

센서 및 배터리 기반 하드웨어 구조 조사 및 다음 버전 개발 의견 보고서

1. 유해조수 퇴치 모듈

1.1 센서

조사한 PIR 센서

MJJC-PIR-9 센서	OPTEX LX-402 센서
<ul style="list-style-type: none"> · 입력 전압: 12V ,110V~240V · 감지 각도: 180° · 감지 거리: 2-12m · 설치 높이: 1.8m-2.8m · 시간 조정: <ul style="list-style-type: none"> · 최소10±3초 · 최대15±2분 · 크기 : 49mm x 60mm x 20mm (가로 x 세로 x 높이) · 무게 : 약 52g · 주의 사항: <ul style="list-style-type: none"> · 라즈베리파이4 연결을 위해 전압분배회로 또는 로직 레벨 시프터 사용해야 함 · 구매 링크: 모션 감지 센서 타이머, 자동 적외선 PIR 센서, 야외 움직임 센서 조명 스위치, 220V, 12V, 110V, 220V - AliExpress 13 	<ul style="list-style-type: none"> · 입력 전압 : 10.8V~13.2V · 감지 각도 : 120° · 감지 거리 : 12m · 설치높이 : ~2.5m · 무게 : 170g · 외부 빛 간섭에 강함. · 야외설치에 적합. · 주의 사항: <ul style="list-style-type: none"> · 라즈베리파이4 연결을 위해 전압분배회로 또는 로직 레벨 시프터 사용해야 함 · OPTEX LX-402/열선감지기/OPTEX/옵텍스/열감지센서/동체감지기/인체감지센서/동작센서/방법용품 - SSG.COM

PIR 센서 비교

범례	HC-SR501 PIR(기 존)	MJJC-PIR-9	LX-402
입력전압	4.2~20V	12V	10.8~13.2V
감지각도	110°	180°	120°
감지범위	3~7m	2~12m	~12m

1.2 카메라

1.2.1 조사한 카메라

ArduCAM 8MP 라즈베리파이 카메라 모듈 (B0154)	GXIVISION 4K HD USB 카메라
<ul style="list-style-type: none"> · 보드 크기 : 36mm x 36mm · 시야각 : 100° · 센서 : Sony IMX219 컬러 CMOS (8MP, 8메가픽셀) · 센서 크기 : 3.674 x 2.760mm (1/4" 포맷) · 렌즈 : M12 마운트 LS1820 NOIR · 비디오 해상도: <ul style="list-style-type: none"> · 1280 x 720 @ 60fps(크롭 빛 빔닝) · 1080P @ 30fps (크롭) · 1640 x 1232 @ 30fps (전체 FOV 빔닝 모드) · 3280 x 2464 @ 최대 30fps (전체 FOV, 0.1 ~ 15fps 지원) · 특징: <ul style="list-style-type: none"> · 자동 IR 필터 조정 → 빛의 조건에 맞춰 가시광선 및 야간 비전 촬영 가능 · 기존 라즈베리파이4와 연동가능 · 구매 링크: 8MP 라즈베리파이 카메라 모듈(B0154), ArduCAM, 445731 - 나비엠알오 	<ul style="list-style-type: none"> · 크기 : 사진참조(본체: 46mmx46mm, 렌즈 길이: 57mm, 렌즈 직경: 30mm) · 시야각 : 렌즈에 따라 다름 <ul style="list-style-type: none"> · 5-50mm렌즈: 대략 50~10° · 2.8-12mm렌즈: 대략 100~30° · 센서 : Sony IMX415 CMOS 이미지 센서 · 비디오 해상도: <ul style="list-style-type: none"> · 4K 3840 x 2160 최대 30fps · 1080P @ 최대 60fps · 연결 방식: USB 3.0, 표준USB포트 사용 · 기능: <ul style="list-style-type: none"> · 자동 화이트 밸런스 및 자동 노출 조정 기능 · 스마트 카메라 기능 (USB 포트를 통해 직접 제어 가능) · 다양한 영상 처리와 소프트웨어 지원 가능 · 주의 사항: <ul style="list-style-type: none"> · IR(적외선) 기능은 없음 · 구매 링크: GXIVISION 4K HD USB 카메라, 3840x2160 머신 비전, CS 렌즈 웹캠 포함, 드라이버 무료, IMX415, 5-50mm, 2.8-12mm - AliExpress 30

