



# 불나비 2024 드론 종합 세미나



서울대학교 기계공학부 장민혁

# 교육 순서

---

0. 교육 목적
1. 퀄드로터 시스템 / 부품에 대한 이해
2. 주의사항
3. 프레임 조립 및 전선 납땜
4. 픽스호크 부착 및 전선 연결
5. QgroundControl 사용, 센서 캘리브레이션 및 조종기 세팅
6. 퀄드로터 동작 원리의 이해
7. Mavlink Console 활용 및 픽스호크 내부 메시지 출력 방법
8. PX4 firmware 개발 시 Vscode 활용 팁
9. 프로펠러 장착 후 시험 진행
10. Flight log 확인 방법
11. 퀄드로터 해체 후 원상 복구 (추후 신입 교육에 재사용 예정)

## 교육 목적

어디서도 체계적으로 배우기 힘든, 드론에 대한 넓고 얕은 지식을 종합적으로 전달하기 위함

1. 드론을 구성하는 각 부품의 역할과 동작원리를 이해한다.
2. 드론을 처음부터 끝까지 직접 조립해보며, 각 부품이 어떻게 연결되어 **하나의 시스템**을 구성하는지 이해한다.
3. 드론을 **실제 날리기** 전에, 어떤 과정이 필요한지 이해한다.
4. 실제 드론을 활용한 시스템을 **개발**하는데 있어 **유용한 팁들**에 대해 배운다.
5. 비행 시험을 통해 얻은 **비행 로그**를 **분석**하는 방법에 대해 배운다.



그리고 무엇보다 ...

**Hands-on Experience의 중요성!!**

# 쿼드로터 시스템 구성

## 1. 프레임 (실습에는 S500 프레임 활용)

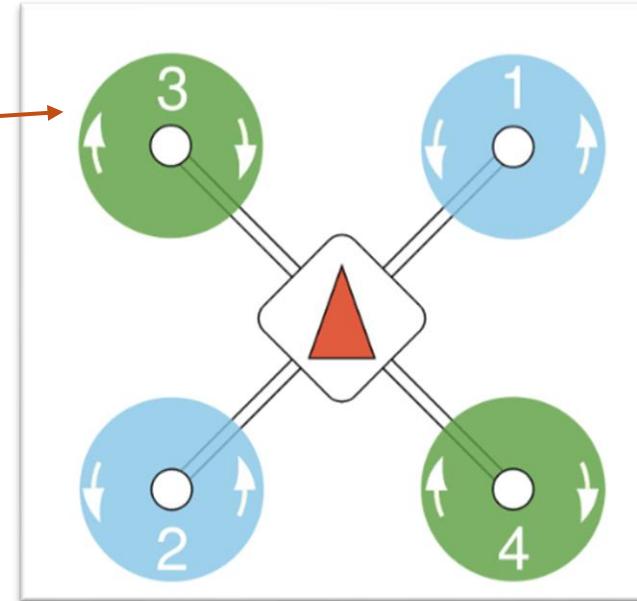


랜딩 기어  
암대



# 쿼드로터 시스템 구성

## 2. 모터



## 3. 프로펠러 (프롭)



모터와 마찬가지로 시계/반시계 방향에 주의 !!

**CW (Clockwise : 시계 방향)**

**CCW (Counterclockwise : 반시계 방향)**

Q. 2개는 CW, 2개는 CCW인 이유는 무엇일까? 왜 다 CW이면 안될까?

A. 작용/반작용 토크를 상쇄시키기 위함 !

## 4. ESC (Electronic Speed Controller)



### - 전자 변속기

모터의 회전 속도를 제어해주는 장치

비행 제어기에서 PWM 신호로 전달된 명령을 모터가 알아들을 수 있도록 변환

## 5. GPS / IMU



### GPS : 현재 위치를 파악

- 실내에서는 사용 불가
- 보다 높은 정확도를 위해 RTK-GPS를 사용하기도 함

### IMU : 축 별 가속도/각 가속도를 측정

- 진동에 굉장히 취약함

## 6. FC (Flight Controller)

드론의 핵심 부품 (뇌)



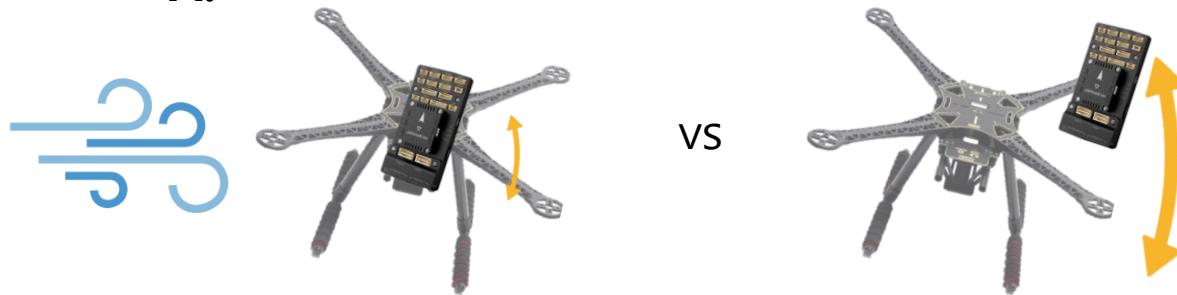
픽스호크 v6x : 일종의 작은 컴퓨터로, 센서에서 들어온 데이터를 처리해 각 모터에 어떤 입력을 줄지 결정.

### 주의 사항

- 1) IMU 센서가 포함된 굉장히 민감한 부품이므로 **FC는 가능한 질량 중심에 가깝게 부착!!**

Q. 왜 질량 중심에 가깝게 부착해야 할까?

A.



- 2) **진동에 유의!!** : 진동 흡수용 부품을 사용하기도 함

3) **전자기장에 유의 !!**

- 주위에 강한 전류가 흐르는 부품이 위치하지는 않았는지 확인한다 !

제어 명령(각 모터에 어떤 입력을 넣을지)은 측정된 센서 값(현재 기체의 상태를 나타내는)을 기반으로 생성된다. 따라서, **측정된 센서 값의 신뢰도를 높이기 위해** 위와 같이 사소해 보이는 것에도 많은 주의를 기울여야 한다.

