

IoT 기술을 이용한 스마트 윈도우 - 에어컨 연동

에너지 절감 실내온도 제어 시스템

Indoor temperature control system that saves energy by linking smart windows and air conditioners using IoT technology



부산대학교	수학과	202111134	이수빈
부산대학교	산업공학과	202027502	권혁찬
부산대학교	전기전자공학부	202025147	김진태
	전자공학전공		
부산대학교	물리학과	202012155	지재형

목차

I. 과제 동기

1. 과제의 목적, 개발동기 및 필요성
2. 선행 기술과 기존 기술과의 차별성

II. 과제 내용

1. 과제의 해결방안 및 수행과정
2. 과제 내용
3. 기대효과 및 활용방안

III. 비용 분석

1. 과제 수행을 위한 비용 분석

IV. 역할 분담

1. 팀원 간 역할 분담

V. 참고문헌

I. 과제 동기

1. 과제의 목적, 개발동기 및 필요성

현대 사회는 에너지를 절약하고 환경을 보호하는 기술의 발전이 필요하다. 급격한 기후 변화로 우리나라에서는 매년 여름과 겨울에 극단적으로 높고 낮은 이상 기온을 경험하고 있다. 실제로 해가 지날수록 역대까지의 최고기온, 최저기온이 갱신되어왔고 폭염 경보나 한파 주의보 등 기상 경보의 횟수도 잦아졌다. 이에 따라 냉,난방 기기의 사용도 함께 늘어나고 있다. 에어컨과 난방기를 가동하면 눈에 띄게 전력 사용량이 늘어나는 것을 확인할 수 있는데, 이때 햇빛에 의한 온도 변화를 이용하지 않고 냉,난방기만 과도하게 가동하다 보면 낭비되는 전력이 많음을 알게 되었다.

우리는 일조량을 측정하고 모드에 맞게 창문의 투명도를 0%부터 100%까지 다양하게 조절하는 스마트 윈도우를 개발해 보다 편리하게 빛을 조절할 수 있게 하고, 커튼을 친 것과는 다르게 바깥 경치도 볼 수 있어 좋은 전망을 유지할 수 있는 창문을 만들고자 한다. 또한 스마트 윈도우와 냉,난방기를 연동하여 자연 채광을 활용함으로써 친환경적이고 편리하게 실내 환경을 최적화 할 수 있고 과도한 냉,난방으로 고통받으며 에너지 낭비까지 발생하는 상황을 줄여 전력 소비를 절감할 수 있다. 이러한 통합 제어 시스템은 자동으로 쾌적한 환경을 만들어 주기 때문에 사용자가 어플이나 버튼 하나로 편리하게 환경을 제어할 수 있을 뿐만 아니라 라이프 스타일에 맞는 맞춤형 주거환경을 선사할 수 있다는 장점이 있다. 평범한 가정 뿐만 아니라 햇빛의 영향을 더욱 많이 받는 초고층 빌딩이나 다양한 유형의 건물에서 유용하게 사용되길 기대한다.

2. 선행 기술과 기존 기술과의 차별성

① 스마트 윈도우 기술

스마트 윈도우는 신소재를 적용해 창문의 투명도를 설정하거나 색깔을 달리해 실내 분위기를 바꿀 수 있는 창문을 말한다. 스마트 윈도우의 작동원리는 기본적으로 유리와 유리 사이에 나노 입자를 삽입하는 형태로 이뤄진다. 이 나노 입자에 전류를 흘려주면 빛이 통과하지 못하는 구조로 바뀌게 되는데 이것이 유리를 불투명하게 만든다. 전류가 통하는 정도에 따라 불투명한 정도를 조절할 수 있고, 전류를 차단하면 원래 본연의 투명한 유리로 돌아가게 된다. 스마트 윈도우 산업은 아직 활성화 되지는 못하고 있다.

② 에어컨 AI 모드

에어컨의 AI 모드는 사용자의 패턴을 학습하여 온도와 냉방, 제습, 청정, 무풍, 열대야 패턴을 자동으로 작동하는 운전 모드이다. Wifi 연결이 필요하며 희망 온도 도달까지

예상시간과 예상 전력량을 안내해준다.

