

양산형 BIPV 복합 유닛 패널 및 모니터링 서비스 디자인개발

Development of Mass Production Type BIPV Composite Unit Panel and Monitoring Service

주 저 자 : 김세희(Kim Se Hee)

동명대학교 대학원 디자인학과(박사과정)

교 신 저 자 : 김동욱(Kim Dong Wook)

동명대학교 산업디자인학과 교수

kdu22@hanmail.net

<https://doi.org/10.46248/kidrs.2022.3.224>

접수일자 2022. 8. 25. / 심사완료일자 2022. 9. 26. / 게재확정일자 2022. 9. 27.

본 논문은 2019년도부터 2021년도까지 산업기술혁신사업 디자인혁신역량강화-서비스디자인기반제조업신생태계구축기술개발사업
과제번호 20007871의 연구비에 의하여 연구 되었습니다.

Abstract

This study develops a 'mass-production BIPV composite unit panel and IoT-based monitoring service that can be mass-produced in the form of factory standard products to improve the economic feasibility of the overall installation work when installing BIPV (Building Integrated Photovoltaic) solar modules. Research and development was carried out to monitor and manage possible errors or events at all times. In order to carry out this research purpose, a hypothesis was established as a research question and verified. In the area of product design development, not only the development of the shape design of the product appearance, but also the design and functional parts to improve the usability of the user should be considered in a complex manner. It belongs to items that are difficult to pursue diversity. Although it is attracting attention as photovoltaic power generation and eco-friendly products, there are difficulties in market formation and preoccupation due to low product transport, constructability, aesthetic dissatisfaction, and usability satisfaction. Therefore, we proceeded to develop an external design that can be faithful to the role of the building exterior material, improve product functionality, and improve the ease of installation and management. In addition, design revisions and supplements were reviewed through the developed design satisfaction survey, the results were reflected, and the usability evaluation of the product linkage system was conducted to review the customer's service design satisfaction and requirements together. The research method was developed so that BIPV can be freely applied without compromising the aesthetics of the building, designing the structure of the ventilation path to solve the heat problem inside the BIPV composite unit panel, designing fasteners for easy installation in various installation spaces (roof or wall). In addition, in conjunction with the user experience-based monitoring system, the maintenance convenience is increased by allowing the administrator to accurately determine the presence or absence of a failure and the location of the failure of the BIPV composite unit panel. Through this research and development, we have completed the development of an IoT sensor module capable of detecting individual unit failures, and the demonstration construction and service verification of a user-oriented photovoltaic monitoring system for a user-centered building with IoT data collection notes and communication gateways applied. Through the demonstration of the R&D results, the significance of the established hypothesis was verified by deriving the user's product usage pattern, product problem derivation, and user's requirements in detail and solving the problem.

Keyword

BIPV(건물 일체형 태양광발전시스템), IoT(사물인터넷), 유닛 패널, 건축 마감재, 모니터링 시스템

요약

본 연구는 공장 규격 제품 형태로 대량 생산이 가능한 '양산형 BIPV 복합 유닛 패널 및 IoT 기반의 모니터링 서비스'를 개발하여 BIPV(Building Integrated Photovoltaic) 태양광 모듈 설치 시 전반적인 설치작업의 경제성 향상과 제품의 구동중 발생할 수 있는 오류나 이벤트 상황을 상시 모니터링하고 관리할 수 있도록 연구개발을 수행하였다. 이와 같은 연구목적을 수행하기 위하여 연구 문제로서 가설을 설정하고 이를 검증하였다. 제품디자인 개발의 영역은 제품 외형의 형태적인 디자인 개발뿐만 아니라 사용자의 사용성 향상을 위한 설계와 기능적인 부분이 복합적으로 고려되어야 하며, 특히, 건물 외장재의 역할을 하는 BIPV는 디자인적 변화와 형태, 컬러의 다양성 추구가 어려운 품목에 속한다. 태양광발전 및 친환경 제품으로 관심을 끌고 있지만, 제품의 운반과 시공성 및 심미적 불만족 사항, 그리고 사용성 만족도가 낮아 시장 형성 및 선점의 어려움이 존재하고 있다. 따라서, 건축 외장재의 역할에 충실할 수

있는 외형 디자인 도출과 제품 기능적 향상, 설치 및 관리의 용이성을 향상시킬 수 있는 제품디자인개발을 진행하였다. 또한 개발된 디자인 만족도 조사를 통해 디자인 수정과 보완 사항을 검토하고 그 결과치를 반영하였으며 제품 연동 시스템의 사용성 평가를 실시하여 소비자의 서비스 디자인 만족도 및 요구사항을 함께 검토하였다.

연구 방법은 BIPV 복합 유닛 패널 내부 발열 문제 해결을 위한 통기로 구조 설계, 다양한 설치 공간(지붕 또는 벽)에 설치 용이한 체결 부자재 설계, 건축물의 심미성을 훼손하지 않고 BIPV를 자유롭게 적용 가능 하도록 제품 개발하였다. 또한 사용자 경험 기반의 모니터링 시스템과 연동하여 관리자가 BIPV 복합 유닛 패널의 고장 유무 및 고장 위치를 정확하게 파악할 수 있도록 하여 유지관리 편의성을 증시시켰다.

본 연구개발을 통해 개별 유닛 고장 감지가 가능한 IoT 센서 모듈 개발과 IoT 데이터수집 노트 및 통신 게이트웨이가 적용된 사용자 중심 건물용 태양광발전 모니터링 시스템의 실증 시공과 서비스 검증을 완료하였다. 연구개발 결과물의 실증을 통해 사용자의 제품 사용 패턴, 제품의 문제점 도출, 사용자의 요구사항 등을 상세하게 도출하고 문제 해결을 함으로써 설정된 가설이 유의미함을 검증하였다.

목차

1. 서론

- 1-1. 연구 배경
- 1-2. 연구 목적 및 방법

2. 이론적 배경

- 2-1. BIPV 개요
- 2-2. PV 모듈
- 2-3. 건축 외장재 BIPV

3. BIPV 복합 유닛 설계 및 디자인개발

- 3-1. BIPV 복합 유닛 설계
- 3-2. 제품디자인 브리프
- 3-3. 제품디자인 스케치 및 모델링
- 3-4. 디자인 시뮬레이션
- 3-5. 샘플 제작 및 개선사항 도출

4. IoT 센서 모니터링 서비스

- 4-1. 태양광발전 모듈 설계 및 제작/테스트

- 4-2. 상태 모니터링 설계 및 유저 인터페이스 디자인 개발

5. 사용성 평가

- 5-1. 디자인 만족도 및 사용성 평가
- 5-2. 평가 소절

6. 실증

- 6-1. 패널 제작 및 시험시공/실증시공
- 6-2. 성능평가 시험성적서

7. 결론

- 7-1. 가설의 검증
- 7-2. 결론

참고문헌

1. 서론

1-1. 연구의 배경

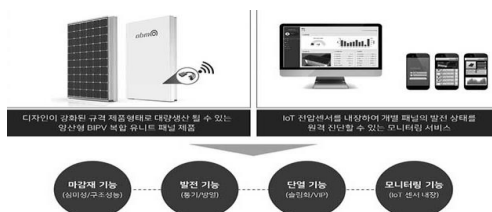
제21차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP21)에서 파리기후 변화협약이 합의된 이후 전 세계적으로 온실

가스 감축을 위한 노력이 이어지고 있다. 이에 각국에서는 태양광발전 중심의 신·재생에너지 보급 확대에 박차를 가하고 있다(한국에너지공단, 2016a). 국내에서도 신·재생에너지 공급량이 확대되고 있으며, 2016년 기준 국내 신·재생에너지 공급 비중은 7.25%로 2010

년 대비 6년 만에 5.8배 증가하였다(한국에너지공단, 2017).¹⁾ 태양광발전(PV: Photovoltaic)은 기존 산업 설비 활용이 가능한 생산방식과 여타 신·재생에너지 보다 기술적 성숙도가 가장 높고 설치와 적용의 용이하다는 이점 등에 의해 가장 주목받고 있다.²⁾ 이에 본 연구는 BIPV 패널의 설계와 제품디자인 아이디어 도출 및 IoT 센서 기반의 모니터링 시스템을 연구하고 개발하여 패널 설치 시 안전성 및 편의성을 향상시키고 설치 후 관리자의 상시 모니터링이 가능케 함으로써 각 패널의 이상 반응 발견 시 신속하게 수리할 수 있는 서비스를 제공하는 방법을 제안하고자 한다. 또한 BIPV 패널을 양산형으로 설계하여 대량 생산 가능, 이동 설치 용이성을 향상시키고자 한다.