## 6-1 ) PX4 - Autopilot

- 픽스호크에 올리게 될 펌웨어
- C++ 기반, 오픈소스이며 모든 코드를 변경 가능
- 굉장히 자세한 유저 가이드 존재
- 개발을 진행한다면 꼭 확인하게 될 사이트
  - <https://docs.px4.io/main/ko/>
  - <https://github.com/PX4/PX4-Autopilot>
- 각종 데이터를 처리하고, 각 모터의 출력 제어
- 시뮬레이션 관련 코드들도 포함되어 있음
- 내부에 굉장히 유용한 **msg**들이 정의되어 있어 추후 개발에 활용할 수 있음 (ex. Local position ..)

The screenshot shows the homepage of the PX4 Autopilot User Guide. The header includes the PX4 logo, a search bar, and navigation links for PX4, Dronecode, Support, Version, and Language. The main content area features a sidebar with links to '소개' (Introduction), '시작하기' (Getting Started), '기본 조립' (Basic Assembly), 'Standard Configuration', 'Vehicle Types & Setup', '비행' (Flight), '비행 로그 분석' (Flight Log Analysis), '고급 설정' (Advanced Settings), '하드웨어(드론 및 부품)' (Hardware (Drone and Components)), '개발' (Development), 'Drone Apps & APIs', 'Community', and '출시' (Release). To the right, there is a large section titled 'PX4 Autopilot User Guide' with a sub-section for 'TIP'. The 'TIP' section contains text about using PX4 for flight control, sensor fusion, and safety features, along with tips for developers and information about supporting hardware.

## 7. 배터리



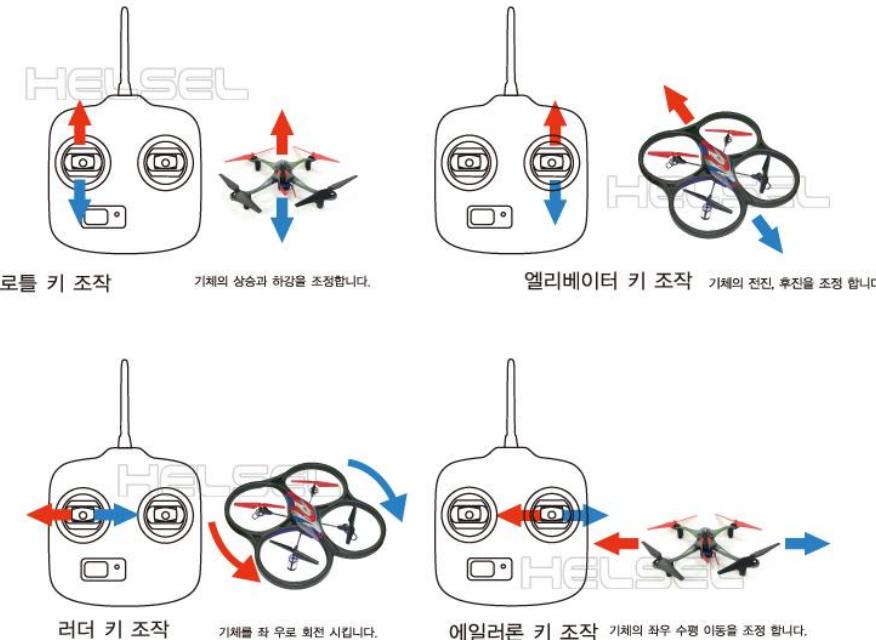
- 드론용 배터리는 보통 Li-Po (리튬-폴리머) 형식
- 일반적으로 3셀 ~ 6셀을 사용  
1셀 (1S) 당 3.7V로 계산하면 된다.  
Ex) 3셀 = 11.1V
- 주의 : 충전 및 보관 시 화재 발생 가능 !!

## 8. 조종기 및 수신기



모드 1, 2로 구성  
모드 2는 다음과 같이 작동한다.

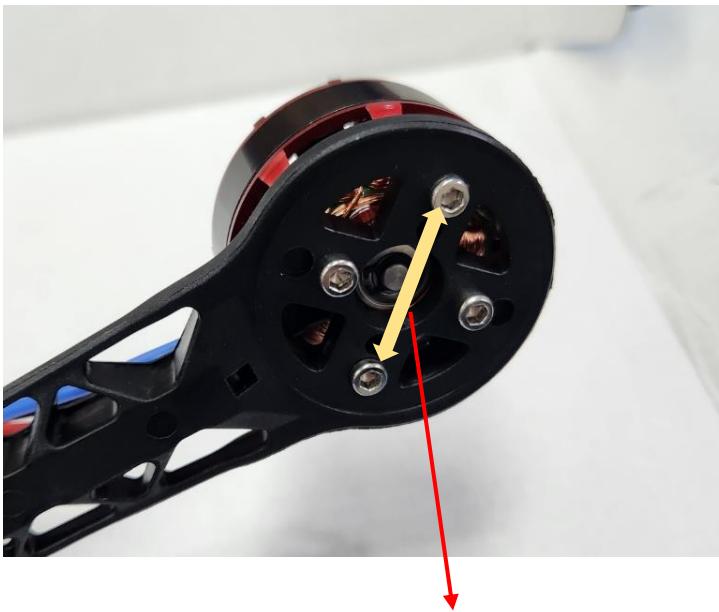
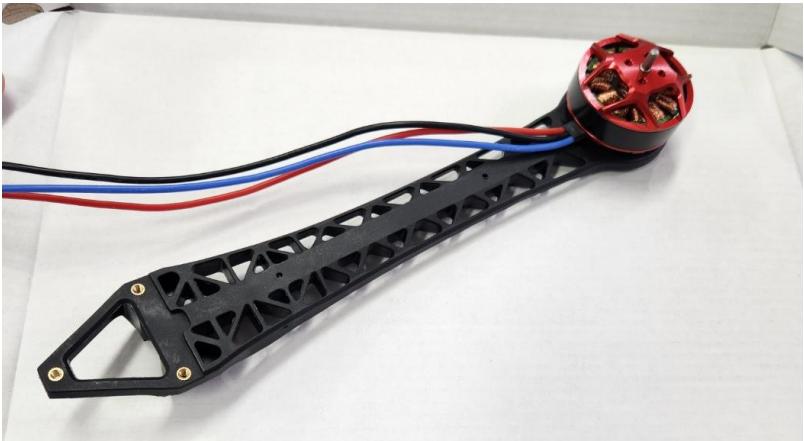
모드2



1. **안전 제일**
2. 4인 1조로 진행. 부품 조립도 가능하면 번갈아 가면서 진행
3. 실내에서는 프로펠러 부착 금지
4. 납땜 시 화상 주의
5. 부품을 소중히 다뤄주세요... 사비로 구입한 부품입니다..
6. 나사 분실 주의 !!
7. 실습 종류 후 원상복구 ! (양면테이프도 다 제거해야 하므로 처음부터 적정량 사용 권장)
8. 분실/ 파손 시 조교에게 바로 보고

