

11-1543
000-002
573-01

보안 과제(), 일반 과제() / 공개(), 비공개()발간등록번호()
첨단생산기술개발사업 사업 최종 보고서

발간등록번호
11-1543000-002573-01

일사량 측정과 전원공급에 동시 활용 하는 태양전지 일체형 노지 센서노드 개발 최종보고서

2018. 12. 27.

주관연구기관 / 주식회사 지농

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

일사량

측정과

전원공급에

동시

활용을

위한

태양전지

일체형

노지

센서노드

개발

최종보고서

농림식품기술기획평가원

농림축산식품부

<제출문>

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “일사량 측정과 전원공급에 동시 활용하는 태양전지 일체형 노지 센서노드 개발”(개발기간 : 2017. 12. 28. ~ 2018. 12. 27.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018 . 12. 27.

주관연구기관명 : 주식회사 지농 (대표자) 박 혼 동 (인)

주관연구책임자 : 주식회사 지농 이세용

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	117107-01-1-SB010	해 당 단 계 연 구 기 간	1차년도	단 계 구 분	1차년도/ 1차년도
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	첨단생산기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	일사량 측정과 전원공급에 동시 활용하는 태양전지 일체형 노지 센서노드 개발			
연구책임자	이세용	해당단계 참여연구원 수	총: 4명 내부: 4명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부: 천원 민간: 천원 계: 천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 명 내부: 명 외부: 명	총 연구개발비	정부: 천원 민간: 천원 계: 천원
연구기관명 및 소속부서명	주식회사 지농			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음					
연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반				

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구 시설· 장비	기술 요약 정보	소프 트 웨어	화합 물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호	eISSN : 2234-1862 pISSN : 1738-1266	10-2018- 0125592									

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다) 보고서 면수

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>본 연구개발의 최종 목표는 태양전지를 전원과 일사량 계산을 위한 센서로 활용하는 노지환경에 적합한 센서노드를 개발하는 것이다. 본 연구개발의 목표를 효과적으로 달성하기 위해 2가지 세부연구개발파트를 설정하였다. 첫째 세부파트는 태양전지모듈의 단락전류와 기상정보를 활용하여 일사량을 계산할 수 있는 인공지능 모델을 개발하는 것이다. 둘째 세부파트는 태양전지모듈의 용량, 배터리 용량, 센서노드의 전력소모등을 고려하여 센서노드를 개발하는 것이다.</p>				
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○인공지능을 활용한 일사량 계산 모델 및 보정 모델 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 태양전지 모듈의 단락전류와 일사센서의 일사량 데이터를 수집하여 인공지능망 학습을 통한 일사량 추정 모델 개발 ○태양전지기반의 센서노드 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 온습도 센서, 무선통신 모듈, 태양전지 모듈로 이루어진 태양전지 일체형 센서노드 개발 - LoRa 무선통신 기술 적용 - 다수의 센서 노드로부터 데이터 수집을 위한 타임할당 기법 구현 - 일사량 보정모델 탑재 ○ 본 연구개발에서는 다음과 같은 정량적 성과목표를 달성하였다. <ul style="list-style-type: none"> - 특허 출원 : 1건 - 사업화 제품화/매출액 : 1건, 국내 28백만원 - 고용창출 : 2명 - 논문 : 1건 - 학술 발표 : 1건 - 표준화 : 1건 				
<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>본 연구개발의 결과물인 센서노드는 태양광 발전과 동시에 일사량을 측정하는 경제적이고 효과적인 기술을 기반으로 하기 때문에 값비싼 일사량 측정 센서를 값싼 가격으로 대체할 수 있어 경제성이 맞지 않는 노지환경에도 부담없이 설치가 가능하며 환경계측에 소요되는 운영비용이 발생하지 않고 연계된 제어기, 전원선, 통신선 등이 없기 때문에 유지, 보수 및 위치 변경이 용이한 장점을 배경으로 노지 과수농가등에 보급이 용이할 것으로 기대된다.</p>				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	태양전지	일사량	노지센서노드	온습도	로라무선통신
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	Solar Module	Solar Radiation	Field Sensor Node	Temperature & Humidity	LoRa Wireless Communication

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

<본문목차>

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	1
2. 연구수행 내용 및 결과	4
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	21
4. 연구결과의 활용 계획 등	24
붙임. 참고 문헌	24

<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발 목적

본 연구개발의 최종 목표는 태양전지를 전원과 일사량 계산을 위한 센서로 활용하는 노지환경에 적합한 센서노드를 개발하는 것이다. 본 연구개발의 목표를 효과적으로 달성하기 위해 2가지 세부연구 개발파트를 설정하였다. 첫째 세부파트는 태양전지모듈의 단락전류와 기상정보를 활용하여 일사량을 계산할 수 있는 인공지능 모델을 개발하는 것이다. 둘째 세부파트는 태양전지모듈의 용량, 배터리 용량, 센서노드의 전력소모등을 고려하여 센서노드를 개발하는 것이다.

1-2. 연구개발의 필요성

가. 노지용 통합 환경 계측 장비의 필요성

최근 온실은 다양한 첨단 기술을 적용하여 자동 센싱 및 제어가 가능하지만, 노지 환경에 필요한 다양한 환경 계측 장비들은 상대적으로 개발이 미비한 현실임.

노지환경은 전원의 공급이 용이하지 않으며 외부 기상에 센서노드가 노출되어야 하는 특성이 있음. 또한 농작업에 불편하지 않도록 작은 사이즈로 개발하고 설치가 용이해야 함.

노지에 필요한 환경 계측을 수행하면서 별도 전원이 필요 없는 노지용 통합 센싱 장비가 필요함

나. 저비용의 환경 계측 시스템의 필요성

노지에서 필요한 대표적인 환경 계측 요소로는 온도, 습도, 광도(일사량), 지온, 지습 등이 있음.

지금까지 온실에서 주로 계측해온 온도, 습도의 경우 다양한 산업 분야의 요구로 인하여 해당 센서 모듈의 높은 제품 생산 수준이 이미 확보되어 높은 정밀도의 센서를 저가로 구매하는 것이 가능해졌음.

하지만 일사량은 고품질 작물 생산 또는 생장 촉진에 중요한 요소지만 30~300만원의 가격으로 상대적으로 비싼 센서가격을 형성하고 있음.

이와 같은 비용은 현재 농가의 현실상 투자하기 어려운 수준이기 때문에 가격을 50% 이상 떨어뜨릴 수 있는 기술을 개발하는 것이 필요함.



(주)엔코시스 (한국)



LI-COR (미국)



Envco (호주)



Middleton Solar (호주)

<일사량 센서의 기존 제품 및 제조사>

다. 저전력 무선 통신기술을 통합한 독립형 환경 계측 시스템의 필요성

저전력 무선 통신 기술을 농업 분야에 적용하려는 다양한 시도가 있었지만 아직까지 실제 기술이 상용화된 사례는 없음.

특히 센서를 위한 전원 공급이 문제가 되는데, 이를 해결하기 위해 다양한 방법들이 제안되고 있었지만 노지 환경에서는 태양광 발전을 이용한 전원 공급이 가능성이 높음.

독립형 환경 계측 시스템은 유지, 보수, 위치 변경 등을 자유롭게 수행할 수 있다는 점에서 노지환경에 있어서 큰 장점이 되며, 초기 설치 시에도 설치할 위치를 결정하고 하나의 장비만 위치하면 설치

가 끝나기 때문에 작물 관리 작업에 전혀 불편함이 없음.

추가적으로 작물의 경우 성장 단계에 따라서 작물에 따라서 환경 계측을 해야 하는 최적의 위치 및 높이가 변경되게 되는데 가장 효과적인 위치의 환경 계측으로 운영한다면 작물 생육을 위한 최적 환경 계측이 수행될 수 있음.

라. 태양전지를 이용한 일사량 측정을 통한 원가 절감

일사량의 측정을 위해서 일사량계를 사용하는데 센서의 종류에 따라 thermopile 타입의 일사량계와 photodiode 타입의 일사량계로 구분됨.

Thermopile 타입의 일사량계는 태양광의 방사에너지를 열로 변환하여 측정하는 방식으로 스펙트럼의 변화에도 일정한 반응을 내는 특성이 있어 고가에 판매됨.

Photodiode 타입의 일사량계는 photodiode의 스펙트럼 특성에 따라 그 출력에 영향을 받는 단점이 있어 상대적으로 저가에 판매됨.

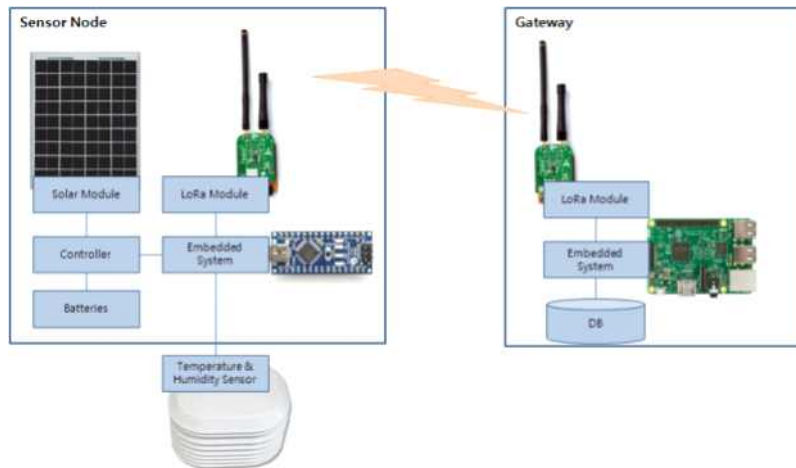
태양전지모듈은 사실 커다란 photodiode 이기 때문에, 충분히 일사량 측정을 이용하여 사용될 수 있음.

다만 태양전지의 출력값은 일사량 뿐만 아니라 태양전지의 온도, 스펙트럼, 입사각, 운량 등의 요인도 영향일 미치기 때문에 다양한 변수를 보정할 수 있는 기술적 보완이 필요함.

Whillier(1964)와 Kerr et al.(1967)은 실리콘 태양전지를 이용하여 일사량계를 만드는 연구를 수행하였고, 이는 현재의 photodiode 타입의 일사량계의 시초가 되었음.

Kim et al. (2012) 는 태양전지모듈을 통해 통계적으로 일사량을 예측을 수행한 바 있으며 인공지능을 활용할 경우 더 정확한 일사량을 측정할 수 있을 것으로 기대됨.

1-3. 연구개발 범위



일사량 추정 인공지능 기술이 적용된 태양전지 일체형 복합센서노드 개발

세부목표 1 - 인공지능을 활용한 일사량 계산 모델 및 보정 모델 개발

- 1) 데이터 획득용 프로토타입 제작
- 2) 학습을 위한 데이터 수집
- 3) 인공지능망 학습을 통한 일사량 모델 개발
- 4) 태양전지모듈간 차이를 보정하기위한 보정 모델 개발

세부목표 2 - 태양전지기반의 센서노드 개발

- 1) 부품선정
- 2) 센서노드 설계 및 개발
- 3) 센서노드 하우징 설계 및 개발

2. 연구수행 내용 및 결과

2-1. 프로토타입 개발

가. 프로토타입의 개요

태양전지 기반 센서노드를 개발하기 전에 다양한 프로토타입을 개발하여 시험을 해 볼 필요가 있다. 또한, 센서노드에 맞는 일사량 모델 개발을 위해 데이터 수집도 필요하다. 이를 위해 프로토타입을 개발하여 테스트를 진행하고 더불어 일사량 모델 개발을 위한 데이터 수집에도 활용하였다.