1-2. 연구 목적 및 방법

본 연구에서 BIPV 패널의 시각적 획일성(컬러 등)과 비 규격서로 인해 다양한 건축물 설계에 반영하는데 어려움을 해소하고 태양광 발전 모듈의 단조로운 형태나, 표면 질감, 거치 방식의 차별적 설계를 통해 타 마감재들과 확연히 구분되어 디자인 자유도가 과도하게 제한되거나 건축물의 디자인 의도를 심각하게 훼손하는 문제가 발생하지 않도록 할 것이다. 또한 복합 BIPV 유닛 패널 개발을 통해 설치자는 태양광 모듈에 맞춰 현장에서 다양한 자재들(마감재, 구조부재, 단열재 등)을 재단하고 여러 층으로 조합하는 적층형(Layer by Layer 방식) 시공과정을 회피할 수 있도록 건축물 마감재와 일체화된 형태로 설계하여 제작함으로써 예측이 어렵고 설치작업의 경제성과 품질확보가 매우 가변적인 현장의 문제를 해결하고자 한다.



[그림 1] 복합 BIPV 유닛 패널 제품 및 서비스 구성도

- 1) 조지혜, 김유선, 태양광페넬의 관리실태 및 개선방안, KEI 한국환경정책·평가연구원(환경포럼), 제22권 제7호(통권 제226호), 2018, p.3.
- 2) 박장우, '장기 예측 데이터 분석을 통한 건물일체형 태양광발전 시스템의 발전 성능 검증 방법론', 한밭대학교 대학원, 석사학위논문, 2014, p.2.

본 연구를 통해 BIPV 건설신기술(제832호) 개발 경험과 현장 설치 및 태양광 발전소 운영 경험이 풍부한 제조기업 A사의 협조를 얻고 R&D 기반의 서비스 디자인을 접목시켜 현장에서 복잡한 시공과정을 거쳐 완성되는 제품의 형태에서 벗어나 부재들(마감재, 단열재, 태양광발전 모듈 등)이 공장에서 규격화된 제품 형태로 대량 생산될 수 있는 '양산형 BIPV 복합 유닛 패널'을 개발하고자 한다. 또한 개발되는 BIPV 복합 유닛 패널이 건축물에 사용되는 서비스 환경에서 유지관리 서비스의 편의성을 제공하기 위한 일환으로 개발 제품인 BIPV 복합 유닛 패널 내에 IoT 전압 센서를 이용한 진단장치를 접목하여 모니터링 시스템을 통해 고장 유닛을 즉각 특정 지을 수 있는 개별 유닛 상태 파악 서비스가 가능하도록 한다.

2. 이론적 배경

2-1. BIPV 개요

2-1-1. BIPV 개요

BIPV는 건축디자인과 전기발전의 특수기능 그리고 재생에너지 획득 등의 융합 기술체로서 건물 외피에 설치되므로써 PV 모듈은 전형적인 마감재를 대체하여 그 기능을 수행하게 되고 따라서 건물 외피 전체가 그 대상이 될 수 있다.³⁾ 그중에서도 지붕면은 연중 일사량 획득이 가장 양호하여 일반적인 태양에너지 이용 시스템에 최적 장소로 널리 활용되고 있음은 잘 알려진 사실이지만, 도시적인 조건에서는 다른 관점에서의 접근이 필요하다. 즉 고층화를 추구하는 도시 건물의 특성상 상대적으로 지붕면적은 좁아지고 또 일반적으로 각종 설비시설의 설치 장소로 이용되므로 PV 설치에 제한적인 조건인 반면, 외벽면적은 상당히 넓어지는 상황에서 PV 설치 장소로서의 잠재성을 인정하자는 것이다.⁴⁾

2-1-2. BIPV 시스템 구성요소

① 태양광 모듈

태양광 모듈은 원소재별로 구분되며 크게 실리콘 계열과 화합물계, 신소재 계열로 분류할 수 있다. 현재 태양광 시장 내에서 상용화되고 있는 종류는 실리콘계로

- 3) 이용직, 저탄소 건축을 위한 디자인도구 BIPV, 한국태양에너지학회지, 제10권 제3호, 2011, p.14.
- 4) ibid, p.14.

화합물계와 신소재계는 연구단계이거나 시장 보급률이 매우 낮은 현황이다.⁵⁾

② 접속반

접속반은 시스템 구성상 모듈과 인버터 사이에 위치하며 모듈의 전기 특성을 고려하여 직렬 구성된 회로를 상호 연결하여 직류 전력을 인버터로 전달하는 장치이다. 태양광 접속반은 모듈간 충돌을 방지하고 역전류 및 과전류로부터 모듈과 인버터를 보호하며, 전체 배선의 수를 줄여주는 역할을 한다.⁶⁾

③ 인버터

인버터는 태양광 모듈에서 발전되는 직류전력을 교류전력으로 변화하는 역할을 하며 교류 계통으로 접속된 부하설비에 전력을 공급한다. 인버터는 태양광 모듈에서 발전된 직류전류를 교류전류로 변환시켜주고 일반 배전계통과 연계운전을 할 수 있도록 해주며, 정전 시 점검자를 보호하기 위한 단독운전 방지기능 등 보호 기능을 갖추고 있다⁷⁾

2-2. PV 모듈

① 투광형

최근 국내에서는 대기업과 대학교가 연계해 기술개발로 태양전지 셀의 전선을 외벽으로부터 숨길 수 있는 기술을 개발하였다. 화합물형, 염료감응형, 유기형 모듈의 태양전지는 투광성을 줄 수 있는 모듈이다. 태양전지의 투명성은 외적인 이미지 효과와 빌딩 내부 환경의 직접적인 연관이 있다. 태양전지는 불투광형, 투광형이 있으며, 불투광형은 일반적인 태양전지로 지붕이나 외벽에 적용되는 외장재로 사용된다. 투광형은 빛을 실내로 투과해 채광성이 요구되는 개구부에 적용되고 있으나 비용이 고가라는 단점이 있다.⁸⁾

② 염료감응형

실용적인 측면에서 염료감응형 태양전지는 옥외용의

소규모보다는 100kW 이상의 중대형 발전에 적합하므로, 대면적 대용량화의 방향으로 연구가 진행될 것으로 전망되고 태양전지의 응용 가능성을 높이기 위한 초소형 고효율 인버터의 개발이 이루어질 것으로 기대된다. 이러한 것을 종합하면 기존 태양전지에 비해 친환경적, 저가의 특성 때문에 미래 대체에너지원으로써 크게 부각 될 것으로 예상된다.⁹⁾