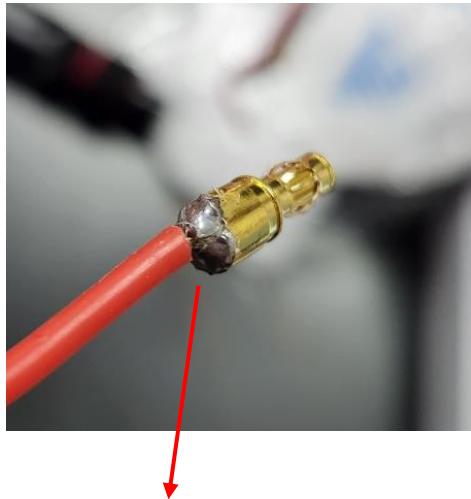
## 1) 암대 4개 만들기

- 암대에 모터 부착 (지나치게 긴 나사 사용 시 모터 안쪽에 닿을 수 있으니 조심)
- 나사 체결의 기본 : 처음에는 헐렁하게 4개를 장착한 뒤, 번갈아 가면서 나사를 조인다

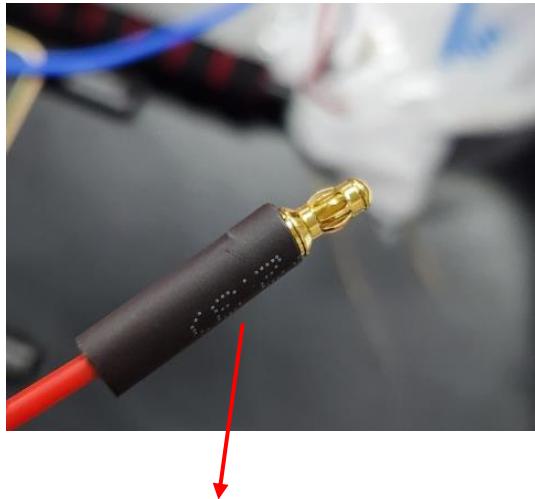


## 1) 암대 4개 만들기

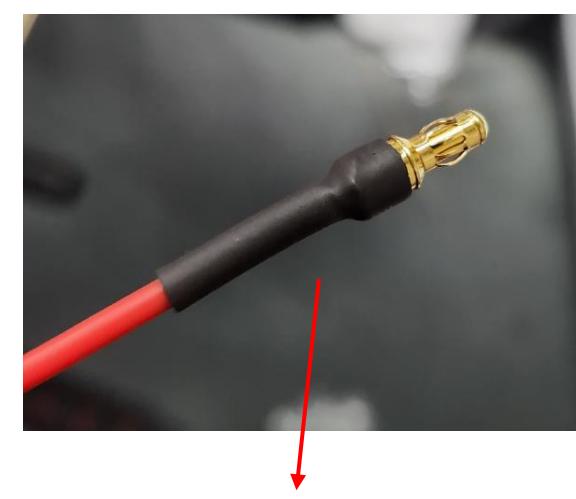
- 모터-ESC 연결용 골드잭 제작 (모터 1개당 3개씩, 총  $3 \times 4 = 12$ 개)
- 이미 납땜이 되어 있다면 생략
- 납땜 시 화상 주의 (맨손이 아닌, 집게로 잭을 고정시킨 뒤 납땜 진행)



납땜 이후 모습



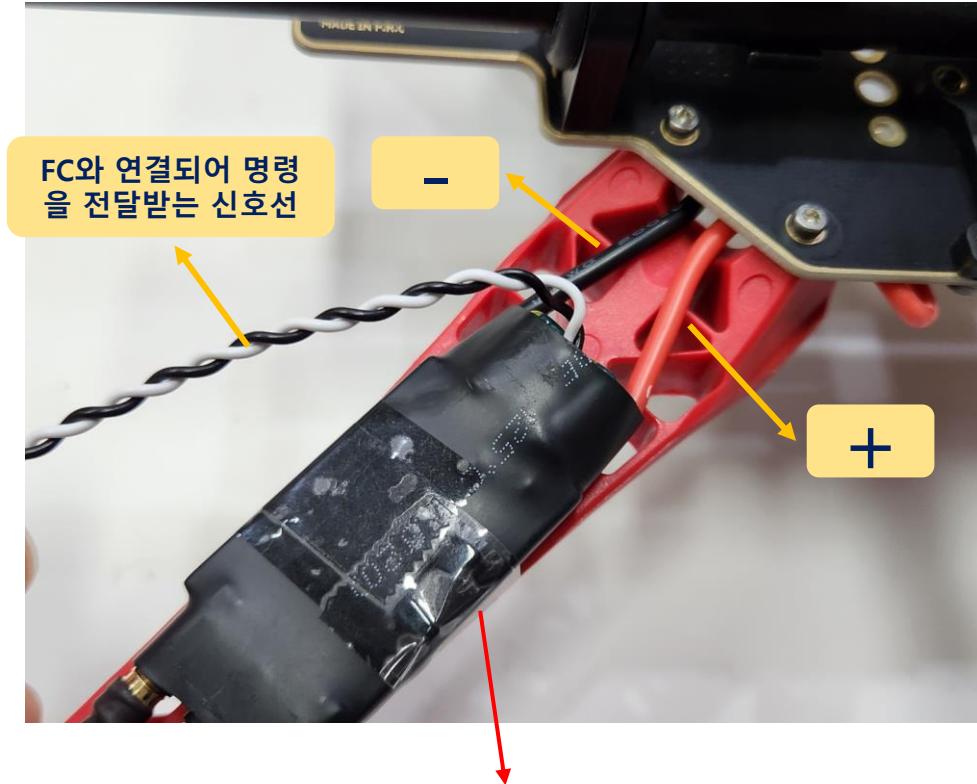
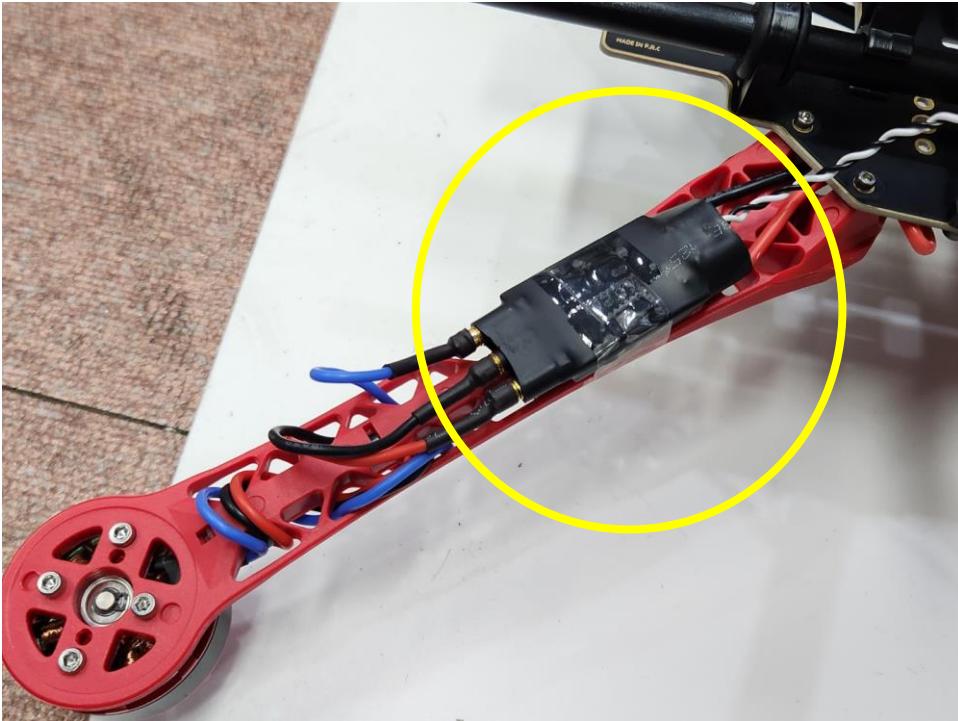
미리 끼워둔 수축 투브를  
납땜 부위에 위치