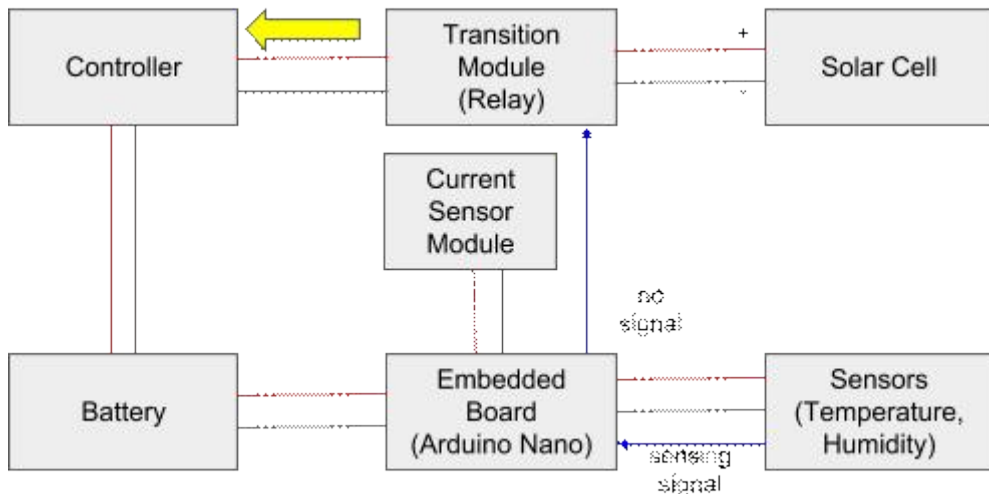
나. 개념설계

프로토타입 개발을 위해 개념적 설계를 진행하였다. 개발하고자하는 센서노드의 요구사항을 정리하고 이를 기반으로 필요한 모듈과 동작방식등의 개념설계를 진행하였다.

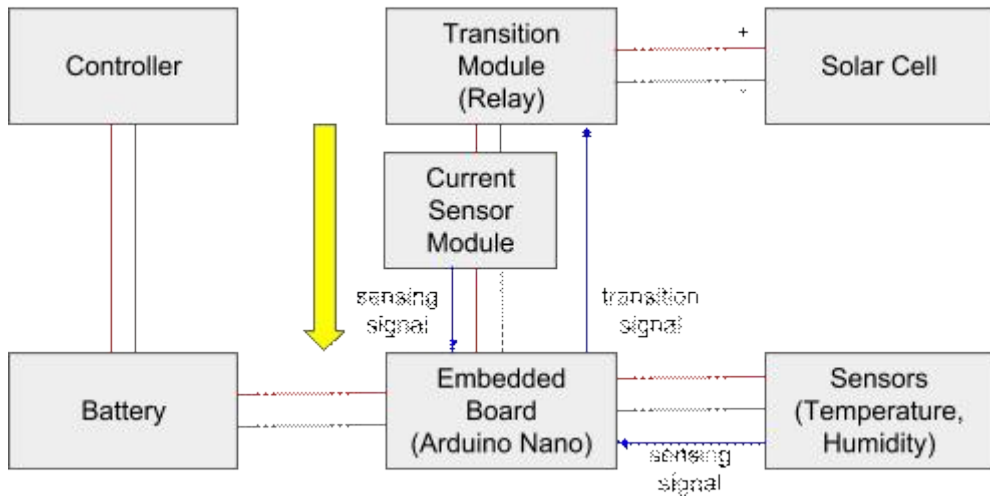
개발하고자하는 센서노드의 요구사항은 다음과 같다.

1. 상시전원을 사용하지 않고 태양전지로 충전되는 배터리를 사용한다.
2. 태양전지의 단락전류를 이용하여 일사량을 추정한다.
3. 온도와 습도를 측정할 수 있는 센서를 포함한다.
4. 노지에 설치가 가능하도록 한다.

이를 위해 개념설계된 센서노드는 다음과 같은 구성을 갖는다. 임베디드 보드에서 신호가 나가지 않으면 태양전지의 출력은 컨트롤러로 그대로 흘러가게 되고, 컨트롤러를 통해 배터리 충전이 이루어진다. 노란색 화살표는 전기의 흐름을 나타낸다.

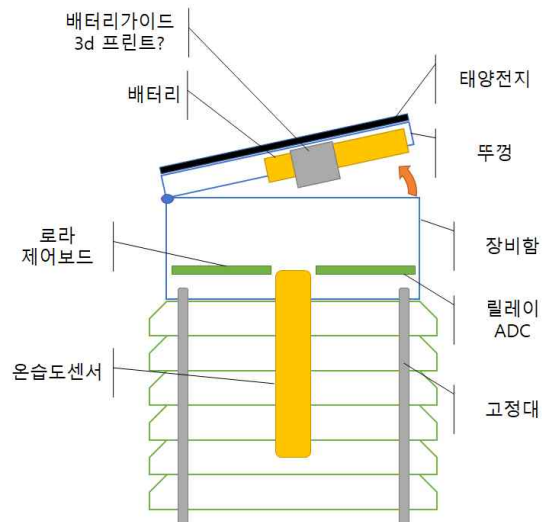


일정 주기로 임베디드 보드에서 신호를 보내면, 릴레이가 동작하게 되고, 태양전지의 출력은 컨트롤러가 아닌 전류센서모듈로 흘러가게 된다. 그 시간동안 충전은 되지 않는다.

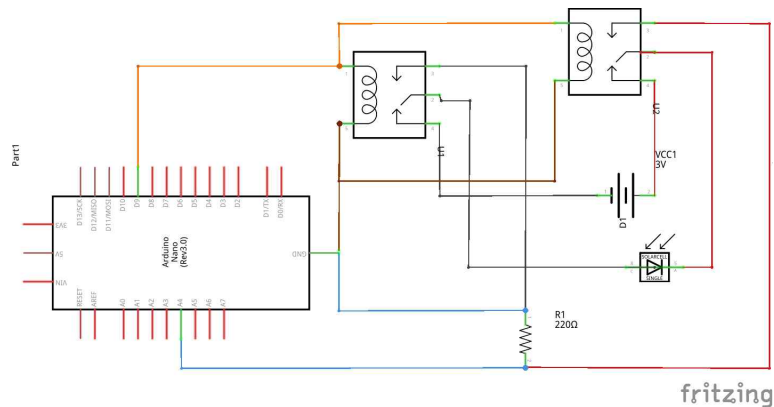


다. 프로토타입의 설계

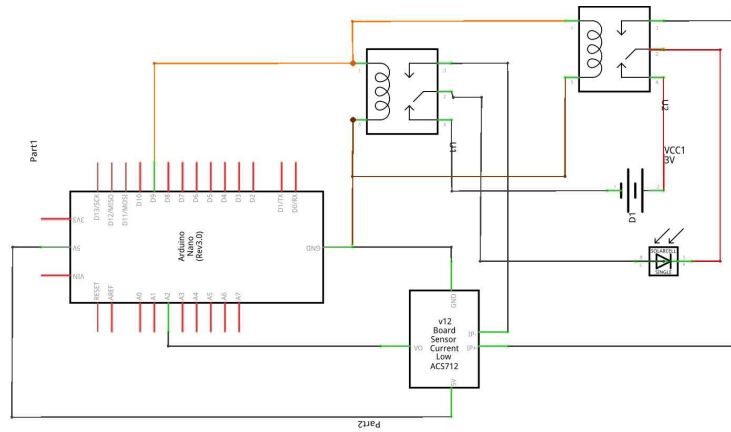
개념설계를 기반으로 프로토타입을 다음과 같이 설계하였다. 프로토타입은 크게 장비부와 백엽상부로 나뉜다. 장비부는 장비함으로 구성되어 배터리, 로라보드, 제어보드 등을 담고 있으며 상부에 태양전지를 부착하도록 한다. 백엽상 내부에는 온도센서와 습도센서를 거치할 수 있도록 구성한다.



장비함 내의 배터리, 로라보드, 제어보드등의 전자부품은 다음과 같이 연결될 수 있도록 구성하였다. 프로토타입은 3가지 버전으로 설계되었으며 최종버전으로 개발이 되었다.

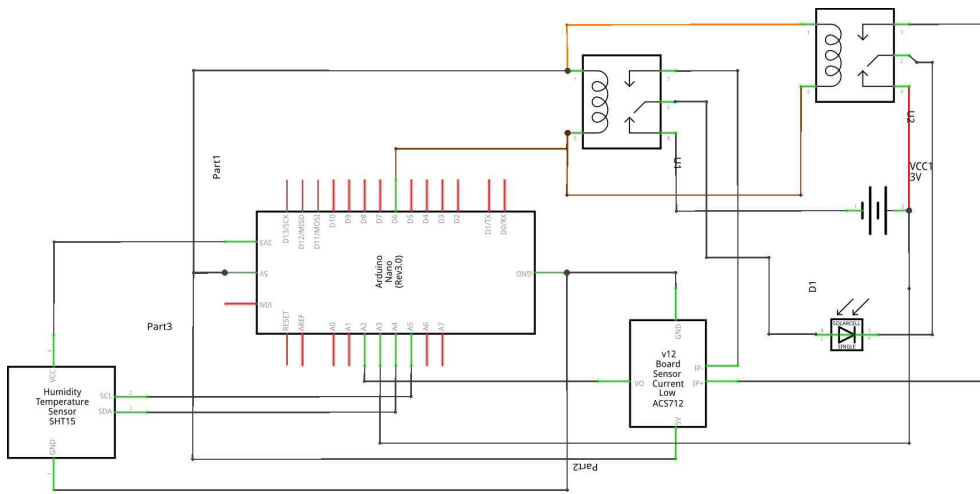


버전 1



fritzing



버전 2



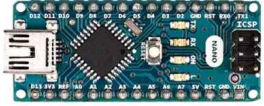
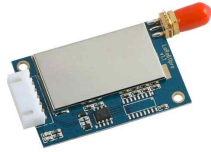


fritzing

버전 3

개발에 사용된 하드웨어의 사양은 다음과 같다.

