

환경 친화형 주거 건축에 도입된 인텔리전트 외피 기술의 적용에 관한 사례 조사 연구

A Case Study on the Application of intelligent Skin Technology Introduced in Environment-Friendly Housing

서 원 덕*
Seo, Won-Duck

Abstract

Since the Intelligent Building was first introduced in early 1980s, It has been studied and designed by related technical experts as it was called by the name of intelligent Building, High-tech Intelligence Building, High-capacity Building, Intellectual Building, etc. Despite the need for new concept as the relation between global environment and architecture has become an issue on a full scale since 1990s and with the development of high technology, former concept is maintained without modification or complement. Especially, attempt to combine industrial technology with architecture is essential to Intelligent Building, therefore frequent opportunity of self-innovation according to the development of technology is necessary. Due to the rarity of the high-technology and its high cost, it was adopted to large-scale construction, however, nowadays, almost all kinds of buildings are getting designed with intelligent-technology. Therefore we can expect that this trend will be accelerated by evolution of technology and will position as a major stream of future architecture along with environment-friendly architecture. Through this process, we should fully be aware of the importance of the several intelligent skin technology to protect global environment and to set future direction in architecture.

Keywords : environment-friendly Housing, intelligent Building, Skin, Technology

주요어 : 환경 친화형 주거, 인텔리전트 빌딩, 외피, 테크놀로지

1. 서론

인텔리전트 빌딩(Intelligent Building)은 1980년대 초 처음 소개된 이후, 관계 전문 기술자들에 의해 인텔리전트 빌딩, 첨단 정보 빌딩, 고기능 빌딩, 지능형 빌딩 등의 다양한 명칭으로 불리면서 지금까지 연구와 설계가 진행되어 왔다. 그러나, 1990년대부터 본격적으로 제기된 지구 환경 문제와 건축의 관계, 그리고 첨단 기술의 발전에 따른 새로운 개념을 정립할 필요성이 대두하였으나 특별한 수정이나 보완없이 과거 개념이 유지되고 있는 상황이다. 특히, 인텔리전트 건축은 산업 기술의 건축화를 시도하는 것이 필수적이므로 기술 발전에 따른 자체적인 혁신의 기회를 더욱 자주 가져야 하는 특성을 내포하고 있다. 첨단 기술의 회소성과 고가의 설치 비용으로 초기에는 대규모 건축만을 대상으로 하였으나 이제는 영역을 확장하여 거의 모든 종류의 건축물에 첨단화, 정보화 기술이 반영된 인텔리전트 건축¹⁾을 도입하고 있는 실정이다. 이는 앞으로 기술 발달에 따라 더욱 가속화 될것으로 예상할수 있고 환경 친화형 건축과 함께 미래 건축의 주요한 흐름으

로 자리잡을 것이다.

현재, 환경 친화형 건축에 관한 국내 기존 연구들은 단지 계획적 측면에서 언급한 경우가 다수이고 건축물 자체의 디자인 특성에 관한 연구는 상대적으로 소수인 상황이다. 따라서, 본 연구의 목적은 단일 주거 건축을 중심으로 환경 친화형 인텔리전트 외피 기술의 특성과 적용 방법을 사례 조사를 통하여 파악하는데 있다. 기존 연구와 문헌 및 작품들을 통하여 환경 친화형 건축에 대한 이론 사항을 정리하고 인텔리전트 외피 기술을 적용하기 위한 계획의 기본 요건을 도출한다. 그리고 실제 사례 분석을 통하여 환경 친화형 주거 건축에서 구현되는 인텔리전트 외피 기술의 유형별 디자인 특성을 조사하고 설계 시 적용 가능한 기법을 파악하고자 한다. 이러한 과정을 통해 환경 보존의 목적을 달성할수 있도록 적용가능한 인텔리전트 외피기술을 고찰하여 그 필요성을 인식하고 미래건축이 나아갈 방향을 설정하는데 도움이 될수 있기를 기대한다.

1) 건축 환경 및 설비, 정보 통신, 빌딩 자동화 등 주요 시스템을 유기적으로 통합하여 거주자에게 첨단 서비스 기능을 제공함으로써 경제성, 효율성, 쾌적성, 기능성, 신뢰성, 안전성을 추구하는 지적 생산에 적합한 최첨단 건축이다.

*정회원(주저자, 교신저자), 경일대학교 건축학부 전임강사, 공학박사

II. 환경 친화형 건축과 인텔리전트 외피에 대한 고찰

1. 환경 친화형 건축의 개념 정의

환경 친화형 건축의 의미는 자연과 분리된 건축물 중심의 사고에서 벗어나 주변 환경과의 연계라는 확장된 영역에서 접근하는 시도로서 지구 환경에 부합하며 환경 부하를 줄이고 주변 자연 환경과 친화성을 도모하고 사용자의 환경과 조화를 이루면서 쾌적한 삶을 영위할 수 있도록 하자는 것이다. 즉, 소규모 주거 환경부터 대규모 지구 환경에 이르기까지 환경을 구성하는 모든 생명체와 요소들이 상호 영향을 주고 받으면서 공생할 때 환경의 기능이 제대로 역할한다는 것이다. 이는 인간 중심의 사고에서 지구상의 모든 동식물과 자원까지 고려한 넓은 범위의 사고로 개념의 이동을 보여주는 것이다.

표 1. 환경친화형 건축의 개념비교

환경공생주택 연구회 ²⁾	자연에너지 사용량 감소, 에너지 사용의 효율성 증진, 기후와 지역여건의 반영
지속가능한 건축 ³⁾	천연에너지 보존과 활용 방안, 자연재료의 선택, 지역사회 참여 디자인
그린건축	에너지 사용의 효율화, 재생에너지 사용, 자원과 환경보호, 지역 및 사용자 여건 반영
생태건축 ⁴⁾	장소성 반영, 공동체 참여, 자연의 가시화, 생태회계
친환경건축물 인증기준 ⁵⁾	생태환경조성, 토지이용 및 교통체계 확립, 에너지 및 자원의 활용과 환경부하의 최소화

이러한 내용들의 공통 개념은 지구 환경 부하를 최소로 하고 자연 환경과 사용자의 접촉을 더욱 확장시키고 지역 및 주변의 인문적 환경과 사용자의 환경을 동시에 고려하여 건축과 환경, 사용자가 독립적인 개체로 인식되어 디자인 되는 것이 아니라 통합적 체계로서 취급되어야 하는 대상이라는 것이다.