열풍기로 수축시킨 뒤 모습

## 1) 암대 4개 만들기

- ESC 부착 및 모터와 선 연결
- 아무 3개나 연결하면 되며, 추후 전원 연결해서 회전 방향이 잘못된 것이 확인되면 아무 2개나 바꿔서 다시 연결
- 남는 선은, 추후 프로펠러 선과 겹치지 않게 암대에 잘 감아 정리

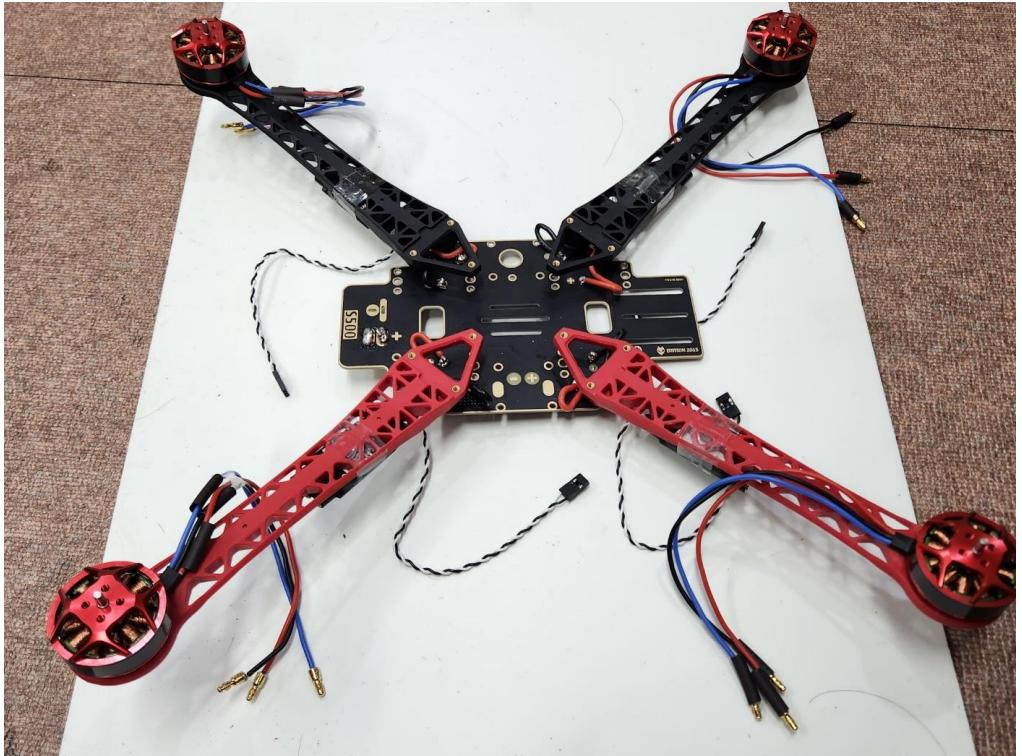


테이프로 임시로 고정한 모습  
(추후 조립이 완료되면 케이블타이로 단단히 고정)

### 2) PDB 아래 기판에 암대 4개 부착 (암대 번호에 주의)

- 암대 색은 비대칭으로 빨빨/검검 장착

**Why?** 비행 시 거리가 멀어지면, 기체가 향하고 있는 방향을 육안으로 확인하기 어렵기 때문! (조종 시 위험)



정면



거리가 조금만 멀어져도 기체가 어디를  
바라보고 있는지 확인하기가 어렵다

## 3) 납땜

1) PDB 기판에 4개의 ESC 납땜 : + (빨강) - (검정)