Item	Specification	Appearance
Solar Module	Power: 2W Max Power Voltage: 6V Max Power Current: 330mA Open-Circuit Voltage: 7.2V Short-Circuit Current: 363mA	
Battery	MOTA GST-TEM2-4000 Capacity: 4000mAH Voltage: 5V	

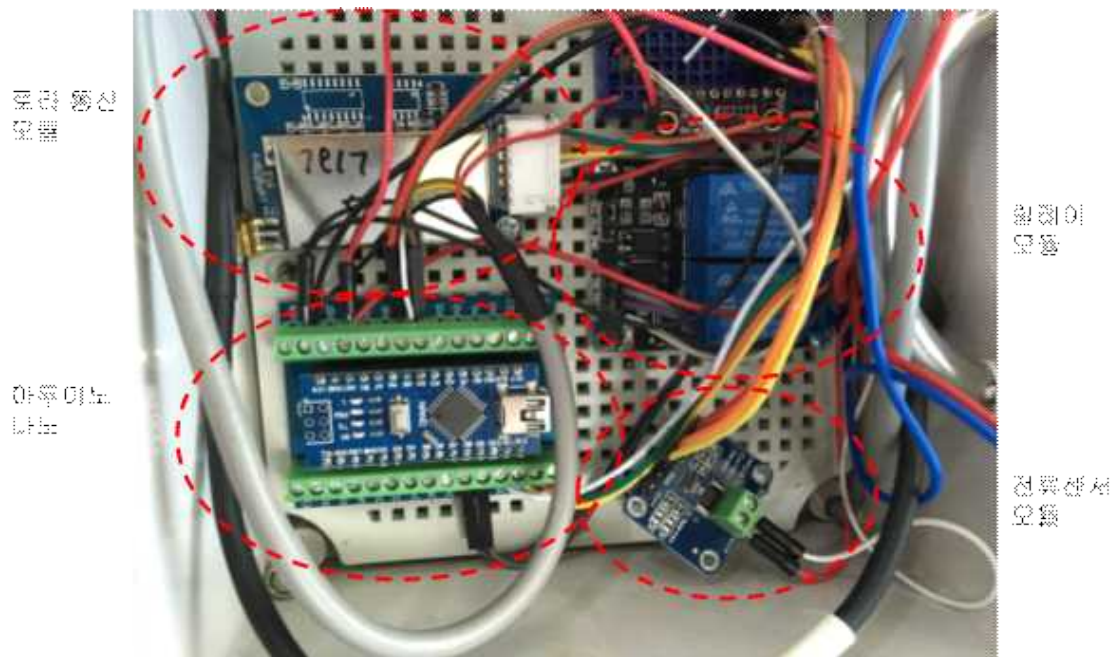
Controller	DC-DC Converter Voltage: 5V Current: 1.6A USB type	
Sensor	AOSONG AM2315 voltage : 3.5 to 5.5V current : 10 mA humidity : 0-100% (2% accuracy) temperature : -20 to 80°C (±0.1°C)	
Embedded Board	Arduino Nano Microcontroller : ATmega328 Architecture : AVR Operating Voltage : 5 V Flash Memory : 32 KB SRAM : 2 KB Clock Speed : 16 MHz	
LoRa Module	G-NiceRF LoRa611Pro Frequency : 915MHz Interface : TTL Max output power : 100mW Voltage : 3.3-6.5V Channel : 40	

라. 프로토타입의 개발

개발된 프로토타입의 외관은 다음과 같다. 실제 센서노드는 태양전지의 단락전류를 통해서 일사량을 추정하지만 프로토타입은 일사량 모델 학습을 위해서 실 값인 일사량 값이 필요하다. 이를 위해 센서노드 옆에 일사량계를 설치하여 데이터수집이 이루어지도록 구성하였다.



프로토타입의 내부구성은 다음과 같다.



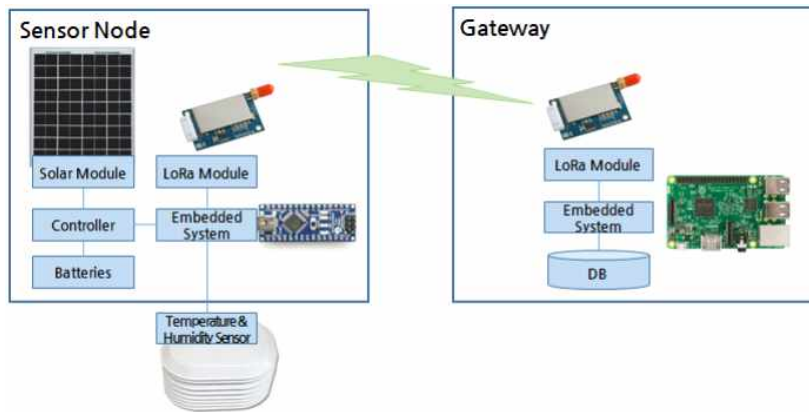
2-2. 인공지능을 활용한 일사량 계산 모델 및 보정 모델 개발

가. 인공지능모델의 개요

본 연구는 무선센서에서 전원으로 많이 활용되는 태양전지를 이용하여 일사량을 측정하는 방법을 이용하기 위한 것이다. Kim et al. (2012)은 통계적인 방법을 통해 태양전지 모듈을 이용해 일사량을 측정하였고, 이후 인공지능모델을 활용하여 일사량 추정이 더 정확해질 수 있음을 보였다. 본 연구에서는 이 모델을 발전시켜 실제 센서노드에 적용할 수 있는 기술로 개발하고자 하였다.

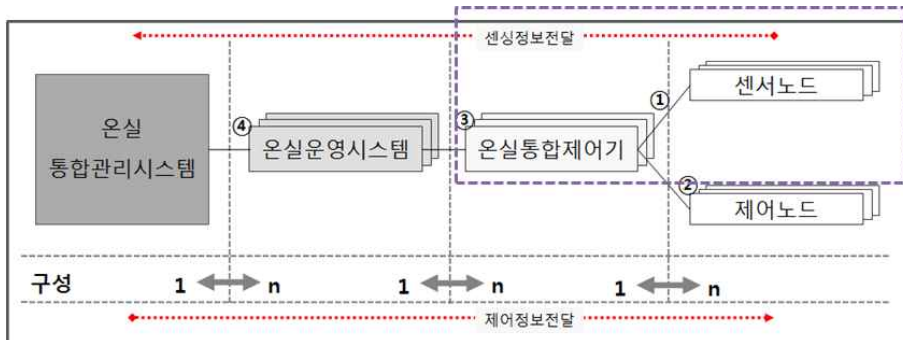
나. 데이터 통신 기술 선정

개발된 프로토타입을 활용하여 일사량 모델개발에 활용할 수 있는 데이터를 수집하고자 하였다. 이를 위해 가장 먼저 데이터 수집 방법을 결정하였다. 데이터 통신 기술로 LoRa를 선정하였다. LoRa는 저전력 장거리 무선통신 기술로 농업환경에서 활용하기 적합한 기술로 알려져있으며 많은 연구에서 활용되고 있다.



다. 데이터 통신 프로토콜 개발


데이터 통신을 위한 프로토콜로 적절한 프로토콜이 없어, 경북대 박두산교수팀과 함께 신규 프로토콜 표준을 개발하였다. 개발된 표준의 범위는 보라색 점선 박스에 해당하는 영역이며 비연결형으로 통신하는 프로토콜로 개발되었다.



개발된 프로토콜의 특징과 메시지 프레임의 형식은 다음과 같다.

기 제정된 표준과의 호환성 고려 고정길이(48bytes)의 메시지 배터리 동작을 고려하여 전송주기 설정 가능 BASE64 인코딩된 아스키형태로 전송 최소한의 메시지 개수 (3개)	요청	Header					Body
		Msg Code	Msg Type	Sensor Node ID	Seq Number	Reserved	Payload
		1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	4 Bytes	N Bytes
	응답	Header					Body
		Msg Code	Msg Type	Sensor Node ID	Seq Number	Res Code	Reserved
		1 Byte	1 Byte	1 Byte	1 Byte	3 Byte	N Bytes

개발된 표준은 TTA를 통해 제정되었다.



정보통신단체표준(국문표준)
TTAK.KO-10.1088 제정일: 2018년 12월 19일

**스마트팜 센서 노드와 게이트웨이간
비연결형 통신 프로토콜**

Connectionless Data Transmission Protocol
between Sensor Node and Gateway for Smart
Farm

TTA 한국정보통신기술협회
Telecommunications Technology Association

표준초안 검토 위원회		스마트농업 프로젝트그룹(PG426)			
표준안 심의 위원회		정보기술 융합 기술위원회(TC4)			
	성명	소속	직위	위원회 및 직위	표준번호
표준(과제) 제안	김준용	서울대학교	선임연구원	농식품ICT융합 표준포럼위원	
	박두산	경북대학교	조교수		
표준 초안 작성자	김준용	서울대학교	선임연구원	농식품ICT융합 표준포럼위원	TTAK.KO-10.1088
	박두산	경북대학교	조교수		
	박수현	한국과학기술연구원	선임연구원		
사무국 담당	이세용	주식회사 지농	실장	농식품ICT융합 표준포럼위원	
	박우정	한국농정연구원	플래너	PG426 주위임	
	허미영	한국전자통신연구원	책임연구원	PG426 위원	
	현욱	한국전자통신연구원	책임연구원	PG426 위원	
	박예슬	TTA	전임연구원		

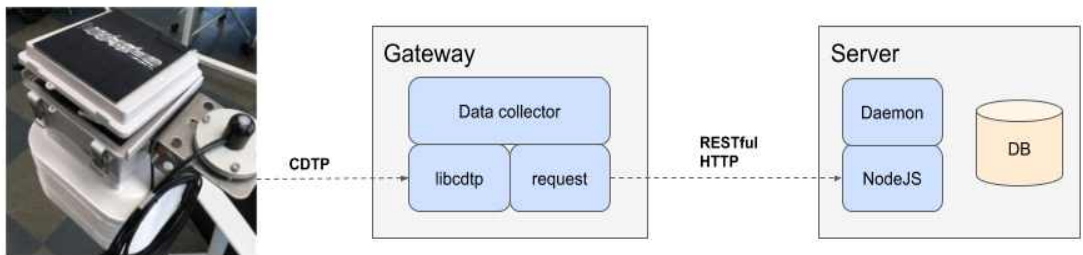
본 문서를 위한 저작권은 TTA에 있으며, TTA와 사전 협의 없이 이 문서의 전체 또는 일부를 상업적 목적으로 복제 또는 배포해서는 안 됩니다.

본 표준 발간 이전에 필수권 지식재산권 특허 신청 정보 본 표준의 '부록(지식재산권 특허 신청 정보)'에 명시되고 있으며, 이를 필수권 지식재산권 특허자는 TTA 행사이력에서 확인할 수 있습니다.

본 표준과 관련하여 접수된 특허 신청 요의 지식재산권은 존재할 수 있습니다.

발행인 : 한국정보통신기술협회 회장
발행처 : 한국정보통신기술협회
15591, 경기도 성남시 분당구 분당로 47
Tel : 031-724-0114, Fax : 031-724-0109
발행일 : 2018.12

라. 모델 개발을 위한 데이터 수집 프로그램 개발
프로토타입에서 전송되는 데이터 수집을 위해 전용 프로그램을 개발하였다. 개발된 프로그램은 프로토타입으로부터 LoRa 통신으로 전송되는 CDTTP패킷을 받아서 파싱하고 이를 RESTful 서버로 전달하여 데이터를 저장할 수 있도록 구성되었다.