환경 친화형 건축의 개념을 통하여 기본적인 요건을 정리해 보면 첫째, 자연으로부터 건축물의 동력원을 생산할 수 있도록 자연 에너지 활용 방안, 둘째, 에너지 사용량을 최소화하며 합리적으로 운영하는 에너지 관리 방안, 셋째, 주변의 사회적, 인문적 환경에 대한 대응이 가능하도록 주변 환경과 연계 방안을 고려해야 한다.

2. 인텔리전트 외피의 정의와 기본 요건

건축 외피에 대한 정의는 사전적으로 내부 볼륨을 감싸는 건물의 외부 부분⁶⁾을 의미하며, 현대 건축에서는 파사

드의 개념을 대체하면서 건축물과 외부 환경을 조정하는 외부의 커로 정의된다. 즉, 단순한 입면으로서 존재하는 것이 아니라 상호 소통이 가능한 구조로서 적극적 개념으로 간주된다.⁷⁾ 외피는 비, 바람, 눈 등 외부의 자연적인 조건과 보안 등 인위적인 조건에 의해 결정되며 외부로부터 보호 기능과 내부 공간과 외부 환경 사이에 균형 유지 기능을 갖추어야 한다. 외피의 물리적 요소는 건물 외형에 가장 큰 영향을 주는 벽체와 지붕으로 구성되며, 기본적인 세부 기능으로 환기, 차양, 일조, 일사조절, 단열, 에너지 관리의 다섯 항목으로 구분⁸⁾된다. 지붕은 외부 기후 변화에 가장 심하게 노출되는 외피요소이고, 벽체는 자연이나 도시의 컨텍스트내에서 주된 디자인 표현수단이다.

인텔리전트 외피는 인텔리전트 건축이 등장하면서 새롭게 정의된 개념으로 생태학적인 의미를 내포하는 은유적인 표현으로 건축물 에너지를 감소시키기 위하여 수동적이 아니라 자체적으로 활동하는 외피를 의미한다. 초기에는 수동으로 조작되었으나 오늘날 진보하여 자동화, 기계화, 동력화된 장치로 발전되었다. 즉, 외부 환경으로부터 실내를 보호하기 위하여 에너지 조절이 가능하고 자체적으로 작동되는 장치라고 할 수 있다.⁹⁾

이러한 외피 디자인에 영향을 주는 환경 요인은 기후, 열 전도율, 습도, 태양열, 주광, 풍압력, 공기의 침투, 소음 등을 들 수 있으며, 이에 따라 건물 외피의 재료, 개구부, 벽, 차양 길이, 공조 방식, 냉열원 방식 등이 결정된다. 이는 에너지 성능 향상의 기본적 요구를 충족함과 동시에 외부 형태 구성 요소로서 작용하게 된다. 즉, 에너지 절감 등을 통한 환경 친화 건축의 기능적인 요건을 충족하면서 동시에 외부 형태 구성에 영향을 주는 것이다.

III. 환경 친화형 건축의 인텔리전트 외피 계획 요소

1. 자연 에너지 활용방안

유한한 지구 자원의 한계를 인식하고 인류의 건강하고 풍요로운 삶을 지속하기 위하여 자연 에너지의 활용도를 증가시켜 인공 에너지의 사용량을 감소시키려는 시도는 태양열, 풍력, 수력 등 천연 에너지를 건축물의 동력원으로 사용하려는 방식으로 구현된다.

기계 장치를 이용하는 설비형 태양 에너지 이용 시스템은 지붕 및 외벽에 집열 장치를 설치하여 가열된 액체나 매체를 이용하여 급탕, 난방을 하는 FC(fluid collectors) 방식과 광전지판을 이용하여 전기 에너지를 생성하여 조명 기구나 엘리베이터를 구동시키는 PC(photovoltaic cell) 방식¹⁰⁾으로 구분된다. 이러한 집열 장치와 지지 구조는 건

2) 김수암, 환경 친화형 건축의 계획과 설계, 대한건축학회지, 제41권 9712

3) Brenda & Robert Vale, Green Architecture, Thames and Hudson, 1991, P70

4) Sim Van Ryn and Stuart Cowan, Ecological Design, Island Press, 1996, P57

5) 건설교통부 배포자료

6) James Stevens, A Dictionary of Architecture, Oxford Univ. Press, 1999, P230

7) Manuel Gausa, The Metapolis Dictionary of Advanced Architecture, Actar, 2003, P555

8) Christian Schittich, Building Skins, Birkhauser, 2001, P30

9) Michael Wigginton & Jude Harris, Intelligent Skins, Elsevier, 2003, P23

축물 외부 디자인에 중요요소로 작용하며 태양 난방 시스템의 전체 공사비에 핵심적인 영향을 줄 수 있다.

최근 기술 개발에 따른 성과로 효율 향상과 단가 하락에 따라 보급이 확대되는 추세이고, 건물의 유지 관리 측면에서도 여러 장점을 가지고 있다. 집열기와 축열조 사이에 가열된 공기는 실내 공기와 구분되고 에너지 파이프를 통하여 축열조로 전달된다. 이러한 방식으로 주간에는 축열하고 야간에는 난방을 위한 방열을 하여 난방 에너지의 10% 이상을 절약할 수 있다.

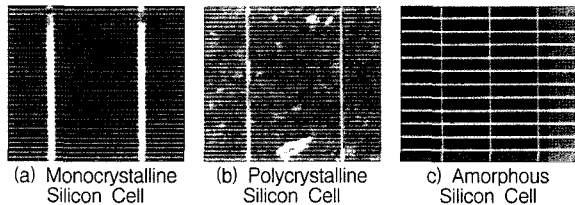


그림 1. 종류별 PC (photovoltaic cell) 모듈

2. 에너지 관리방안

태양 광선의 실내 공간으로의 유입과 차단에 관련한 사항은 일정한 밝기 이상을 실내 공간에 확보하려는 일조 문제와 난방 및 냉방 에너지와 관련된 일사 문제로 구분할 수 있다.¹¹⁾ 태양 에너지의 실내 유입은 대부분 창을 통하여 이루어지므로 적절한 일조의 유입과 일사의 차단은 조명 에너지와 냉난방 에너지 부하를 감소시키는데 필수적인 요소이다.