2) 전원 선 납땜. + / - 유의

- 이미 되어 있으면 생략

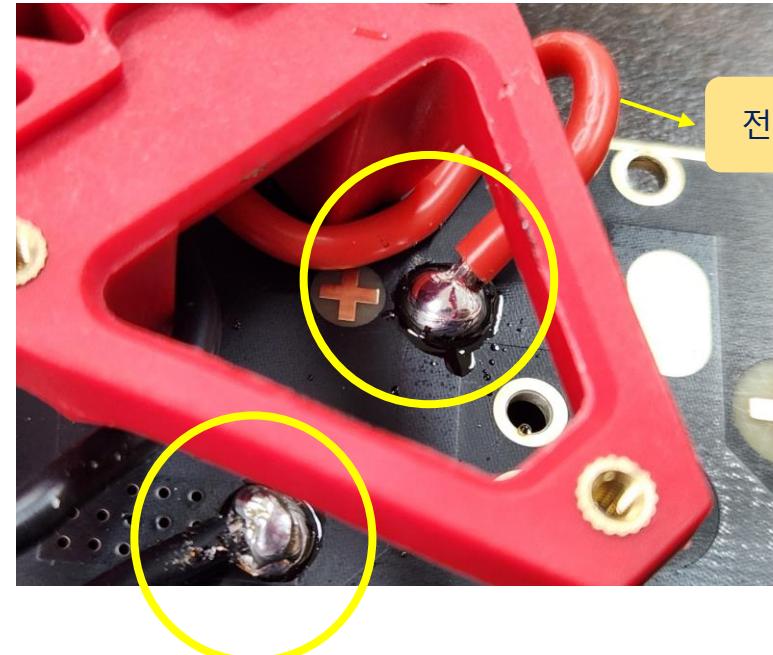
- 화상 및 기판 손상 주의

① 기판 위 +/-에 납 방울 만들기

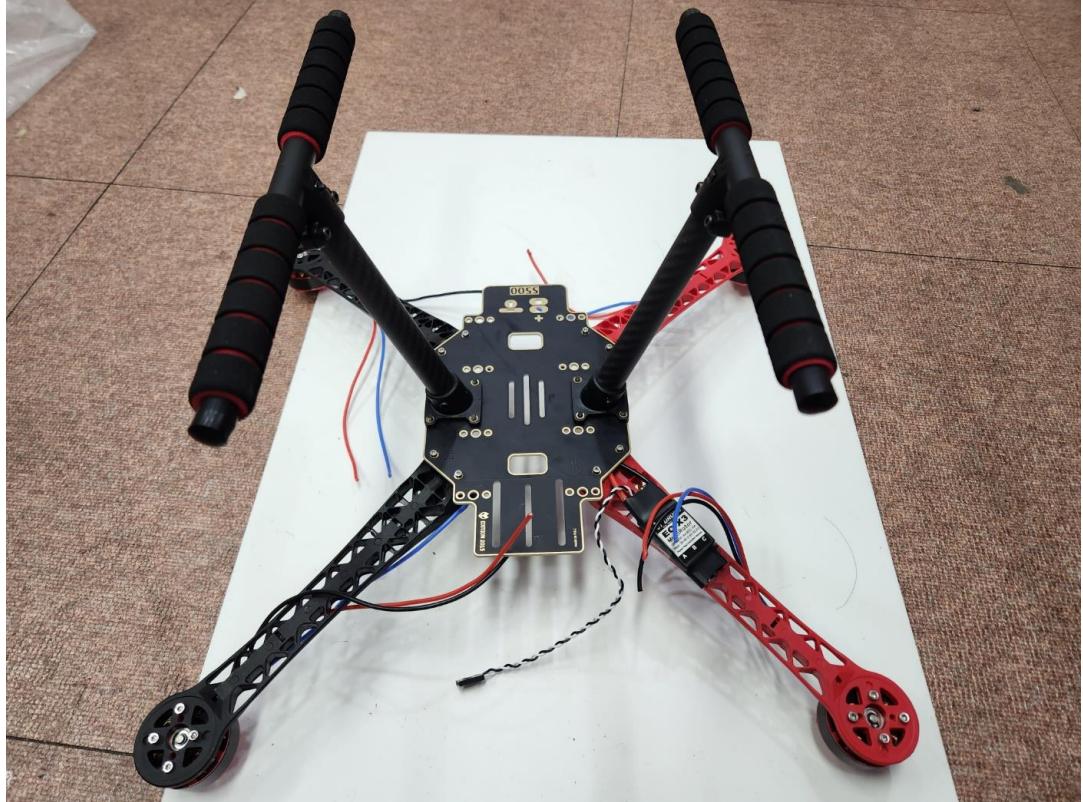


② 인두기로 납 방울을 녹인 뒤, ESC에서 나온 전선을 끼워 넣는다

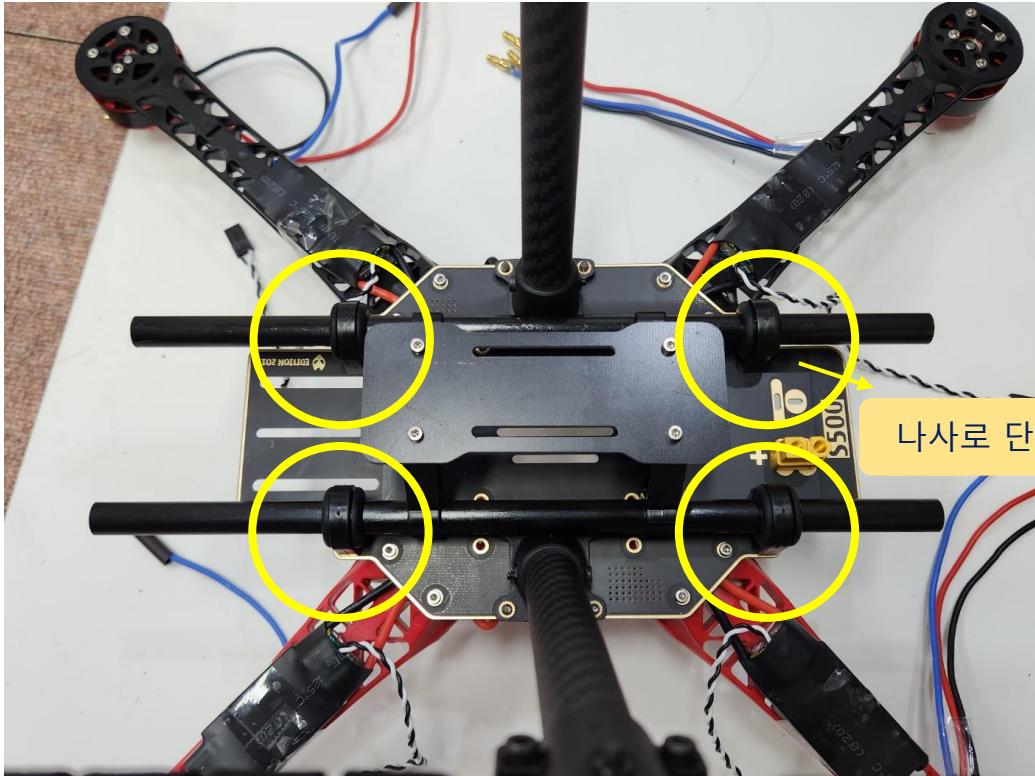
③ 인두기로 납땜 부위를 매끈하게 다듬는다 (납 부족 시 추가)



