밀도(W/m²)	-
	공조시스템	냉방시스템
		난방시스템

4.2.2 건물 DB(Data-Base)에 의한 에너지 평가모델 제안

건물 DB에 의한 평가모델은 앞서 제시된 건물 에너지 평가 변수의 평가 방법을 제시한다. 각 변수는 에너지 소비량에 직·간접적으로 영향을 미치는 요소로써 건물 도명 및 관련 서류를 통해 건물DB를 확보하도록 한다. 건물별 DB의 확보 여부, 사용자의 편의성을 고려하여 각 변수별 평가 등급은<표 4.16>과 같이 3등급으로 평가하고 각 변수별 세부 평가항목은 다음과 같다.

<표 4.16> 평가 등급

등급	평가
상	기존 건물보다 적은 에너지량의 에너지 소비
중	기존 건물의 평균적인 에너지 소비
하	기존 건물보다 높은 에너지 소비

가) 건물의 향

건물 배치의 향은 건물이 받을 수 있는 일사량을 변화시키므로, 냉난방부하에 영향을 미치게 된다. 따라서 냉난방부하의 절감여부를 평가하기 위해 건물의 장변의 향을 평가하며 그에 따른 최적 향은 에너지 절약 건축계획에 있어서 기본적인 요소이다. 건물의 최적 향은 대지 조검과 건물의 유형 및 형

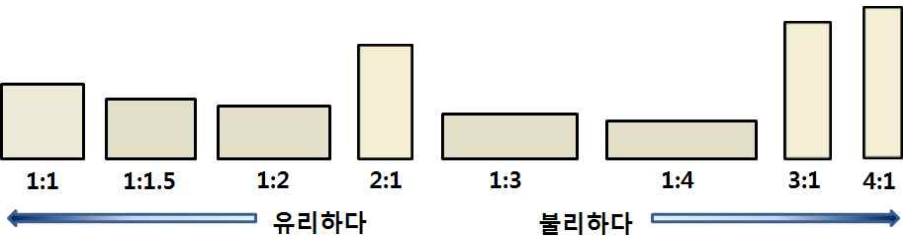
태에 따라 일률적으로 설정하기는 어렵지만, 보통 우리나라의 기후조건에서는 우리나라 향별로 받는 일사량을 계절별로 연구한 결과 남향면에 수직으로 도달하는 일사량은 겨울철에 가장 많고, 여름철에는 가장 적으므로 남향이 난방과 냉방에 대한 부담을 덜어줄을 알 수 있다. 그러므로 남향이 배치가 가장 유리하고 서향이 가장 불리하고 동향은 서향보다 유리하다. 이에 따른 에너지 절약 순위를 상·중·하 3등급으로 구분하여 판단하였다.

<표 4.17> 건물향의 에너지 소비 수준 평가

등급	향
상	남향(S) / 남남동(SSE) / 남남서(SSW)
중	남동(SE) / 남서(SW) / 동남동(ESE) / 서남서(WSW)
하	동(E) / 서(W)

나) 장단변비

건물 형태의 가장 기본을 이루는 평면 형태에서 에너지 효율의 차이는 보통 평면형태의 장단변비에 따라 효율이 달라진다. 같은 면적의 평면에서는 장단변비가 1:1인 정방형의 밀집된 형태가 가장 에너지를 절약할 수 있다.⁵¹⁾ 장단변비에 따른 에너지절약의 우선순위를 보면 (그림 4.7)과 같다.



(그림 4.7) 건물의 장단변비에 따른 에너지 절약 순위

이와 같이 문헌고찰을 통한 이론을 바탕으로 장단변비의 에너지 소비 수준을 상·중·하 3등급으로 나누었다.

51) 김자경, Op.cit

<표 4.18> 건물 장단변비의 에너지 소비 수준 평가

등급	장단변비
상	1 : 1
중	1 : 1.5
하	1 : 3

다) 외피의 열관류율

국내에서는 현행 건축법에 지역별, 건물부위별 단열내용을 규정하여 열손실 방지를 도모하고자 건축물의 외벽, 최하층 바닥, 최상층의 반자 또는 지붕 등의 열관류율이나 단열재 두께에 의해 지역별로 마련되어 있다. 국내 뿐 아니라 선진국에서는 지하구조물에서 발생하는 열손실 및 결로 현상을 방지하기 위해 많은 연구가 진행되어, 이미 오래 전부터 적정단열설계 및 시공기술이 정착되어 있는 상태이며, 건축 관련법에도 반영되어 있다.⁵²⁾ 이렇듯, 건물의 단열에 반영되는 열관류율은 에너지 사용량을 최소화하는 가장 기초적이며 효율적인 방법으로⁵³⁾ 건물 에너지해석 변수에 있어 매우 중요한 요소이다.

• 벽체의 열관류율

건축의 부위에서 주요 구조 부 중 가장 많은 면적을 차지하는 벽체는 전체 열손실의 35%정도로 부위에 비해 열손실이 커 단열에서 가장 먼저 고려해야 하는 부분이다.⁵⁴⁾ 현재 국내에서는 벽체의 단열을 중부·남부지역으로 나누어 열관류율을 규제하고 있다.

• 지붕의 열관류율

지붕을 통한 열손실은 전체 열손실의 25%정도이다. 평지붕의 경우 내단열과 외단열을 시공할 수 있는데, 내단열 시공을 사용하는 것이 효율적이며, 부득이하게 외단열을 할 경우 방수층 공사를 철저히 하고 누름콘크리트의 두께도 충분히 하고 비 투습성 단열재를 설치해야 한다.

52) 김종민, 건축물의 단열설계에 관한 연구, 삼척대학교 산업대학원, 석사학위 논문, 2008

53) 임도요, 공동주택의 에너지 성능 최적화를 위한 외피성능 기준, 연세대학교 대학원, 석사학위논문, 2008

54) 김자경, Op.cit

- 기초바닥의 열관류율

기초바닥의 단열은 투습 저항이 좋고 견고한 압축 폴리스틸렌과 같은 단열재를 사용해야 하며, 온돌 난방시스템에서 부탄 방법은 동결선 아래나 기초상부까지 기초벽의 외부에 단열재를 부탄시키는 방법과 슬래브하부의 기초벽 내부에 설치하는 방법이 있다.

건물의 외피를 통한 열손실을 방지하고자 국내에서 현행 건축법에 지역별, 건물부위별 단열내용을 규정한, 건축물의 외벽, 최하층 바닥, 최상층의 반자 또는 지붕 등의 열관류율의 자료와 독일의 패시브하우스 기준을 바탕으로 건물외피 열관류율의 에너지 소비 수준을 상·중·하 3등급으로 구분하여 판단하였다.⁵⁵⁾

<표 4.19> 건물외피 열관류율의 에너지 소비 수준 평가

등급	구분	열관류율(W/m ² K)		
		벽체	지붕	바닥
상	패시브하우스	0.15 이하	0.15 이하	0.15 이하
중	건축물 에너지절약 설계기준(2008.7 개정)	0.47 이하	0.29 이하	0.35 이하
하	건축물 에너지절약 설계기준(1987.7개정)	0.58 이하	0.41 이하	0.58 이하

라) 창호의 열관류율

건물의 외피 성능이 냉·난방부하에 큰 영향을 미치므로 창호의 열관류율 역시 점차적으로 주목해야 할 건물 에너지해석 변수로 판단된다. 국내 단열기준에 의해 외피의 열관류율과 마찬가지로 두께와 창호의 종류에 의해 지역별로 마련되어 있다. 창호의 종류와 차폐개수에 따른 냉·난방에너지 소비에 미치는 영향은 모두 관련이 있으나, 차폐개수로 인한 에너지소비의 변화보다 열관류율이 미치는 영향이 훨씬 크므로 창호의 성능 중 열관류율을 대표 성능으로 선정하였다.⁵⁶⁾

55) 건축물에너지절약설계기준, 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제21조, 건축법 제66조 제2항, 국토해양부

56) 김승민, 공공업무시설의 제로에미션 계획에 관한 연구, 중앙대학교 대학원, 석사학위논문

향후 창호단열 강화를 위한 방향 제시를 위해 국내 현행 건축법에서 창호의 요구 열관류율 기준 분석을 통해 에너지 소비 수준 평가를 3등급으로 구분하여 판단하였다.⁵⁷⁾

<표 4.20> 창호의 열관류율의 에너지 소비 수준 평가

등급	창의 열관류율(W/m ² K)
상	1.8
중	2.3
하	3.4

마) 창면적비

최근 건물의 창 면적이 증가하는 추세로, 대형 건물에서 커튼월 구조가 두각을 나타낸다. 이와 더불어 건축물의 에너지낭비에 대한 관심이 고조되면서 창 면적비 조절에 대한 요구가 증가하였다. 또한 창은 건물의 열성능에서 가장 취약한 부분으로 냉방, 난방, 조명에너지에 영향을 미친다.⁵⁸⁾ 따라서 외피 면적에 대한 창면적비의 비율을 건물에너지해석 변수로서 매우 중요하다.

창면적비와 관련하여 아직까지 정확한 기준은 없지만 현재 시행되거나 제안되고 있는 사항으로는 「서울시 녹색건축물 설계 가이드라인」에서는 창면적 비율을 공동주택 50%, 일반건축물 40%으로 제한하고 있다. 또한, 지식경제부⁵⁹⁾에서는 일반사무소의 경우 창면적비는 20%~80%의 분포를 보이고 있다는 통계자료를 확인할 수 있다. 이러한 문헌고찰을 통해 창면적비에 해당하는 에너지 소비 수준 평가를 3등급으로 구분하여 판단하였다.

<표 4.21> 창면적비의 에너지 소비 수준 평가

등급	창면적비(%)
상	50이하
중	50이상 ~ 70 미만
하	70 이상

문, 2012

57) 건축물에너지절약설계기준, 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제21조, 건축법 제66조 제2항, 국토해양부

58) 김승민, Ibid

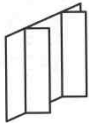
59) 지식경제부 (2009), 기후변화대응을 위한 건물에너지효율등급 표시제도 개발연구 (1차년도)

바) 외부 차양장치 적용 여부

건축에서 일조 및 일사 계획은 실내환경을 조절하는 중요한 수단이다. 난방 기간 중 일사의 실내 수용과 냉방기간 중의 일사 차단 등을 위하여 건물에서는 일사량의 적절한 조절이 필요하다. 즉, 기후로 보면 한랭지역일수록 난방 대책으로 일사의 이용을, 온난지역일수록 냉방대책으로 일사의 차단에 중점을 두게 된다.

차양 계획의 기본적인 방법은 일차적으로는 건물의 형태와 향에 의한 방법이 있으며, 그 다음은 주변의 설치물이나 수목을 이용하는 방법과 자연 채광에서 다른 투과체 재료에 의한 일사 차단방법이 있으며, 더욱 적극적인 방법으로 건물외부와 내부의 차양장치에 의한 일사 조절방법이 있다.⁶⁰⁾ 이상적인 차양장치는 조망과 환기를 허용하면서 태양광선을 최대한 차단하는 것인데 이러한 점에서는 외부 차양장치가 내부 차양장치보다 효과가 우수하며 미적인 면에서도 좋다. 차양의 종류와 적절한 설치 향에 관한 이론적 고찰을 통해 장치 적용의 건물 에너지 소비 수준 평가에 상·하 2등급으로 구분하였다.

<표 4.22> 외부 차양장치 적용 여부의 에너지 소비 수준 평가

등급	남향	동향	서향	북
상	 고정식 수평차양	 고정식 수직차양	고정식 수평+수직차양	북향은 열손실에 있어 가장 취약한 향으로 창의 설치가 최소화 되므로 차양설치 부문에서는 제외함
하	차양 설치하지 않음	차양 설치하지 않음	차양 설치하지 않음	

사) 조명밀도

대부분의 건물운영시간이 자연채광을 이용할 수 있는 낮 시간임에도 불구하고 조명에너지 사용으로 인해 열을 발생시키는 열원으로 에너지 소비비율이 높다. 공간의 조명밀도는 실의 소요조도 및 광원 조명방식과 조명기구에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 다양한 조명계획으로 달라질

60) 김자경, Op.cit

수 있는 조명밀도에 가장 기초적인 매개체가 되는 조명기기의 종류를 평가 변수로 선정하여 국내 기준⁶¹⁾⁶²⁾에서 제시하고 있는 조명기기 및 소비전력을 참고하여 등급별로 구분하였다.