개발된 프로그램의 작동화면은 다음과 같다.

```

pi@raspberrypi:~/cvtgate/gate
[{"values": [{"value": 20, "sid": 5}], "snid": 7}
{"values": [{"value": 140, "sid": 1}, {"value": 191, "sid": 2}, {"value": 526, "sid": 3}, {"value": 11, "sid": 4}, {"value": 20, "sid": 5}], "snid": 7}
http://localhost:10010/solarapi/observation/ [{"values": [{"value": 140, "sid": 1}, {"value": 191, "sid": 2}, {"value": 526, "sid": 3}, {"value": 11, "sid": 4}, {"value": 20, "sid": 5}], "snid": 7}
ok
saved.
note callback executed
read : [ 65 103 77 72 65 81 65 65 65 65 65 70 65 81 67 78 65 103 67 47 65 1
19 73 78 66 65 65 77 66 81 65 86 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65
65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65
]
[INFO]mte_cdtcp.py:74] 2019-02-06 17:07:45,348 > buf: AgMHAQAAAAFAOCNAgC/AwINBAAMBAQAVAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA
parsed {"values": {"SNID": 7, "observations": [1: 141, 2: 191, 3: 525, 4: 12, 5: 21]}, "object": 1965798056, "type": "
Notification"}
{"values": [{"value": 141, "sid": 1}, {"value": 191, "sid": 2}, {"value": 525, "sid": 3}, {"value": 12, "sid": 4}, {"value": 21, "sid": 5}], "snid": 7}
{"values": [{"value": 141, "sid": 1}, {"value": 191, "sid": 2}, {"value": 525, "sid": 3}, {"value": 12, "sid": 4}, {"value": 21, "sid": 5}], "snid": 7}
http://localhost:10010/solarapi/observation/ [{"values": [{"value": 141, "sid": 1}, {"value": 191, "sid": 2}, {"value": 525, "sid": 3}, {"value": 12, "sid": 4}, {"value": 21, "sid": 5}], "snid": 7}
ok
saved.
note callback executed
read : [ 65 103 77 72 65 81 65 65 65 65 65 70 65 81 67 78 65 103 67 47 65 1
19 73 78 66 65 65 75 66 81 65 86 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65
65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65 65
]
[INFO]mte_cdtcp.py:74] 2019-02-06 17:08:41,429 > buf: AgMHAQAAAAFAOCNAgC/AwINBAAMBAQAVAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA
parsed {"values": {"SNID": 7, "observations": [1: 141, 2: 191, 3: 525, 4: 10, 5: 21]}, "object": 1965799280, "type": "
Notification"}
{"values": [{"value": 141, "sid": 1}, {"value": 191, "sid": 2}, {"value": 525, "sid": 3}, {"value": 10, "sid": 4}, {"value": 21, "sid": 5}], "snid": 7}
{"values": [{"value": 141, "sid": 1}, {"value": 191, "sid": 2}, {"value": 525, "sid": 3}, {"value": 10, "sid": 4}, {"value": 21, "sid": 5}], "snid": 7}
http://localhost:10010/solarapi/observation/ [{"values": [{"value": 141, "sid": 1}, {"value": 191, "sid": 2}, {"value": 525, "sid": 3}, {"value": 10, "sid": 4}, {"value": 21, "sid": 5}], "snid": 7}
ok
saved.
note callback executed

```



```

[{"snid":5,"sid":1,"obstime":"2019-01-31 16:21:25","value":244}, {"snid":5,"sid":2,"obstime":"2019-01-31 16:21:25","value":107}, {"snid":5,"sid":3,"obstime":"2019-01-31 16:21:25","value":890}, {"snid":5,"sid":4,"obstime":"2019-01-31 16:21:25","value":5}, {"snid":5,"sid":5,"obstime":"2019-01-31 16:21:25","value":65535}, {"snid":2,"sid":1,"obstime":"2019-01-31 16:21:14","value":246}, {"snid":2,"sid":2,"obstime":"2019-01-31 16:21:14","value":189}, {"snid":2,"sid":3,"obstime":"2019-01-31 16:21:14","value":810}, {"snid":2,"sid":4,"obstime":"2019-01-31 16:21:14","value":38}, {"snid":2,"sid":5,"obstime":"2019-01-31 16:21:14","value":65535}, {"snid":5,"sid":1,"obstime":"2019-01-31 16:20:30","value":244}, {"snid":5,"sid":2,"obstime":"2019-01-31 16:20:30","value":107}, {"snid":5,"sid":3,"obstime":"2019-01-31 16:20:30","value":845}, {"snid":5,"sid":4,"obstime":"2019-01-31 16:20:30","value":5}, {"snid":5,"sid":5,"obstime":"2019-01-31 16:20:30","value":65535}, {"snid":2,"sid":1,"obstime":"2019-01-31 16:20:18","value":246}, {"snid":2,"sid":2,"obstime":"2019-01-31 16:20:18","value":199}, {"snid":2,"sid":3,"obstime":"2019-01-31 16:20:18","value":803}, {"snid":2,"sid":4,"obstime":"2019-01-31 16:20:18","value":35}, {"snid":2,"sid":5,"obstime":"2019-01-31 16:20:18","value":65535}, {"snid":5,"sid":1,"obstime":"2019-01-31 16:19:34","value":244}, {"snid":5,"sid":2,"obstime":"2019-01-31 16:19:34","value":107}, {"snid":5,"sid":3,"obstime":"2019-01-31 16:19:34","value":855}, {"snid":5,"sid":4,"obstime":"2019-01-31 16:19:34","value":5}, {"snid":5,"sid":5,"obstime":"2019-01-31 16:19:34","value":65535}, {"snid":2,"sid":1,"obstime":"2019-01-31 16:19:22","value":246}, {"snid":2,"sid":2,"obstime":"2019-01-31 16:19:22","value":109}, {"snid":2,"sid":3,"obstime":"2019-01-31 16:19:22","value":886}, {"snid":2,"sid":4,"obstime":"2019-01-31 16:19:22","value":34}, {"snid":2,"sid":5,"obstime":"2019-01-31 16:19:22","value":65535}]

```

마. 수집된 데이터 분석

프로토타입 개발 이후 비정기적으로 데이터를 수집하였다. 아래의 3개의 그래프는 날씨가 보통인 날, 흐린 날, 맑은 날의 일반적인 데이터이다. 주황색은 일사량이고 파란색은 단락 전류이다. 두 그래프는 전체적으로 비슷한 양상을 띠며 진행되는 것을 확인할 수 있다.

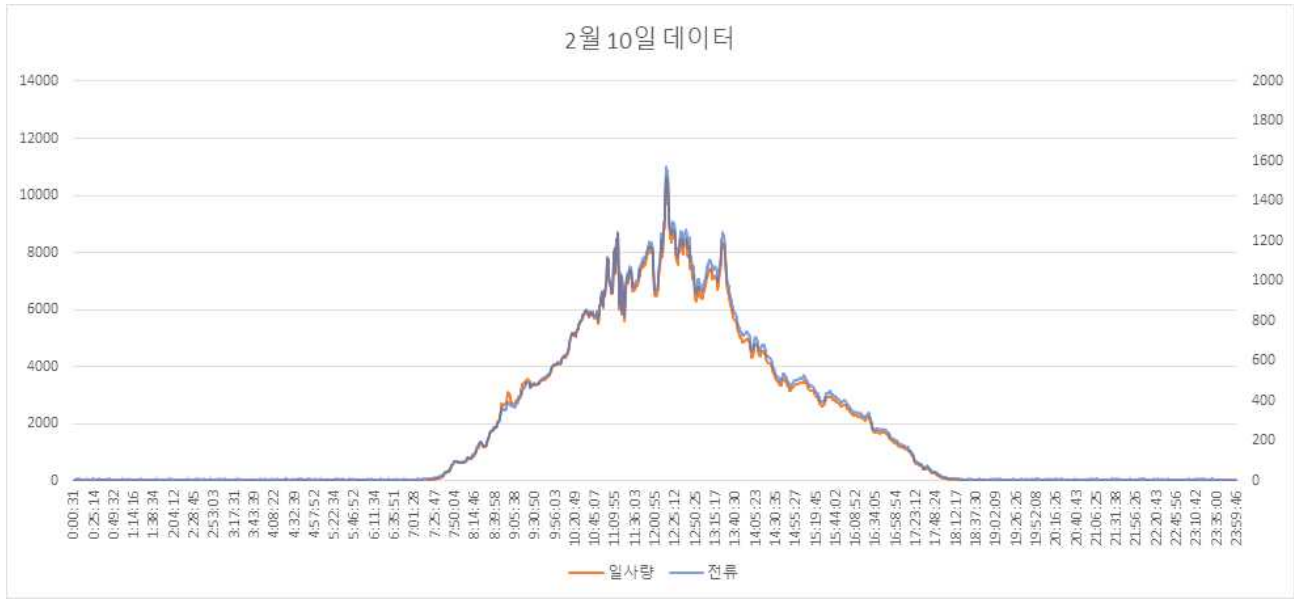
구름이 많아 흐린 날일수록 그래프 변화 양상이 큰 걸 알 수 있다. 특히 9일의 그래프를 보면 1시까지 잠잠하다가 그 이후부터 변화의 폭이 커진다. 이는 1시까지는 맑은 날씨였다가 1시 이후에 구름의 양이 많아져 흐려진 것으로 해석할 수 있다.

흐린 날은 두 그래프 (전류와 일사량)이 별 차이가 없지만, 맑은 날 그래프의 양상을 보면 전류(파란색) 그래프가 일사량(주황색) 그래프를 따라가는 것을 확인할 수 있다. 이는 구름이 없는 맑은 날일수록 햇빛의 영향을 받아 온도차가 생기기 때문이다. 따라서 이를 보정하는 것이 인공지능의 중요한 역할이라 할 수 있다.

보통인 날 (운량 : 4.8)



흐린 날 (운량 : 7.5)



맑은 날 (운량 0.0)

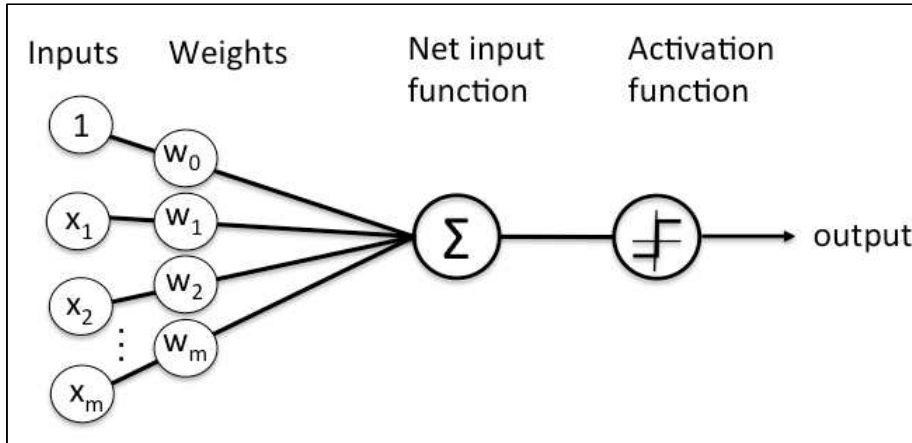


바. 일사량 계산 모델의 개발

퍼셉트론(perceptron)은 인공신경망의 한 종류로 프랑크 로젠블라트 (Frank Rosenblatt)에 의해 고안되었다. 퍼셉트론이 동작하는 방식은 각 노드의 가중치와 입력치를 곱한 것을 모두 합한 값이 활성화함수에 의해 판단되는데, 그 값이 임계치(보통 0)보다 크면 뉴런이 활성화되고 결과값으로 1을 출력한다. 뉴런이 활성화되지 않으면 결과값으로 -1을 출력한다.