아직 스마트 윈도우가 활성화되지 않은 탓에 기존에는 창문의 투명도를 수동으로 조절하거나 커튼을 사용하여 일조량을 조절하는 방식이 일반적이었다. 커튼이나 블라인드를 사용하게 되면 바깥 상황을 수시로 체크할 수 없어 채광을 사용 할 때를 판단하기 어렵고 전망이 가리게 된다는 단점이 있고 사용자가 지속적으로 신경을 써야 해서 개선이 필요했다. 그러나 스마트 윈도우 – 에어컨 연동 제어 시스템으로 일조량을 센서로 측정하고 어플로 시각화 할 수 있고 이를 기반으로 자동으로 창문의 투명도를 조절할 수 있다. 즉 창에 일조량 측정과 자동 제어 기능을 탑재한 전에 없던 통합 신기술이다. 그리고 적절한 위치의 센서로 보다 인간 친화적인 정보를 제공한다. 에어컨의 실내 온도 측정 기능에는 큰 맹점이 있는데, 바로 실내 온도 측정 센서가 에어컨 뒷면에 있다는 점이다. 이는 사람이 느끼는 온도와 에어컨이 측정한 온도의 차이를 만들어 내는데, 스마트 윈도우 – 에어컨 연동 시스템은 이 점을 개선하기 위해 사람과 가까운 곳에 센서를 부착하여 측정하려 한다. 또한 스마트 윈도우 – 에어컨 연동 시스템은 환경 보호와 에너지 절감을 목표로 하기 때문에 창문의 투명도를 조절함으로써 자연 채광 사용을 최대화하고, 동시에 냉,난방기와 연동하여 친환경적이고 효율적인 에너지 사용을 할 수 있다는 측면에서 기존 기술에서 발전된 모습을 보인다. 이는 하나의 플랫폼을 통해 실내 환경을 원터치로 편리하게 조절할 수 있어 편의성을 높이는 동시에 에너지 소비를 줄이는 스마트 제어 시스템의 통합이라는 점에서도 차별적이라고 할 수 있다. 특히 이 시스템은 보편적인 가정 뿐만 아니라 특별한 환경에 놓인 초고층 빌딩과 다양한 공공기관, 상업건물, 차량, 비행기 등 다방면으로 적용 가능하기 때문에 혁신적이다.

II. 과제 내용

1. 과제의 해결방안 및 수행과정

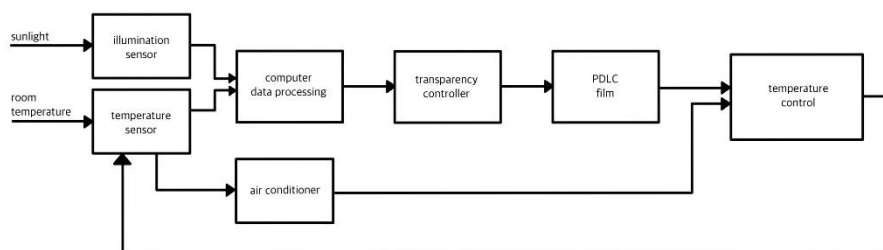


그림1. 스마트 윈도우 – 에어컨 연동 시스템 수행 과정

과제 해결에 필요한 기술적 요소들은 다음과 같다.

① 일조량 측정

창문에 부착하여 실시간으로 일조량을 측정하는 일조량 센서를 사용한다.

② 창 투명도 조절

창문의 투명도를 조절할 수 있는 기술이 필요하다. 전압으로 투명도를 조절하는 PDLC필름을 활용하여 투명도를 조절한다.

③ 냉,난방기와 연동

스마트 윈도우와 냉,난방기를 연동하여 자동으로 실내 환경을 제어하기 위해서는 통신기술이 필요하다. IoT 기술을 활용하여 스마트 윈도우와 냉,난방기가 상호작용 할 수 있도록 프로그램이 필요하다.

④ 데이터 분석 및 제어 알고리즘

수집된 일조량 데이터와 실내 온도 데이터를 분석하여 스마트 윈도우와 냉,난방기의 작동을 결정하는 알고리즘이 필요하다. 이를 통해 최적의 환경을 유지할 수 있다.

⑤ 사용자 인터페이스

사용자가 스마트 윈도우와 냉,난방기를 수동 또는 자동으로 제어할 수 있는 인터페이스가 필요하다. 이를 위해 모바일 애플리케이션 또는 웹 인터페이스 등이 사용될 수 있다.