<표 4.23> 조명기기의 종류에 따른 에너지 소비 수준 평가

등급	조명기구
상	LED : 18W 또는 디밍제어 적용
중	안정기내장형형광램프 : 32W
하	백열전구, 할로겐램프, 일반형광램프 : 70W

아) 냉·난방시스템

공조시스템은 실내환경을 쾌적하게 유지하기 위한 냉방설비, 난방설비, 환기설비 및 이의 효율적인 운전을 위한 자동제어설비를 뜻한다. 동일한 부하의 건물일지라도 냉·난방기기의 종류 및 효율에 따라 에너지 소비량은 달라질 수 있다. 따라서 에너지 평가에 있어 냉·난방시스템의 종류에 따른 에너지 소비량의 평가가 요구된다.

냉·난방시스템의 설계에 있어 건축물에너지절약설계기준에서는 ‘냉·난방기기는 고효율인증제품 또는 이와 동등 이상의 것을 설치한다.’, ‘냉방기기는 전력피크 부하를 줄일 수 있도록 하여야 하며, 상황에 따라 심야전기를 이용한 축열·축냉시스템, 가스를 이용한 냉방설비, 집단에너지를 이용한 지역냉난방방식, 소형열병합발전을 이용한 냉방방식, 신·재생에너지를 이용한 냉방방식을 채택한다.’라고 권장하고 있다.⁶³⁾ 해당 기준에서 첨부되어 있는 에너지절약계획서의 에너지성능지표 검토서를 바탕으로 냉·난방시스템의 종류를 중심으로 냉난방시스템에 의한 건물 에너지 소비 수준 평가로 3등급으로 구분하였다. 또한, 신재생부문을 첨부하자면 전체 냉·난방시스템설비용량에 대한 신·재생에너지 용량비율이 2%이상(단, 의무화 대상 건축물은 4% 이상)의 적용 여부를 두고 가산점수가 부여되는 방식을 취하고 있는 상태이므로

61) 서울특별시, 주택정책실, 건축기획과 (2012) 서울시 녹색건축물 설계 가이드라인

62) 서울특별시 (2011) 서울시 공공건축물 에너지절약 설계기준

63) 건축물에너지절약설계기준, 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제21조, 건축법 제66조 제2항, 국토해양부

건물에너지 평가를 간략히 실행하는 것이 취지인 본 평가모델에서는 신재생 에너지시스템은 적용 여부만을 평가하였다.

<표 4.24> 냉·난방시스템에 의한 에너지 소비 수준 평가

등급	냉·난방시스템
상	지열시스템적용 / 흡수식냉온수기
중	EHP / GHP / 바닥복사 / 패키지 에어컨(천장형냉방기)
하	증기보일러 / 가스온풍기 / 개별에어컨

4.3 건물에너지평가의 어플리케이션 적용 프로세스

4.3.1 어플리케이션 구성 및 적용 프로세스 구축

본 연구에서의 어플리케이션은 에너지소비량과 건물의 DB에 의한 간략 평가가 이뤄지며, 이어 건물DB의 정밀도와 구축 범위에 따른 성능평가를 분석하여 에너지 평가의 정확도를 예측하는 단계이다.

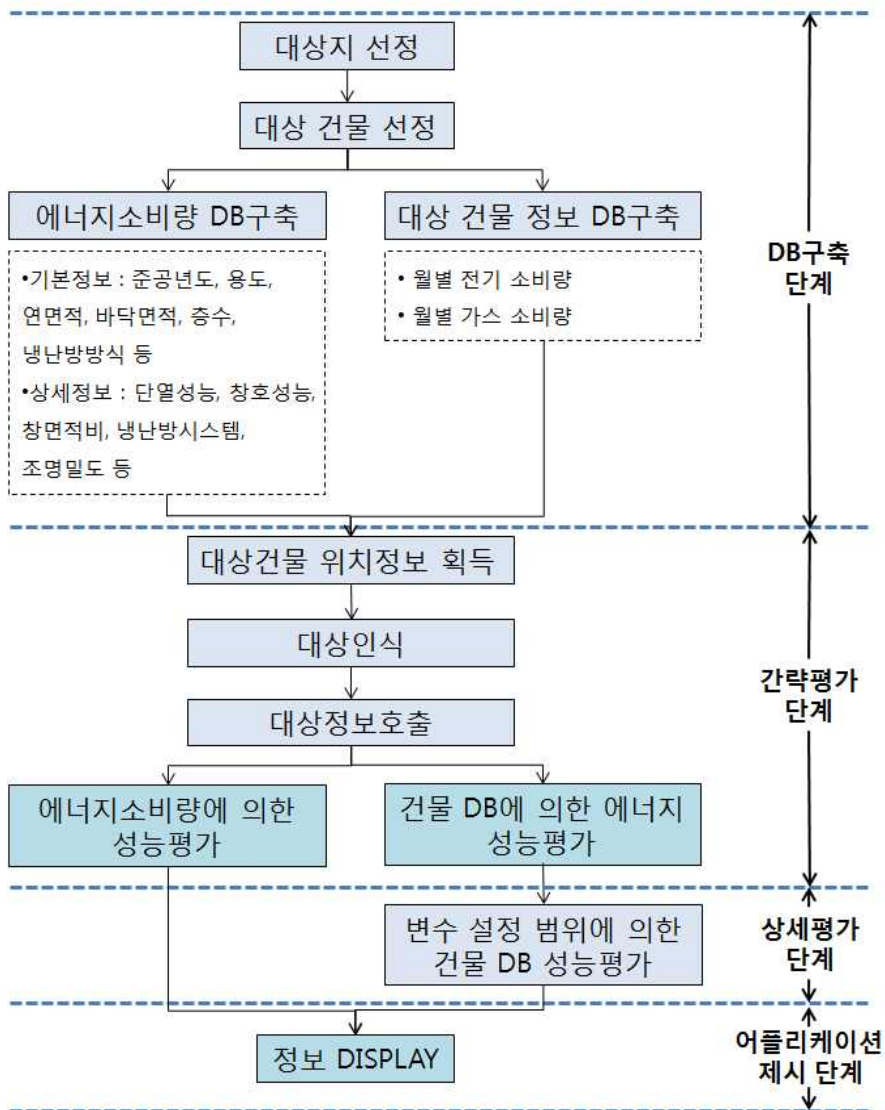
에너지소비량 분석은 전력 및 가스의 에너지 소비량을 조사하고 단위 면적당 에너지소비량을 분석하여 에너지소비수준을 제시하도록 한다. 또한 건물DB는 도면확보 후 이를 통해 얻을 수 있는 건물에 적용된 계획적 요소와 설비적 요소로 나누어 자료를 확보하도록 한다. 기본 정보로는 건물의 규모, 용도, 냉·난방방식 등을 확보하며, 상세정보는 장단변비, 창면적비, 외피 및 창호의 단열성능, 조명 및 채광밀도 등을 파악한다. 이를 비교분석함으로써 건물의 간략한 에너지 성능을 분석하고 건물DB에 의한 수준을 제시한다. 각 변수에 대해 제시된 수준을 시뮬레이션 Tool을 이용하여 에너지소비의 절감량을 파악하고 해당하는 성능을 분석한다.

위와 같이 도출된 정보들은 안드로이드용(안드로이드 기반의) 스마트폰을 이용하여 Display되며 이는 최종적으로 어플리케이션으로 제시된다.

제시된 어플리케이션은 총 4단계로 첫째, 건물의 정보 호출 단계, 둘째, 에너지소비량 평가단계, 셋째, 건물 DB평가 단계, 넷째, 모든 진행된 단계를 Display하는 어플리케이션 제시 단계로 진행된다. 자세한 진행사항은 제5장에서 다루는 것으로 한다.

<표 4.25> 어플리케이션 진행 단계

step1	건물 정보 호출	분석대상 건물은 지도와 카메라를 통해 화면에 표시되며, 이를 선택하였을 경우 건물의 기본정보 제시
step2	에너지 소비량 평가	전기와 가스의 소비량을 대상으로 해당 건물의 연간 에너지 소비량 제시
step3	건물DB평가	앞서 설정된 건축계획적요소와 설비적 요소의 해당 항목 물성치를 비교하여 등급 제시
step4	어플리케이션 제시	진행된 정보들을 어플리케이션의 형태로 스마트 폰에 Display



(그림 4.8) 어플리케이션 개발 프로세스

4.4 소결

본 장에서는 건물에너지 평가 모델개발을 위한 방법으로 에너지소비량에 의한 평가모델과 건물 DB에 의한 에너지 평가모델 두 가지로 이루어진다.

에너지소비량에 의한 평가모델제시를 위해 국내·외 에너지 저감 목표량 및 에너지 저감 가능성을 종합하여 평가 기준을 제시하였다. 평가 등급은 보통 단계(현 소비수준)은 평균 소비량의 $\pm 10\%$ 범위로 설정하였으며, 우수단계는 평균 소비량의 10~30% 저감한 경우, 최우수는 30%이상 저감한 것으로 설정하였다. 그와 반대로 에너지 소비가 많은 건물의 경우 10~30%를 더 소비한 경우 미흡 등급, 평균소비량에 비해 30% 이상 소비한 경우는 불량 등급으로 설정하였다.

건물 DB에 의한 에너지 평가모델을 제시하기 위해 건물의 에너지 소비에 직접적으로 영향을 미치는 부하를 계산하는 에너지 해석기법과 이를 이용한 에너지 해석Tool에 대해 조사·분석 후, 이를 이용하여 필수적이고 직접적으로 중요도가 높은 건물에너지 평가 변수를 선정하여 제시하였다. 제시된 변수는 건축 계획적 변수에서는 건물의 향, 장단변비, 외피의 열관류율, 창호의 열관류율, 창 면적비, 외부 차양장치 적용여부로 제시하였으며 설비 계획적 변수로는 조명밀도, 냉난방시스템으로 설정 하였다. 평가 방법은 상·중·하 3등급으로 나누어 각종 문헌고찰 및 현 시점에서 제시되고 있는 각 변수에 해당하는 건물에너지 절약적 설계기법 및 규제·지침·규정 등을 분석하여 설정하였다.

선정된 변수의 수준 성능을 평가하기 위해서는 각 수준의 변수를 적용한 모델에서의 에너지소비량의 증감 비에 대한 파악이 필요하다. 따라서 제5장에서는 표준모델을 선정하고 표준모델에 각각의 수준에 따른 변수를 적용하여 에너지소비량의 증감을 분석하였다.

제 5 장 어플리케이션 구현을 위한 에너지 평가모델

Case study

5.1 Case study의 개요

Case study에서는 다수의 건물군으로 구성된 단지를 중심으로 에너지소비량 및 건물 DB평가를 실시하여 에너지 평가모델을 적용하였다. 대상건물은 복수의 건물로 구성된 'C' 대학교 캠퍼스로 선정하였다. 대학교 캠퍼스는 기본적으로 교육시설이나, 기숙사, 강의동, 연구동 등 성격이 다양한 건물군으로 구성되어 있으며, 에너지 다소비 건물인 대형건물의 대부분은 에너지 소비량이 감소한 반면 대학교 캠퍼스는 에너지 소비량이 증가한 것으로 나타났다⁶⁴⁾. 따라서 대학교 캠퍼스의 에너지 소비에 대한 평가 및 에너지 절감 유도가 요구될 것으로 판단하여 사례연구의 대상으로 선정하였다.

Case study의 대상 선정은 건물군의 에너지 계측이 개별로 되어 있는 건물을 위주로 선택하였다. 일부 건물의 전력은 인근건물과 동시에 계측하고 가스는 개별로 계측하여 건물 별 에너지 소비량을 정확히 파악하기 어려움이 있었기 때문이다. 대상 건물군의 개요는 다음<표 5.1>과 같다

64) 지식경제부(2011)에 따르면 에너지 다소비 건물인 대형건물의 연면적당 에너지 소비 조사 결과 다른 대부분의 대형건물은 에너지소비량이 감소한 반면 대학교 단지는 에너지 소비량이 증가한 것으로 조사되었다.