③ 유기, 나노 태양전지

에너지 전문 리서치 기관인 솔라엔 에너지에 따르면 공에게 고분자 도너와 플러렌계 엑셉터를 이용하는 차세대 태양전지인 유기태양전지는 미래 태양광발전 분야에서 높은 성장 가능성이 점쳐지고 있다. 이와 같이 투광형 태양전지는 빛을 유입하기 위한 방법으로 통풍 채광과 같은 건축물의 설비 적인 효과를 높이기 위한 방법뿐만 아니라 생활공간에 쾌적한 환경을 조성할 수 있다. 염료감응형 태양전지의 활용은 다양한 색상으로 단조로운 색상에서 벗어나 화려한 디자인적 측면의 장점이 있다. 커튼월, 창호, 벽면 등 다양한 곳에 적용가능하고 태양광 디자인의 새로운 지표를 열 것으로 기대된다.¹⁰⁾

2-3. 건축 외장재 BIPV

2-3-1. 건축물 외장재

필요한 곳에서 직접 에너지 획득, 소비라는 PV 본연의 장점을 고려하여 인간 생활의 주요 공간이면서 반드시 외피로 덮여있는 기존 건축물을 PV 설치 장소로 이용하자는 것으로 BIPV가 시작되었다.¹¹⁾ 현대 건축에 있어서의 외피는 기존의 전형적 의미에서 한 발짝 더 나아가 건축가 또는 건물의 다양한 표현 욕구에 의해 점점 복합적이고 다기능적인 의사 표현의 도구로 사용되는 경향을 보이고 있다. 에너지 측면에서도 외피를 통해 소비만 되는 것이 아닌, 에너지를 생산할 수 있다면 건물에서 사용되는 꼭 필요한 에너지의 전부 또는 일부를 자급자족할 수 있는 가능성이 주어질 것이고, 이는 PV 적용을 통해 가시화할 수 있는 문제이다.¹²⁾

5) 이안기, '도심지 주변환경을 고려한 BIPV 시스템의 설계 및 실증에 관한 연구', 숭실대학교 대학원, 박사학위논문, 2018, p.12.

6) ibid, p.14.

7) ibid, p.15.

8) 서선희 외 2, 광전기화학형 염료감응형 태양전지 기술, 한국물리학회 물리학과 첨단기술 논문집, 제16권(7), 2007, p.16~p.19, (재인용)전근식, 류수훈, BIPV를 활용한 건축물 디자인 계획에 관한 연구, 한국 디지털 건축인테리어학회 논문집 Vol.12 No3, 2012, p.9.

9) ibid, 16p~19p, (재인용)ibid, p.9.

10) 전근식, 류수훈, BIPV를 활용한 건축물 디자인 계획에 관한 연구, 한국 디지털 건축인테리어학회 논문집 Vol.12 No.3, 2012, p.10.

11) 이웅직, BIPV 아파트 건물 적용 가능성에 대한 연구, 한국생태환경건축학회 논문집, Vol. 6. No.1, 2006, p.27.

2-3-2. BIPV 입면 고려 요소

효율성을 높이기 위해서는 경사와 방위각, 음영, 온도가 가장 기본적인 고려해야 할 요소이며, 추가적으로 설비, 에너지, 접근성 및 유지성 등이 고려되어야 한다. 이러한 부분을 고려하기 위해서는 태양광발전 모듈의 종류에 따른 특성을 이해하고, 이를 건축에 적용하기 전에 주요 요소를 검토하는 방안이 필요하다¹³⁾

2-3-3. BIPV 디자인 고려 요소

BIPV는 건물 일체형으로 건물의 디자인에 직접적인 영향을 미치기 때문에 건축 설계 초기단계부터 설치형태, 위치, 색상 등이 고려되어야 한다.¹⁴⁾

외벽용 BIPV 모듈은 유리 시공처럼 이부에서 2면 또는 4면에 프레임을 덮어 장착하는 선형고정 방법 또는 커튼월의 DPG(Dot Point Glazing System) 공법처럼 포인트 별로 금구류를 이용하여 장착하는 방법 등을 사용하고 키 높이 이상의 장소에는 비산 방지용 안전 모듈을 사용하는 등, 적용 장소와 목적에 부합하고 경제성을 고려하면서 계획된다. 또한 적용 모듈은 기존의 일반 건축자재 요구조건인 구조적 안정성, 내구성 외에도 채광이나 단열 그리고 차양 성능 등을 갖추어야 한다. 디자인을 생각하는 건축가 또는 계획자들에게는 건축 환경에 작용하는 배열밀도와 박막형 전지의 투명도에 따라 달라진다는 점을 디자인 도구로 인지하여 흥미를 유발시키는 요인이 될 수 있을 것이다.¹⁵⁾

3. BIPV 복합 유니트 설계 및 디자인개발

3-1. BIPV 복합 유니트 설계

복합 유니트의 구성요소는 구조부와 단열재, 통기부, 실내외 마감부로 구성되어 있으며 실외 마감부는 태양광발전 모듈을 이용하여 마감하고 GtoB, GtoG, 컬러 모듈을 활용하였다. 모듈의 조립 및 유지보수성을 위한

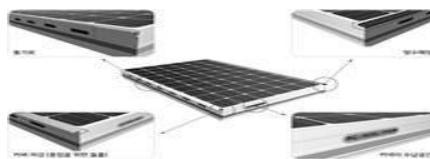
12) ibid, p.27.

13) 조한솔, 한승훈, 건물일체형 태양전지 적용 건축물의 심미성 평가체계 구축, 한국생태환경건축학회 논문집 제17권 제6호(통권 제88호), 2017, P.200.

14) 전현우, 최규혁, 안재호, 박서준, BIPV 설치 입면 디자인을 위한 BIM기반 설계 지원 모델에 관한 연구, 한국생태환경건축학회 논문집 제17권 제6호(통권 제88호), 2017 P.177.

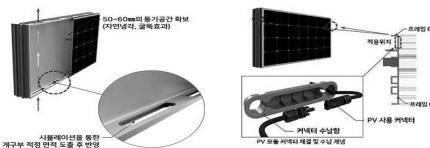
15) 이웅직, op. cit., p.18.

제품디자인 설계와 심미적인 부분에 중점을 두었다.



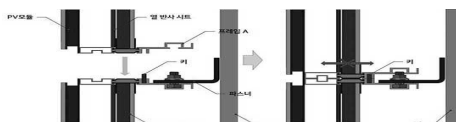
[그림 2] 벽체용 복합 유니트 패널 구성 및 주요 요소

실외 마감부는 태양광발전 모듈을 이용하여 마감하고 GtoB, GtoG, 컬러 모듈 등을 대상으로 하였다. 태양광 발전 모듈 배면에 통기 공간을 확보하기 위해 프레임 적용하고 배선 처리를 위한 커넥터 박스를 설계하였다. 설계 구조는 아래 [그림3]과 같다.



[그림 3] 복합 유니트 패널 통기 및 커넥터 박스 배선처리

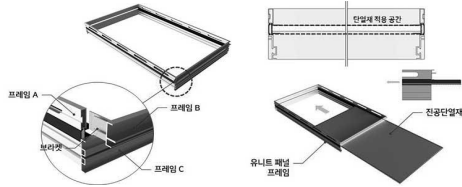
복합 유니트 패널 간 고정방식은 시공성과 구축력을 높일 수 있는 기계 키를 이용하여 안정하고 신속한 설치가 가능하도록 설계하였다. 또한 구조 프레임의 열교 차단 매커니즘은 엔지니어링 플라스틱인 폴리마이드를 적용하였다. 방수 성능 확보를 위한 세로, 가로 결합부에 모듈캡과 방수패킹을 적용하고 배수구조를 제품디자인 설계 시 아이디어 도출하였다. 패널 간 결합부에는 방수 패킹재를 삽입하여 이중 방수가 가능한 구조로 설계하였다.