MLP는 퍼셉트론을 활용한 신경망 알고리즘 중에서 여러 개의 레이어로 이루어진 신경망을 의미하

는 것으로 한 레이어는 여러 개의 노드로 이루어져 있다. 노드에서는 실제로 연산이 일어나는데, 이 연산 과정은 인간의 신경망을 구성하는 뉴런에서 일어나는 과정을 모사하도록 설계되어 있다. 노드는 일정 크기 이상의 자극을 받으면 반응을 하는데, 그 반응의 크기는 입력 값과 노드의 계수(또는 가중치, weights)를 곱한 값과 비례한다. 일반적으로 노드는 여러 개의 입력을 받으며 입력의 개수만큼 계수를 가지고 있으며 이 계수를 조절함으로써 여러 입력에 다른 가중치를 부여할 수 있다. 최종적으로 곱한 값들은 전부 더해지고 그 합은 활성화 함수(activation function)의 입력으로 들어가게 된다. 활성화 함수의 결과가 노드의 출력에 해당하며 이 출력값이 궁극적으로 분류나 회귀 분석에 쓰이게 된다. 노드에서 일어나는 계산 과정이 아래 다이어그램과 같다.



모든 계수는 학습 과정에서 계속 조금씩 변하는데, 결과적으로 각 노드가 어떤 입력을 중요하게 여기는지를 반영한다. 그리고 신경망의 ‘학습(training)’은 이 계수를 업데이트하는 과정이다.

본 연구에서는 MLP 모델을 배우고 평가하기 위해 Python 프로그래밍 언어(Python Software Foundation, Python Language Reference, 버전 2.7.12)가 있는 Scikit-learn (0.19.1) MLPRegressor가 사용되었다. Scikit-learn은 중간 규모의 감독 및 감독되지 않은 문제에 대한 광범위한 최첨단 기계 학습 알고리즘을 통합한 Python 모듈이다(Pedregosa et al., 2011). Scikit-learn의 모듈인 MLPRegressor는 출력 함수에서 활성화 기능이 없는 역전파를 사용하여 학습된 MLP를 구현한다.

다음은 모델을 개발을 위해 작성된 코드의 일부를 보여준다. 다양한 조합의 레이어와 활성화함수, 알고리즘을 활용하여 모델을 개발하였다.

```

tombrad@tomtoy ~/Works/jinong/solarsn/data
File Edit View Search Terminal Help
import numpy as np
import csv
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.neural_network import MLPRegressor
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from sklearn.pipeline import make_pipeline
from sklearn import metrics

def selfscore(score1, score2):
    return 1 - (score1 + score2) / 2 + abs(score1 - score2)

x = []
y = []
for code in ['d0128.csv']:
    prev = None
    with open(code, 'rb') as csvfile:
        reader = csv.reader(csvfile, delimiter=',', quotechar='"')
        for row in reader:
            x.append(map(lambda x: float(x), row[1:4]))
            y.append(float(row[4]))

#
# print x
# print y
#
xtrain, xtest, ytrain, ytest = train_test_split(x, y, test_size=0.30, random_state=1)
z = (0, 0)
r2 = 0
no = None
num = 10
topn = [{"score": 1, "spec": []}] * num

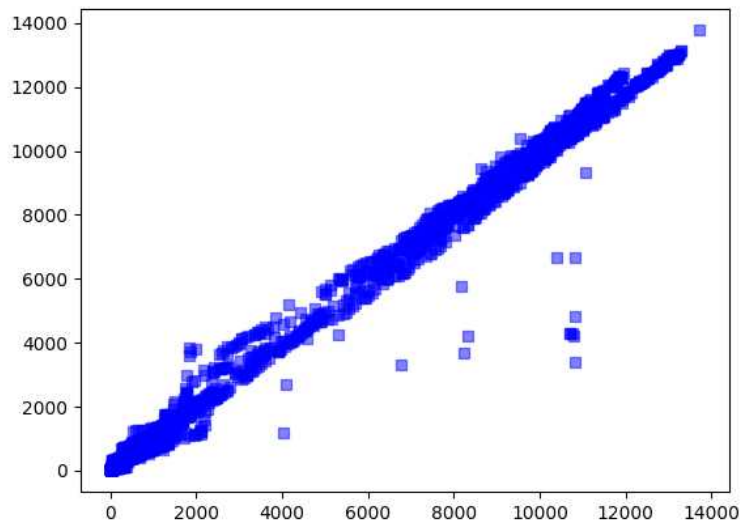
for i in range(3, 10):
    print i
    for j in range(3, 10):
        for k in range(3, 10):
            for m in ['lbfgs', 'sgd', 'adam']:
                for a in ['identity', 'logistic', 'tanh', 'relu']:
                    try:
                        nn = make_pipeline(StandardScaler(), MLPRegressor(hidden_layer_sizes=(i, j, k), activation=a, solver=m,
alpha=0.0001, batch_size='auto', learning_rate='constant', learning_rate_init=0.001, power_t=0.5, max_iter=300, shuffle=True, random_state=0, tol=0.0001, verbose=False, warm_start=False, momentum=0.9, nesterovs_momentum=True, early_stopping=False, validation_fraction=0.1, beta_1=0.9, beta_2=0.999, epsilon=1e-08))
                        n = nn.fit(xtrain, ytrain)
                        score1 = nn.score(xtrain, ytrain)
                        score2 = nn.score(xtest, ytest)
                        ns = selfscore(score1, score2)
                        spec = [str(i), str(j), str(k), str(m), str(a), str(score1), str(score2)]
                        if score1 > 0.99 and score2 > 0.99:
                            print i, j, k, m, a, score1, score2, ns
                            ty = nn.predict(x)
                            data = map(list, zip(*[y, ty]))
                            print data
                            fig = plt.figure()
                            ax1 = fig.add_subplot(111)
                            ax1.scatter(y, ty, s=None, c='b', marker='s', label='real', alpha=0.5)
                            plt.show()
                            plt.savefig("-".join(spec) + ".png")
                    except Exception as ex:
                        print ex
                        pass

print topn

```

개발된 모델의 결과물은 다음과 같다.

입력	레이어	알고리즘	활성화함수	오차율
온도, 습도, 단락전류	5레이어 (3-5-9-7-1)	lbfgs	relu	1%



2-3. 태양전지기반의 센서노드 개발

가. 센서노드의 개요

태양전지노드는 태양전지에 의해 생산된 전기를 기반으로 센서노드가 구동된다. 하지만 밤이나 날이 흐린 경우 전기가 생산되지 않기 때문에 이를 대비하여 배터리를 가지고 있다. 배터리는 맑은 날 충전되어 사용되는데, 장마철 같이 비가 많이 와 태양전지에서 전기가 생산되지 않는 동안에도 견딜 수 있도록 제작되어야 한다. 큰 용량의 배터리를 사용하는 방법도 있지만 노드 자체의 소비전력을 줄이는 것이 전체 제품의 크기와 무게를 줄일 수 있어 중요하다.

나. 전력사용량 검토

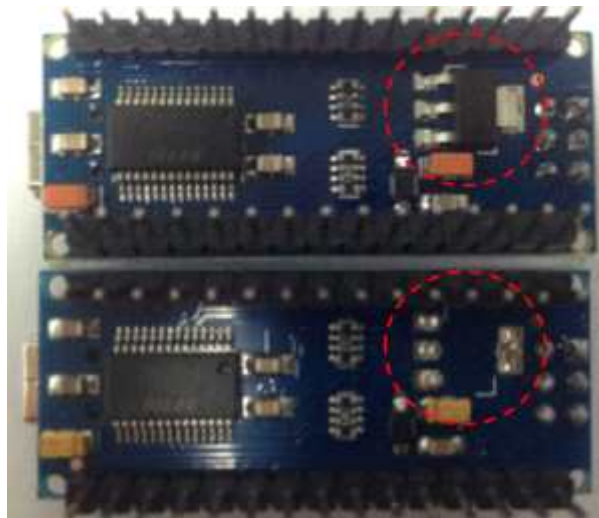
태양전지 노드의 작동주기는 약 1분(56초 대기)이다. 전력의 사용량은 AVHzy USB Meter Tester Multimeter 를 사용해서 측정했으며 매 실험당 약 10분 정도 측정을 하여 계산에 활용하였다. 전력 사용량을 감소하기 위해서는 소프트웨어적인 방법과 하드웨어적인 방법을 사용할 수 있다.

a. 소프트웨어적 방안

저전력 대기를 위한 라이브러리를 사용하면 기본으로 제공하는 delay 를 사용하는 것보다 더 적은 전력으로 대기가 가능하다. 대표적인 라이브러리로 RocketStream의 Low-Power가 있다. 이 라이브러리를 사용하는 경우 1. 외부인터럽트를 사용한 웨이크업, 2. 내부 타이머를 사용한 웨이크업, 3. UART를 통한 웨이크업이 가능하다. 태양전지노드의 경우 일정시간마다 센서정보를 전달해야 하기 때문에 내부타이머를 사용한 웨이크업 기능을 사용한다.

b. 하드웨어적 방안

일반적으로 보드에서 전력을 소비하는 장치는 1. CPU, 2. USB UART, 3. 정전압 레귤레이터, 4. LED가 있다. 일반적인 아두이노 우노의 경우 기본 모드로 동작시 35mAps를 사용하고 power-down Sleep mode시 15mAps를 사용한다고 한다. 여기서 정전압 레귤레이터가 사용하는 전력이 약 10mAps 로 알려져 있다. 태양전지노드의 경우 배터리를 사용한 안정적인 전압을 전달할 수 있기 때문에 이 정전압 레귤레이터를 제거하고, 추가적으로 LED를 제거하여 전력소모량을 감소시킬 계획이다. 아래의 그림을 보면 하단이 정전압 레귤레이터가 제거된 것이다.