<표 1-1> 단위면적당 총에너지 소비 변화 (단위:Mcal/m²yr)

년도	전체	업무용	상업용	교육용 (대학)	아파트
2007	216	242	356	181	139
2004	225	243	397	179	155
증가율(%)	-4.3	-0.6	-10.4	0.7	-10.4

*출처: 2011년도에너지총조사보고서(지식경제부)

**2004년과 2007년은 주차장 면적을 제외함

<표 5.1> Case study 대상 건물군의 개요

건물구분	건축면적 (㎡)	연면적 (㎡)	층수	건축년도	운전제어 방식	냉난방시스템
CASE 1 (강의실, 교회)	786	10,093	지상3층, 지하1층	1956년	개별	천정형 냉난방기
CASE 2 (강의실)	1,379	7,861	지상4층	1974년	개별	EHP
CASE 3 (강의실, 실험실)	1,228	3,707	지상6층, 지하2층	2005년	개별	GHP
CASE 4 (강의실, 실험실)	813	9,122	지상5층, 지하1층	1961년	개별	가스온풍기
CASE 5 (강의실)	858	3,674	지상6층	1991년	개별	EHP
CASE 6 (강의실, 시청각실)	641	14,258	지상5층, 지하1층	2009년	개별	EHP
CASE 7 (도서관)	3,163	22,145	지상7층, 지하1층	1969년	중앙	증기보일러 (방열기) EHP
CASE 8 (강의실)	2,490	11,894	지상7층, 지하1층	1999년	중앙	흡수식 냉온수기 (F.C.U)
CASE 9 (공연장, 강의실)	1,777	5,299	지상5층, 지하3층	1991년	개별	GHP
CASE 1 (강의실, 행정실)	767	35,119	지상5층, 지하3층	2007년	중앙	증기보일러 (F.C.U), GHP
CASE 1 (강의실)1	3,733	1,616	지상14층, 지하3층	1961년	중앙	GHP
CASE 12 (연구실, 체육관)	2,847	19,164	지상10층, 지하3층	2010년	개별	EHP, 바닥코일

5.1.1 에너지소비량 평가

‘C’ 캠퍼스 내 12개의 건물군의 에너지소비량 평가는 <표 5.2>와 같다. 사례건물의 단위면적당 총 에너지소비량의 평균은 182.96Mcal/㎡yr으로 교육용 건물의 에너지소비량 평균 180.8Mcal/㎡yr과 유사한 것으로 조사되었다. 12개

의 건물군 중 최우수 등급 4개소, 우수등급 1개소, 보통등급 3개소, 미흡등급 2개소, 불량등급 2개소로 평가 되었다. 건물별로는 75.60Mcal/m²yr부터 376.12Mcal/m²yr 건물의 이용현황에 따라 편차가 큰 것으로 나타났다. 일부 건물은 강의 및 행정업무 외에 실험용 기자재의 사용으로 에너지소비량이 많은 것으로 판단되었다. 대학건물의 에너지소비는 학사일정기간에 따라 사용패턴이 변하므로 건축계획적인 요소보다는 실의 사용패턴에 따라 변화의 폭이 클 것으로 예상된다. 따라서, 각 건물의 건물정보 확보에 따른 에너지소비량의 비교·분석이 요구된다.

<표 5.2> 사례건물의 에너지소비량

건물구분	전체소비량			단위면적당 소비량			등급
	전기 (kWh/yr)	가스 (m ³ /yr)	총에너지 소비량 (Gca/yr)	전기 (Mcal/m ² yr)	가스 (Mcal/m ² yr)	총에너지 소비량 (Mcal/m ² yr)	
CASE 1	523,311	64,028	1,122.26	44.58	66.61	111.19	최우수
CASE 2	1,122,949	0	965.56	122.83	0	122.83	최우수
CASE 3	626,700	81,479	1,394.39	145.35	230.77	376.12	불량
CASE 4	360,201	36,187	689.68	33.95	41.65	75.60	최우수
CASE 5	979,590	0	842.30	229.27	0	229.27	미흡
CASE 6	1,808,265	4,500	1,602.08	109.05	3.31	112.36	최우수
CASE 7	2,744,902	273,941	5,236.57	106.58	129.89	236.47	불량
CASE 8	882,000	134,444	2,170.05	63.76	118.69	182.45	보통
CASE 9	409,083	80,670	1,198.78	66.37	159.83	226.20	미흡
CASE 10	2,575,821	236,419	4,697.21	63.07	70.69	133.76	우수
CASE 11	47,067	26,102	314.54	25.05	169.63	194.68	보통
CASE 12	2,538,257	147,373	3,729.92	113.89	80.75	194.64	보통
사례종합	14,618,146	1,085,143	92,241.66	93.65	89.32	182.96	-

5.1.2 건물 DB평가

사례 대상 건물은 건축년도에 따라 건물의 도면 확보여부가 상이하므로, 건물마다 건물정보 DB확보 수준이 다양하였다. 따라서 건물 DB평가의 사례연구는 건물군 중 건물의 도면 확보 및 DB획득이 용이한 건물을 선정하여 건물 DB평가를 실시하였다. 대상 건물의 개요는 <표 5.3>와 같다.

<표 5.3> 건물DB평가 대상 건물 개요

구분	CASE 8	
용도	교육시설 (강의동 및 사무실)	
위치	서울시 동작구 흑석동 'C'대학 캠퍼스 내	
건물의 향	남서향	
건축면적	767.16m ²	
연면적	5,299.48m ²	
층수	지상 5층, 지하 3층	
건축년도	1991년	
운전제어방식	개별제어	
냉난방시스템	GHP	
에너지소비량평가	보통 등급	

(그림 5.1) 사례연구 건물전경

사례대상은 중복도형식의 건물로 향은 남측을 기준으로 남서향으로 62° 기울어져 있었다. 건물의 형태는 거의 직육면체 형태로 돌출부위가 거의 없고 건물의 층과 규모로 인해 S/V비율은 17%이며 장단변비는 1 : 3 으로 계산되었다. 본 건물은 1991년에 준공된 건물로 외피와 창호의 열관류율은 ‘건축물 에너지 절약 설계기준 (1987.7 개정)을 적용하였다. 이는 사례 대상 건물의 도면은 확보하였으나, 외피 구조체의 자세한 조합에 관한 자료는 획득하는데 한계가 있었기 때문이다. 창호의 계획은 남측과 북측은 유사하게 계획되었으며, 동측과 서측은 최소한의 창만 계획되어 있어 전체 창면적비는 30%를 차지하였다. 남측 입면은 서측으로 기울어져있어 여름철 냉방부하를 증가시킬 수 있는 요인이 되며, 조명의 경우 직관형 32W급 안정기내장형 형광등을 사용하였으며 사용자에 의해 조명 on/off를 제어하고 있었다. 본 건물은 조명의 제어가 창과의 거리에 의한 것이 아니라 강의를 주목적으로 사용되기 때문에 강의실의 전면부(질판쪽), 후면부를 기준으로 제어되고 있었다. 냉난방시스템은 GHP를 통해 냉방과 난방에 사용하고 있었다.

각 항목별 평가 결과는 <표 5.4>와 같다. 평가결과 평가 항목 총 10개 중 보통등급 4개 항목, 다소비등급 6개 항목으로 평가되었다.

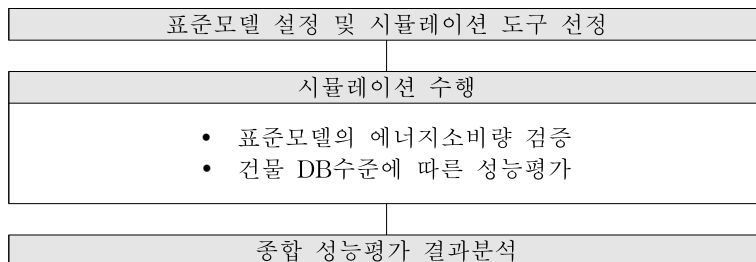
<표 5.4> 사례건물의 건물DB평가

평가항목	변수항목	에너지 평가		
		저에너지	보통	다소비
건물의 향	남서향		O	
장단변비	1 : 3			O
외피의 열관류율 (W/m²K)	지붕	0.41		O
	외벽	0.58		O
	바닥(최하층)	0.58		O
창호의 열관류율(W/m²K)	3.4		O	
창면적비(%)	30.5%	O		
외부 차양장치 적용여부	무			O
조명기기	안정기내장형 형광램프 (32W급 설치)		O	
냉난방시스템	GHP		O	

5.2 건물 DB평가 변수 수준 성능평가

건물 DB평가 변수의 수준 성능평가를 위해 건물 DB확보가 가능한 건물로 서울 소재 대학의 일반적인 정보에서 평균적인 건물로 선정하여, DB변수의 등급변화에 따른 에너지소비량을 평가하여 등급 설정의 타당성을 검증하고자 한다. 시뮬레이션을 통한 에너지소비량 분석 방법은 다음의 <표5.5>와 같다.

<표 5.5> 시뮬레이션 방법



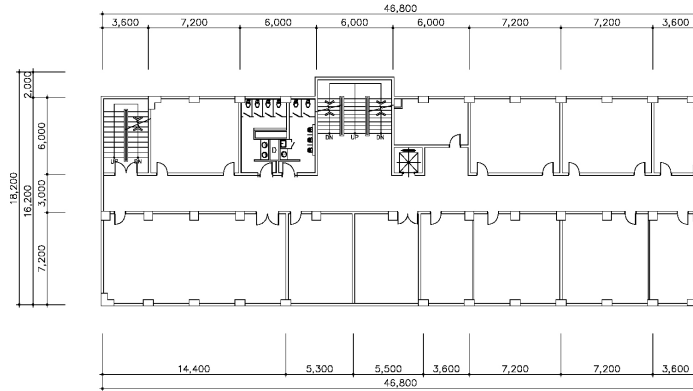
(1) 표준모델

표준모델은 건물 DB평가 대상건물을 대상으로 설정하여 진행하였다. 대상 건물로 선정된 건물은 서울 소재8개 대학의 총 188개의 건물의 건축면적과 층수 분포도를 조사하여 평균범위에 속하는 건물로 선택하였다. 표준모델의 세부적 개요를 정리하면 <표 5.6>과 같다.

<표 5.6> 표준모델의 개요 및 입력데이터

분류	계획	표준 설정값
건물용도	교육시설	대학교 강의실 및 행정업무
규모	연면적	5,299.48m ²
	건축면적	767.16m ²
	층수	지하3층 / 지상5층
형태	장단변비	1 : 3
	건물의 향	남서향
입 · 단면	층고	3.5m
	장면적비	30.5%
	차양	무
구조체	지붕단열	0.41(W/m ² k)
	최하층 바닥단열	0.58(W/m ² k)
	벽체단열	0.58(W/m ² k)
창호	창호성능	2.3(W/m ² k)
환기	환기횟수	3.6ACH ⁶⁵⁾
조명	조명기구	안정기내장형형광램프-32W
공조시스템	냉난방시스템	GHP
운영스케줄	학기 중	AM 9 ~ PM 9
	방학(7,8월/1,2월)	AM 9 ~ PM 4
설정온도	냉방기(6월~9월)	27℃
	난방기(11월~3월)	20℃
내부밀도	재실밀도	4.04m ² /person
	조명밀도	10W/m ²
	기기밀도(컴퓨터)	2W/m ²

65) 정민희 외, 환경친화적 학교 교육시설의 표준모델개발 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2009, 제25권 제4호, pp.295~302



(그림 5.2) 표준모델의 기준층 평면도

기상데이터는 1986년부터 2005년까지의 자료를 바탕으로 작성된 것으로 태양에너지학회에서 제공하고 있는 대한민국 서울표준기상데이터를 사용하였다. 본 연구에서 이용한 e-QUEST(Quick Energy ESTimation)는 DOE-2엔진을 이용하는 건물에너지 해석 프로그램으로⁶⁶⁾ 3D Modeling 기능과 그래픽 기능을 부각시킨 프로그램이다. e-QUEST는 사용자 하여금 복잡한 건물을 간단한 시뮬레이션과 직관적인 그래픽을 제공한다⁶⁷⁾.