[그림 4] 패널 통기 및 커넥터 박스 배선처리

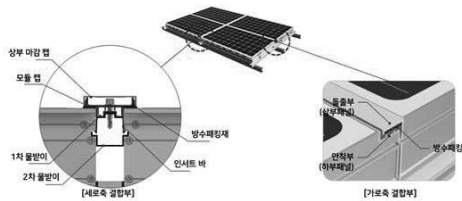
프레임 조립 방식은 커튼월에 사용하는 브라켓 조립

방식을 응용하여 설계 컨셉을 잡고 단열재 적용은 열교 차단재인 폴리이미드에 지지바를 적용하여 슬라이딩으로 설치할 수 있도록 개념을 도출하였다.



[그림 5] 프레임 조립 설계 컨셉 및 단열재 적용 개념

태양광발전 모듈의 조립 및 유지 보수성 향상을 위한 고정방식을 선정하고 SSG(Structural Sealant Glazing) 공법을 적용하여 방수 성능을 확보할 수 있도록 하였다.



[그림 6] 태양광발전 모듈 고정 방식 및 방수 개념

3-2. 제품디자인 브리프

양산형 BIPV 복합 유닛 패널의 유닛화 구성 방안 및 방수와 방진 적용 구조, 건축용 마감 재료 제품디자인 컨셉 설정 및 디자인 개발을 진행하였다. 본 제품디자인개발의 목적은 기존의 복잡하고 여러 단계를 거쳐 시동되는 제품의 설치 향상성과 안전성, 외형적 디자인 심미적 효과 극대화화 안전관리 및 유지보수의 편의성을 중점으로 디자인개발 하였다. 소비자의 니즈를 만족시키기 위한 사전 설문조사를 실시하여 각각의 요구사항을 분석하고 그 데이터를 바탕으로 제품디자인 브리프를 완성하였다. 건축디자인 설계자는 외형적 디자인 수용성 증대와 심미성 향상의 요구사항이 도출되었고, 설치자는 제품 설치의 안전성과 편리성 제공에 대한 니즈가 나타났으며, 균일한 시공과 품질 표준화에 관심이 집중되었다. 최종 구매자인 건축주는 제품의 에너지 생산 관리와 건축물 외장재의 심미적 효과와 제로에너지 건축을 위한 친환경 에너지의 관심도가 높게 나타

났으며, 이러한 소비자 관점의 사전 조사를 바탕으로 최종 제품디자인 컨셉 설정과 브리브가 완성되었다. 제품디자인 브리프는 [그림7]과 같이 도출되었으며 사용자 경험 기반의 제품형태와 유닛화 구성 방안, 방수방진 설계 및 마감 디자인개발을 중심으로 컨셉을 설정하였다.

Design Brief _ 모듈식 복합 유닛 패널 BIPV 시스템

복합 유닛 패널로 유지보수와 제품 시공이 간편화된 BIPV 시스템

개발목적

기존 복잡한 시공과 유지보수에서 벗어나 시공과 유지보수가 간편한 양산형 BIPV 시스템의 개발

소비자 니즈

USER				
설계자 (건축디자인)	설치자 (건축 전기 시공자)	건축주 (최종구매자)	건축물 이용자	건축물 관리자
설계자유도 증가 디자인수용성 증대 신용 심미성 증대	설치 편의성 제공 설치기간 단축비용절감 시공 간헐 발생 균일한 시공 품질 제공	건축물 에너지 생산 디자인(외형)개선 건물 인증(에너지) 제로에너지 건축물 인증 녹색건축인증	이름 만족도 증가 신제품 즉 인식 제고 전기로 절감(공용) 에너지 정책 공감도 향상	관리 편의성 유지보수 용이성 확보 장보관력 향상성 원격 관리 지원

디자인 개발 내용

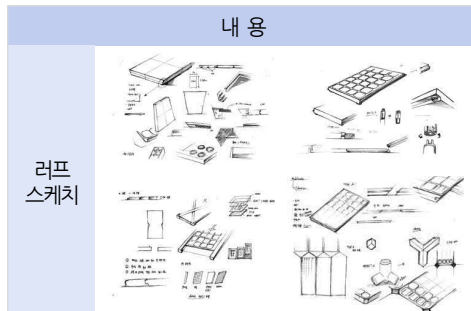
양산형 BIPV 복합 유닛 패널
틀 캡 U/X/L, 유닛화 구성 방안, 방수방진 적용 구조, 복합 유닛 패널 천장, 벽체 마감 디자인,
복합 유닛 패널 결합 구조 등 다양한 방면에서 디자인 개발

[그림 7] 제품디자인 컨셉 설정 및 개발 브리프

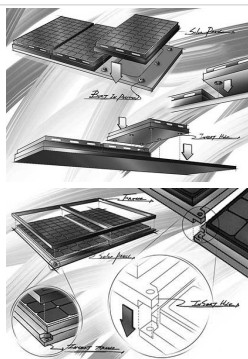
3-3. 제품디자인 스케치 및 모델링

복합 유닛 패널 구조 강성 및 경량화와 프레임 열교 차단 등의 기능적 요소를 반영하여 디자인 아이디어를 도출하고 패널 유닛화 설계 시 주요 요소인 실외 마감부, 통기부, 단열부 외 방수 방식과 결합구조, 조립 및 설치의 용이성과 편의성을 고려한 디자인을 개발하였다. 썸네일 아이디어 스케치와 세부적인 디테일을 높은 러프 스케치를 바탕으로 제품 모델링과 렌더링을 진행하여 구조적 설계 변경 및 수정 보완 사항을 검토하였다.

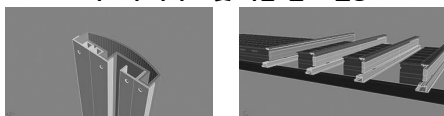
[표 1] 복합 유닛 패널 러프 스케치



컬러
스케치

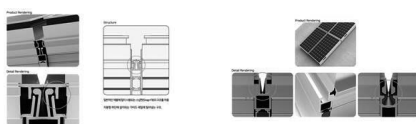


패스너 가이드 및 마감 캡 모델링



[그림 8] 모듈 모서리 마감 캡 및 패널 캡 모델링

복합 유닛 패널 결합과 카스켓 결합에 대한 디자인 설계아이디어 도출 및 모델링을 진행하였다. BIPV 제품 특성상 모듈을 감싸고 있는 프레임 및 패스너의 위치를 정확하게 가이드할 수 있는 가이드라인 틀이 매우 중요하다. 패스너 가이드는 기준이 되는 프레임에 홈을 구성하여 패스너를 안정적이고 정확하게 배치할 수 있도록 디자인 설계 하였다. 또한 철제 프레임의 외형적 심미성을 감소시킬 수 있는 요인이 되므로 모듈 프레임 모서리를 마감하는 캡 제품디자인을 제안하고 다양한 형태의 마감 캡 디자인을 시뮬레이션 하였다. 이러한 부품 디자인은 컬러와 재질, 마감 방법 등을 고려하여 CMF 컨셉 도출하였다.

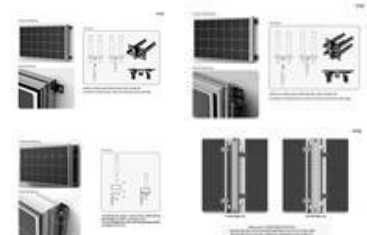
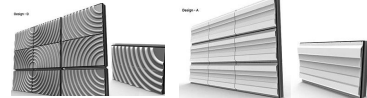


[그림 9] 패널 결합 및 가스켓 결합

제품디자인개발 렌더링 및 목업 제작을 통한 디자인

설계를 검토하고 수정 보완 사항을 도출하여 고도화하였다.