다. 전력소비량 실험

a. 센서와 릴레이가 연결되지 않았을 때 보드의 전력소비량

첫번째 실험으로 부속 부품을 전혀 연결하지 않은 상태에서 동일한 기능을 수행하는 아두이노 나노

의 전력소비량을 측정해 보았다. 약 9분동안 50mWh를 사용한 것을 확인할 수 있다.



b. 센서와 릴레이가 연결된 프로토타입의 전력소비량

두번째 실험으로 부속 부품(센서, ADC, 릴레이 등)을 모두 연결한 상태에서 프로토타입의 전력소비량을 측정해보았다. 이 실험은 전력소비량 감소를 위한 기본적인 상태에 해당한다. 약 10분 30초 동안 61mWh를 사용한 것을 확인할 수 있다. 부속부품의 전력소모가 생각보다 크지 않은 것을 확인할 수 있다. 하지만 3000mAh의 배터리를 사용할때 약 2일을 견디지 못하는 수준으로 전력소비량 감소가 필요함을 확인할 수 있다.



c. 소프트웨어적 전력 사용량 감소방안 적용시 전력소비량

세번째 실험은 소프트웨어적으로 전력 소모량을 감소시키는 방안을 적용하였을때의 결과를 본 것이다. 태양전지노드의 특성상 대기시간이 길기 때문에 대기시간동안의 전력사용량을 줄인 것인데, 11분 30초동안 54mWh를 사용한 것을 확인할 수 있다. 전력사용량이 감소되기는 하였으나 큰 효과를 거두지는 못한 것을 확인할 수 있다.



d. 하드웨어적 전력 사용량 감소방안 적용시 전력소비량

네번째 실험은 하드웨어적으로 부품을 제거하여 전력소모량을 감소시키는 방안을 적용한 것이다. 위에서 언급한바와 같이 전력소모가 큰 정전압레귤레이터를 제거하고 외부에서 보이지 않는 LED를 제거하여 전력소모가 이루어지지 않도록 하였다. 아래에서 보듯이 10분동안 16mWh를 소모하여 거의 300%이상의 절감이 이루어졌다.



e. 두가지 전력 사용량 감소방안 모두 적용시 전력소비량

다섯번째 실험으로 두가지 전력 사용량 감소방안을 모두 적용한 경우 약 13분 30초 동안 15.8mWh를 사용한 것을 볼 수 있다. 네번째 방식과 비교할때 유사한 사용량에 대해 3분이상 더 사용시간이 길어진 것을 확인할 수 있다.



f. 배터리로 전원 변경시 전력 소비량

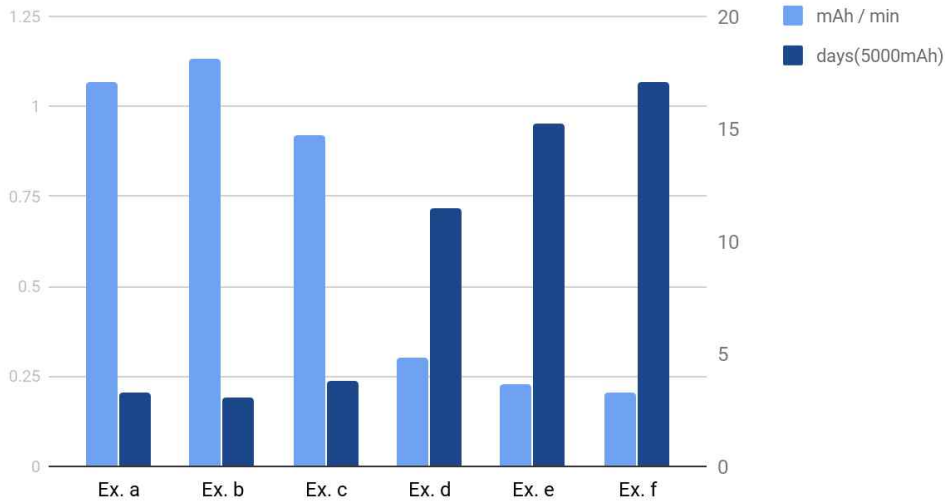
여섯번째로 특별한 수정없이 전원 소스를 실제 사용할 배터리로 변경하여 소비량을 측정해보았다. 전압과 전류가 약간씩 줄어서 전력 사용량이 조금 더 줄어든 것을 확인할 수 있다. 3000mAh 배터리를 사용하는 경우 약 $1500 * 10분 = 15000$ 분 으로 10일 이상 사용할 수 있는 것으로 확인 되었다.



라. 전력소비량 실험 결과

아래의 그래프는 실험결과를 보여준다. 하드웨어적인 감소방안이 큰 효과를 보였으며, 소프트웨어적 감소방안과 결합했을때 사용량이 더 감소한 것을 확인할 수 있다. 추가적으로 전원의 종류를 변경하였을때에도 사용량의 감소가 있음을 확인할 수 있었다.

Current Consumption & Duration



f 실험을 기준으로 분당 전류시는 약 0.2 mAh 수준이며, 하루 292mAh 정도를 사용한다. 5000mAh 가 사용가능할 경우 약 17일 정도를 사용할 수 있는 수준이다. 다만, 위의 계산은 가상의 배터리를 상정한 것으로 에너지 전환율(배터리마다 다르며 대략 70~90% 사이)에 따라 실제 지속시간은 변동될 수 있다. 버퍼를 고려하여 전환율을 70%로 본다면 5000mAh의 배터리를 구입해 사용하는 경우 약 12일 정도 작동이 가능하다.

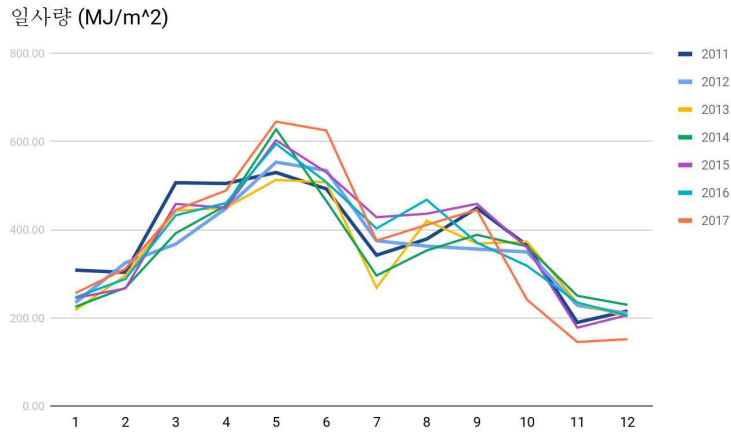
마. 센서노드를 위한 태양전지와 배터리의 선택

배터리의 선택은 흐린 날이 지속되었을때 버틸 수 있는 기간이 중요한 포인트이다. 최대 약 6~7일 정도의 흐린 날이 지속될 수 있다고 가정하면 최소 배터리는 약 3000mAh 수준의 배터리를 사용하여야 한다.

태양전지를 선택하기 위해서는 3가지 고려사항이 필요하다. 하나는 태양전지의 단락전류의 크기가 일사량 측정을 위해 충분해야 하는 것이고, 두번째는 노드의 전력사용량 이상을 충전할 수 있어야 한다는 것이고, 마지막은 배터리의 용량 대비 충전량을 만족시켜야 한다는 것이다.

프로토타입에서 전류를 측정하는데 사용되는 전류센서모듈은 0.1mA 수준까지 측정이 가능하기 때문에 약 200~300mA 정도의 수준이면 일사량을 계산하기에 충분한 수준으로 판단된다.

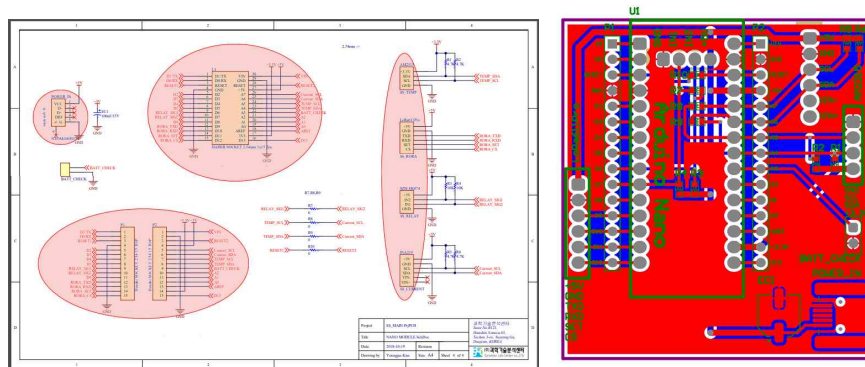
국내 일사량은 여름철이 높고 겨울철이 낮은편이다. 서울을 기준으로 월별로 보면 5, 6월이 약 500MJ/m² 수준이고, 11월, 12월이 약 200MJ/m² 수준이다. 겨울철을 기준으로 봤을때 하루의 충전량이 노드의 하루사용량 이상이어야 한다. 200MJ/m² 을 하루 단위로 환산했을때 약 1853Wh 수준이다. 1W 태양전지를 사용하면, 1000Wh 수준의 태양광으로 1Wh 생산이 가능하므로, 대략 하루에 1.8Wh 수준의 전력생산이 가능하다. 노드의 일 전력소모량은 1.46Wh 수준 이므로 하루 사용량 이상을 만족한다. 하지만 태양전지로 배터리를 충전하는 경우 중간에 컨트롤러를 거치기 때문에 전환율을 확인해야 한다. 전환율을 80%라고 한다면 1.48Wh 수준으로 너무 사용량에 근접하기 때문에 1W 태양전지보다는 약간 큰 태양전지를 사용할 필요가 있다.



배터리의 용량을 기준으로 판단할때는 일반적인 경우에 완충이 이루어질 수 있는지가 중요하다. 일반적인 경우를 평균으로 가정하면, 월 400MJ/m² 수준이고 이를 하루 단위로 환산했을때 약 3706Wh 수준이다. 1W 태양전지로 가정하고, 전환율을 고려하면 2.96Wh가 되고 이는 약 592mAh가 된다. 하루 사용량이 292mAh 수준이므로 약 300mAh가 충전이 되고, 약 10일 정도면 완충이 된다.

바. 센서노드를 위한 PCB의 개발

PCB 제작은 과학기술분석센터에 의뢰를 해서 진행을 했으며 다음과 같은 설계결과를 얻었다.

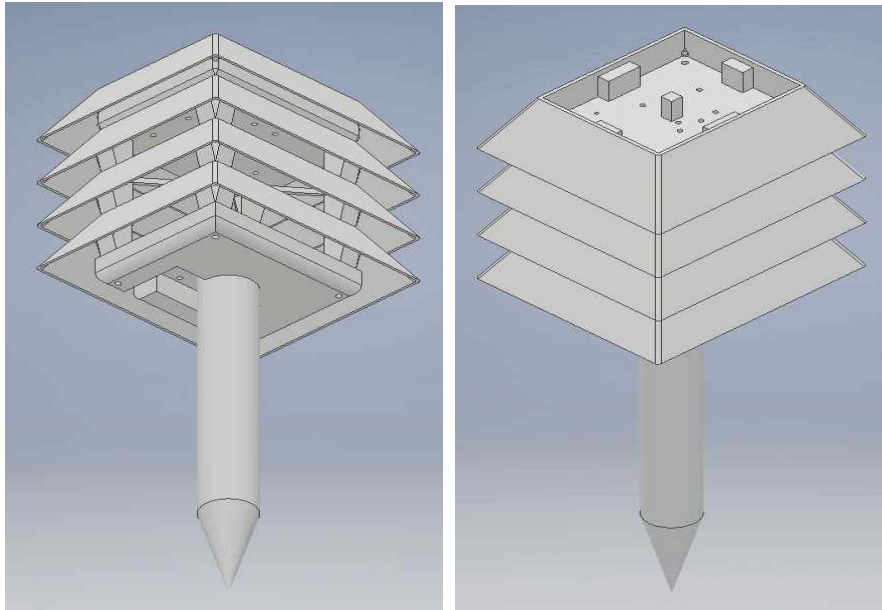


설계된 PCB는 다음과 같이 제작되었다.