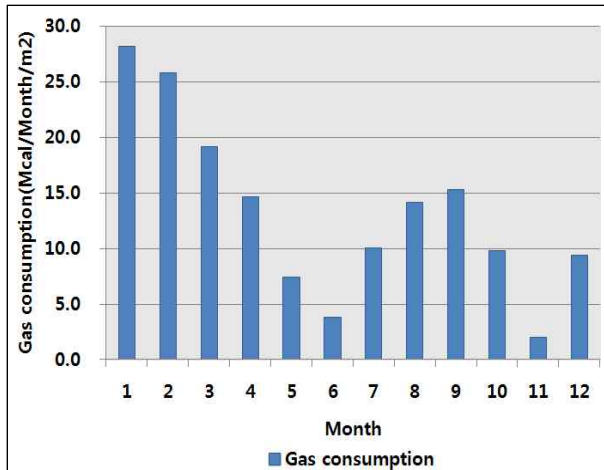
(2) 대상건물의 실측 에너지소비량 분석

대상건물의 실측 에너지소비량은 ‘C’대학의 관련 부서로부터 요청하여 받은 자료를 근거로 분석하였다. 에너지소비량은 가스와 전력으로 나누어 분리하였다. 대상건물에서 소비한 총 에너지소비량은 1,267,759.84 Mcal/yr 이고, 그중 가스사용량은 847,035 Mcal/yr로 전체 에너지사용량의 67%를 차지한다. 가스사용량은 대상건물의 냉·난방시스템을 GHP로 사용하고 있음에 따른 비중이 높게 나타나는 것으로 냉·난방기간인 7월~9월과 12월~3월에 가장 많은 사용량 패턴을 나타냈다.

66) 서동현 외, 건물 에너지 상세 해석을 통한 소형 열병합 발전 및 히트펌프 복합 시스템의 경제성 분석, 설비공학ghi 논문집, 2009, 제21권 제2호, pp 71~78

67) e-QUEST Introductory Tutorial version 3.64, JAMES J. HIRSCH & ASSOCIATES, 2010

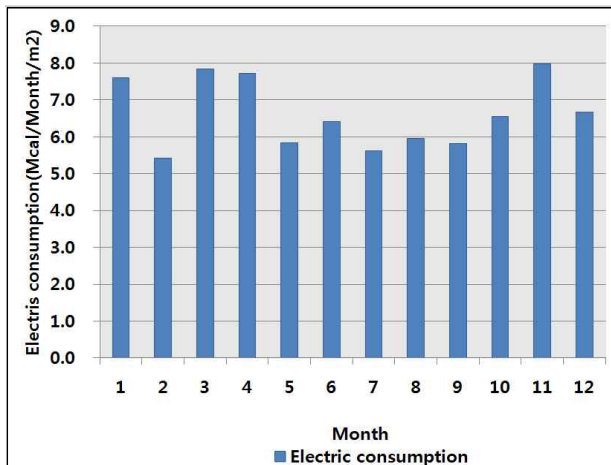
월	가스사용량 (Mcal/Month/m ²)
1	25.8
2	19.2
3	14.7
4	7.4
5	3.8
6	10.0
7	14.2
8	15.3
9	9.8
10	2.0
11	9.4
12	28.2
합계	159.9



(그림 5.3) 대상건물의 실측 가스사용량

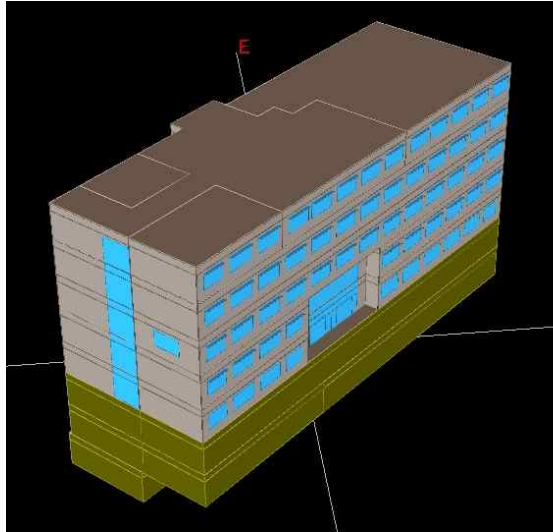
조사된 전력사용량은 420,724.84 Mcal/yr로 전체 에너지사용량의 33%를 차지한다. 전력 사용의 주요인은 조명과 기기에서 소비되는 것으로 판단되며 각 월별 전력소비 비중은 거의 일정하다.

월	전력사용량 (Mcal/Month/m ²)
1	5.4
2	7.8
3	7.7
4	5.8
5	6.4
6	5.6
7	6.0
8	5.8
9	6.6
10	8.0
11	6.7
12	7.6
합계	79.8



(그림 5.4) 대상건물의 실측 전력사용량

시뮬레이션을 통한 대상건물의 총 에너지소비량은 1,336,992.04 Mcal/yr 으로 가스소비량 833,602.04 Mcal/yr, 전력소비량 432,837.48 Mcal/yr 으로 나타났다.



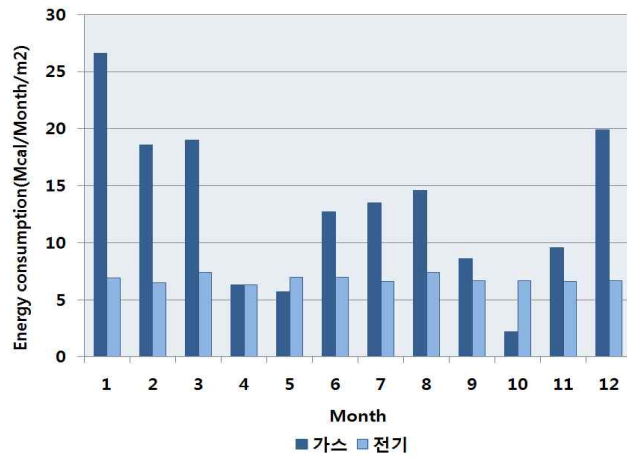
(그림 5.5) 대상건물 시뮬레이션 모델링 이미지

<표 5.7> 대상건물의 연간 에너지소비량
(단위 : Mcal/Month/m²)

구분	가스	전기	합계
1	26.6	6.9	33.5
2	18.6	6.5	25.1
3	19	7.4	26.3
4	6.3	6.3	12.6
5	5.7	7.0	12.7
6	12.7	7.0	19.7
7	13.5	6.6	20.2
8	14.6	7.4	22.0
9	8.6	6.7	15.3
10	2.2	6.7	8.8
11	9.6	6.6	16.2
12	19.9	6.7	26.6
합계	157.3	81.7	239.0



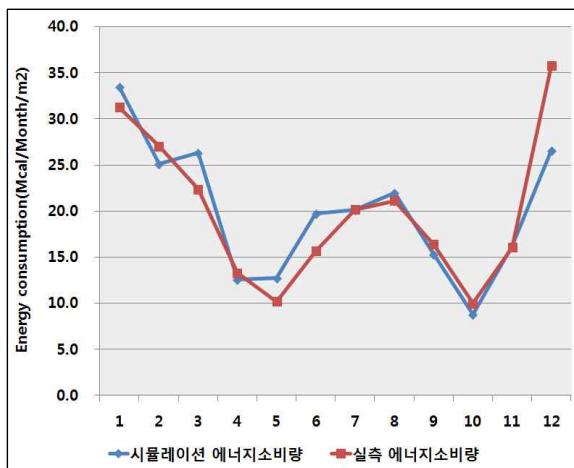
(그림 5.6) 대상건물의 에너지원별 구성 비율



(그림 5.7) 대상건물의 에너지원별 소비량 비교

시뮬레이션과 실측 에너지소비량을 비교·분석한 결과는 연간 총 에너지소비량의 오차는 0.1%이며 연간 가스소비량의 오차는 +1.25%, 연간 전력소비량의 오차는 -2.41%로 나타난다. 실측 소비량과 시뮬레이션 소비량에서의 차이는 시뮬레이션은 동적해석 프로그램으로 일사나 내부 발열, 외기와의 온도차 등에 의한 축열효과와, 기후, 실제운영스케줄로 인해 발생 가능한 것이나, 본 연구에서의 연간 소비량차이가 10% 이내이기 때문에 신뢰할 수 있는 것으로 판단된다.⁶⁸⁾ (단위 : Mcal/Month/m²)

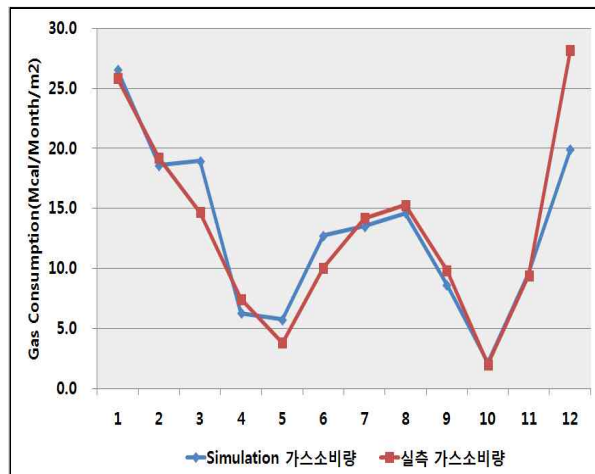
월	실측 소비량	시뮬레이션 소비량
1	31.2	33.5
2	27.0	25.1
3	22.4	26.3
4	13.3	12.6
5	10.2	12.7
6	15.7	19.7
7	20.2	20.2
8	21.1	22.0
9	16.4	15.3
10	10.0	8.8
11	16.1	16.2
12	35.8	26.6
합계	239.2	239.0



(그림 5.8) 실측 값과 시뮬레이션의 연간 에너지소비량 비교·분석

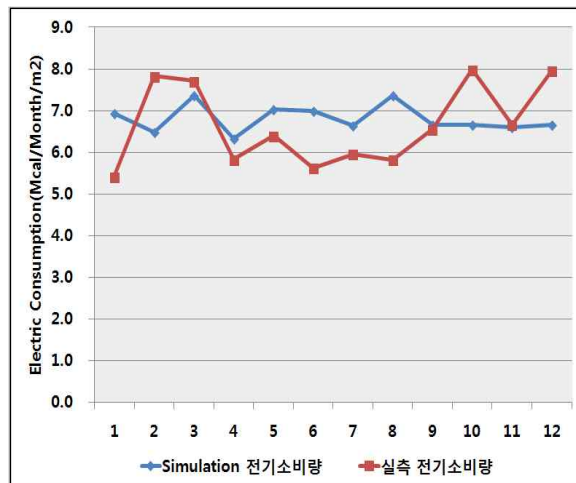
68) Acceptable Tolerance for Monthly Data Calibration, EUMMOT

월	실측 소비량	시뮬레이션 소비량
1	25.8	26.6
2	19.2	18.6
3	14.7	19.0
4	7.4	6.3
5	3.8	5.7
6	10.0	12.7
7	14.2	13.5
8	15.3	14.6
9	9.8	8.6
10	2.0	2.2
11	9.4	9.6
12	28.2	19.9
합계	159.9	157.313



(그림 5.9) 실측 값과 시뮬레이션의 연간 가스소비량 비교 · 분석

월	실측 소비량	시뮬레이션 소비량
1	5.4	6.9
2	7.8	6.5
3	7.7	7.4
4	5.8	6.3
5	6.4	7.0
6	5.6	7.0
7	6.0	6.6
8	5.8	7.4
9	6.6	6.7
10	8.0	6.7
11	6.7	6.6
12	7.6	6.7
합계	79.8	81.683



(그림 5.10) 실측 값과 시뮬레이션의 연간 전력소비량 비교 · 분석

(3) 건물 DB 수준에 따른 성능 평가

앞장에서 제시된 건물 DB평가의 수준별 성능을 분석하기 위하여 각 변수에 설정된 등급에 따른 적용 값에 대해 시뮬레이션 하였다. 대상건물을 표준 모델로 상 · 중 · 하의 연간 에너지소비량 증감비율을 파악하였다.