계절별, 시간별 태양 고도와 각도에 반응하여 자동으로 감응하는 추적형 선반, 광선반, 반사형 선반 등의 장치가 최적의 위치에 배열되어 태양 광선을 실내로 유입한다. 이러한 자동 장치들은 실외 일조량과 실내 조명도를 지능형 센서를 통하여 판단하고 정보를 바탕으로 적정 정도에 맞게 작동한다. 일사를 차단하기 위하여 창유리 자체의 투과율¹²⁾을 낮추거나 차양이나 블라인드를 사용하는 방법이 일반적이다. 차양은 외부에서 일차적으로 태양광선을 직접 반사하기에 가장 효과적인데, 효율을 높이기 위하여 방위, 크기, 각도 등의 상세한 데이터를 바탕으로 적절한 형태를 결정해야 한다. 일반적으로, 남측에는 수평형, 동서향측은 수직형, 북측에는 소형 수직 차양이 효과적이다. 루버나 블라인드는 실내에 설치하기에 유리한 다음의 이차적인 차단막으로 형태가 자유롭고 관리가 용이한 측면이 있지만 에너지 절약 측면에서 외부 차양보다

효율이 떨어지는 것이 단점이다.

쾌적한 실내를 유지하기 위한 환기 방식에 있어서 이중 외피 시스템은 여러 복합적인 장점을 가진 환경 친화형 인텔리전트 외피 장치이다. 이중으로 구성된 커튼월 사이에 위치한 중공층을 열적 완충 공간으로 활용하면서 하부와 상부에 개구부를 통한 기류의 흐름에 따라 환기가 이루어진다. 원활한 환기를 위하여 전동형 팬과 송풍기를 하부에 배치하기도 하고 실외와 실내를 향한 전동창을 두어 개폐의 정도를 조절하기도 한다.



그림 2. 태양 광선 조절용 장치 위치별 차양 장치

겨울에는 중공층 내부 온도가 상승하여 실내 열기가 유출되는 것을 막아주고 여름에는 상하의 개구부를 열어 하부로 유입된 신선한 공기가 상부 개구부로 흐름을 유도하여 중공층의 일사 에너지를 신속하게 배출시켜 난방 에너지를 감소시킨다. 또, 디자인 측면에서도 다양한 장치를 삽입함으로 미적 효과를 더욱 증가시킬 수 있는 가능성을 내포하고 있고 에너지 보존 측면에서 주로 통풍용 개폐형 천창과 전동식 환기창을 병행하여 사용할 때 성능이 더욱 배가된다.

3. 주변 환경과 연계방안

과거 테크놀로지가 결과적으로 자연과 인간을 격리시켜 반 환경적 건축을 양산한 반면, 발전된 기술을 활용하여 자연과 인간의 관계를 다시 복원하려는 시도가 있다. 이는 기술적 기반 위에서 이루어지는 자연 환경과 인간의 공생 시도로서 실내 정원을 포함한 건물 녹화 작업과 온도, 습도, 풍속 등 자연 환경의 변화 및 사용자의 환경 설정에 따라 자동 인식하여 반응하는 인터랙티브 디자인으로 구분할 수 있다.

건축물의 녹화 작업과 실내 정원 조성 작업은 자연 환경을 건축물과 접목시키는 효과와 더불어 에너지 부하의 감소에도 기여를 한다. 녹화 작업은 건축물 외피의 단열 효과로 냉난방 에너지 감소에 도움을 주고 생태 서식지로서 자연 생태계의 복원을 가능하게 하고 도심의 미관 개선과 열섬 효과를 방지할 수 있는 장점이 있다. 실내 정원의 도입은 사용자에게 자연과 직접 접촉할 수 있는 계기를 마련하여 심적 안정을 부여하고 기후 영향을 완화시켜 에너지 부하 감소에 잇점이 있다. 특히, 주거의 경우 아트리움형 실내 정원은 자연 채광을 위한 가장 경제적인 수단으로 선호되지만 온실 효과¹³⁾와 굴뚝 효과¹⁴⁾에 대한 대책이 필요한데, 이 두가지 효과의 적절한 제어로 실내 기후 조절이 용이해진다.

10) Norbert Lechner, Heating, Cooling, Lighting, John Wiley & Sons, 2001, p172

11) 친환경건축개론, 이경희, 임수영, 기문당, 2005.8 2판, P101

12) 열반사유리는 유리 표면에 금속 코팅을 하여 반사율을 높인 것으로 실내 부하 감소로 에너지 절약적이지만 가시광선의 파장도 반사하여 어두어지는 경향이 있다. 최근에는 가시광선 파장은 흡수하고 열선은 반사하는 선택적 투과유리가 개발되었다. 이밖에 복층유리로서 단열 성능을 향상시키거나 화학 물질을 공극에 삽입하여 빛의 파장에 따라 색상이 변환되어 다양한 형태의 입면이 가능한 외장 효과를 획득할 수도 있다.

디지털 기술과 컴퓨터를 비롯한 발전된 전자, 전기 공학적 발명을 기반으로 하여 건축은 사용자 및 주변 환경과 쌍방향 소통이 이루어지는 매개체의 역할을 수행하기도 한다. 현대 테크놀러지의 중요 인자인 전자, 정보 기술이 환경과 건축의 상호 반응적 관계를 구축해 나가는 과정을 시각적으로 표현하여 보여주는 것이다.