1.3 배터리

1.3.1 조사한 배터리

배터리 선정기준 - 기존 사용 장비 및 전력 소비량

장비명	전압 (V)	전류 (A)	소비 전력(W)
AG 태양광 패널	100W	-	500Wh/일 (이론적 생산량)
W88 태양광 충전 컨트롤러	12/24V	20A	-
라즈베리파이4	5V	3A	15W
카메라 모듈 V2 (8MP)	5V	-	0.5W
PIR 센서 HC- SR501	5V	-	0.75mW
총 소비 전력	-	-	15.5W

1.3.2 하루 총 소비량 계산

라즈베리파이4 (센서포함) $5V \times 1.8A = 9W$

$24h \times 9Wh = 216Wh$

하루 일조량으로 3시간이라 가정 시 100W 패널로 300W 생산 가능

하루 생산량으로 하루 소비전력 공급가능

- 12V 50Ah 리튬 배터리와 연결 시

리튬 배터리가 충전이 되어있다고 가정 시

배터리 총 에너지(Wh) = 배터리 용량(Ah) x 전압(V) x 방전 효율 = 50Ah x 12V x 0.85 = 510Wh

지속 시간 = = = 2.36일

배터리 조사 항목

• LB-11V60Ah	• BSLBATT - 12V 50Ah	• UFO POWER - 24V 50Ah
<ul style="list-style-type: none"> · 공칭 전압 : 11V · 정격 용량 : 60Ah · 에너지 용량 : 660Wh · 출력 전류 : 최대 18A · 크기 : 96 x 78 x 353 mm (L x W x H) · 무게 : 2.8kg · 저부하용 리튬이온 배터리 · 기능 : 태양광 가로등, 기타 저부하 기기용으로 쓰임 · 주의사항 : (평균)공칭전압이 11V이므로 태양광 패널 컨트롤러와 호환이 안될 가능성이 있음 · 구매 링크 : 저부하용 리튬이온 배터리 - (주)타보스 	<ul style="list-style-type: none"> · 공칭 전압 : 12.8V · 정격 용량 : 50Ah · 에너지 용량 : 600Wh · 무게 : 7kg · 크기 : 229 x 138 x 213 mm (L x W x H) · 기능 : 여행, 캠핑카 등 레저생활에 쓰임 · 구매 링크 : 12V 50AH Lithium Ion Battery-BSLBATT® leisure batteries 	<ul style="list-style-type: none"> · 공칭 전압 : 24V · 정격 용량 : 50Ah · 에너지 용량 : 1200Wh · 무게 : 11.5Kg · 크기 : 330 x 172 x 283 mm (L x W x H) · 기능 : 태양광 저장 시스템, 레저생활 등에 쓰임 · 구매 링크 : 24v 리튬이온 배터리 50ah, Bossgoo.com의 고품질 24v 리튬 이온 배터리 50ah

1.4 태양광 패널 컨트롤러

- **PWM 방식**
태양광 패널과 배터리 간에 전압 차이가 있을 때, 태양광 패널의 출력 전압을 배터리에 맞춰 간단히 '펄스' 형태로 제어하는 방식
- **MPPT 방식**
태양광 패널이 생성할 수 있는 최대 전력점(최대 출력 전압과 전류의 곱, 즉 MPP)을 지속적으로 추적하여 그 지점에서 작동하도록 전력을 최적화 하는 방식

1.4.1 컨트롤러 비교

특징 구조	PWM 방식 단순, 저비용	MPPT 복잡, 고비용
에너지 효율	상대적으로 낮음 (패널의 최대 전력점 활용 어려움)	높음 (실시간 최대 전력점 추적)
설치 대상 시스템	소규모, 출력 차이가 크지 않은 시스템	대규모, 출력 최적화가 필요한 시스템
유지보수	비교적 간단함	정밀한 제어 및 변환 회로 필요, 유지보수에 주의 필요