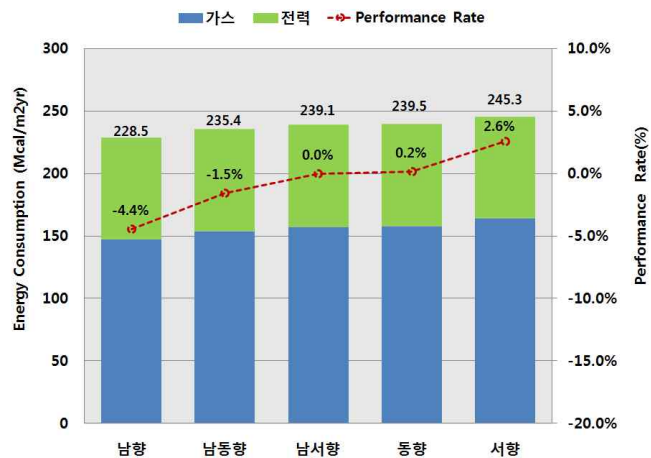
가) 건물의 향

건물의 향에서 설정된 등급별 수준에 대하여 시뮬레이션 한 결과, 남향인

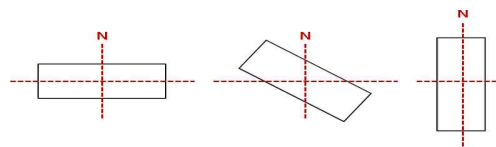
등급 상 기준으로 적용 시 연간 에너지소비는 남서향인 표준모델대비 4.4% 절감되었다. 표준모델과 같은 등급이지만 다른 향인 남동향의 경우 1.5%절감되었으며, 동향과 서향인 등급 하의 경우 각각 0.2%, 2.6%증가하였다. 전체적으로 전력소비에서는 차이가 나타나지 않으며 대부분의 차이는 가스소비에서 발생하고 있다. 이는, 건물의 향의 경우 일사량의 변화로 인해 냉·난방부하에 영향을 미치므로 본 건물에서는 냉·난방을 GHP 시스템으로 적용되어있어 가스소비에 더 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

<표 5.8> 건물의 향에 따른 수준별 에너지소비량 결과

등급	향	가스(Mcal/m²·yr)	전력(Mcal/m²·yr)	합계(Mcal/m²·yr)	성능절감율(%)
상	남	147.6	80.9	228.5	-4.4
중	남동	154.0	81.4	235.4	-1.5
	남서	157.3	81.7	239.0	-
하	동	157.7	81.8	239.5	0.2
	서	164.3	81.0	245.3	2.6



(그림 5.11) 건물의 향 등급에 따른 에너지소비량 성능비교



(그림 5.12) 건물의 향에 따른 배치(상·중·하)

나) 장단변비

장단변비는 건물의 일조와 일사 등을 고려하여 결정되어 정방형의 밀집된 형태가 가장 에너지 효율적이지만 우리나라와 같은 온대지방에서 가장 유리한 평면 형태의 장단변비는 1 : 1.6인 동서로 긴 형태⁶⁹⁾인 연구결과를 토대로 본 연구에서의 장단변비 수준에 따른 시뮬레이션 성능분석 결과는 1 : 3의 표준모델 등급 하를 기준으로 1 : 1의 등급 상은 표준모델 대비 2.1% 절감, 1 : 1.5인 등급 중은 2.4%절감되었다. 이론적으로는 등급 상의 에너지효율이 가장 높아야 하는 점에서 본 연구에서의 오류가 발생하였다. 이는 해당 변수의 기준을 설정할 때 참고하였던 이론고찰에서의와 상이한 규모로 인해 요구하는 값에는 한계가 있다고 판단되어 비율의 변경 또는 다양한 건물매스의 사이즈로 분석해 봐야 할 것이다.

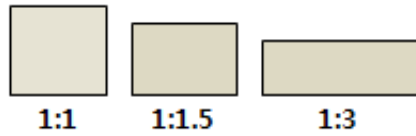
<표 5.9> 장단변비에 따른 수준별 에너지소비량 결과

등급	장단변비	가스 (Mcal/m ² yr)	전력 (Mcal/m ² yr)	합계 (Mcal/m ² yr)	성능절감율 (%)
상	1 : 1	144.2	89.7	233.9	-2.1
중	1 : 1.5	148.9	84.4	233.4	-2.4
하	1 : 3	157.3	81.7	239.0	-



(그림 5.13) 장단변비 등급에 따른 에너지소비량 성능비교

69) 김원석 외, 사무소 건물 평면의 장단변비 변화에 따른 에너지 소비 패턴에 관한 연구, 대한설비공학회 학술대회논문집, 2010, 제 2010권, 제6호, pp139~144



(그림 5.14) 장단변비 등급에 따른 이미지

다) 외피의 열관류율

벽체 및 지붕, 바닥의 단열강화는 냉·난방의 부하를 줄여 에너지 절약 효과를 나타내므로 열관류율이 낮은 단열재사용과 두께를 조절함으로써 강화할 수 있다. 외피의 열관류율 변화 기준에 따른 에너지소비 결과는 표준모델 등급 하 대비 등급 상은 -3.4%, 등급 중은 -0.1% 절감하였다. 전력소비보다는 가스소비의 비중이 큰 폭으로 나타나므로 외피성능 향상은 전력소비보다 GHP 시스템으로 인한 냉·난방에너지 소비량절감에 더 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

<표 5.10> 외피 열관류율에 따른 수준별 에너지소비량 결과

등급	열관류율 (W/m ² K)		가스 (Mcal/m ² yr)	전력 (Mcal/m ² yr)	합계 (Mcal/m ² yr)	성능절감율 (%)
상	외벽	0.15	148.7	82.3	231.0	-3.4
	지붕	0.15				
	바닥	0.15				
중	외벽	0.47	156.3	82.5	238.7	-0.1
	지붕	0.29				
	바닥	0.35				
하	외벽	0.58	157.3	81.7	239.0	-
	지붕	0.41				
	바닥	0.58				



(그림 5.15) 외피 열관류율 등급에 따른 에너지소비량 성능비교

라) 창호의 열관류율

창호는 열손실과 열획득이 가장 많이 일어나는 부위이다. 창호의 단열성능 변화에 따른 에너지소비결과는 표준모델 등급 중을 기준으로 등급 상은 표준 모델 대비 12.8%절감되었고, 등급 하는 2.7% 증가하였다. 따라서, 창호의 단열성능 향상은 에너지절약에 크게 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

<표 5.11> 창호 열관류율에 따른 수준별 에너지소비량 결과

등급	열관류율 (W/m²K)	가스 (Mcal/m²yr)	전력 (Mcal/m²yr)	합계 (Mcal/m²yr)	성능절감율 (%)
상	1.8	153.4	54.8	208.3	-12.8
중	2.3	157.3	81.7	239.0	-
하	3.4	161.4	84.1	245.5	2.7



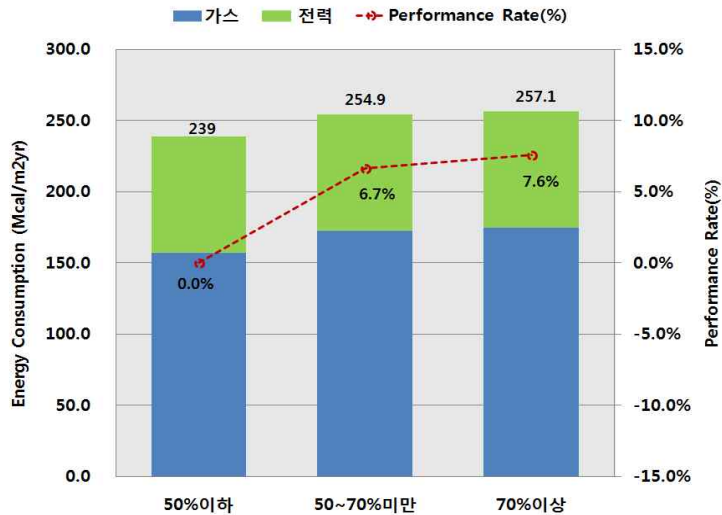
(그림 5.16) 창호 열관류율 등급에 따른 에너지소비량 성능비교

마) 창면적비

창면적비 변화에 따른 에너지소비량의 결과는 표준모델 등급 상을 기준으로 등급 중은 표준모델대비 6.7%증가하였고, 등급 하는 7.6%증가하였다. 본 연구에서는 간략평가를 위해 항별 창면적비는 고려하지 않았다. 따라서 에너지 손실과 일사에 의한 열획득 두 가지 측면에서 분석된 결과 창면적비가 작을수록 에너지손실이 줄어들게 되어 창면적비 30%일 때 에너지소비량 절감율이 가장 크다.

<표 5.12> 창면적비에 따른 수준별 에너지소비량 결과

등급	창면적비 (%)	가스 (Mcal/m²yr)	전력 (Mcal/m²yr)	합계 (Mcal/m²yr)	성능절감율 (%)
상	50%이하	157.3	81.7	239.0	-
중	50~70%미만	173.0	81.9	254.9	6.7
하	70%이상	175.0	82.1	257.1	7.6



(그림 5.17) 창면적비 등급에 따른 에너지소비량 성능비교

바) 외부 차양장치 적용여부

외부 차양장치의 설치에 일사열 획득과 눈부심을 줄이며, 냉방부하를 절감하는 효과가 있다. 수평차양의 경우 일반적으로 600~1,000mm의 범위를 가지고 있으며, 기존 연구에 따르면 600mm 수평차양에서 최대 차폐성능을 나타냈다.⁷⁰⁾ 본 연구에서는 차양길이를 600mm로 하여 남측면에 수평, 동측에 수직, 서측에 수평+수직 차양을 설치하였고, 북측에는 일사의 영향은 현저히 미미한 관계로 제외하여 적용했을 경우 에너지 절감량을 평가해 보고자 한다. 시뮬레이션결과는 차양적용 무의 등급 하 표준모델을 기준으로 표준모델 대비 등급 상 차양장치를 적용한 모델은 에너지소비량이 0.22% 증가하였다. 냉·난방부하를 각각 분석해 보았을 때, 냉방에너지는 표준모델대비 3.9%가 절감되었고, 난방에너지는 2.5%증가하여 총 소비량은 증가하였다. 냉·난방에너지가 전체 소비량에서 차지하는 부분이 작기 때문에 냉방부하가 절감하였더라도 총에너지소비량은 증가한 것으로 보인다. 그러므로 차양의 일사차단으로 에너지양 보다는 질적으로 효과적인 부분에 난방에너지의 소비증가를 보완할 수 있는 다른 요소와의 복합적용이 이루어진다면 외부 차양장치의 적

70) 김승민, Op.cit

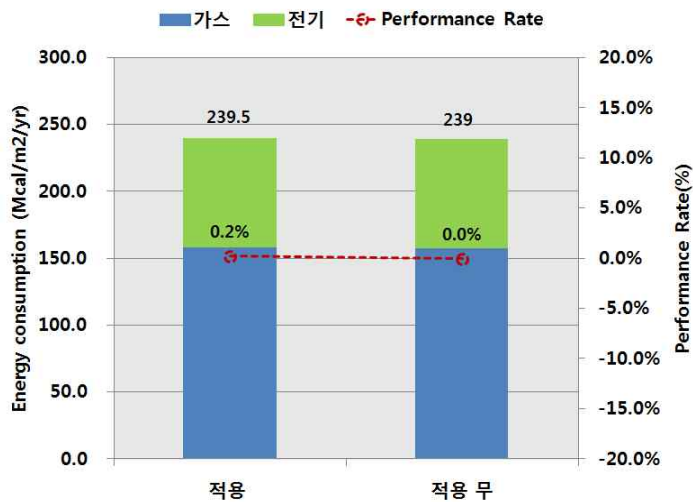
용은 에너지 절감에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다.

<표 5.13> 외부 차양장치 적용에 따른 수준별 에너지소비량 결과

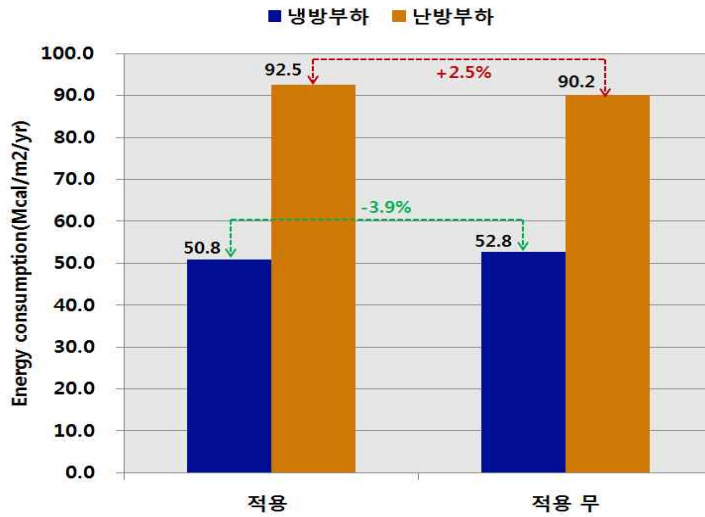
등급	외부차양장치 적용 유무	가스 (Mcal/m ² yr)	전력 (Mcal/m ² yr)	합계 (Mcal/m ² yr)	성능절감율 (%)
상	유	157.9	81.7	239.5	0.2
하	무	157.3	81.7	239.0	-

<표 5.14> 외부 차양장치 적용에 따른 냉·난방부하소비량 결과

등급	외부차양장치 적용 유무	냉방부하 (Mcal/m ² yr)	난방부하 (Mcal/m ² yr)	합계 (Mcal/m ² yr)
상	유	50.8	92.5	143.3
하	무	52.8	90.2	143
성능절감율(%)	-	-3.9	2.5	0.2



(그림 5.18) 외부 차양장치 적용 유무 등급에 따른 에너지소비량 성능비교



(그림 5.19) 외부 차양장치 적용 유무 등급에 따른 냉방·난방부하 성능비교

사) 조명기구

조명기구 종류에 따른 등급 수준평가 결과 표준모델의 등급 중을 기준으로 등급 상은 4.5%절감, 등급 하는 8.5%증가하였다. 가스소비량보다는 전력소비량의 영향력이 컸으며 조명기구의 소비전력이 클수록 난방에너지는 줄어들고 냉방에너지는 늘어나는 패턴이 나타났다.