사. 센서노드 하우징 개발

센서노드 하우징은 최종안은 다음과 같이 설계되었다. 이외에도 몇가지 안을 제작하였으나 출력에 문제가 있거나 결함의 문제가 있어 폐기되었다.



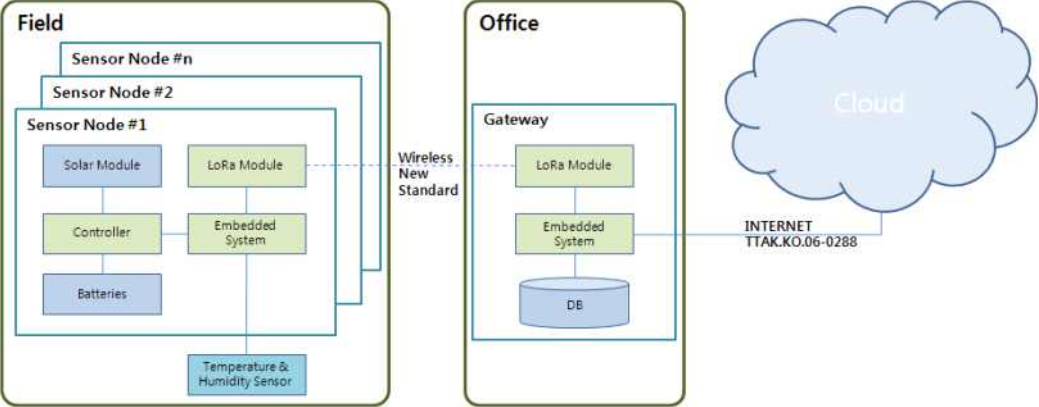
노지에 박는 형태로 디자인이 되었으며, 박는 기둥은 파이프등으로 조절할 수 있도록 제작되었다. 상부에는 태양광 패널을 놓을 수 있도록 제작되었으며 비가 올 경우 물이 빠질 수 있는 공간을 확보한 것도 특징이라고 할 수 있다.

3D 프린터로 출력된 프로토타입의 결과물은 아래와 같다.



3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

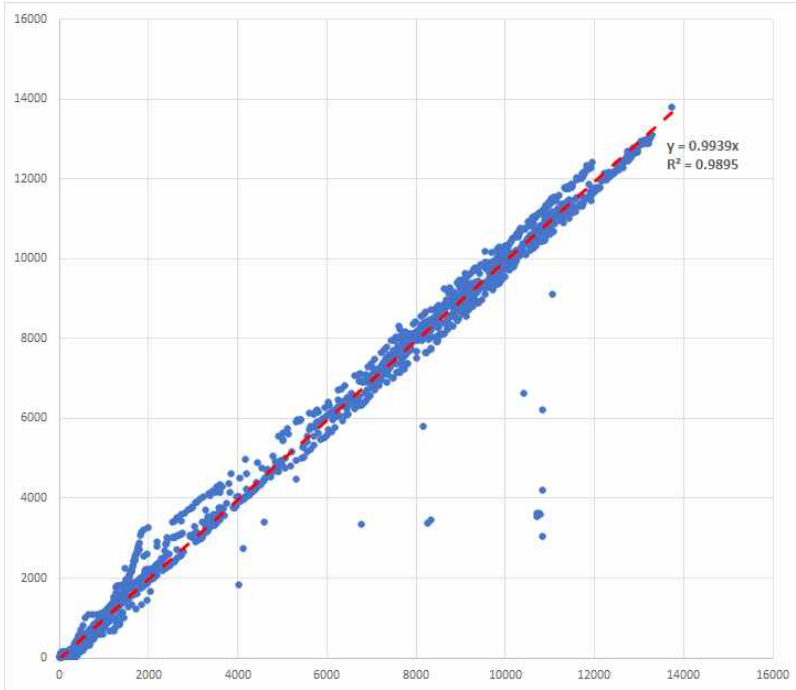
3-1. 목표

구분	내용														
<p>최종목표</p>	<p>최종목표</p> <p>태양전지를 전원공급과 일사량 계산을 위한 센서로 동시 사용하는 노지용 센서노드를 개발하고, 이를 제품화하여 노지 농가들을 대상으로 한 스마트팜 비즈니스 모델을 구현</p> 														
<p>세부목표</p>	<p>가. 인공지능을 활용한 일사량 계산 모델 및 보정 모델 개발</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 소요전력을 기반으로 태양전지모듈 선정 (2) 선정된 태양전지모듈의 특성(단락전류)과 외부환경 데이터 수집 (3) 단락전류와 외부환경변수를 독립변수로 하고 일사량을 종속변수로 하는 인공지능모델 개발 (4) 태양전지모듈간 차이에 따른 보정할 수 있는 보정방법 개발 <table border="1" data-bbox="331 1346 1385 1514"> <thead> <tr> <th>성능항목</th> <th>인공지능모델</th> <th>보정모델</th> <th>비고</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>오차율</td> <td><3%</td> <td><5%</td> <td>보정모델의 경우 개별 태양전지모듈간의 차이를 반영하여 모델의 정확도가 떨어질 수 있음</td> </tr> </tbody> </table> <p>나. 태양전지기반의 센서노드 개발</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 태양전지모듈의 용량, 밧데리의 용량, 센서노드의 전력 사용량을 기반으로한 태양전지 모듈 및 밧데리 선정 (2) 온습도 센서모듈을 포함한 센서노드의 설계 및 개발 (3) 노지환경에 적합한 센서노드 하우징 설계 및 개발 <table border="1" data-bbox="331 1794 1385 1865"> <thead> <tr> <th>성능항목</th> <th>센서노드</th> <th>비고</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>미충전대기시간</td> <td>최대 3일</td> <td>장마철, 겨울철 흐린날을 고려</td> </tr> </tbody> </table>	성능항목	인공지능모델	보정모델	비고	오차율	<3%	<5%	보정모델의 경우 개별 태양전지모듈간의 차이를 반영하여 모델의 정확도가 떨어질 수 있음	성능항목	센서노드	비고	미충전대기시간	최대 3일	장마철, 겨울철 흐린날을 고려
성능항목	인공지능모델	보정모델	비고												
오차율	<3%	<5%	보정모델의 경우 개별 태양전지모듈간의 차이를 반영하여 모델의 정확도가 떨어질 수 있음												
성능항목	센서노드	비고													
미충전대기시간	최대 3일	장마철, 겨울철 흐린날을 고려													

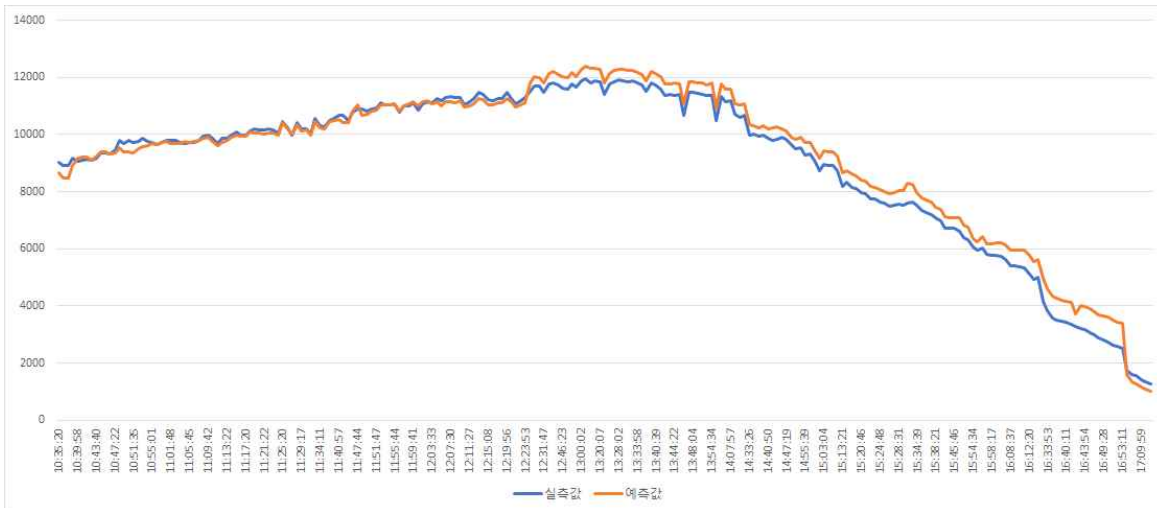
3-2. 목표 달성여부

항목	목표치	달성치	달성도
오차율	<3%	<1%	100%
보정오차율	<5%	<2%	100%
미충전대기시간	3일	4일	100%

오차율

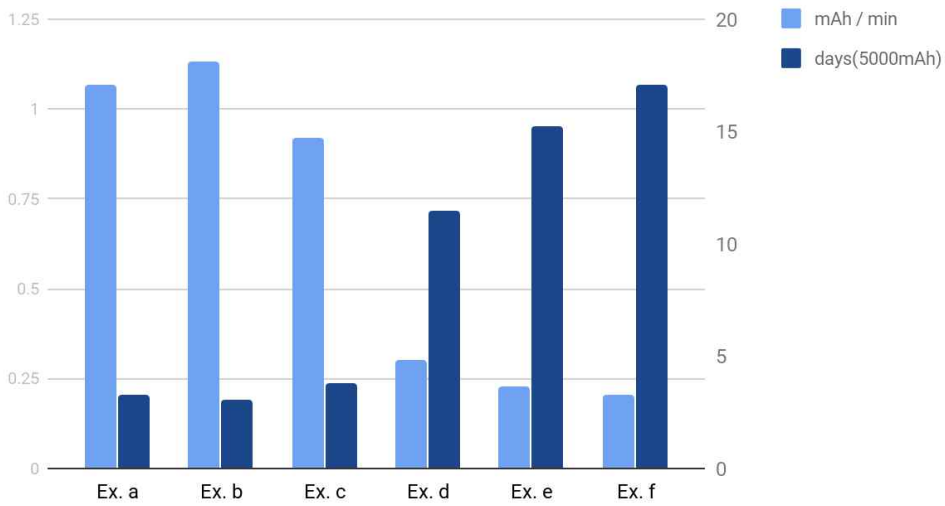


보정오차율



미충전대기시간

Current Consumption & Duration



3-3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)
해당사항없음

4. 연구결과의 활용 계획 등

가. 제품화 방안

<B2C 서비스>

- 수요처
 - 귀농귀촌인
 - 지역스마트팜설치업체
 - 컨설턴트(작물, 경영) 업체
 - 농업 대학교

- 상용화 형태
 - 노지 재배를 하면서 IT적 소양을 갖춘 젊은 농부들을 대상으로 마케팅 실시
 - 온라인 쇼핑몰을 구축하여 직접 센서 모듈, 센서노드 등을 관련 업체와 제휴하여 온라인 판매
 - 농업인 또는 서비스 업체들이 온라인 쇼핑몰에서 구매 후 자가 설치(설치 가이드 제공)
 - 지역 설치업체들과 연계하여 농업인이 지정시 방문하여 설치하는 서비스 구현