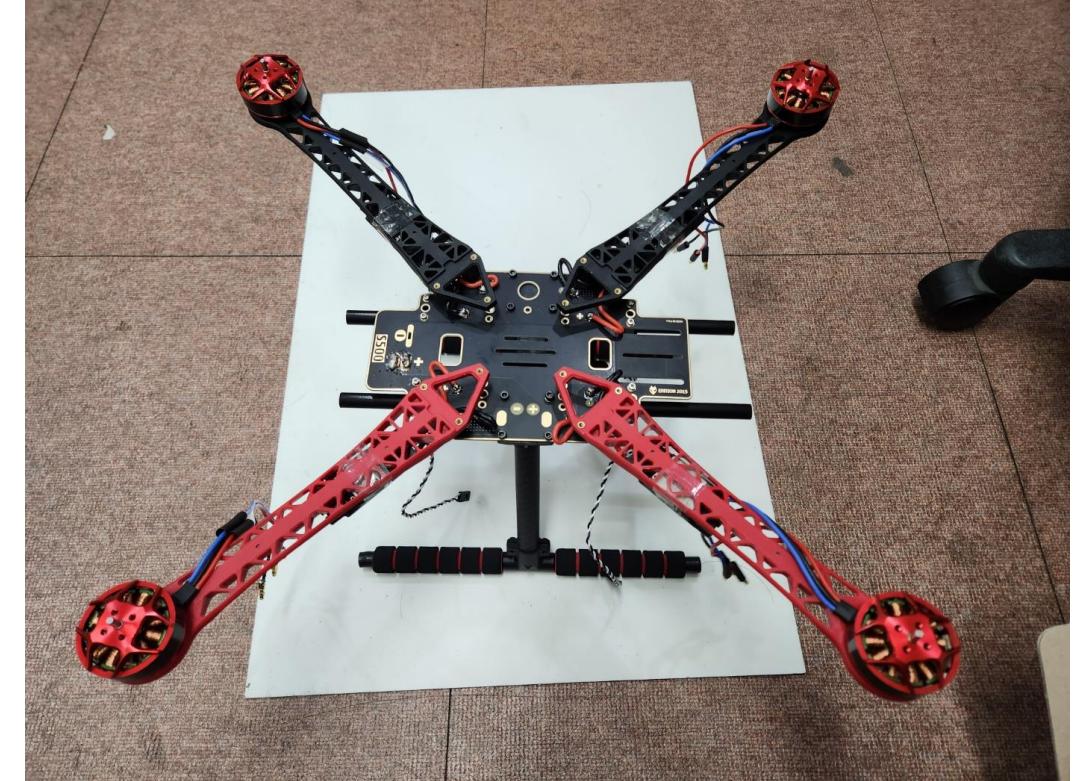
## 4) 랜딩 기어 조립



## 5) 배터리 트레이 조립



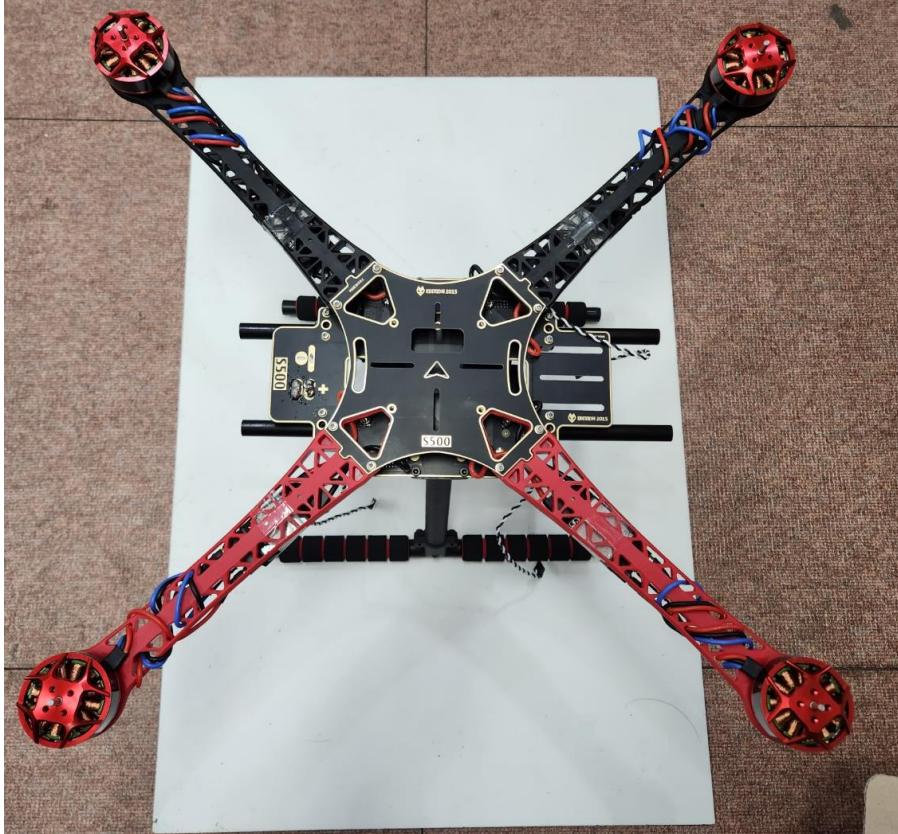
아래에서 본 모습



위에서 본 모습

## 6) 윗 기판 조립

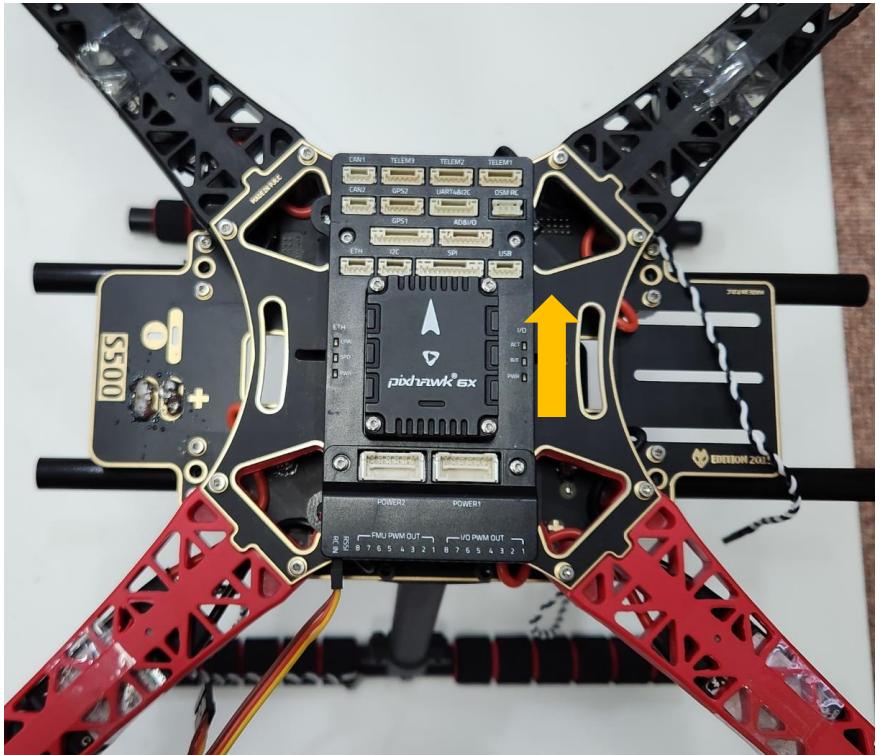
**Tip :** 나사 구멍이 맞지 않는다면, 얹지로 끼워 넣지 말고  
아래 기판의 나사도 살짝 풀어 구멍을 맞춘 뒤 상하좌우 번갈아 가면서 조금씩 조여준다