<표 5.15> 조명기구종류 및 소비전력에 따른 수준별 에너지소비량 결과

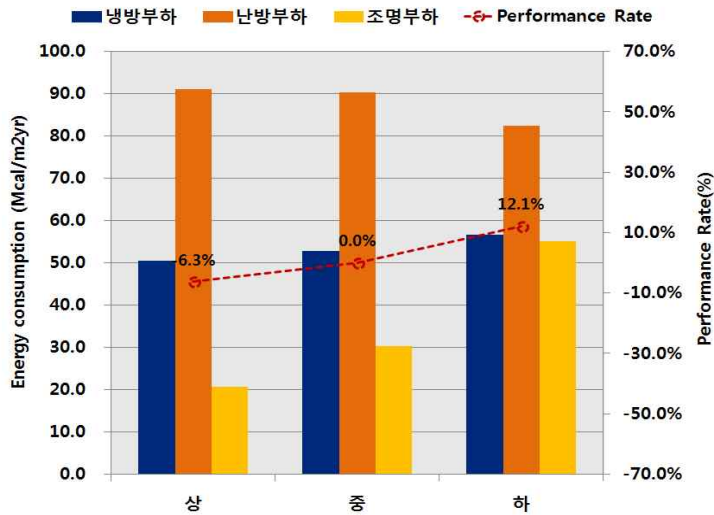
등급	조명기구종류 및 소비전력	가스 (Mcal/m²yr)	전력 (Mcal/m²yr)	합계 (Mcal/m²yr)	성능절감율 (%)
상	LED 18W	156.3	71.8	228.1	-4.5
중	안정기내장형 형광램프 32W	157.3	81.7	239.0	-
하	일반형광램프 70W	152.8	106.4	259.2	8.5

<표 5.16> 조명기구종류 및 전력소비에 따른 냉·난방·조명부하 소비량
결과

등급	조명기구 종류 및 소비전력	냉방부하 (Mcal/m ² yr)	난방부하 (Mcal/m ² yr)	조명부하 (Mcal/m ² yr)	합계 (Mcal/m ² yr)
상	LED 18W	50.6	91.2	20.6	162.3
중	안정기내장형 형광램프 32W	52.8	90.2	30.2	173.2
하	일반형광램프 70W	56.7	82.4	55.1	194.2
성능 절감율 (%)	-	-4.2	1.0	-31.7	-6.3
		-	-	-	-
		7.4	-8.7	82.5	12.1



(그림 5.20) 조명기구 등급에 따른 냉·난방·조명부하
성능비교



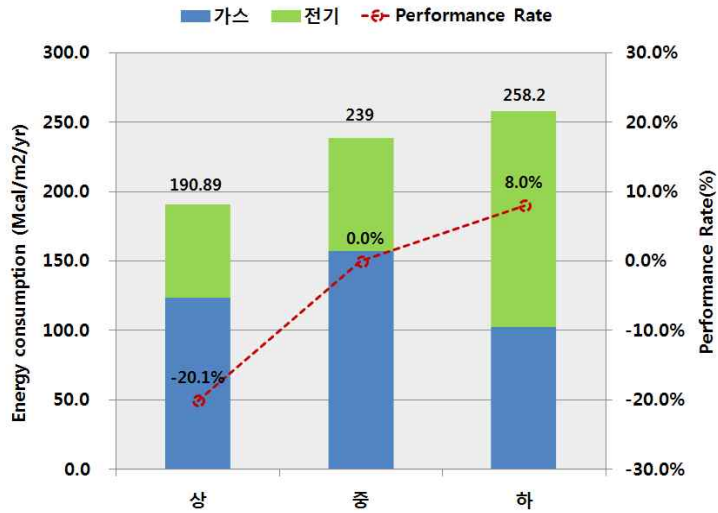
(그림 5.21) 조명기구 등급에 따른 에너지소비량 성능비교

아) 냉 · 난방시스템

냉 · 난방시스템에서 등급 상에서는 지열시스템을 선정하였다. 지열시스템은 신재생에너지를 적용한 것으로 일반적으로 사용되는 수직밀폐형 지중열교환기 설치를 설정하였다. 시뮬레이션시 선택한 시스템은 eQUEST 프로그램에 포함되어있는 “Ground-Source Heat Pump”(지열)로 그 결과, 표준모델인 등급 중 대비 20.1%를 절감하였다. 등급 하는 증기보일러와 개별에어컨을 선택한 것으로 결과는 표준모델 대비 8% 증가하였다.

<표 5.17> 냉 · 난방시스템에 따른 수준별 에너지소비량 결과

등급	냉 · 난방 시스템	가스 (Mcal/m²yr)	전력 (Mcal/m²yr)	합계 (Mcal/m²yr)	성능절감율 (%)
상	지열	123.9	67.0	190.9	-20.1
중	GHP	157.3	81.7	239.0	-
하	증기보일러, 개별에어컨	102.9	155.3	258.2	8.0



(그림 5.22) 냉·난방시스템 등급에 따른 에너지소비량 성능비교

(4) 종합 성능평가 결과분석

각 DB의 등급에 따른 성능평가를 한 결과를 분석하였다.

<표 5.18> 종합 성능평가 결과

건물 DB	에너지소비 증감률(%)		
	상	중	하
건물의 향	-4.4	-	+2.6
장단변비	-2.1	-2.4	-
외피의 열관류율	-3.4	-0.1	-
창호의 열관류율	-12.8	-	+2.7
창면적비	-	+6.7	+7.6
외부 차양장치 적용여부	+0.2	-	-
조명기기	-4.5	-	+8.5
냉·난방시스템	-20.1	-	+8.0

건물 DB평가 수준 등급에 따른 성능분석을 위한 시뮬레이션 결과, 각각 다양한 성능을 에너지소비량을 통해 알 수 있었다. 각 변수에 대해 건물에너지 소비에 미치는 영향력이 높은 것을 우선순위로 정리하면, 냉·난방시스템이 가장 높으며 그 다음으로는 창호의 열관류율, 창면적비, 조명기구, 건물의 향,

외부차양장치, 외피열관류율, 건물의 장단변비 순이며, 이에 따른 표준모델 대비 에너지소비 최대 증감량은 다음 <표 5.19>와 같다.

<표 5.19> 건물 DB평가 수준 등급 성능분석 에너지효율 우선순위

우선순위	건물 DB	에너지소비량 절감 및 증가비 (%)	
		절감	증가
1	냉·난방시스템	-20.1	+8.0
2	창호의 열관류율	-12.8	+2.7
3	창면적비	-	+7.6
4	조명기구	-4.5	+8.5
5	건물의 향	-4.4	+2.6
6	외피 열관류율	-3.4	-
7	건물의 장·단변비	-2.4	-
8	외부차양장치적용	-	+0.2

본 결과는 Case study를 하나의 용도의 대상으로만 한정지어 실행한 것으로 일반화시키기에는 한계가 있다. 따라서 향후 다양한 용도의 대상건물을 선정하여 성능평가 한다면 좀 더 넓은 범위로 건물 DB에 관한 수준을 평가할 수 있을 것이라 판단된다.

5.3 대상건물의 어플리케이션 적용

본 연구에서 개발 중인 Application은 총 3단계로 진행된다. 첫째, 건물의 정보 호출단계, 둘째, 에너지소비량 평가단계, 셋째, 건물 DB평가 단계로 이루어진다. Application은 Case study한 사례건물을 대상으로 진행된다.

분석대상 건물은 사용자의 선택에 따라 지도모드와 카메라모드 두 가지 모드로 화면에 표시되며, 이를 통해 검색하고자 하는 건물을 선택하였을 경우 해당 건물의 기본정보가 제시된다. 건물의 상세정보와 에너지소비량 평가단계. 건물 DB평가 단계로 나뉜다. 지도나 카메라를 통해 화면을 호출하면 분석가능한 건물이 화면상에 표시되고 해당 아이콘을 선택했을 시 건물에 관한 기본정보가 (그림 5.23)(그림5.24)과 건물명, 용도, 연면적이 표시된다. 별모양의 아이콘을 선택하면 해당건물이 즐겨찾기로 추가되어, 주요 관심대상의 건물로 Application 재실행시 우선적으로 정보검색이 가능해진다.



(그림 5.23) 건물검색화면(지도모드)



(그림 5.24) 건물검색화면(카메라모드)

건물의 상세정보는 기본정보 화면에서 상세정보 화면으로 화살표 모양의 아이콘을 선택하여 이동했을 시, ‘건물정보’ 탭으로 용도, 위치, 규모, 준공년도, 냉·난방방식, 기타정보를 표시한다. 기타정보에는 신재생에너지 시스템 적용 유무 등 건물의 특이사항을 기입하는 것으로 한다. (그림 5.25)



The screenshot shows a mobile application interface. At the top, there's a status bar with icons for location, signal, battery, and time (12:36 PM). Below it, the title '302관 대학원' is displayed. There are three tabs: '건물정보' (selected), '에너지소비', and '건물평가'. The '건물정보' tab contains a table with the following data:

용도	교육시설
위치	서울특별시 동작구 흑석동
건축면적	767㎡
연면적	5,299㎡
층수	지상5층, 지하3층
준공년도	1991년
운전제어방식	개별
냉난방기기	GHP
기타	

(그림 5.25) 건물기본정보

‘에너지소비’ 탭 선택 시에는 해당건물의 연간 에너지소비량을 제시함으로써 분석 건물들 간의 에너지 소비를 비교·분석한다. 에너지는 전력과 가스의 소비량을 대상으로 하며 단위면적당 에너지 소비량을 제시함으로써 다른 건물과의 에너지소비량을 비교하도록 한다. 해당 화면에서 하단부분의 에너지 등급을 선택하면 분석대상 건물들의 에너지소비량 평균치를 제시하며 이를 기초로 건물의 에너지소비량을 5등급으로 나누어 해당 건물의 월별 에너지소비량을 평가한다. (그림 5.26)(그림 5.27)

302관 대학원

건물정보 에너지소비 건물평가

기간	전력 소비량 (kwh)	가스 소비량 (m³)	총 에너지 소비량 (Gcal)	단위면적당 총 에너지 소비량 (Mcal/m²)
1월	46,800	14,220	189.6	35.8
2월	33,420	13,032	165.6	31.2
3월	48,267	9,687	143.2	27.0
4월	47,549	7,399	118.6	22.4
5월	35,931	3,758	70.4	13.2
6월	39,454	1,910	54.0	10.2
7월	34,649	5,070	83.0	15.6
8월	36,732	7,161	106.8	20.2
9월	35,885	7,710	111.8	21.1
10월	40,386	4,968	86.9	16.4
11월	49,188	1,011	52.9	10.0
12월	41,042	4,744	85.1	16.1
연간합계	489,303	80,670	1,267.8	239.2

에너지 등급

(그림 5.26) 에너지소비량 제시



(그림 5.27) 에너지소비 등급

건물 DB평가 단계는 건물의 도면 및 문헌을 통해 확보할 수 있는 건물의 요소기술로서 에너지소비량에 직·간접적으로 영향을 미치는 요인들을 비교·분석한다. 평가변수는 앞서 설정된 건축계획적요소와 설비적요소로 구성되며, 각 해당 항목의 물성치를 비교하여 상·중·하로 등급을 제시한다. 에너지 소비량 평가와 마찬가지로 DB가 확보되어 있는 건물들의 평균치를 제시하여 건물들 간 요소기술들의 수준을 비교할 수 있도록 한다. (그림 5.28)



(그림 5.28) 건물 DB평가 등급

5.4 소결

본 장에서는 건물에너지소비 평가를 위하여 Case study를 통해 에너지소비량 평가와 건물 DB평가를 실시하여 각각의 성능분석을 실시하였다.