⑥ 안전 및 보안

스마트 시스템은 안전하고 보안이 보장되어야 한다. 데이터의 안전한 전송 및 저장을 위한 암호화 기술과 접근 제어 기술이 필요하다.

⑦ 성능 평가 및 최적화

시스템의 성능을 평가하고 최적화하는 과정이 필요하다. 사용자의 피드백을 수집하여 시스템을 개선하는 작업이 중요하다.

2. 과제 내용

① 태양광의 복사열

태양광은 지구에 도달하여 표면을 가열시키는 복사열을 발생시킨다. 이 복사열은 건물의 창문을 통해 실내로 들어가게 되어 실내 온도를 올리는 영향을 준다. 이러한 태양광 복사열은 실내의 열 균형을 방해하고, 특히 여름철에는 실내 온도를

상승시키는데 기여한다.

② PDLC 필름의 과학적 원리 및 근거

1. PDLC 필름은 액정과 고분자의 혼합물로 구성되어 있다. 이 필름은 일정 전압이 가해지면 액정 분자가 정렬되어 투명한 상태가 되고, 전압이 제거되면 액정 분자가 무질서하게 배열되어 불투명한 상태가 된다.
2. 이 원리를 이용하여 PDLC 필름은 전압을 조절하여 투명도를 조절할 수 있다. 따라서 필름이 부착된 창문을 통해 들어오는 태양광 복사열을 조절하고, 이를 통해 실내 온도를 제어할 수 있다.

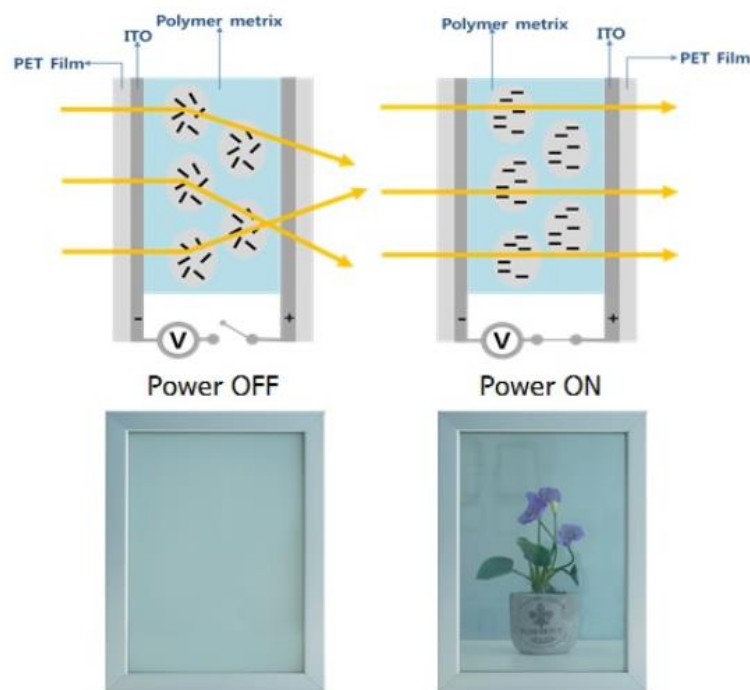


그림2. PDLC 필름 구동 원리

③ 에어컨의 온도조절 원리

에어컨이 실내 온도를 조절하는 과학적 원리는 주로 열 역학과 열전달의 원리에 기반한다.

1. 에어컨은 압축기를 사용하여 냉동 매질을 냉각한다. 이때 압축된 냉각매체는 열을 방출하여 액체에서 기체로 변화하고, 이렇게 변화된 공기는 실내 공기를 냉각한다.
2. 에어컨은 내부의 냉각매체를 사용하여 실내의 열을 흡수하고 외부로 방출한다. 이 과정은 열 전달의 기본 원리에 의해 이루어진다. 실내의 열은 냉각 매체로 전달되어 실외로 방출되고, 이에 따라 실내 온도가 낮아지게 된다.

3. 에어컨은 또한 실내 온도를 조절하기 위해 열 다량을 제어한다. 이것은 실내 공기의 습도와 온도를 모니터링하여 적절한 조건을 유지하고, 그 결과로 실내 환경을 쾌적하게 유지한다.