[표 2] 패널 고정방식, 외부 마감 디자인 모델링 및 목업

내 용	
고정 방식	
외부 디자인	
디자인 목업	

3-4. 디자인 시뮬레이션

주변 경관과의 조화로운, 심미성이 강조된 컬러 BIPV 시뮬레이션을 진행하고, 컬러 다양화와 건축물 외장재 산업 확장성을 검토하였다.



자연경관과의 컬러 대비로 건축물 시인성 확장



숲 조성이 필요한 건축물 환경에 적합한 BIPV



내력벽 패스너 방식 하지철을 고정방식
[그림 10] 컬러패널/시공방식 시뮬레이션

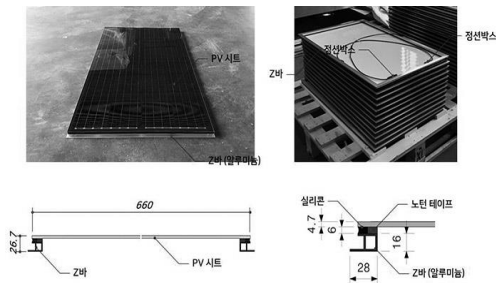


[그림 11] 컬러패널/사공방식 사물레이션

3-5. 샘플 제작 및 개선사항 도출

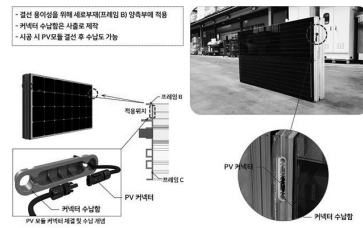
3-5-1. 샘플 제작

복합 유닛 패널은 파스너를 이용한 고정 방식 설계를 고려하여 제작하였고, 복합 유니트 패널 프레임의 레일과 벽체에 설치되는 파스너를 통해 설치 위치를 조절 가능하도록 샘플 제작하였다. 구성부품을 개별 제작하고 검수하여 조립 전 문제점을 검토하였다. 외벽 마감 패널의 규격 및 선호비율에 따라 태양광발전 모듈의 출력을 선정하여 샘플을 제작을 진행하였다.



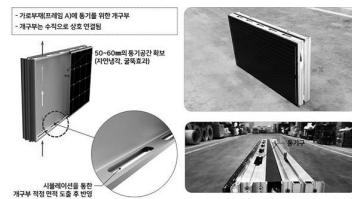
[그림 12] 복합 유닛 패널 태양광 모듈 규격화

열교차단을 위한 프레임, 단열재 삽입을 위한 측면 프레임 샘플 제작은 정밀 가공을 통해 제작하였고, 직결 나사 체결 시 별도의 조정 없이 정밀한 조립이 가능하도록 하였다. 패널의 슬림화 및 열 차단을 위해 진공단열재와 열반사 시트를 적용하였고, 조립의 편리성 확보를 위한 측면 삽입 방식을 적용하여 샘플을 제작하였다. 또한 태양광발전 모듈의 결선 용이성을 위한 커넥터 박스를 구성하였다.

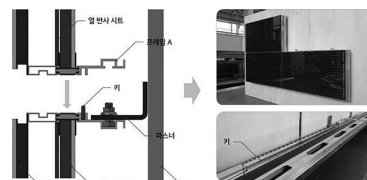


[그림 13] 복합 유닛 패널 커넥터 박스 샘플

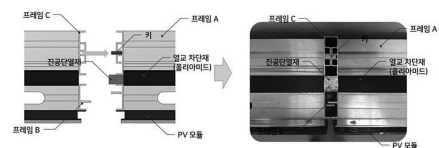
복합 유닛 패널의 프레임 가로 부재에 통기를 위한 개구부를 적용하고, 태양광발전 모듈의 발전 시 발생하는 열을 자연냉각 가능하도록 구조 설계하여 제작하였다. 패널 간 프레임 상·하 결합(키 방식)이 가능하도록 설계하고 좌우 결합(키 방식)이 가능하도록 샘플을 제작하였다. 모듈을 고정하기 위해 배면에는 Z-BAR를 부착하고 복합 유닛 패널 프레임과 직결 나사를 사용하여 고정하였다.



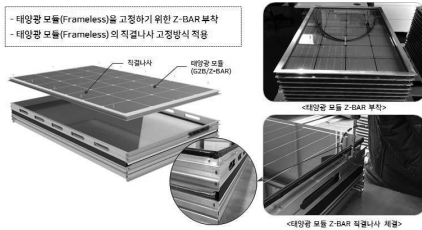
[그림 14] 복합 유닛 패널의 통기 구조



[그림 15] 복합 유닛 패널의 상·하 결합구조

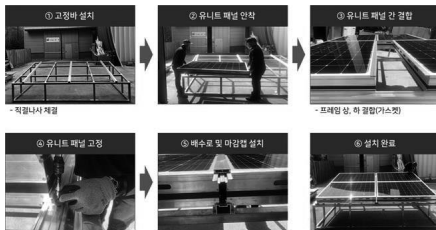


[그림 16] 복합 유닛 패널의 좌우 결합구조



[그림 17] 복합 유닛 패널의 상·하 결합구조

BIPV 복합 유닛 패널의 샘플 제작 공정은 (그림 25)와 같고, 샘플 제작과정에서 시공성 검증을 실시하여 개발 결과를 실증 전 최종 점검을 하였다.



[그림 18] 복합 유닛 패널 설치 시공 공정



[그림 19] 복합 유닛 패널 설치 시공 공정

3-5-2. 개선 사항도출

복합 유닛 패널 개선사항은 시공성, 구조 및 제작성, 방수 성능, 커넥터 및 배선 처리, 열교차단 및 단열재, 통기시트 및 마감부 설계에 대해 검토하여 도출하였다. '시공성' 부분에서는 유닛 패널 간 유격 및 완충을 위한 가스켓의 중요도와 프레임과 키의 일체화 및 공차보정, 파스너의 규격 및 시공성 개선에 대한 설계보완 개선 사항이 도출되었으며 '구조 및 제작성' 부분은 열교차단 프레임의 강성확보와 복합 유닛 패널 직각 정밀도 향상, 측면 단열재 단열 커버 적용 등의 개선사항이 도출되었다. '방수성능'에서는 Close Joint/Open Joint 공법에 대한 살수시험(누수확인)을 통해 방수 성능 설

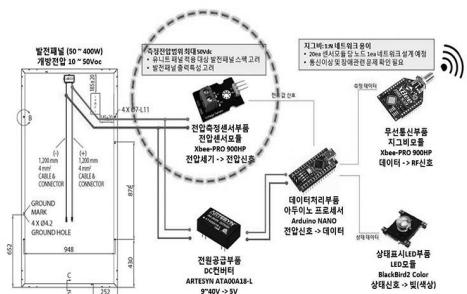
계 구조 보완 사항을 검토하였다. '커넥터 및 배선 처리'부분은 태양광 모듈의 직렬별 구성을 위한 커넥터 박스 배치를 검토하였고, '열교차단 및 단열재'는 패널 간 진공 단열재 정밀도 저하로 제작방식의 재검토 사항이 나타났다. '통기시트 및 마감부'에서는 상하부 통기모듈 적용의 필요성과 외부 마감 설계의 보완 사항이 검토되었다.