컨트롤러 부품 조사 항목

• HXCONTROLLER사의 PWM 컨트롤러	• POWLSOJX사의 MPPT 컨트롤러

<ul style="list-style-type: none"> · 납 축전지와 리튬 배터리 연결 가능 · DC 12/24V · 구매링크 : 태양광 충전 컨트롤러, 12V 24V, 10a, 20a, 30a, 태양 전지 패널 PV 컨트롤러, Lifepo4 용 50VDC, 리튬 납 산성 배터리, 24h 배송 - AliExpress 13 	<ul style="list-style-type: none"> · 납 축전지와 리튬 배터리 연결 가능 · DC 12/24/36/48V · 구매링크 : POWLSOJX MPPT 태양광 충전 컨트롤러, 태양 전지 패널, 납산 및 리튬 배터리 레귤레이터, 듀얼 USB, 100A, 80A, 60A, 12V, 24V, 36V, 48V - AliExpress 13
--	---

1.5 다음 버전 개발 의견

- PIR 센서: 적외선 감지 센서로 **MJJC-PIR-90**이 적합함. 다만, 라즈베리파이4와 연결하기 위해 전압분배회로 또는 로직 레벨 시프터가 필요함.
- 카메라 - ArduCAM 8MP 라즈베리파이 카메라 모듈 (B0154)**이 라즈베리파이4와 호환되며, 야간 감지 기능이 있어 적합함.
- 배터리 - BSLBATT사의 12V 50Ah 배터리가 적절한 용량과 안정성을 제공하여 적합함.
- 태양광 패널 컨트롤러: HXCONTROLLER사의 PWM 컨트롤러는 리튬 배터리와 호환되므로 적합함.

다만, 해당 컨트롤러의 USB 출력은 최대 5V, 2A로, 라즈베리파이4의 전력 요구량을 충족하지 못할 가능성이 있음. 따라서, 배터리와 직접 연결하거나 DC-DC 컨버터를 사용하여 전력 공급이 필요함.

다음버전 부품 조사 항목

MJCC-PIR-9 센서	ArduCAM 8MP 라즈베리파이 카메라 모듈(B0154)	BSLBATT - 12V 50Ah	HXCONTOLEER사의 PWM 컨트롤러
<ul style="list-style-type: none"> · 입력감지 각도: 180° · 감지 거리: 2-12m · 전압: 12V, 110V~240V · 크기 : 49mm x 60mm x 20mm (가로 x 세로 x 높이) · 주의사항 : 라즈베리파이4와 연결을 위해 전압분배회로 또는 로직레벨 시프터를 사용해야함 	<ul style="list-style-type: none"> · 보드 크기 : 36mm x 36mm · 시야각 : 100° · 센서 : Sony IMX219 컬러 CMOS (8MP, 8메가픽셀) · 센서 크기 : 3.674 x 2.760mm (1/4" 포맷) · 렌즈 : M12 마운트 LS1820 NOIR · 비디오 해상도 : 1280 x 720 @ 60fps(크롭 빛 번짐) · 기능 : IR기능으로 야간촬영가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 공칭 전압 : 12.8V · 정격 용량 : 50Ah · 에너지 용량 : 640Wh · 무게 : 5.2kg · 크기 : 198*165*175 mm (L x W x H) · 기능 : 여행, 캠핑카 등 레저생활에 쓰임 	<ul style="list-style-type: none"> · 기능 : 납 축전지와 리튬 배터리 연결 가능 · 배터리 전압 : DC 12V/24V · USB 5V 2A 지원 · 가격 : 17,760원

2. 초소형 GPS 시스템

2.1 기존 GPS MCU와 새로운 모듈 비교 & 조사 항목

MCU	
Raspberry pi pico H	RP2040 - Tiny
Size : 21*51mm Voltage : 1.8~5.5V DC Weight : unknown	Size : 21*51mm Voltage : 1.8~5.5V DC Weight : 3.5g