이러한 과학적 근거를 통해 태양광의 복사열과 PDLC 필름이 실내 온도에 미치는 영향을 이해하고, 에어컨은 열역학과 열전달의 원리에 기반하여 에너지 효율적인 실내 환경을 조성할 수 있다.

우리가 다룰 제어는 크게 두가지 빛과 온도이다. 빛과 온도 제어를 동시에 하게 되면 사용자가 원하는 온도와 밝기에 따라서 제어 충돌이 예상된다. (ex. 원하는 온도는 낮으나 원하는 밝기나 높은 경우) 그에 따른 해결 방안으로는 밝기 조절 모드와 온도 조절 모드를 분리하여 실행하는 것이다. 창외 투광도를 조절해 들어오는 빛을 제어하고 실내로 들어오는 빛과 그에 따른 온도를 모두 고려하여 제어하는 두가지 경우를 만들겠다.

우선 태양광에 의한 실내의 밝기를 조절하는 경우이다. 실내 밝기를 사용자가 원하는 정도로 유지 또는 조절할 수 있도록 어플로 입력 받는다. 실내에서 태양광에 의해 측정되는 조사량을 조도 센서로 측정하여 그 데이터를 컴퓨터로 전송한다. 사용자가 지정한 밝기 기준과 측정된 조사량의 차이를 비교하여 밝기를 얼마나 변화시켜야 할지 판단한다. 변화시킬 만큼 전압을 조절하여 PDLC필름의 투과도를 조절한다. PDLC필름은 Polymer Dispersed Liquid Cristal이며 각 단어의 앞글자를 따서 PDLC라고 부른다. 고분자 분산 액체형태 유리이며 한가지 물질만으로 구성된 것이 아니다. PET 필름과 ITO가 외부를 구성하고 있고 내부에는 액정이 물방울 형태로 분포하고 있다. 그리고 전기의 인가 여부에 따라 내부 구조가 변하면서 불투명, 투명으로 변한다. 전원을 끄면 내부 분자들이 분산하여 직사광선을 투과시키지 못하고 불투명한 상태로 변하고, 전기가 통하면 내부 분자들이 정렬하면서 직사광선을 투과시키고 투명한 상태로 변한다. 이런 원리로 작동하는 PDLC필름에 전압을 조절하여 원하는 만큼 빛을 차단할 수 있게 투광도를 조절한다.

온도 또한 사용자가 지정한 온도로 실내 온도를 유지할 수 있도록 어플로 입력 받는다. 태양광에 의한 조사량을 조도 센서로 측정하고 컴퓨터로 전송한 뒤, 원하는 온도 만큼 조절하기 위해서 일사량과 에어컨을 연동하여 전력을 최적으로 사용하는 지점에서의 PDLC필름에 줄 전압과 에어컨 온도를 판단한다. 이때 에어컨에 전송할 온도 정보는 현재 실내 온도를 측정하는 온도 센서에서 그 평균을 구하여 컴퓨터에 전송한 후 판단한다. 그 후 PDLC필름과 에어컨에 정보를 전송하고 필름의 투과율을 조절하며 에어컨을 가동한다. 여기서 PDLC필름과 에어컨을 통한 온도 조절 후 피드백 제어를 통하여 계속하여 실내의 온도를 측정하고 앞의 과정을 거치며 PDLC필름과 에어컨을 제어하여 실내 온도를 조절한다. 기존의 에어컨만으로는 온도조절과 다르게 채광량 제어를 통한 온도조절도 함께 실행하므로 전력 소모량을 절감할 수 있다고 기대한다.