시공성 - 유닛 패널 간 유격 및 완충을 위한 가스켓의 필요 - 프레임과 키의 일체화 및 공차보정 - 파스너의 규격 및 시공성 개선	커넥터 및 배선 처리 - 태양광 모듈의 직·병렬 구성을 위한 커넥터박스 배치 검토
구조 및 제작성 - 열교차단 프레임의 강성확보 - 복합 유닛패널 직각 정밀도 향상 - 측면 단열재 단열커버 적용	열교차단 및 단열재 - 패널 간 진공 단열재 정밀도 저하로 제작방식의 재검토
방수 성능 - 벽체용 Close Joint / Open joint 공법에 대한 살수시험(누수확인)	통기시트 및 마감부 - 상·하부 통기모듈 적용 필요 - 외부 마감 설계 필요

[그림 20] 복합 유닛 패널 개선사항

4. IoT 센서 모니터링 서비스

4-1. 태양광 발전 모듈 설계 및 제작/테스트



[그림 21] 전압측정센서모듈 설계

태양광발전 모듈 전압측정장치 설계의 적용 발전패널 대상 타겟 스펙(최대 개방전압 48.84V)로 0V~50V 범위 출력전압을 1분 단위로 측정 가능한 전압측정모듈 설계를 진행하였다. 측정 시 발열 발생이 없고 전력 소모가 낮도록 EBE986 파츠와 CT3216 모델을 활용하여 설계하였다.

무선통신이 가능한 이상 감지 센서 모듈 하드웨어 설계는 지그비&시리얼 통신이 가능하도록 2중 통신 모듈 적용 후 무선 모듈을 선정하고 상용 Xbee-PRO 900HP, RS485 1211 모듈을 적용하였다. 이로써, 통신 테스트 결과 단일노트 최대 28대 적용 가능(발전 스트링당 1노드 구성)한 스펙이 완성되었다.



[그림 22] 기존 발전패널 개별 모니터링 화면

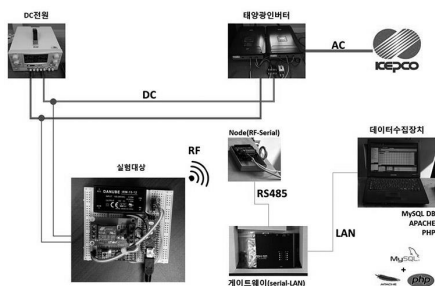


[그림 23] 유닛 패널 개별 모니터링 화면

S/W 이상(파손, 단락) 발생 감지방법에 대한 알고리즘 도출에서는 발전패널 모듈 전압 출력특성 분석(100/134/370/380/385/403W)과 개별 발전 모듈 전압정보기반 발전상황 패턴 분석(임계값 설정), 환경 센서 및 발전패널 모듈 간 전압 비교 이상 진단 알고리즘을 함께 설계하고 개발하였다.

4-2. 상태 모니터링 설계 및 UI 개발

센서 모듈 모의 로컬네트워크를 구축하고 데이터 수집 노드를 설계 개발하였다. Zigbee to RS485 데이터 수집 노드 하드웨어 개발을 진행하고 PC 데이터베이스 모듈을 구축, 개발 센서 모듈 10EA와 연동하여 테스트를 완료하였다. 데이터 처리 프로세스 펌웨어 개발과 모의 로컬네트워크 구축 및 통신테스트를 진행하고, 네트워크 실험장치를 제작하여 정상 가동 여부 실험을 진행하였다.



[그림 24] 태양광 소형인버터 실험장치

이상 감지 센서 모듈의 성능시험을 위해 소형 발전소를 제작하여 각 출력단 및 입력단에 센서 모듈을 설치하고 네트워크 연계를 통한 데이터 수집을 진행하였다. 각 시나리오 별 상황부여 및 발전출력 패턴 분석 후 진단알고리즘을 고도화하였다.

사용자 인터페이스 적용 반응형 웹 워킹 프로그램 개발은 BIPV에 적합한 모니터링 시스템 GUI(Graphic User Interface) 디자인 개발을 기반으로 HTML 방식 웹 인터페이스 프로그램을 개발하여 복합 유니트 패널의 상태를 상시 모니터링하고 관리할 수 있도록 하였다. 개발 언어는 HTML 5, PHP 7.1.10, Python 3.8.5이며 개발플랫폼은 CSS3, Bootstrap 4.5.3, django 3.1이고 웹 서버는 Apache 2.4.28을 사용하였다. DB 구축은 PostgreSQL 12.4.0으로 진행하였다.



[그림 25] PC 버전 사용자 인터페이스



[그림 26] 모바일 버전 사용자 인터페이스

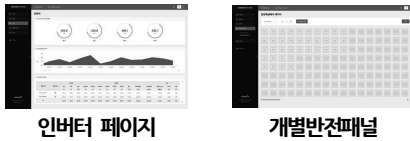
실증은 A사 밀양 공장 외벽에 복합 유닛 패널을 시험공하고 모니터링 시스템을 연동하여 발전량, 패널 상태, 이벤트 사항 등을 상시 모니터링하도록 하였고 사용자 인터페이스 프론트엔드 프로그램을 적용하여 표시항목과 기능 테스트, 디버깅을 수행하였다. 특히 사용자 권한 별 효과적인 정보표시를 위해 각 페이지 사용자 인터페이스 별로 작성된 스토리보드를 구성하여 일반 유저가 개별 발전패널 배치 구성 등과 같은 임의로 웹을 편집하는 위험을 사전에 방지하도록 하였다. 모니터링 시스템은 수집된 개별 발전패널 전압값을 다양한 이상(이벤트) 발전패널 전압패턴 저장 값과 비교하는 진단 알고리즘을 백엔드 프로그램에 적용하여 오염이나 음영과 같은 단순 이상과 파손이나 열화와 같은 치명 이상 상황을 구분하여 관리자에게 알림을 보내도록 설계하였다.



경고창 페이지



메인 페이지



[그림27] 모니터링 시스템 GUI

5. 사용성 평가

5-1. 디자인 만족도 및 사용성 평가

전문 리서치 기관 (주)블리아트에서 진행하였고 심리학 전문가가 참여하여 유도 질문을 회피하여 설문지를 작성하였다. 설문에 참여한 소비자는 태양광발전 패널을 시공하는 시공자와 BIPV를 건축물에 시공한 건축주, 패널을 관리하는 관리자, 일반 소비자, 미래고객 외 다수의 전문가가 참여하여 진행하였다.

[표 3] 조사 설계 및 설문 일정

1:1 심층 대면 조사	
조사 방법론	실 사용 Task를 포함한 UX Evaluation(학습성, 안전성, 심미성, 편의성 등 UX Dimension에 대한 조사 및 평가)
평가 지역	부산, 경남권 소재/AA사 지점/거래처 소재지
참여자 특징	BIPV 운송자, 설치자, 관리자, 건물주, 미래고객
표본 설계	남성:37명, 여성 13명 / 총 50명 30~40대(남17명, 여8명), 50~60대(남20명, 여 5명)
일정	2021년 09월15일~09월17일 (총 3일간 진행)

제품디자인 결과물 및 시제품 사용성 평가는 태양광 발전 패널 제품의 디자인 경험 유무와 관계없이 소비자가 느끼는 제품디자인 가치 평가를 분석하기 위하여 목표/타겟 그룹을 설정하여 소비자를 정의 하였으며, 정의된 타겟을 대상으로 정량 및 정성 조사를 실시하여 제품에 대한 평가를 진행하였다. 디자인 만족도에 대한 의견과 사용성 평가는 복합 BIPV 유닛 패널 제품 중심으로 진행하였으며, TASK 단계는 총 16단계를

설계하여 패널의 외형 디자인, 색채, 트렌드의 적합성 및 두께, 크기, 무게를 감지하고 하부에 부착되어있는 센서 모니터링 시스템 관련 부품들을 체크하는 항목으로 구성하였다. 패널 프레임의 강도와 촉감, 패널의 컬러, 시공 시 안전성과 사용 편의성, 프레임 소재나 컬러 패널의 컬러 만족도 등도 함께 조사하였다. 제품디자인 및 사용성 만족도 품평 결과에 대한 신뢰성 확보를 위해 정량 조사와 정성 조사를 병행하였고, 조사 결과의 일반화를 위해 대규모 조사가 필요하나, 심층적인 의견 수집을 위해 본 연구개발 결과물의 실사용자를 중심으로 정성 조사를 진행하였다.