이용자와 건축 공간을 포함한 다양한 오브제들이 독립적으로 존재하는 것이 아니라 서로 상호 인식하고 반응하는 것으로 전자 기기로 네트워크화 되어있는 장치들이 물리 공간과 전자 공간을 연계시키고 통합하여 동시에 상호 반응하는 인터페이스를 가지게 한다. 이처럼 인간의 감각이 상호 작용을 하는점을 이용하여 디자인에 적용하는 것을 인터랙티브(Interactive)디자인이라고 한다.¹⁵⁾

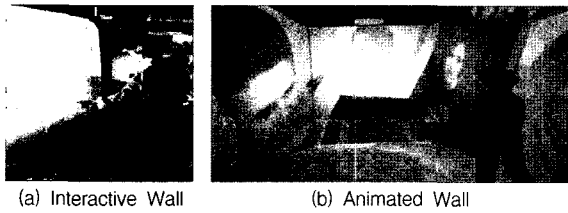


그림 3. 인터랙티브 디자인이 적용된 벽체와 공간

표 2. 환경친화형 인텔리전트 외피 디자인 계획 요소

저 에너지형 건축	자연 에너지 활용방안	에너지 발전 시스템
	에너지 관리방안	태양광선 조절 시스템 실내기후 조절 시스템
환경 반응형 건축	주변 환경과 연계방안	건물 녹화 시스템 인터랙티브 시스템

4. 사례 분석 및 종합

1. 조사대상 건축물의 선정 및 평가항목 기준 설정

1) 조사 대상 건축물 개요

주거 건축 중심으로 기존 문헌 및 보고서, 작가별 작품집 등에서 인텔리전트 기술과 환경 친화형 요인이 상호 보완적으로 반영된 25작품을 선정하였다.

2) 평가항목의 기준 설정

해외 사례에서 건축 요소들과 연구 문헌을 바탕으로 평

13) 태양으로부터 짧은 파장인 열선이 유리를 투과하여 내부 표면을 가열하는데서 기인한다. 데워진 표면에서 재방사되는 파장은 유리를 투과하여 외부로 유출되지 못한다. 결국 태양열은 실내에 집열되어 난방에는 유리하지만 냉방에 심각한 문제를 야기하게 된다.

14) 고도차에 의한 압력의 작용으로 발생한다. 사방이 차단된 공간에서 공기는 항상 아래에서 위로 흐르며 개구부로 부는 바람은 흡인 효과를 조장한다. 온실 효과에 의해 데워진 공기의 부력으로 층고가 높고 차단된 공간에서 온도 차이로 인하여 공기의 성층이 형성되고 개구부가 있으면 강한 상승 기류가 굴뚝 내부처럼 발생하게 된다.

15) 박희영, 김억, 유비쿼터스 개념을 적용한 공간의 인터랙션 디자인 연구, 대한건축학회논문집, 계획계 제22권1호, 향후, 미래의 건축물 외피 디자인에서 주변 환경과 사용자의 여건을 반영하는 환경 친화형 외피디자인의 새로운 방법으로 다양한 연구와 시도가 진행되고 있다.

가 항목을 추출하여 <표 4>와 같이 정리하였다.

표 3. 조사 대상 건축물

번호	시설명	건축가	연도
1	Gotz Headquarters	Webler & Geissler	1995
2	Villa Vision	Flemming & Moltke	1994
3	Brundtland Center	KHR Architects	1994
4	TRON	Ken Sakamura	1989
5	Aura House	FOBA	1998
6	Green Building	Murray Associates	1994
7	Malibu Video House	Michael Jantzen	2002
8	Lev Building	Andrej Kalamar	2002
9	Glaxo Welcome House	RMJM	1997
10	Heliotrop,	Rolf Disch Architekt	1994
11	Sundial Welfare Facility	Shoei Yoh	1999
12	Solar House Freiburg	Holken & Berghoff	1992
13	Wind Tower	Toyo Ito	1986
14	Housing Harlemnerburt	Felix & Kees	1994
15	Barometer	Brookes Fursdon	1995
16	Omni Quarter	Koh Kitayama	1996
17	Experimental House	Helin & Siitonen	1997
18	Environmental Building	Feilden Clegg	1999
19	Plane House	Koh Kitayama	1995
20	SEG Apartment	Coop Himmelblau	1999
21	Expo Holland Pavilion	MVRDV	2000
22	House in Okayama	Kazuyo Sejima	2000
23	House in Amsterdam	Heren 5 Architecten	2000
24	New 42 Studios	Platt Byard Dovell	2000
25	House near Tokyo	Shigeru Ban	2000

표 4. 조사 대상 건축물의 평가 항목

평가항목	도입기술	적용방식	적용내용
에너지 발전 시스템	설비형 태양열	PC형	설치위치
		FC형	설치방식
	풍력, 지열	가동여부	<ul style="list-style-type: none"> • 광전지판을 이용하여 전기 에너지로 전환 • 액체를 가열시켜 순환 • 윈드 터빈, 지중 파이프
태양광선 조절 시스템	일사 차단	내부	설치위치
		외부	설치방식
	일조 유입	가동여부	<ul style="list-style-type: none"> • 전동형 차단막 • 반사판 확산막으로 자연광 유도
실내기후 조절 시스템	이중 외피	자연형	외피형식
		설비형	외피유형
	아트리움	접합형식 개폐위치 개폐형식	<ul style="list-style-type: none"> • 대류 현상을 이용하여 공기의 자연적 흐름 유발 • 온실 효과와 굴뚝 효과로 실내 기온과 환기를 조절
건물녹화 시스템	외피형	지붕	적용위치
		벽면	
	실내 정원		<ul style="list-style-type: none"> • 건축물 상부 녹화 • 건축물 외벽면 녹화 • 인공 정원 조성
인터랙티브 시스템	사용자반응형	적용방식	<ul style="list-style-type: none"> • 사용자 행태와 활동에 실시간 상호 반응
	환경 반응형	적용범위	<ul style="list-style-type: none"> • 주변 자연 현상의 변화에 반응

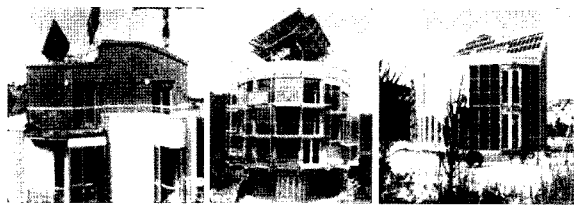
2. 조사 대상 건축물 분석

1) 에너지 발전 시스템

Green Building은 태양열과 바람 에너지의 사용으로 건축물 내부 조명에 필요한 전력을 100% 생산할수 있도록 디자인되어 있다. 지붕에 3개의 풍력 발전 터빈과 남쪽으로 고정된 PC형 및 FC형 발전 모듈이 장착되어 필요 에너지를 생산하고 여분의 전력은 벽체나 바닥에 축열하거나 지하 축전조에 저장하여 야간에 복사열을 이용하여 난방 에너지로 활용한다.