<B2G 서비스>

- 수요처
 - 정부출연 스마트팜 연구소
 - 도 농업기술원, 시·군 농업기술센터

- 상용화 형태
 - 구축사업에 참여
 - 정부출연연구소에 커스터마이징 제품을 납품

나. 타 분야 활용방안

- 도시농업 및 조경 분야
 - 본 연구를 통해 개발되는 완제품의 목표 출시가격이 30만원이하 선으로 제품이 상용화될 경우 도시농업 및 정원용 토양환경 모니터링 제품에 대한 수요가 확대될 것으로 예상되며, 도시농업 및 정원 작물에 맞는 응용프로그램의 리뉴얼 버전 출시를 통해 소비자 편의성을 높인다면 농업인 외에도 일반 소비자 대상으로 하는 시장 확대가 가능함

다. 추가연구 필요성

- 본 연구는 태양광 모듈이 출력하는 데이터를 분석하여 일사량 값을 추정하는 연구에 초점을 맞춤
- 이번 연구에서 가격이 비싼 하드웨어 일사량 센서를 소프트웨어적으로 처리하는 기초연구를 진행함
- 스마트팜을 설치한 농업인이 누적 일사량을 확인하고 생산량을 예측해 보거나 관수전략을 수립하는 등 생산관리에 적용할 수 있는 활용적 연구는 미흡
- 일사량 값을 영농 의사결정에 활용할 수 있는 데이터 분석 모델 연구 및 응용 서비스 연구개발 필요

붙임. 참고문헌

해당사항 없음

[별첨 1]

연구개발보고서 초록

과 제 명	(국문) 일사량 측정과 전원공급에 동시 활용하는 태양전지 일체형 노지 센서노드 개발						
	(영문) Development of Field Sensor Node for Dual Purposes of Solar Module						
주관연구기관	주식회사 지농		주 관 연 구 책 임 자	(소속) 주식회사 지농			
참 여 기 업				(성명) 이세용			
총연구개발비 (34,000천원)	계	34,000	총 연 구 기 간	2017. 12. 28. ~ 2018. 12. 27. (12개월)			
	정부출연 연구개발비	25,250		총 인 원	4		
	기업부담금	8,750		총 참 여 연 구 원 수	내부인원	4	
	연구기관부담금				외부인원		

○ 연구개발 목표 및 성과

본 연구개발의 최종 목표는 태양전지를 전원과 일사량 계산을 위한 센서로 활용하는 노지환경에 적합한 센서노드를 개발하는 것이다. 본 연구개발의 목표를 효과적으로 달성하기 위해 2가지 세부연구개발파트를 설정하였다. 첫째 세부파트는 태양전지모듈의 단락전류와 기상정보를 활용하여 일사량을 계산할 수 있는 인공지능 모델을 개발하는 것이다. 둘째 세부파트는 태양전지모듈의 용량, 배터리 용량, 센서노드의 전력소모등을 고려하여 센서노드를 개발하는 것이다.

○ 연구내용 및 결과

1. 인공지능을 활용한 일사량 계산 모델 및 보정 모델 개발
 - 태양전지 모듈의 단락전류와 일사센서의 일사량 데이터를 수집하여 인공지능망 학습을 통한 일사량 추정 모델 개발
2. 태양전지기반의 센서노드 개발
 - 온습도 센서, 무선통신 모듈, 태양전지 모듈로 이루어진 태양전지 일체형 센서노드 개발
 - LoRa 무선통신 기술 적용
 - 다수의 센서 노드로부터 데이터 수집을 위한 타임할당 기법 구현
 - 일사량 보정모델 탑재

○ 연구성과 활용실적 및 계획

1. 연구성과 활용실적
 - 특허 출원 : 1건
 - 사업화 제품화/매출액 : 1건, 국내 28백만원
 - 고용창출 : 2명
 - 논문 : 1건
 - 학술 발표 : 1건
 - 표준화 : 1건
2. 연구성과 활용계획
 - 노지 재배를 하면서 IT적 소양을 갖춘 젊은 농부들을 대상으로 노지 스마트팜 전용 제품화
 - 도시농업 및 정원용 환경 모니터링 제품으로 틈새시장 개척

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		117107-01-1-SB010	
사업구분					
연구분야				과제구분	단위
사업명	첨단생산기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	일사량 측정과 전원공급에 동시 활용하는 태양전지 일체형 노지 센서노드 개발			과제유형	(기초,응용, <u>√</u> 개발)
연구기관				연구책임자	
연구기간 연구비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차연도	2017	25,250	8,750	34,000
	2차연도				
	3차연도				
	4차연도				
	5차연도				
	계		25,250	8,750	34,000
참여기업					
상대국	상대국연구기관				

※ 총 연구기간이 5차연도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 :

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
주식회사 지농	실장	이세용

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	
----	--

I. 연구개발실적

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, √보통, 미흡, 불량)

- 원가경쟁력의 혁신성
 - 기존 일사량계의 가격은 30~300만원선으로 일사량계를 약 태양전지(1-3만원)로 대체하게 되면 최대 1/100 수준으로 원가를 낮춤
- 전원과 통신 모두 완전 무선 환경으로 구성
 - LoRa 등 무선통신을 활용한 농업용 센서노드 제품이 개발되고 있으나 전원은 교체형 배터리를 사용하거나 상시전원을 이용하여 구성
 - 노지에 맞게 센서부 구성을 경량화하고 저전력, 저속도, 저비용의 사물인터넷통신 기술을 적용하면 태양광패널에서 생산하는 전력만으로 독립적으로 센서노드를 운영

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, √보통, 미흡, 불량)

- 스마트팜 기자재 수입 대체
 - 비용, 품질 등의 이유로 대부분 외산 일사 센서 수입에 의존하는 국내 스마트팜 기자재 제조, 유통 회사에 개발한 저비용 고신뢰성 일사량 측정 센서 기술을 공급하면 국내 스마트팜 산업계 경쟁력을 높일 수 있고, 수입 대체 효과를 볼 수 있음
- 노지 스마트팜 확산 가속화
 - 전원과 인터넷 공급이 어려운 노지지역에 적용할 수 있는 노지 전용 스마트팜 제품 개발 확산

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, √우수, 보통, 미흡, 불량)

- 노지 스마트팜 및 도시농업 모니터링 제품으로 제품화 할 계획임

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, √우수, 보통, 미흡, 불량)

- 협약시 제시한 연구개발 내용을 100% 충실히 이행함
- 정량적 성과목표를 100% 이상 초과 달성함
 - 초과 달성 내역 : 고용창출 1명 → 2명, 논문발표 0건 → 1건(조기 달성)

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, √우수, 보통, 미흡, 불량)

- 특허 출원 : 1건
- 사업화 제품화/매출액 : 1건, 국내 28백만원
- 고용창출 : 2명
- 논문 : 1건
- 학술 발표 : 1건
- 표준화 : 1건

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
○인공지능을 활용한 일사량 계산 모델 및 보정 모델 개발	40	100	- 태양전지 모듈의 단락전류와 일사센서의 일사량 데이터를 수집하여 인공지능망 학습을 통한 일사량 추정 모델 개발
○태양전지기반의 센서노드 개발	60	100	- 온습도 센서, 무선통신 모듈, 태양전지 모듈로 이루어진 태양전지 일체형 센서노드 개발 - LoRa 무선통신 기술 적용 - 다수의 센서 노드로부터 데이터 수집을 위한 타임할당 기법 구현 - 일사량 보정모델 탑재
합계	100점		

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 인공지능망 학습을 위한 데이터(단락전류, 일사값)를 수집하여 일사량 추정 모델을 개발 완료함
- 태양전지 일체형의 센서노드를 개발해 상시전원 공급이 어려운 노지에 시험 적용함

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 제안시 평가점수가 동률인 기관이 두군데 선정되어 당초에 배정된 정부출연금의 50% 감액됨 (50백만원 → 25백만원)
- 이로인해 금형 제작을 못 하여 제품 상용화 일정이 다소 지연되었고 시작품 연구 위주로 진행됨

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 자체 투자재원을 마련하여 노지 스마트팜 전용 제품으로 상용화 할 계획임

IV. 보안성 검토

○ 해당사항 없음

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

--

2. 연구기관 자체의 검토결과

--

[별첨 3]

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제		분 야	첨단생산기술개발사업
연구과제명	일사량 측정과 전원공급에 동시 활용하는 태양전지 일체형 노지 센서노드 개발			
주관연구기관	주식회사 지농		주관연구책임자	이세용
연구개발비	정부출연 연구개발비	기업부담금	연구기관부담금	총연구개발비
	25,250	8,750		34,000
연구개발기간	2017. 12. 28. - 2017. 12. 27. (12개월)			
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타(자체 사업화) <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
①인공지능을 활용한 일사량 계산 모델 및 보정 모델 개발	- 인공지능망 학습을 위한 데이터(단락전류, 일사값)를 수집하여 일사량 추정 모델을 개발 완료함
②태양전지기반의 센서노드 개발	- 태양전지 일체형의 센서노드를 개발해 상시전원 공급이 어려운 노지에 시험 적용함
· 인공지능 모델 오차율 3% 이내 · 보정 오차율 5% 이내 · 미충전 대기시간 3일	· 인공지능 모델 오차율 1% · 보정 오차율 2% · 미충전 대기시간 4일

3. 연구목표 대비 성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교 육 지 도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SCI	비 SCI						
단위	건	건	건	건	백만 원	백만 원	백만 원	백만 원	명	백만 원	건	건	건	건	명	건	건		
가중치	30					20	20		20				5					5	
최종목표	1					1	530		1			1	1					1	
연구기간내 달성실적	1					1	28		2			1	1					1	
달성율(%)	100					100	5		200			100	100					100	

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	태양전지모듈의 단락전류와 기상정보를 활용하여 일사량을 계산하는 인공지능 기술
②	태양전지모듈을 통해 배터리를 충전하고 배터리의 전원을 이용하여 온습도 센싱 및 전류 센싱을 수행할 수 있는 전원관리 기술
	○ 통신모듈, 태양전지모듈을 상용제품을 사용하여 개발기간을 단축 및 관리비용 절감 ○ 태양전지모듈을 값비싼 일사량 센서 대용으로 활용하여 원가 절감

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화합수	외국기술 개선개발	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장에로 결	정책 자료	기타
①의 기술					○	○				
②의 기술					○		○	○		○

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	후속연구로 일사량 값을 영농 의사결정에 활용할 수 있는 데이터 분석 모델 및 응용 서비스 개발
②의 기술	노지 스마트팜 및 도시농업 모니터링 제품으로 제품화

7. 연구종료 후 성과창출 계획

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권			기술실시 (이전)		사업화					기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구 활용 등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문 SC I	비 SC I	논문평균 IF			학술발표	정책 활용	
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명				
가중치	30					20	20		20				5					5	
최종목표	1					1	520		1			1	1					1	
연구기간 내 달성실적	1					1	28		2			1	1					1	
연구종료 후 성과창출 계획							520												

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾	노지 스마트팜에 적합한 태양전지 일체형 센서노드		
이전형태	<input checked="" type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타(자체사업화)		
이전소요기간	연구개발기간 중 완료	실용화예상시기 ³⁾	2018.6
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	특허 등록(2018년 특허 출원 완료)하여 제품화		

- 1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
- 2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리
 통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
- 3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
- 4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.