Battery
TW-501012(lithium polymer battery)
Voltage : 3.7V Capacity : 40mAh Current : 3.7V*40mAh=148mWh Size : 10*12*0.5mm Weight : 0.05g

Solar Panel	
Mini Polycrystalline Silicon Solar Panel 1V 85mA	BCS4430B6
Voltage : 1V Current : Max 85mA Size : 30*25*3mm Weight : 4g	Voltage : operating – 2.6V open circuit – 4.2V Current : 30uA Size : 44*30*0.18mm Weight : 1.2g

Solar Charger	
DFrobot solar lipo charger(3.7V)	BCS4430B6
Voltage : 4.4~6V Current : Max 500mA Size : 33*33*12mm Weight : 13g	Input voltage: 4.4V-6V Output voltage : 5V Output current: 500mA Operating temperature: -40 °C ~ 80 °C Weight : 9g

GPS
PA1010D gps breakout
<ul style="list-style-type: none"> · 전압(V): 3~5V 호환 · 통신 방식: I2C지원 · 주요 역할: 본 기기에서 PA1010D가 주 gps역할을 수행하고 나머지 보드는 보조 역할을 담당함 · GPS Consumption current(@3.3V): <ul style="list-style-type: none"> · Acquisition(정보 수집시): 36mA Typical · Tracking(위치 추적시): 28mA Typical · Size and Weight: <ul style="list-style-type: none"> · PA1010D 무게: 2.75g · 유사 제품의 평균 무게 5g

셀룰러 통신 모듈	
Quectel BG95-M3	SIM7080G
LTE-M/NB-IoT 모듈	저전력 LTE 모듈
<ul style="list-style-type: none"> · 송신 시 평균 전력 소모량: 30mA~180mA · GPS 모듈과 함께 사용 가능 · GPS 내장 모델(BG95-M6)도 존재 · 전력 소비 낮음 · 배터리 지속 시간 SIM7080G보다 김 · 배터리 3개 이상 연결 · 태양광 패널 2개 이상 연결해야 지속적으로 사용 가능할 것 https://korean.alibaba.com/product-detail/Quectel-LTE-BG95-M3-Dongle-Module-1600733144356.html	<ul style="list-style-type: none"> · 65 * 30.5mm · 송신 시 평균 전력 소모량: 50mA~300mA · 배터리 6개 이상 연결 · 태양광 패널 3개 이상 연결해야 지속적으로 사용 가능할 것 https://spotpear.com/index/product/detail/id/321.html

2.2 전력 계산

- 무게 변화

- 기존 무게: 22g + 0.05a
- 변경 후 무게: 18g + 0.05a
- 태양광 패널 충전 성능
- 태양광 패널 충전 전력량: 85mW
- 리튬 폴리머 배터리 전력량: 148Wh
- 충전 가능 시간:
 - 약 2시간 충전 가능
 - 1개당 2시간이면 완충 가능
 - 하지만, 새로운 패널 사용시 충전률이 매우 낮아 사용 불가능
- GPS 사용 전력 계산
- GPS 소비 전력: 118.8mW
- 리튬 배터리 전력량: 148mWh
- GPS 단독 사용 시 지속시간:
 - 완충 후 약 1.25시간 사용 가능
- 배터리 추가 시 사용 시간 증가
- 리튬 배터리를 병렬 연결하면 전력량이 증가하여 사용 시간이 더 길어짐
 - 병렬 연결 시 전압은 동일하지만, 총 저장 에너지가 증가
 - 따라서 운용 시간이 늘어남
- 결론
- 현재 설정으로는 GPS 단독 사용 시 1.25시간 지속 가능
- 태양광 충전은 2시간이면 완충 가능하지만, 충전 성능이 제한적
- 배터리 병렬 연결로 사용 시간을 늘리는 것이 가장 효과적인 해결책

부품 조사 항목

	메인보드	배터리	태양광패널	태양광패널 충전 보드	GPS
Name	RP2040 -Tiny	TW-102050	Mini Polycrystalline Silicon Solar Panel 1V 85mA	Mini Solar/ Lipo Charger Board	PA1010D gps breakout
Voltage	1.8~5.5VDC	3.7V	1V	4.4~6V	3~5V