Heliotrop은 태양의 고도와 각도를 컴퓨터로 계산하여 시간별, 계절별 분석된 데이터를 바탕으로 태양 광선을 가장 효율적으로 받기 위하여 태양 궤적을 추적하는 집열판 방식으로 설계되었다. 이는 고정형보다 30-40% 정도의 효율성을 가지면서 태양 궤도에 따라 최대한 태양열을 받을수 있는 각도로 자체적으로 움직인다. 연간 소요되는 전력량의 5배를 생산하고 여분의 전력은 자체 배터리에 저장하였다가 판매하기도 한다.

모든 소요 에너지를 지붕과 벽체에 장착된 집열판을 통해서 작동하는 실험용 주거인 Solar House Freiburg는 벽체에 집열 패널을 통하여 태양 에너지 획득과 저장의 기능을 수행하고 흐린날과 겨울철을 대비하여 태양열을 수소 에너지로 변화시켜 예비 전력으로 사용하는 것이 가능하다.¹⁶⁾



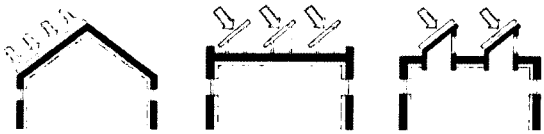
(a) Green Building 고정형 PV 모듈 (b) Heliotrop 상부 추적형 PV 모듈 (c) Solar House Freiburg PV 모듈

그림 4. 태양 에너지 발전 시스템 사례

태양열 에너지를 건축물의 동력원으로 전환시키는 방법은 PC방식과 FC방식으로 구분되어 사용되고 두가지 방식을 혼합하여 병행하는 경우가 설비형 태양열 시스템에서는 다수였다. 상대적으로 풍력과 지열을 이용한 경우는 소수이다. 집열판의 위치에 따라 지붕과 파사드에 설치하고 설치방식에 따라 통합형과 부착형으로 구분할수 있다. 추적형은 설치의 어려움과 고가의 비용 인하여 고정형에 비하여 소수 사례였다.

소규모 주거건축에 적용가능한 최적의 방안은 지붕에 설치하는 방식으로 태양 고도와와의 관계를 감안하여 경사형으로 설치하는 것이 유리하다. 세부적인 적용방식은 경사형지붕의 형태를 활용하거나 거치대를 설치하는 경우로 구분된다. 설치시 주변 건축물이나 수목 및 PV 패널에

의한 음영발생의 위험을 사전에 고려한 배치가 요구되고 변환 효율을 최대화할수 있도록 배열하는 것이 중요한 고려사항이다.



(a) 경사형지붕방식 (b) 경사형거치대방식 (c) 틸니형지붕방식

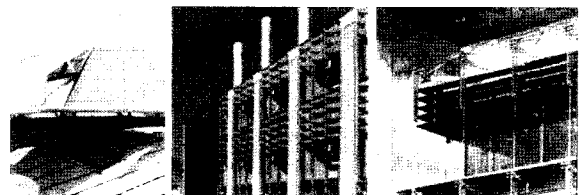
그림 5. 태양 에너지 발전 시스템 적용방식

2) 태양 광선 조절 시스템

Villa Vision은 중앙 아트리움 상부에 감지 센서와 컴퓨터에 연결된 6개의 삼각형의 외부 차단막이 설치되어 있는데, 실내 기온이 23°C를 넘으면 꽃잎이 닫히는 것처럼 자동으로 작동하여 일사의 과도한 유입을 방지해준다. 또, 실내에 장착된 센서는 내부 조도를 판단하여 일정한 정도의 밝기를 유지할수 있도록 차단막의 개폐 정도와 각도를 계산하여 작동한다. 이로서 항상 쾌적한 실내 기온과 조도를 유지 시킴으로서 냉난방 및 인공 조명 에너지 사용량을 감소시킬수 있다.

Environmental Building은 남측 파사드에 40 cm 폭의 세라믹 코팅 처리된 전동형 유리 루버가 장착되어 실내로 유입되는 태양 광선을 조절한다. 중앙 컴퓨터와 연결되어 15분 간격으로 재조정되고 맑은날에는 일사의 차단막으로 사용되고, 흐린날에는 반사판으로 기능하여 실내 깊숙이 일조를 유입할수 있도록 최적의 각도로 배열된다. 날씨나 사용자의 필요에 따라 수동 및 자동 조정이 가능한 것이 특징이다.

이중 외피 내에 삽입 장착된 Glaxo Welcome House의 루버는 비닐 소재로 코팅 처리되어 있어 일조의 실내 유입을 위한 반사판의 역할을 수행하고 계절에 따른 태양 광선의 유입량을 센서를 통해 인지하여 90% 이상의 직사 광선을 차단하도록 자동으로 회전하면서 작동된다.



(a) Villa Vision 전동 차단막 (b) Environmental Building 유리루버 (c) Glaxo Welcome House 이중외피내루버

그림 6. 태양 광선 조절 시스템 사례

일사와 일조의 실내 유입을 조절하는 대표 장치로 전동형 루버와 블라인드가 사용되었다. 센서를 통해 인식된 일기 정보를 바탕으로 중앙 컴퓨터가 인식한 후 자동으로 차양이 적절한 각도와 형태로 배열된다. 내부와 외부의 설치되는 경우가 비슷하게 나타났고 일조의 효과적인

16) Michael Wigginton & Jude Harris, Intelligent Skins, Elsevier, 2003

유입을 위해 재료의 선택에 따라 효과를 증진시킬수 있는 것으로 나타났다.

태양광선의 조절을 위하여 루버와 블라인드를 외부에 설치하는 수평형 방식을 도입하는 것이 가장 유리한 방법으로 수평패널형, 수평루버형, 부착수직 루버형으로 구분할수 있다. 특히, 수평루버 방식은 태양고도에 따른 선택적 조절이 가능하고 외벽에 발생하는 열에너지의 효과적인 배출이 가능한 적용방식이라 할수있다.