1) 표준모델의 검증을 위해 실제에너지소비량과 시뮬레이션을 통한 에너지소비량을 비교·분석하여 결과 값의 신뢰성을 입증하였다.

2) 표준모델의 에너지소비량을 기준으로 건물 DB평가 수준 등급의 성능평가를 실시하였다. 평가 변수는 건축 계획적 변수로 건물의 향, 장단변비, 외피 및 창호의 열관류율, 창면적비, 외부 차양장치 적용 유무이며 설비 계획적 변수로 조명기구, 냉·난방시스템으로 총 8가지로 선정하였다.

3) 건물의 향은 표준모델대비 에너지소비가 4.4%절감된 등급 상으로 설정된 남향이 가장 에너지 효율적으로 나타났고, 장단변비에서는 2.4%절감으로

1 : 1.5가 에너지절감에 효과적인 것으로 나타났다. 외피의 열관류율은 3.4% 절감으로 등급 상의 기준이, 창호의 열관류율에서는 12.8%절감으로 역시 등급 상이 가장 에너지 효율적으로 나타난다. 창면적비는 표준모델의 등급인 상 대비 등급 하의 에너지소비가 7.6% 증가한 것으로 나타나 창면적비가 적을수록 에너지효율적인 건물로 판단되었다. 외부 차양장치 적용유무 여부에서는 600mm의 길이로 남측 수평차양, 동측 수직차양, 서측은 수평+수직차양을 설치한 결과 0.2%의 오히려 증가율을 보였다. 이러한 이유는 냉방에너지가 3.9% 줄었고 난방에너지가 2.5%증가세를 보였으나 냉·난방이 전체에너지소비에 차지하는 비율이 현저히 낮게 때문으로 보인다. 그러므로 차양의 일사차단으로 에너지양 보다는 질적으로 효과적인 부분에 난방에너지의 소비 증가를 보완할 수 있는 다른 요소와의 복합적용이 이루어진다면 외부 차양장치 적용은 에너지 절감에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다.

4) 조명기구에서는 조명기구에 따른 냉·난방부하를 나누어 분석했을 때, 등급 상인 LED적용 시 냉방부하는 4.2%절감, 난방부하 1%증가 하였다. 등급 하로 일반형광램프 적용 시에는 냉방부하가 표준모델대비 7.4%증가, 난방부하 8.7%절감한 것으로 나타났다. 그러므로 조명부하는 건물의 냉·난방에 많은 영향을 끼치는 것을 알 수 있었다. 냉·난방시스템은 표준모델대비 등급 상은 지열시스템 적용으로 20.1%절감을 보였으며 등급 하 증기보일러 및 개별에어컨을 적용하였을 경우는 8%증가하였다.

5) 건물 DB평가 수준 등급에 따른 성능분석을 위한 시뮬레이션 결과, 각각 다양한 성능을 에너지소비량을 통해 알 수 있었다. 각 변수에 대해 건물에너지 소비에 미치는 영향력이 높은 것을 우선순위로 정리하면, 냉·난방시스템이 가장 높으며 그 다음으로는 창호의 열관류율, 창면적비, 조명기구, 건물의 향, 외부 차양장치, 외피열관류율, 건물의 장단변비 순으로 판단된다.

제 6 장 결론

본 연구의 목적은 최근 건물에너지에 관한 관심이 건축 전문가 뿐 만 아니라 일반 사용자에게도 높아짐에 따라 보다 편리하게 건물 에너지 분야에 접근하기 위해 증강현실 기술을 이용한 건물에너지 간략 평가 프로그램 적용을 위한 에너지평가 모듈을 제시하는 것이다. 이를 위해, 증강현실의 개념을 정리하고 국내외 친환경건축물의 사례와 에너지절약을 위한 설계 기법 및 시스템 기술을 통해 도출된 요소를 이용하여 에너지소비량에 의한 평가모델과 건물 DB에 의한 평가모델방법을 구축하고 이를 Case study 하여 모바일 어플리케이션에 적용하기위해 Process를 제시하는 연구를 진행하였다.

본 연구의 결과를 요약정리하면 다음과 같다.

1) 건물에너지평가에 적용될 요소를 도출하기 위해 에너지 절약적 건물의 국내·외 사례를 통해 조사한 결과, 건물에너지 절감을 위해서 적용되는 기술요소는 건축계획적 요소, 설비계획적 요소, 신재생에너지 요소기술로 나눌 수 있다. 이러한 건물에너지 절감 요소 중 우선시되고 중요도가 높은 요소기술을 위주로 에너지 절감 수준을 분석할 필요가 있다.

2) 건물에너지 평가 모델개발을 위한 방법으로 에너지소비량에 의한 평가 모델과 건물 DB에 의한 에너지 평가모델 두 가지로 이루어진다.

- 에너지소비량 평가 모델을 위한 에너지소비량에 의한 건물 에너지 소비 수준 평가기준 제시를 위해 국내·외 에너지 저감 목표량 및 에너지 저감 가능성을 종합하여 평가 기준을 제시하였다. 보통 단계(현 소비수준)은 평균 소비량의 $\pm 10\%$ 범위로 설정하였으며, 우수단계는 평균 소비량의 10~30% 저감한 경우, 최우수는 30%이상 저감한 것으로 설정하였다. 그와 반대로 에너지 소비가 많은 건물의 경우 10~30%를 더 소비한 경우 미흡

등급, 평균소비량에 비해 30% 이상 소비한 경우는 불량 등급으로 설정하였다.

- 건물 DB에 의한 평가모델을 위한 에너지 평가모델을 제시하기 위해 에너지 해석기법과 이를 이용한 에너지 해석Tool에 대해 중요도가 높은 건물 에너지 평가 변수를 선정하여 제시하였다. 건축 계획적 변수로 건물의 향, 장단변비, 외피의 열관류율, 창호의 열관류율, 창 면적비, 외부 차양장치를 제시하였으며 설비 계획적 변수로는 조명밀도, 냉난방시스템을 설정하였다. 평가 기준은 문헌고찰 및 현행 규제·지침·규정 등을 분석하여 설정하였다.

3) 선정된 건물에너지평가 모델의 평가를 위하여 Case study를 통해 에너지소비량 평가와 건물 DB평가를 실시하고 각각 변수 수준의 에너지소량 증감비 파악을 통한 성능분석을 실시하였다.

- 건물의 향은 표준모델대비 에너지소비가 4.4% 절감된 등급 상으로 설정된 남향이 가장 에너지 효율적으로 나타났고, 장단변비에서는 2.4% 절감으로 등급 중인 1 : 1.5가 에너지절감에 가장 효과적인 것으로 나타났다. 외피의 열관류율은 3.4% 절감으로 등급 상의 기준이, 창호의 열관류율에서는 12.8% 절감으로 역시 등급 상이 가장 에너지 효율적으로 나타난다. 창면적비는 표준모델의 등급인 상 대비 등급 하의 에너지소비가 7.6% 증가한 것으로 나타나 창면적비가 적을수록 에너지효율적인 건물로 판단되었다. 외부 차양장치 적용 여부에서는 600mm의 길이로 남측 수평차양, 동측 수직차양, 서측은 수평+수직차양을 설치한 결과 0.2%의 절감을 보였으나, 이렇게 절감률이 작은 이유는 냉방에너지가 3.9% 줄었고 난방에너지가 2.5% 증가세를 보였으나 냉·난방이 전체에너지소비에 차지하는 비율이 현저히 낮기 때문으로 보인다. 그러므로 차양의 일사차단으로 에너지양 보다는 질적으로 효과적인 부분에 난방에너지의 소비증가를 보완할 수 있는 다른 요소와의 복합적용이 이루어진다면 외부 차양장치 적용은 에너지

절감에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다.

- 조명기구에서는 조명기구에 따른 냉·난방부하를 나누어 분석했을 때, 등급 상인 LED적용 시 냉방부하는 4.2%절감, 난방부하 1%증가 하였다. 등급 하로 일반형광램프 적용 시에는 냉방부하가 표준모델대비 7.4%증가, 난방부하 8.7%절감한 것으로 나타났다. 그러므로 조명부하는 건물의 냉·난방에 많은 영향을 끼치는 것을 알 수 있었다. 냉·난방시스템은 표준모델대비 등급 상은 지열시스템 적용으로 20.1%절감을 보였으며 등급 하 증기보일러 및 개별에어컨을 적용하였을 경우는 8%증가를 나타내었다.

4) 위 결과를 토대로 개발한 Application 프로세스는 건물의 정보 호출단계, 에너지소비량 평가단계, 건물 DB평가 단계로 이루어진다. Application은 Case study한 사례건물을 대상으로 제시되었다.

본 연구는 건물에너지 간략평가 모델을 증강현실을 이용하여 Application으로 개발하기위한 에너지 모듈 연구로, 본 연구에서 제안된 에너지 평가모델을 실제 건물에 적용하여 평가한 결과 건물 정보에 의한 DB평가의 경우 사전에 건물 정보의 확보여부가 에너지 평가에 중요한 영향을 미칠 것으로 판단되나, 준공된 지 오래된 기존 건물의 경우 건물정보에 관한 DB확보가 어려울 것으로 예상된다. 따라서 건물에너지 평가 프로그램을 보다 일반화하기 위하여 다양한 건물 용도를 대상으로 한 Case 연구가 추가적으로 수행되어야 할 것이며, 건물 정보의 확보 수준에 따른 에너지 평가의 신뢰도에 관한 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

향후 평가모델의 정밀도 향상 및 에너지 저감방법이 구현된다면 건물 사용자에 건물의 에너지 수준을 쉽게 제공할 수 있을 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

<국내문헌>

1. 건설교통부, 건설부문 온실가스 배출 분석 연구, 한국건설기술연구원, 2006
2. 건설교통부, 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙, 제11조, 2012.4
3. 건축물에너지절약설계기준, 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제21조, 건축법 제66조제2항, 국토해양부
4. 공공기술연구회, 제로에너지 타운조성 운영사업, 2004
5. 구재오 외, 건축환경계획, 태림문화사, 2006
6. 김승민, 공공업무시설의 제로에미션 계획에 관한 연구, 중앙대학교 대학원, 석사학위논문, 2012
7. 김원 외, 친환경 건축설계 가이드북, 한국건축가협회, (주)삼우종합 건축사사무소, 발언, 2009
8. 김원석 외, 사무소 건물 평면의 장단변비 변화에 따른 에너지 소비 패턴에 관한 연구, 대한설비공학회 학술대회논문집, 2010, 제 2010권, 제6호, pp.139~144
9. 김은희, 사무소를 위한 조명설계 자료의 개발 및 검증, 인하대학교 대학원, 석사학위논문, 2007
10. 김자경, 자연과 함께하는 건축-환경친화적 건축개념에서 기법까지, 시공문화사, 2008
11. 김종민, 건축물의 단열설계에 관한 연구, 삼척대학교 산업대학원, 석사학위 논문, 2008
12. 박선희 외2, 3L House의 설계, 시공 및 평가, 대림산업(주) 기술연구소, 2006
13. 박소영, 증강현실 기반의 건물 정보 통합 관리 시스템에 관한 연구, 석사학위논문, 연세대학교 대학원, 2004
14. 박재범 외, 커튼월 구조 사무소 건물에 설치된 BIPV 발전 특성, 대한설비공학회 학술대회논문집, 2011, 제2011권 제7호, pp 334~337
15. 서동현 외, 건물에너지 상세 해석을 통한 소형 열병합 발전 및 히트펌