[표 4] 조사 방법론 선정 배경

	정량적 조사 (Quantitative)	정성적 조사 (Qualitative)
목적	• 가설의 정량적 검증	• 가설의 발견 • 가설의 정성적 검증 • 심층적 동기 파악, 시장에 대한 이해
시간 / 비용	많음	적음
조사 내용	구조적	탐색적 / 비구조적
조사 대상	대표성 있는 표본 집단	Target Group
표본 수	최소 100 표본 이상	소규모 응답자 / 50명
분석 방법	통계적 분석	내용 분석
정보의 성격	수치 데이터 / 정형적 데이터	비정형적 데이터
조사 유형	• 1:1 개별방문면접 (Face-to-Face) • 전화조사 • CLT (Center Location Test) • 집합테스트 (Gang Survey)	• 집단 심층 토의 (F.G.I.) • 개별심층면접 (I.D.I.) • 관찰조사 (Observation) • UX Evaluation



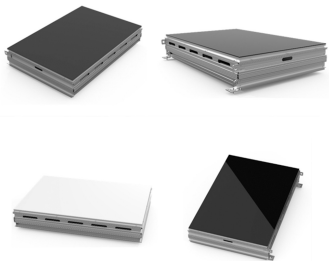
[그림 28] 소비자 디자인 평가

[표 5] 설문지 리스트

설문지 리스트	
Q1	연령, 직업, 소속
Q2	BIPV 패널의 기능 인지
Q3	BIPV 패널의 사용 경험
Q4	필요성, 효용성, 유용성
Q5	디자인의 중요성
.	패널의 소재, 기능, 안전 등의 중요도, 설계, 시공성

[표 6] TASK

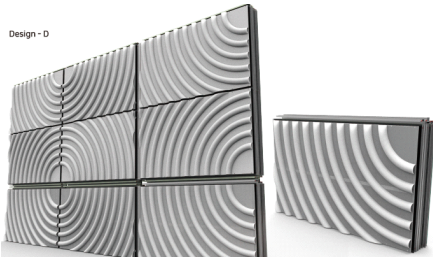
Usability Test List	
1 단계	패널의 상부 외형을 살펴보세요.
2 단계	패널의 하부 외형을 살펴보세요.
3 단계	패널 두께를 살펴보세요.
4 단계	패널의 무게를 감지하기위해 한명 또는 두명이 들어보세요.
5 단계	패널 프레임의 강도와 촉감을 느껴보세요.
.	심미성에 대한 느낌을 설명하시오.
.	안전성에 대한 느낌을 설명하시오.



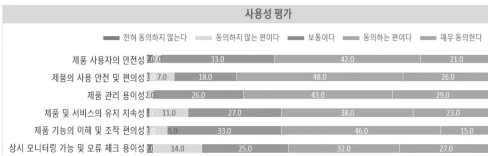
[그림 29] 복합 BIPV 유닛 패널 컬러모듈



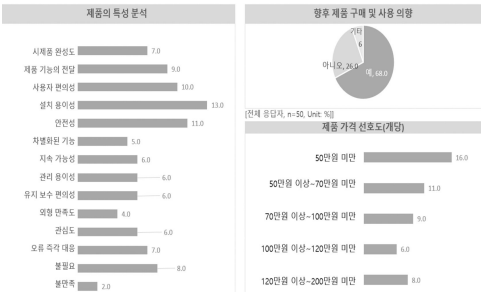
[그림 30] 디자인 평가용 BIPV 패널 A



[그림 31] 디자인 평가용 BIPV 패널 B



[그림 32] 디자인 평가 소결



[그림 33] 제품 사용성 평가 소결

5-2. 평가 소결

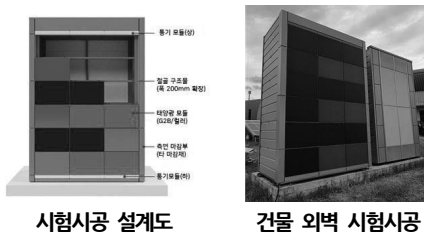
규격화된 복합 유닛 패널은 블록형으로 조립할 수 있는 설계로 개발되었고 대량 생산과 시공용이, 운반용이, 관리 용이, 품질 향상과 패널 개별 이상 감지 기능 등의 다양하고 유용한 기능들이 있어 전반적인 평가 결과 소비자의 만족도가 높게 나타났다. 통기로 구성을 통한 발전 효율 향상과 방수 기능이 있는 모듈 배선처리에서 만족도가 높았고, IoT 센서 기반의 모니터링 시스템 관리에 대한 서비스 만족도와 기대가 높게 나타났다. 평가 참여자 76% 이상이 제품과 서비스의 필요성을 느꼈으며 실사용 경험자들은 설치와 시공, 관리의 활용도가 높다고 평가하였다. 건축물 외장재로 활용되는 BIPV의 다양한 컬러 적용과 안전하고 편리한 시공

방법, 상시 모니터링 관리의 유용성에 관심을 보였다. 현재까지는 다양한 컬러의 셀을 적용하여 상용화된 제품의 수가 적어 소비자의 선택 폭이 좁아 디자인 심미성이 강조된 본 제품디자인개발의 결과물에 대한 관심이 크게 나타났다.

6. 실증

6-1. 패널 제작 및 시험사공/실증사공

복합 BIPV 유닛 패널 제품 제작과 시험사공/실증사공은 경상남도 밀양시 부북면 춘화로 378 A사 패널 공장에서 진행되었으며, 개발과 제작 실증기간은 총 3년여에 걸쳐 진행되었다. 최종 실증사공은 2021년 8월부터 착수하여 A사 사옥 외벽에 건축 외장재로 시공하였다.



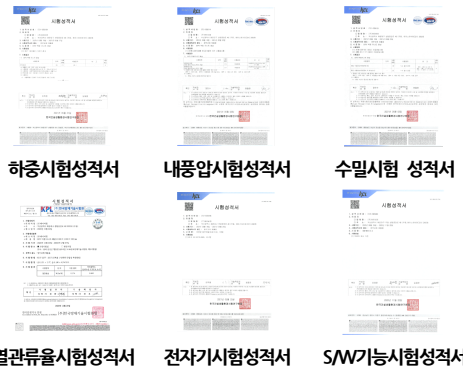
[그림 34] 실증 사공

6-2. 성능 평가 & 시험성적서

각 기능에 대한 성능평가는 하중, 내풍압, 수밀, 열관류율, 전자기 적합성, S/W 가능성 만족도 등을 진행하였고 그 내용은 [표 7]과 같다.

[표 7] 성능평가 진행내용 및 결과

구분	진행내용	성능평가 결과
하중	시험시료 설계 및 제작, 하중 성능시험	96.9kN
내풍압	시험시료 설계 및 제작, 내풍압 성능시험	70m/s에서 이상없음
수밀	시험시료 설계 및 제작, 수밀 성능시험	누수발생 없음
열관류율	시험시료 설계 및 제작, 열관류율 성능시험	0.274 W/m ² ·K
전자기 적합성	시험시료 설계 및 제작, 전자기 적합성 성능시험	적합
S/W 기능성만족도	시험시료 설계 및 제작, S/W 기능성 만족도 평가 성능시험	100%



[그림 35] 성능평가 시험성적서

7. 결론

7-1. 가설의 검증

연구는 공장 규격 제품형태로 대량 생산이 가능한 ‘양산형 BIPV 복합 유닛 패널 및 IoT 기반의 모니터링 서비스를 개발하여 BIPV(Building Integrated Photovoltaic) 태양광 모듈설치 시 전반적인 설치작업의 경제성 향상과 제품의 구동 중 발생할 수 있는 오류나 이벤트 상황을 상시 모니터링하고 관리할 수 제품디자인개발의 효율성 실증 분석 가설의 결과는 다음과 같다.