(a) 수평패널방식 (b) 수평루버방식 (c) 부착수직루버방식

그림 7. 태양 광선 조절 시스템 적용방식

3) 실내 기후 조절 시스템

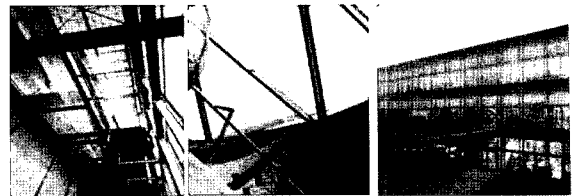
주거를 포함한 다용도 건축물인 Omni Quarter는 중앙부의 거실 공간과 별도로 분리되어 아트리움 공간이 남측에 구성되어 계단실의 역할과 일종의 이중 외피의 기능을 동시에 수행한다. 겨울에는 난방 에너지의 절감효과를 부여하는 부착형 온실의 기능을 수행하면서 계절과 날씨의 변화에 따라 상부의 개폐형 천창을 통하여 실내의 오염된 공기와 신선한 공기의 교체를 굴뚝효과를 이용하여 수행하고 온도 조절에도 탁월한 기능을 발휘한다.

Villa Vision의 아트리움 상부 천창은 실내 기온과 공기 오염도의 변화에 따라 컴퓨터가 센서로 판단하여 자동으로 개폐가 결정되어 시간당 33%의 신선한 공기가 유입되고 우천시에는 외부 센서가 인식하여 닫히는 구조로 되어 있다. 또, Green Building은 중앙 컴퓨터의 축적된 데이터를 활용하여 향후 48시간 동안의 기후 변화를 예측해서 난방 펌프의 강도를 조절하고 아트리움의 굴뚝 효과를 이용하여 원활한 환기가 가능하다.

Solar House Freiburg는 남측 파사드의 65%가 투명 단열제로 처리되어 에너지 집열의 기능을 수행하면서 외기 침투를 막아 실내 기온을 유지해주고 축열벽의 기능으로 내부 방사를 통해서 단열이 가능하다. 또, 창문 하부에 그릴을 설치하여 신선한 공기를 유입하고 열 변환기를 거쳐서 냉방 및 난방에 필요한 공기로 전환시킨다. 또, 남측 복층 유리의 공극에 크립톤 개스를 충전시켜 단열의 기능과 투명도를 조절한다.

Gotz Headquarters는 고기밀성의 착색 유리를 사용함으로 일반 투명 유리의 75%까지 태양광 유입을 감소시켜 냉방 에너지 소비량을 감소시키고, 빛의 파장에 따라 다양한 색상으로 변환이 가능하여 외장 효과를 높이기도 한다. 또, 실의 기온을 센서에 의하여 자동으로 인식하여 히터가 가동되는 시스템을 채택하고 있다.

이중 외피 구조는 공기 순환의 통로로 기능하여 냉난방 에너지의 감소를 도모할수 있는데 기계적 장치의 유

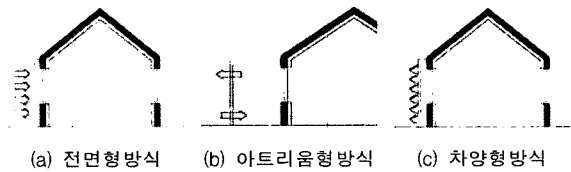


(a) Omni Quarter 이중 외피형 통로 (b) Villa Vision 개폐형 천창 (c) Gotz Headquarters 고기밀성 착색유리

그림 8. 실내 기후 조절 시스템 사례

무에 따라 자연형과 설비형으로 구분할수 있었다. 소규모 주거 건축의 특성상 소수 사례에서 자연적인 공기 흐름에 따른 순환 통로로 사용되었다. 특히, 완충 공간의 단일 목적보다는 복합적인 기능을 동시에 수행할수 있도록 복도, 아트리움, 실내 정원과 병용하는 경우가 많았다. 또, 아트리움의 사용이 다수로 나타났고 상부 천창의 개폐로 온실 효과를 방지할수 있는 것으로 나타났다. 특히, 센서를 통해 실내 기온의 변화를 감지하여 자동 개폐가 가능하도록 하여 최적의 실내 온도를 유지해주는 경우도 있었고 실내 열손실을 방지하기 위하여 고기밀성 재료를 사용하는 경우가 다수였다.

소규모 주거건축에 적용 가능한 방식으로 남측면에 설치하는 전면형과 실내정원을 설치한 아트리움형, 외피에 태양광선을 조절할수 있는 차양형 방식이 대표적이다. 외피의 하부로 외기가 유입되고 상부로 배출시켜 자연적으로 공기의 흐름을 조절할수 있고 경우에 따라 기계식 장치를 설치하여 기능을 충족시키기도 한다.



(a) 전면형방식 (b) 아트리움형방식 (c) 차양형방식

그림 9 실내기후 조절 시스템 적용방식

4) 건물 녹화 시스템

Experimental House는 자연 지형의 변화를 최소화하는 목적으로 디자인이 출발하였다. 자연 환경과의 연계를 강조하기 위하여 상부는 잔디로 덮여있다. 스프링클러와 우수에 의한 습기를 포함하고 있어 증발열에 의한 냉각으로 냉방 에너지의 감소 효과가 있고 상부 토양층의 단열 효과로 에너지 절감 효과가 탁월하다. 또, 외피의 녹화로 인하여 주변 자연 생태 기능의 복원으로 풍토적, 지역적 환경에 대한 맥락을 연결시키는 장치로 가능하다.

TRON의 실내 정원은 주거 내부의 아트리움에 설치되어 미기후 조절이 가능하고 자연속에서 생활이 이루어지는 환경을 조성하게끔 설계되었다. 실내의 습도와 산소 농도에 따라 천창이 자동 인식하여 개폐되고 천장면에 부착된 분사기에서 자동으로 물이 분사된다. 환경 친화형 건축에 대한 상징적, 실험적 성격의 Expo Holland

Pavilion은 옥탑층에 설치된 수조에서 비를 내려 아래층 실내 숲으로 물을 공급하고 옥상에는 풍차가 있다. 위층에서 아래층으로 보행자 동선에 따라 물, 숲, 모래 언덕처럼 건축과 자연 풍광을 결합하여 장소, 에너지, 시간, 물, 인프라를 절약하는 미니 환경 시스템이 형성되도록 계획되었다.