Current		1000mAh	85mA	500mA	정보 수집 시: 36mA 위치 추적 시: 28mA
Size	21*51mm	20*50*10mm	30*25*3mm		
Weight	3.5g		4g	9g	5g
etc		순수 실험용		Operating temperature: -40 °C ~80 °C	I2C 호환

2.3 LoTek 상용화 GPS 제품

GoTel GPS Solar 4G&5G	PinPoint GPS Argos Solar
<p>Features: Temperature, Accelerometer, Mortality, Position, Geofencing, Data download(Cell Networking), 2-way communication, Solar Assist Under 9g</p> <p>5G-1-15 Weight: 2.9g Size: 20*12*10mm Solar Panel Size: 110sq mm Cell Size: 15mAh</p> <p>5G-1-30 Weight: 6.6g Size: 23*21*15mm Solar Panel Size: 275sq mm Cell Size: 30mAh</p> <p>5G-2-30(over 8g) Weight: 8.6g Size: 48*21*15mm Solar Panel Size: 550sq mm Cell Size: 30mAh</p>	<p>Features: Position, Data download(Satellite), Duty cycling, Solar assist, mortality, Beacon Under 9g</p> <p>Solar-XS Weight: 5.5g Size: 35mm*16mm</p> <p>Solar-S Weight: 6.6g Size: 40mm*18mm</p> <p>5cm GPS antenna, 23cm argos antenna Waterproof design(not suitable for diving species)</p>

2.4 초소형 GPS 개발 의견 보고서

- 현재 기성품의 문제점
- 최적 무게 목표 8g 이하
- 현재 기성품을 사용할 경우 무게 초과 발생
- 따라서 직접 PCB 기반을 설계하여 GPS 모듈의 무게를 최소화 하는 방향으로 개선 필요
- GPS 모듈 최적화 방향
- 기성품이 아닌 직접 PCB 기반 설계하여 필요 없는 부품 제거 및 경량화
- GPS 칩과 주요 회로만 유지하여 무게 최소화
- 라즈베리파이 피코(Raspberry Pi Pico)의 MCU(RP 2040)를 사용하여 GPS 데이터 처리
- RP 2040을 선택해야 하는 이유
- 저전력 MCU로 GPS 데이터 처리 가능
- 소형화 가능하여 PCB 설계 시 공간 절약 가능
- 12C 및 UART 지원으로 GPS 칩과 손쉽게 통신 가능
- 기존 Raspberry Pi Pico에서 사용되므로 개발 및 연동이 용이

2.5 김형식 교수님 연구실 문의 결과

- 태양광 배터리 관련 문제
- 초소형 태양광 배터리는 전류가 부족하여 충전이 원활하지 않음
- 연구실에서 제작한 PCB에서는 USB-C 타입 충전이 가능하므로 이 방식을 활용하는 것이 현실적
- GPS와 MCU의 호환성 검증 필요
- GPS가 어떤 방식(UART, 12C 등)으로 동작하는지 확인 필수
- STM32와 GPS모듈 간의 호환성을 먼저 실험을 통해 검증해야 함
- 이론보다 실제 테스트를 우선으로 진행하는 것이 중요
- 과제 및 실험 계획
- STM32 기반 개발 보드(NUCLEO-F411RE)에서 GPS 모듈(PA1010D GPS Breakout)과의 호환성을 테스트
- 테스트 한 후, 해당 GPS 모듈의 핀 배치를 분석하여 최적의 회로 설계
- MCU와 GPS 간 통신 방식(UART, I2C) 확인 및 데이터 수신 가능 여부 실험
- 실험 결과를 바탕으로 최적화된 PCB 설계 진행 예정

- 결론 및 2월 둘째 주 계획
- 태양광 충전 방식 대신 USB-C 타입 충전으로 전환
- NUCLEO-F411RE + PA1010D GPS Breakout 조합으로 호환성 테스트 진행
- 실제 실험을 통해 테스트를 진행해야 함