## 7) 픽스호크(FC) 부착

1) 양면 테이프를 활용해 부착

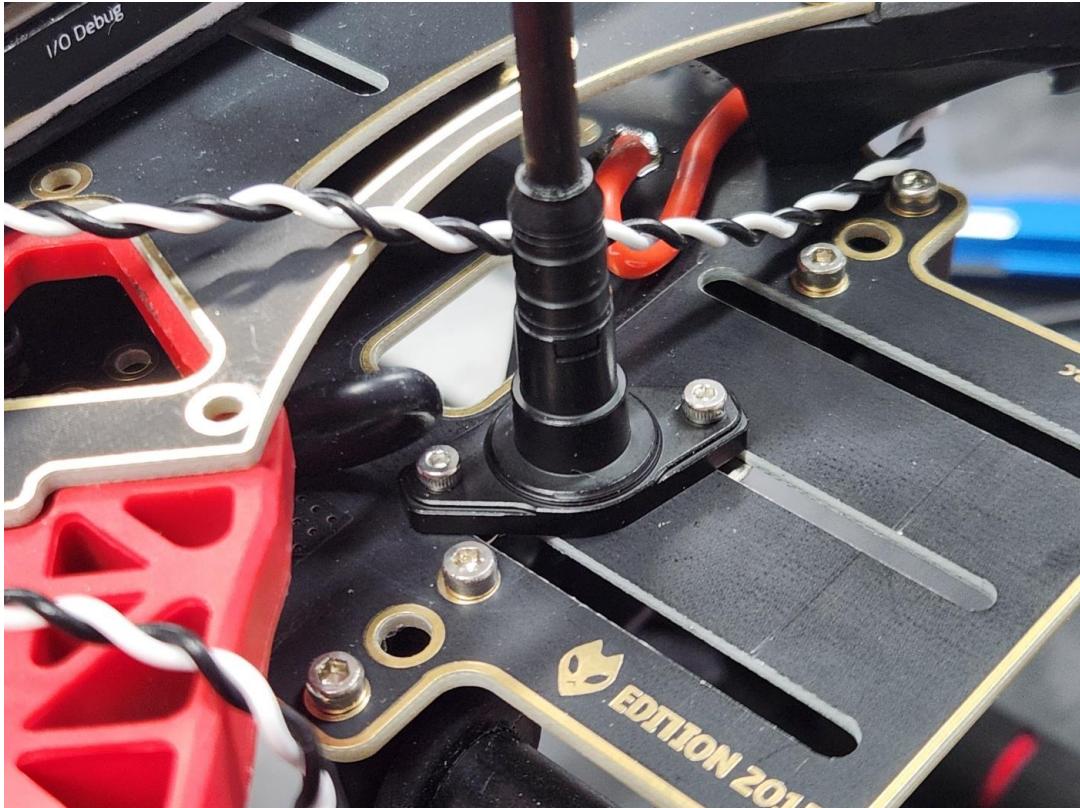
2) 정중앙에 위치하도록 조심해서 부착 !!



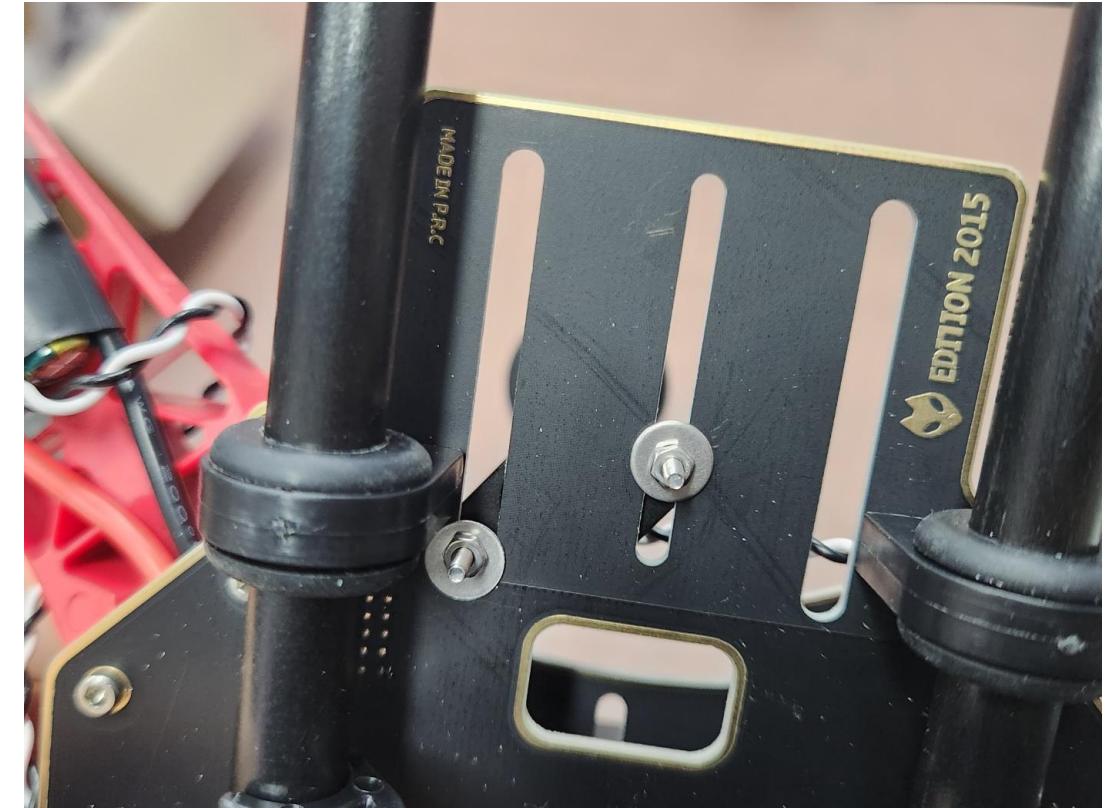
정면

## 8) GPS 조립 및 부착

당연하지만 실제 대회용 기체는 훨씬 단단히 고정 필요!