가설 ① 건축 마감재 기능과 발전기능, 단열 기능을 제공하며 각 유닛에 IoT 센서가 내장되어 사용자 중심의 모니터링 서비스 제공이 가능할 것이다.

연구결과, 제작된 복합 BIPV 유닛 패널은 유닛마다 IoT 센서가 내장되어 있어 사용자 중심의 모니터링 서비스 제공이 가능하였고 발전량 상시 정보 제공과 이벤트 상황 발생 시 신속하게 관리와 수리가 가능하게 되었다. 또한 내부에는 진공단열재를 이용한 고성능 복합단열재가 적용되어 슬림한 제품 외형에도 불구하고 기능이 강화되어 건축물 단열규정에 쉽게 대응할 수 있는 제품이 개발되었다. 공장에서 제작되는 신개념의 유닛화된 BIPV 패널은 건축마감재 기능은 물론 발전기능과 단열 기능이 모두 향상됨이 검증되었다. 가설 ② 사용자의 입장에서 제품의 문제점을 관찰하고 상시 관리하는 것이 용이 할 것이다. 연구결과, BIPV 복합 유닛 패널이 건축물에 사용되는 서비스 환경에서 유지 관리 서비스 편리성을 제고하기 위한 일환으로 개발 제품에 IoT 전압센서를 이용한 진단장치를 적용하여 상시 모니터링 시스템을 통한 사용자의 관리가 용이하다

록 하였다. 고장과 이상 반응이 나타나는 유닛을 즉각 특정 지을 수 있는 개별 유닛 상태파악 서비스는 BIPV 패널을 관리하는 사용자 입장에서 보다 편리하고 신속하게 이상 반응을 처리할 수 있도록 하였고, 이를 통한 관리비용의 절감과 관리자의 업무 능력을 향상시킬 수 있음이 검증되었다. 가설 ③ 구조적 안정성과 시각적인 심미성 및 기능적 편리성을 동시에 만족하는 프레임 개발로 건축 마감재 산업에 영향을 미칠 것이다. 연구결과, 기존의 태양광발전 패널은 건축 외벽과 지붕 등에 설치하여 친환경 에너지원으로 활용되고 있으나, 건축 외장의 심미적인 요소보다 기능적인 요소가 강조되어 주변 환경과 조화롭지 못한 형태로 제작되었다. 또한 제품을 현장에서 절단하고 가공하는 방식으로 부품 이동 및 설치 단계가 복잡하여 시공의 어려움이 있었다. 소비자가 선택할 수 있는 제품디자인의 폭도 좁아 심미적인 BIPV를 구매하여 시공할 수 없어 제품에 대한 요구사항과 불만족 사항이 다수 발견되었다. 복합 BIPV 유닛 패널은 다양한 디자인 및 만족도가 높은 컬러를 적용한 컬러 패널로 심미적인 효과를 높였고, 각 패널을 유닛화 하여 양산 제품을 이동하고 설치하기 용이하도록 제작하였다. 조립과 거치방식을 좌우, 상하 모든 방향에서 가능하도록 하여 곡률을 적용하여 시공하기 편리하고 안전한 체결방식으로 시공자의 시공 편의성도 제공하고 있다. BIPV의 유닛화로 인해 다양한 타겟층의 소비자에게 접근성이 높아지고 심미적인 형태의 변화로 도시경관 사업에도 적용 가능하게 되었음을 검증하였다. 이로써, 연구문제에서 설정하였던 가설은 모두 유의미한 것으로 검증되었다.

7-2. 결론

BIPV(Building Integrated Photovoltaic)는 태양광 모듈을 건축물 마감재에 설치하여 건축 부자재의 역할 및 기능과 전력생산을 동시에 할 수 있는 태양광설비¹⁶⁾로 창호, 스펠드럴, 커튼월, 이중 파사드, 외벽, 지붕재 등 건축물을 완전히 둘러싸는 벽, 창, 지붕 형태로 설치되고 있다. BIPV는 국내외를 막론하고 각급 정부의 확대 지원 정책에 힘입어 일반 가정주택은 물론이고, 대형 물류 창고 및 공장 지붕, 철도역사와 공항 등의 사회 기반시설물과 초고층 빌딩, 고속도로 방음벽에 이르기까지 민관을 따지지 않고 다양한 수요 폭 증 외 응용확대가 이루어지고 있다. 본 개발 제품디자인과 모니터링 시스템은 사용자의 사용성 증대를 위해 퀄리티 높은 제품을 만들어 시장에서의 경쟁력 강화와

새로운 시장을 창출, 선도하여 기업과 사용자 모두에게 이익을 가져다 줄 것이다. 디자인 만족도 및 사용성 평가에 대한 설문조사 대상의 지역과 범위가 제한적으로 사용자와 모든 제품의 개선 방안으로 일반화하기에 어려움이 있으며, 따라서 연구 대상과 제품 및 서비스를 확대할 필요가 있다. 제품 설계와 디자인적 구성요소에 대한 설문과 관찰조사가 주를 이루어 제품의 기능 요소에 대한 기술적인 연구의 고도화할 필요가 있으며, 이를 통해 제품개발의 완성도가 높아질 것으로 여긴다. 제품디자인개발 시 아이디어 도출 방법의 다양한 접근과 보다 현실적인 제품 이미지를 구체화하고 시제품의 완성도를 향상시켜 테스트에 참여하는 실험자가 테스트 과정에 집중할 수 있도록 테스트 방법과 절차를 재구성할 필요가 있다. 본 연구의 결과를 토대로 복합 BIPV 유닛 패널 제품개발 및 모니터링 시스템을 기획하고 추진하는 데 기초 자료로 활용될 수 있을 것이며, 본 연구에 이어 새로운 제품개발 방법 적용 및 사용자 테스트 등의 실증 연구가 계속 이루어지기를 바란다.

참고문헌

1. 서선희 외 2, 광전기화학형 염료감응형 태양전지 기술, 한국물리학회 물리학과 첨단기술 논문집, 제16권(7), 2007, (재인용)전근식, 류수훈, BIPV를 활용한 건축물 디자인 계획에 관한 연구, 한국 디지털 건축인테리어학회 논문집 Vol.12 No.3, 2012
2. 이응직, 저탄소 건축을 위한 디자인도구 BIPV, 한국태양에너지학회지, 제10권 제3호, 2011
3. 전근식, 류수훈, BIPV를 활용한 건축물 디자인 계획에 관한 연구, 한국 디지털 건축인테리어학회 논문집 Vol.12 No.3, 2012
4. 전현우, 최규혁, 안재호, 박서준, BIPV 설치 입면 디자인을 위한 BIM기반 설계 지원 모델에 관한 연구, 한국생태환경건축학회 논문집 제17권 제6호(통권 제88호), 2017
5. 조지혜, 김유선, 태양광페패널의 관리실태 및 개선방안, KEI 한국환경정책·평가연구원(환경포럼), 제22권 제7호(통권 제226호), 2018
6. 조한술, 한승훈, 건물일체형 태양전지 적용 건축물의 심미성 평가체계 구축,

16) 한국에너지공단, 신재생에너지 설비심사세부기준

한국생태환경건축학회 논문집 제17권 제6호(통권 제88호), 2017

7. 박장우, '장기 계측 데이터 분석을 통한 건물일체형 태양광발전 시스템의 발전 성능 검증

방법론', 한밭대학교 대학원, 석사학위논문, 2014

8. 이안기, '도심지 주변환경을 고려한 BIPV 시스템의 설계 및 실증에 관한 연구', 숭실대학교 대학원, 박사학위논문, 2018