- 프 복합 시스템의 경제성 분석, 설비공학회 논문집, 2009, 제21권 제2호, pp.71~78
16. 서백호, IBS 국제컨퍼런스 프로그램, ICIBS, 에너지관리공단, 2012
 17. 서울특별시, 서울시 공공건축물 에너지절약 설계기준, 2011
 18. 서울특별시, 주택정책실, 건축기획과, 서울시 녹색건축물 설계 가이드라인, 2012
 19. 손병후 외3, 지열원 열펌프 시스템: 기술개요. 대한설비공학회 하계학술 발표회 논문집, 2004, pp.1306~1317
 20. 송승영 외1, 에너지절약형 공동주택을 위한 주요 설계변수별 비용효율 분석 및 설계모델 설정, 대한건축학회 논문집, 2008, 제28권 1호 pp.329~340
 21. 이상철, 재생에너지! 바이오매스 활용기재생에너지 활용기술, 한국건축 친환경설비학회, 학회지, 2008, 제2권 제3호, pp 23~26
 22. 이형원, 혼합 현실 기술을 이용한 3D TV 콘텐츠 제작기법에 관한 연구, 연세대학교 공학대학원, 석사학위논문, 2003, pp.6-7
 23. 임도요, 공동주택의 에너지 성능 최적화를 위한 외피성능 기준, 연세대학교 대학원, 석사학위논문, 2008
 24. 장영균 외1, 모바일 증강현실 기술동향, OSIA Standard & Technology Review, 2010, 제38권 제1호, pp.41~52
 25. 전중홍 외1, 모바일 증강현실 기술 표준화 동향, 한국전자통신연구원, 전자통신동향분석, 2011, 제26권 제2호, pp.61~74
 26. 조관행 외, 에너지 및 빛 환경평가 프로그램을 이용한 패시브 주택의 에너지 성능 비교 연구, 대한건축학회 학술대회 논문집, 2010, 제30권 제1호, pp.435~436
 27. 정민희 외, 환경친화적 학교 교육시설의 표준모델개발 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2009, 제25권 제4호, pp.295~302
 28. 중앙대학교 산학협력단 (2012) 제로에미션빌딩(ZEB)의 실용화를 위한 시스템통합설계 및 적용모델 개발 3차년도 보고서, 교육과학기술부
 29. 지식경제부, 기후변화대응을 위한 건물에너지효율등급 표시제도 개발연구(1차년도), 2009

30. 지식경제부, 에너지 총 조사보고서, 2011
31. 홍지표 외4, 국내 건물 에너지 관리 시스템(BEMS)적용 현황 및 개선 방향에 관한 연구, 한국친환경설비학회, 2008, pp.194~197

<국외문헌>

1. Acceptable Tolerance for Monthly Data Calibration, EUMMOT
2. Boyle, G. Renewable energy power for a sustainable future, Oxford, 2004
3. Denholm, P. The technical potential of solar water heating to reduce fossil fuel use and greenhouse gas emissions in the United States, National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-640-41157. Retrieved on May 12, 2011 from: <http://www.nrel.gov/docs/fy07osti/41157.pdf>, 2011
4. Energy Efficiency and Renewable Energy Clearinghouse (U.S.). Geothermal heat pumps. 1998, pp.1~6
5. e-QUEST Introductory Tutorial version 3.64, JAMES J. HIRSCH & ASSOCIATES, 2010
6. Kamimura, T. KAJIMA's approach toward the realization of the Zero Energy Building , 2012 GREEN FORUM, 2012
7. Kreith, F. & Goswami, D. Y. Handbook of energy efficiency and renewable energy. CRC Press. 22-2~22-4, 2007
8. U.S. Department of Energy, Energy Independence and Security Act of 2007
9. Wenham, S. R., Green M. A., Watt, M. E. & Corkish, R.(Eds.), Applied photovoltaics. Routledge, 2006

<Web Site>

1. UNI-LJ-SI, <http://fgg.uni-lj.si/>
2. Green Source, http://greensource.construction.com/projects/0701_COL.asp
3. KAIST, http://mind.kaist.ac.kr/3_re/VRMR/20030110ch0sun.pdf
4. AIA, <http://www.aiatopen.org/hpb/overview.cfm?ProjectID=781>
5. 에이알비전, <http://www.ar-vision.com/tech/tech-senser.asp>
6. 에너지관리공단, <http://www.kemco.or.kr>
7. Mercator, <http://www.mercator.si/trgovina/>
8. Nationwide House Energy Rating Scheme, <http://www.nathers.gov.au/>
9. 국제 지열 원히트펌프협회,
<http://www.igshpa.okstate.edu/geothermal/geothermal.htm>
10. AIA, www.aiatopen.org
11. DesignBuilder, www.DesignBuilder.com
12. DOE2, www.doe2.com

국 문 초 록

증강현실을 이용한 건물에너지평가 어플리케이션 개발에 관한 연구

박 보 랑

건축학과 건축환경계획전공

중앙대학교 대학원

지구온난화에 의한 환경적 문제에 전 세계적으로 각 분야에서 위기의식을 느끼며 주목하고 있는 가운데, 국내에서 건물분야에서 차지하는 에너지 소비율이 25%에 해당하면서 건물분야의 에너지절약 측면에 대한 방안을 마련하는 것이 온실가스 배출량 감축을 위해 더 나아가 환경문제를 해결하기 위하여 필수적이라고 할 수 있다. 건물에너지 절약을 위한 관심이 고조되면서 건물에너지 절약을 위한 관심이 과거에는 전문가들에게만 한정적으로 집중되었으나, 최근에는 일반인들에게도 주요 관심사로 주목받고 있기 때문에 이해하기 쉽고 접근이 용이한 방법으로 다가갈 수 있도록 고려하는 방법들이 여러 가지 생겨나는 추세이다.

최근 기술의 발전과 기기의 보편화로 인해 점차 생활 전반에 큰 변화를 가져다 준 IT 기술의 발달은 건축기술에도 영향을 미치며 현실세계의 영상에 컴퓨터에 의해 생성된 정보를 중첩하여 표현하는 증강현실이라는 개념으로 도입되기 시작하였다. 그러나, 증강현실은 아직 건축환경 분야에서의 연구는 초기단계로서 건물에너지에 관해 일반인들에게 특히 쉽게 접근하기 위한 새로운 평가방법이 시급히 필요한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 건물에너지 절약을 위한 설계기법을 친환경건축물의 사례조사를 통하여 분석하고 특히, 증강현실기법을 적용한 건물에너지 평가모델을 구축 및 제시하였다. 또한, 일반인들이 쉽게 접근 가능한 Mobile Application의 Case-Study를 통하여 증강현실 에너지평가모델의 타당성을 검증하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 건물에너지평가에 적용될 기술요소로 건축계획적 요소, 설비계획적 요소, 신재생에너지 요소기술로 조사되었으며 그 중 중요도가 높은 요소기술을 위

주로 에너지 절감 수준을 분석 하고자 한다.

2. 건물에너지 평가 모델개발을 위한 방법으로 에너지소비량에 의한 평가모델, 건물 DB에 의한 에너지 평가모델 두 가지로 이루어진다. 에너지소비량에 의한 평가모델은 에너지 소비수준 평가기준을 제시하고, 평가 등급은 총 5단계로 보통단계를 현 소비수준으로 선정하고, 최우수, 우수, 미흡, 불량으로 설정하였다. 건물 DB에 의한 에너지 평가모델은 에너지소비에 중요도가 높은 변수를 선정하여 건물의 향, 장단변비, 외피의 열관류율, 창호의 열관류율, 창면적비, 외부 차양장치, 조명밀도, 냉난방시스템을 제시하였다. 평가 기준은 3등급으로 나누어 설정하였으며, 선정된 변수의 수준 성능을 평가하기 위해서 각 수준의 변수를 적용한 모델에서의 에너지소비량 증감 비에 대한 파악이 필요하다고 판단하였다.

3. Case study를 통해 에너지소비량과 건물 DB평가를 실시하고 건물 DB에 해당하는 각 변수의 성능분석을 실시하였다. 시뮬레이션 프로그램으로 e-QUEST를 사용하였으며 결과를 건물에너지소비에 미치는 영향력이 높은 순대로 정리하면, 냉·난방시스템이 가장 높으며 그 다음으로는 창호의 열관류율, 창면적비, 조명기구, 건물의 향, 외부 차양장치, 외피열관류율, 건물의 장단변비 순으로 판단된다.

4. 결과를 토대로 개발된 증강현실을 이용한 Application의 프로세스는 건물의 정보호출단계, 에너지소비량 평가단계, 건물 DB평가 단계로 이루어진다. 본 연구의 Application은 안드로이드용 스마트폰을 대상으로 개발되었으며, 증강현실 Application의 기초 개발단계로, 프로그램으로의 구현과 에너지 평가모델의 구현을 중심으로 개발되었다.

본 연구의 건물에너지 평가 프로그램을 보다 일반화하기 위하여 다양한 건물 용도를 대상으로 한 사례 연구가 추가되어야 할 것이며, 건물 정보의 확보 수준에 따른 에너지 평가의 신뢰도에 관한 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다. 향후 본 Application은 에너지 분석 대상에 따라 확장 가능하며, 평가모델의 정밀도 향상 및 에너지 저감방법이 구현된다면 건물 사용자에게 건물의 에너지 수준을 쉽게 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

핵심어 : 증강현실, 건물에너지 성능, 에너지절감, 저탄소건물, e-QUEST

ABSTRACT

A Study on Development of Building Energy Evaluation Application by Using Augmented Reality

Park, Bo-Rang
Major in Architectural Environmental Design
Dept. of Architecture
The graduate school of Chung-Ang University

As each sector all over the world is feeling consciousness of crisis due to environmental problems caused by global warming and paying attention to them, with the energy consumption rate of 25% in the sector of building in South Korea, it is essential to come up with measures to save energy in the sector of building, in order to cut green house gas emissions and, by extension, solve environmental problems.

As interest in building energy conservation is rising, it was limitedly focused on only by experts in the past, but has recently become the main public interest. Due to the fact, many methods for easily understanding and approaching the issue are emerging.

The development of IT technology which has brought significant changes to every aspect of our lives owing to recent technological advancement and widespread use of equipment, also had an influence on architectural technologies; and the IT technology began to be introduced as the concept of augmented reality which is expressed by piling up information created by a computer on images in the real world. However, since the analysis of augmented reality is at an early phase in the sector of architectural environment, a new evaluation method of building energy, which especially ordinary people can easily approach is urgently needed. Therefore, this research analyzed design methods for saving building energy through case studies of green buildings; in particular, developed and suggested building energy evaluation models applying the augmented

reality technology. In addition, through case studies of mobile applications to which the public have easy access, I verified the validity of the energy evaluation model of augmented reality.

The outcome of this study can be summarized as follows.

1. Technical elements to be applied to the building energy evaluation were found out, including: architectural planning, facility planning and new & renewable energy element technology. Among them, I intend to analyze the level of energy saving on the basis of element technologies in order of their importance.

2. Methods for developing building energy evaluation models are divided into two: an evaluation model by energy consumption; and an energy evaluation model by building database(DB). The evaluation model by energy consumption suggests evaluation criteria for energy consumption level; the evaluation grades consist of 5 levels in which 'good' refers to the current consumption level along with excellent, very good, poor and very poor. The energy evaluation model by building DB set variables which are highly significant in energy consumption, suggesting building orientation, ratio of lateral to longitudinal length, heat transfer coefficient of skin, heat transfer coefficient of windows, window area ratio, external shading devices, lighting density value and heating & cooling systems. The evaluation criteria were set with 3 levels. To evaluate the performance of the variable levels set, I judged that it is needed to grasp the increase and decrease ratio of energy consumption in a model to which variables of each level are applied.

3. Through case studies, I evaluated energy consumption and building DB; and analyzed the performance of each variable relevant to building DB. I used e-QUEST as a 시뮬레이션 program. When I listed the variables in order of significant influence on building energy consumption according to the results, heating & cooling systems had the biggest influence and were followed by heat transfer coefficient of windows, window area ratio, lighting fixtures, building orientation, external shading devices, heat transfer coefficient of skin, ratio of lateral to longitudinal length of building, in order of influence.

4. The processes of applications using augmented reality, which were developed based on the results, are made up of building information loading phase, energy consumption evaluation phase and building DB evaluation phase. Applications in this research were developed for smartphones using Android operating systems. Furthermore, as a basic development phase of augmented reality applications, they were developed based on created programs and energy evaluation models.

To further generalize the building energy evaluation programs in this study, I suggest carrying out additional case studies on various building uses and researches on the reliability of energy evaluation according to the level of securing building information. Afterward, this application can be extended according to objects of energy analysis. Additionally, if the accuracy of evaluation models is improved and methods of energy saving are invented, I suppose that it would be easier to provide building users with the energy saving level of a building.

**Keywords: Augmented Reality, Building Energy Performance,
Energy Saving, Low Carbon Building, e-QUEST**