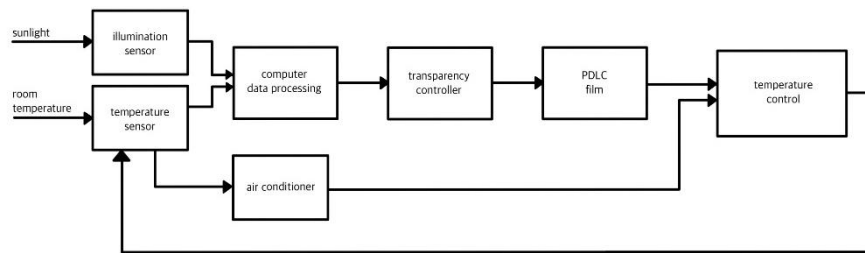


그림3. 스마트 윈도우 - 에어컨 연동 시스템

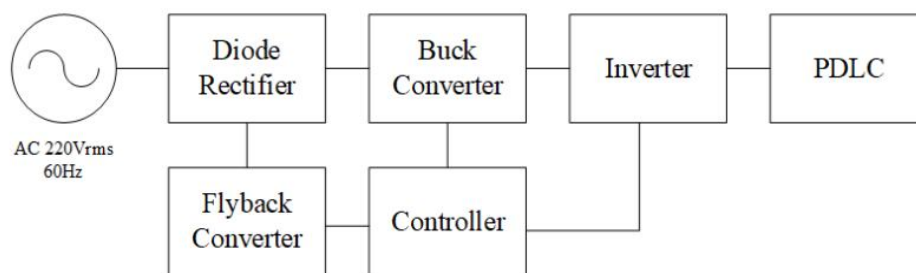


그림4. PDLC 구동 시스템 (인버터 시스템)

3. 기대효과 및 활용방안

사용자는 스마트 통합 제어 시스템으로 어플을 사용하여 실내 환경을 편리하게 제어할 수 있다. 창문이 일조량을 측정하고 그에 따른 실내 온도 변화를 감지하여 사용자가 원하는 환경으로 만들기 위해 스마트 윈도우를 통한 자연광 조절과 냉,난방기를 통한 실내온도 조절이 함께 일어난다. 과도한 냉,난방기 사용을 자제하고 자연 채광을 이용한다는 점에서 효율적으로 에너지를 절감할 수 있어 전력 요금의 절감과 함께 환경 보호에도 긍정적인 영향을 미친다. 특히 뜨거운 태양열기로 여름이면 에어컨을 끌 수 없다는 초고층 건물 거주자들에게 효율적일 것이다. 또한 다양한 모드와 창에 내장된 기술로 실내 인테리어나 전망을 해치는 경우 없이 개인의 라이프스타일에 맞게 쾌적한 환경을 유지할 수 있다는 장점도 있다.

긍정적인 실용성과 기대효과 뿐만 아니라 시장성도 뛰어나다. 현대 사회에서는 스마트 홈 기술에 대한 수요가 나날이 높아지고 있다. 가령 엘리베이터 호출 시스템과 등록 차량 출입 알림 등과 같은 기술들을 적용한 주거 환경이 대폭 늘고 있다. 이러한 주거 시장 트렌드와 건물 자동화 시장에 부합하는 스마트 윈도우와 에어컨 연동 시스템은 시장에서 경쟁력을 갖출 수 있다. 주거환경 뿐만 아니라 상업용 및 공공 시설을 포함한 다양한 건물에서도 이러한 스마트 시스템을 활용할 수 있다.

스마트 시스템의 도입으로 과도한 냉,난방을 줄여 전력 소비를 줄일 수 있다. 이는 전력 요금의 절감으로 이어질 뿐만 아니라 장기적으로는 에너지 효율성으로 인한 경제적 이득을 얻을 수 있다. 또한 자동화된 시스템은 원격 모니터링과 자가 진단 등의 기능을 통해 문제를 빠르게 파악하고 해결하며 유지 보수 및 관리 비용을 줄일 수 있다.

Ⅲ. 비용 분석

1. 과제 수행을 위한 비용 분석

항목	세부항목	소요비용(원)
재료비	아두이노 센서 키트	25,300 + 2,500
재료비	아두이노 우노 키트	36,500 + 2,500
재료비	PDLC 필름	70,000 + 2,500
재료비	소형 에어컨	100,000
기타 경비	기타	50,000
합계		289,300

Ⅳ. 역할 분담

1. 팀원 간 역할 분담

성명	역할	참여도(%)
이수빈	팀대표, 계획서 작성, 인터페이스 제작	25%
권혁찬	이론 및 재료 가격 조사, 보고서 작성	25%
김진태	계획서 작성, 제어 시스템 설계	25%
지재형	이론 조사, 보고서 작성	25%

Ⅴ. 참고문헌

이주찬, 이진우, 목형수 "투과도 조절기능이 포함 된 PDLC 전원 공급 장치 개발", 『건국대학교』, ㈜리비콘