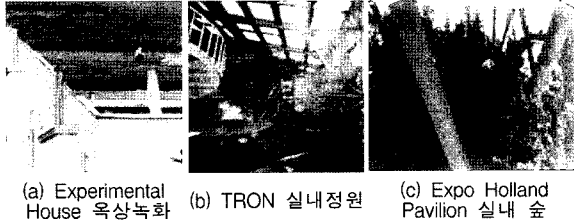


그림 10 건물 녹화 시스템 사례

건축물 외피의 녹화 작업은 지붕면과 벽면으로 구분할 수 있다. 빗물이나 조경수의 활용으로 단열 효과와 동시에 자연과 인간의 관계를 복원시켜주는 상징적, 심리적 효과와 함께 주변 생태계의 연결이라는 측면에서도 의미가 있다고 할수있다. 건축물 내부로 자연을 유도하는 실내 정원의 도입은 미기후 조절에 탁월하고 자동 인식형 스프링클러와 산소량에 따른 전동창의 작동으로 인공 환경을 조절한다. 특히, 대부분의 경우 아트리움과 병행하여 사용되어 실내 기후 조절에 따른 복합적인 효과를 획득하는 것이 가능하다.

5) 인터랙티브 시스템

Malibu Video Beach House는 건축과 미디어의 인터페이스에 관한 개념을 보여주는 대표적인 사례로서 플라즈마 티비를 통하여 주변의 환경을 지속적으로 내외부로 투사하는 것이 특징이다. 창문으로도 기능하는 전면 파사드를 통하여 건축물 배면의 해변가의 모습을 영사하고 실내에서도 주변 환경의 모습을 실시간으로 비춰주고 있다. 영상뿐만이 아니라 효과음까지 동시에 내보내 건축물이 주변 환경을 전달하는 매개체로 역할을 한다. 또, 해변의 모래를 이용하여 구조체의 마감재로 사용하고 스크린을 통하여 실제 환경과 가상 환경의 상호 관계를 지속적으로 제시하고 있다.

Barometer는 높이 15m를 다섯 부분으로 나누어 일기에 따른 공기 중 압력 변화를 외부로 실시간 표현하도록 디자인되어 있다. 상부에 태양열 집광판은 동력을 자체 생산할수 있도록 하여 실제 주거 공간은 아니지만 환경과 함께 연동하는 건축의 표현 방식을 보여주고 있다.¹⁷⁾

Wind Tower는 건축물에 장착된 전자 센서가 바람과 소리에 반응하여 실내의 램프와 네온이 실외를 향해 다양한 모양의 프로그램화된 빛을 발산하여 자연 환경의 변화에 따른 파사드의 형태가 결정되도록 계획되었다. 디지

털 기술과 컴퓨터를 비롯한 발전된 전자, 전기 공학적 발명을 건축으로 전용하여 건축물이 첨단 기술의 복합체로서 무인화, 로봇화, 자동화된 환경 장치로서 수용자 및 주변 환경과 쌍방향 소통이 이루어지도록 계획된다.

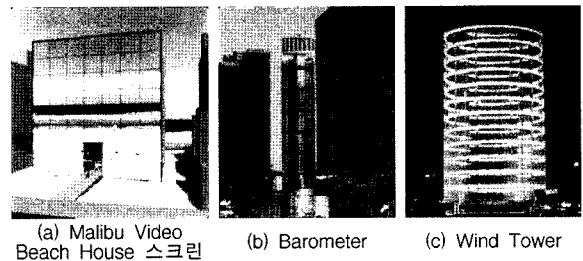


그림 11. 자연 환경 반응형 시스템

Aegis Hypo surface의 실내 벽체를 구성하는 금속면은 실내 공간을 이동하는 이용자들의 움직임, 소리, 빛 등의 자극에 대응하도록 3000여개의 피스톤들이 작동하도록 구성되어 다이내믹한 표면을 실시간으로 제공하도록 계획되었고, Lev Building의 파사드는 건축물 외부 공간을 통행하는 사람이나 차량의 흐름에 따라 장착된 센서가 실시간으로 반응하도록 컴퓨터 프로그램화 되어 동선의 속도 및 빈도에 따라 필름의 색채와 배열의 리듬감이 상호 반응하여 입면상에서 변화하도록 계획되었다. New 42 Studios는 이중 외피 내에 조명 장치를 삽입하여 상황에 따라 입면색채를 변환시킬수 있도록 계획된 경우이다.

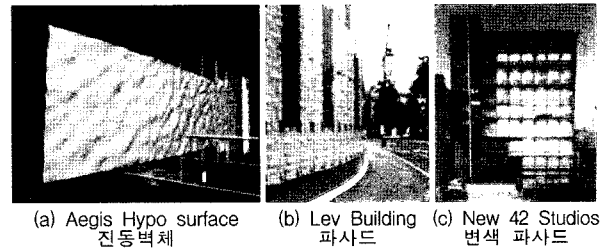
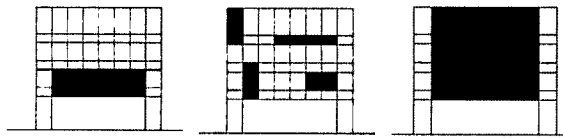


그림 12. 사용자 환경 반응형 시스템

주변 환경의 변화를 실시간으로 표현하는 방식은 사용자 환경에 반응하는 경우와 자연 환경에 반응하는 경우로 구분 가능한데, 주로 외기와 내기의 변화에 대한 대응이 주를 이룬다. 환경 정보를 인식한 센서와 연결된 컴퓨터를 활용하여 냉난방 에너지의 조절, 환기 여부 및 시간 조절 등 다양한 기계적 장치의 작동을 제어할수 있다.

기술의 감성적 측면과 사용자 참여의 의미에서 물리적 실체로 존재하던 구조물의 형태와 색상의 변화가 가능해지고 건축과 정보의 지속적인 교류 관계를 상징적으로 표현하기도 한다. 주로 전동 및 회전 벽체나 파사드의 색채나 형태의 변화를 통해 구현된다. 외피에 적용하는 방식은 파사드에 설치하는 위치와 배열에 따라 단면에 부분형, 조합형, 전면형으로 구성되고 디자인 효과와 전달목적에 따라 적용방식이 결정될수있다.

17) Klaus Daniels, The Technology of Ecological Building, Birkhauser, 1995



(a) 단면부분형방식 (b) 단면조합형방식 (c) 단면전면형방식

그림 13. 인터랙티브 시스템 적용방식

3. 분석의 종합

주거 건축을 중심으로 21개의 조사 대상 건축물을 각 평가 항목에 따라 분석한 결과 인텔리전트 기술이 도입된 환경 친화형 건축의 디자인 특성은 다음과 같다.

다섯 가지 평가 항목 중에서 태양 광선 조절 시스템(31%)과 실내 기후 조절 시스템(32%)에 상대적으로 다수의 분포를 보이는 것으로 나타났다. 일사 및 일조를 조절하기 위하여 루버와 블라인드 사용은 가장 일반적인 방법으로 설치 위치에 관계없이 고른 분포를 보이며 센서와 컴퓨터를 통하여 인식하고 작동하도록 인텔리전트 기술을 이용하고 있다. 또, 이중 외피 시스템을 단독으로 적용하기 보다는 소규모 아트리움을 도입하거나 열적 완충 공간으로 병용하여 건축물의 냉난방 효율성을 증진시키고 실내 정원과 동시 사용하는 경우가 다수였다. 특히, 환경 반응 센서를 통하여 인식된 정보를 바탕으로 중앙 컴퓨터에서 창호 및 차단막의 개폐 여부, 냉난방 장치의 작동과 각종 장치 및 기구의 작동 여부를 조절하는 BMS (Building Management System)의 도입(66%)은 중요사항으로 나타났다.

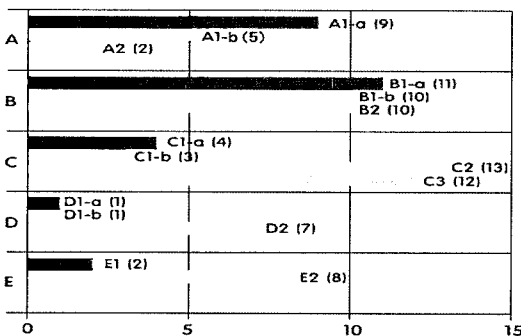


그림 14. 평가 항목별 적용기술 빈도수

V. 결 론

본 연구에서는 주거 건축을 중심으로 환경 친화형 건축에 도입 가능한 인텔리전트 기술의 특성을 살펴보고 평가 항목을 분류하여 실제 건축에서 적용되는 경우를 사례 중심으로 살펴보았는데 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 주거 건축에 도입된 환경 친화형 인텔리전트 외피 기술의 목표는 저 에너지형 건축을 추구한다. 에너지 발전 시스템과 태양 광선의 조절 시스템, 실내 기후 조절 시스템은 건축물에 소요되는 에너지를 감소시켜 유지, 관리 비용의 절감과 지구 환경 부하를 최소화 하여 자연과

건축, 인간의 지속 가능한 공존 가능성을 증가시키려는 목적을 가지기 때문이다.

둘째, 주거 건축에 도입된 환경 친화형 인텔리전트 외피 기술의 목표는 환경 반응형 건축을 추구한다. 건물 녹화 시스템과 인터랙티브 시스템은 지구 생태계의 일부로 인간을 해석하여 자연과 관계 설정의 새로운 지표를 제시하는 것이다. 자연 환경 자체를 도입하여 접촉의 기회를 확보하는 방향과 테크놀로지를 활용한 인공 환경을 조성하여 감성적 공간을 구축하는 방향으로 구분된다. 이는 주변 환경의 변화와 사용자의 행태에 따라 건축 디자인의 표현이 결정될수 있다는 것이다.

셋째, 주거 건축에 도입된 환경 친화형 인텔리전트 외피 기술의 적용 방식은 에너지 발전 시스템에서 지붕에 경사형으로 설치하는 방식이 주로 사용되는데 세부기법으로 지붕형 방식, 거치대 방식, 틈니형 방식이 주로 사용되고 태양광선 조절 시스템에서는 외부에 수평으로 설치되는 방식이 주로 사용되고 세부기법으로 수평패널, 수평 루버, 수직부착 루버 방식이 대표적이다. 실내 기후 조절 시스템에서 이중외피 적용방식으로는 전면형 이중외피가 주로 사용되고 세부기법으로 아트리움형, 차양형 이중 외피가 사용되었고 인터랙티브 시스템에서는 단면 부분형, 단면 조합형, 단면 전면형이 주로 사용되었다.

인간의 생존과 직결된 환경 문제는 인류 최대의 현안으로 등장하였고 향후 건축의 진로 역시 이러한 방향에 부합되어 진행될것이다. 그러나, 건축은 개발이라는 속성을 자체적으로 내포하기에 건축 외적인 산업 기술의 도입이 필연적이다. 따라서, 환경과 건축의 관계에서 첨단 기술의 도입과 역할에 대한 새로운 개념을 정립하여야 할 필요성이 증가되고 있다. 앞으로도 환경과 건축의 관계에 대한 관심과 중요도는 더욱 증가할 것이고 발전된 인텔리전트 외피 기술을 활용하여 지속 가능성을 증진시키는 환경 친화형 건축의 수요도 증가하게 될것이기에 이러한 필요성은 더욱 중요한 의미를 가지게 된다.

참 고 문 헌

1. Carles Broto (2003), Sustainable Architecture - Hightech Housing, Linkbooks.
2. Valerio Travi (1999), Advanced Technologies Birkhauser.
3. Catherine Slessor (2001), Eco-Tech, Thames & Hudson.
4. Norbert Lechner (2001), Heating, Cooling, Lighting - Design Methods for Architects, John Wiley & Sons.
5. B. Stein & J. S. Reynolds (2000), Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, John Wiley & Sons.
6. Luigi Prestinenza Puglisi (1999), Hyper Architecture - Spaces in the Electronic Age, Birkhauser.
7. Michael Wigginton & Jude Harris (2003), Intelligent Skins, Elsevier.
8. Klaus Daniels (1995), The Technology of Ecological Building, Birkhauser.
9. Christian Schittich (2001), Building Skins, Birkhauser.
10. 이정희 · 임수영(2005.8), 친환경건축개론, 기문당, 2판.

(接受: 2006. 10. 2)