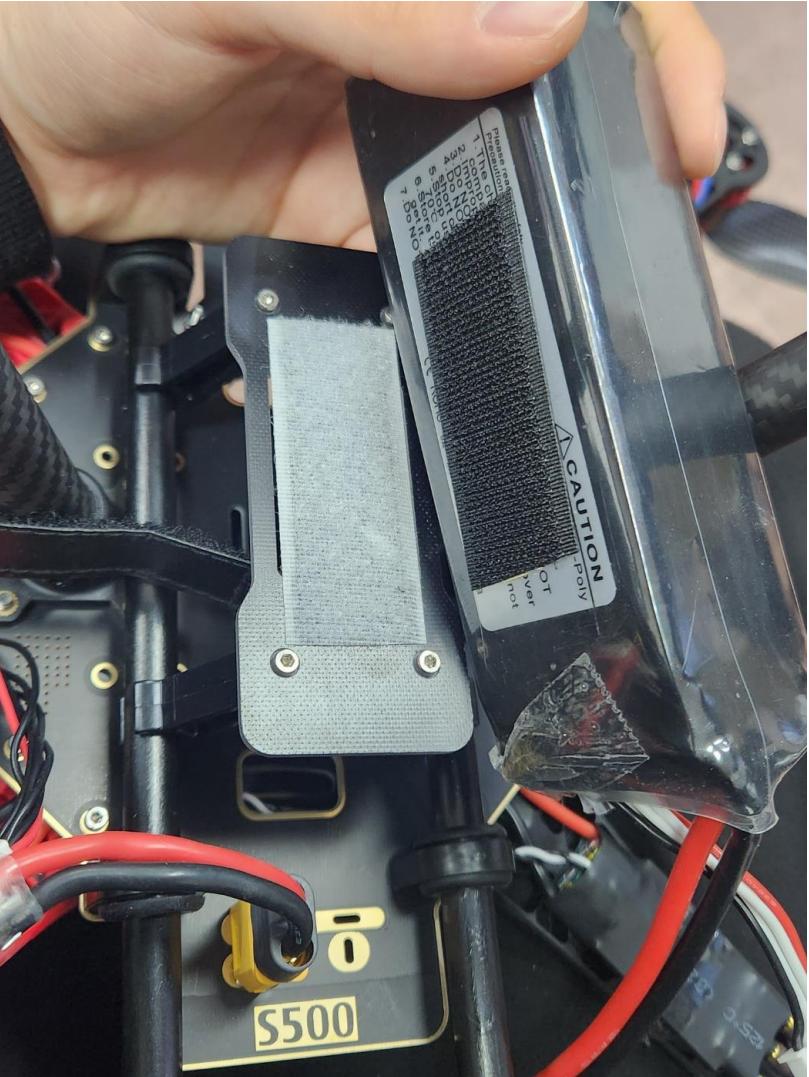
지지대를 위에서 바라본 모습



지지대를 아래에서 바라본 모습

## 9) 배터리 고정

벨크로로 2~3회 감아 단단히 고정

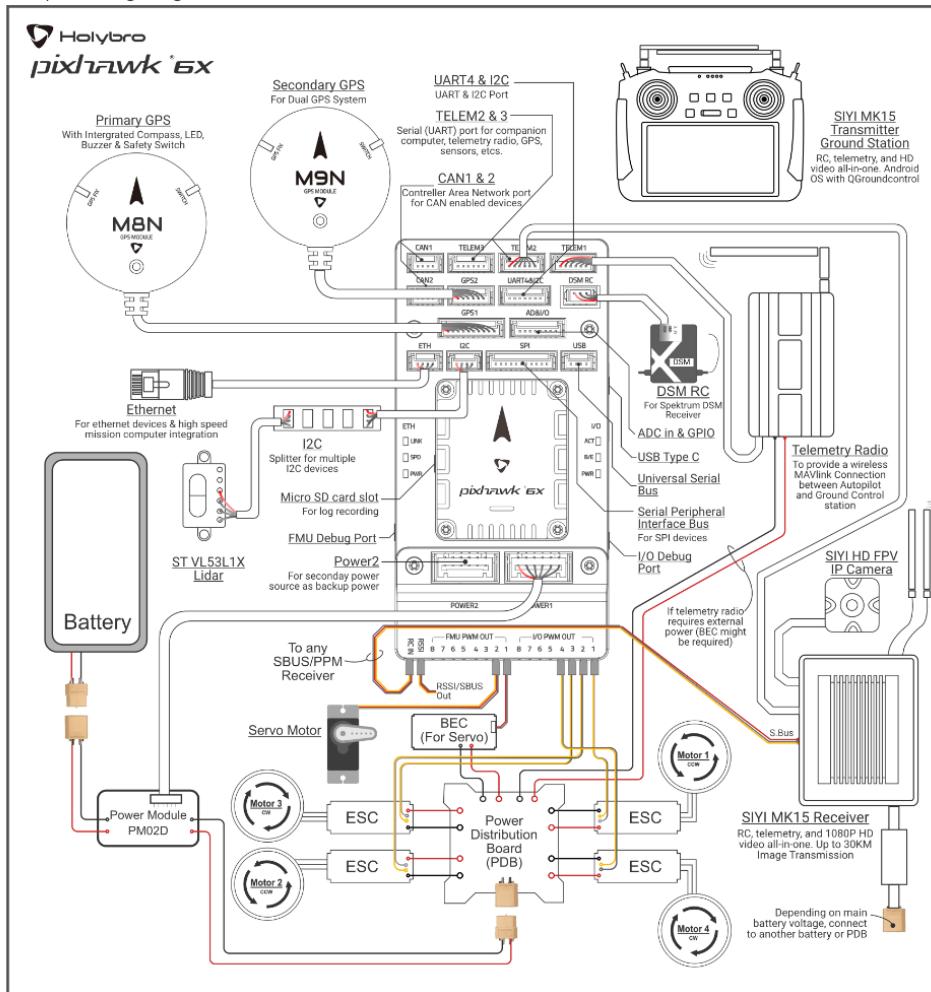


## 10) 배선 연결

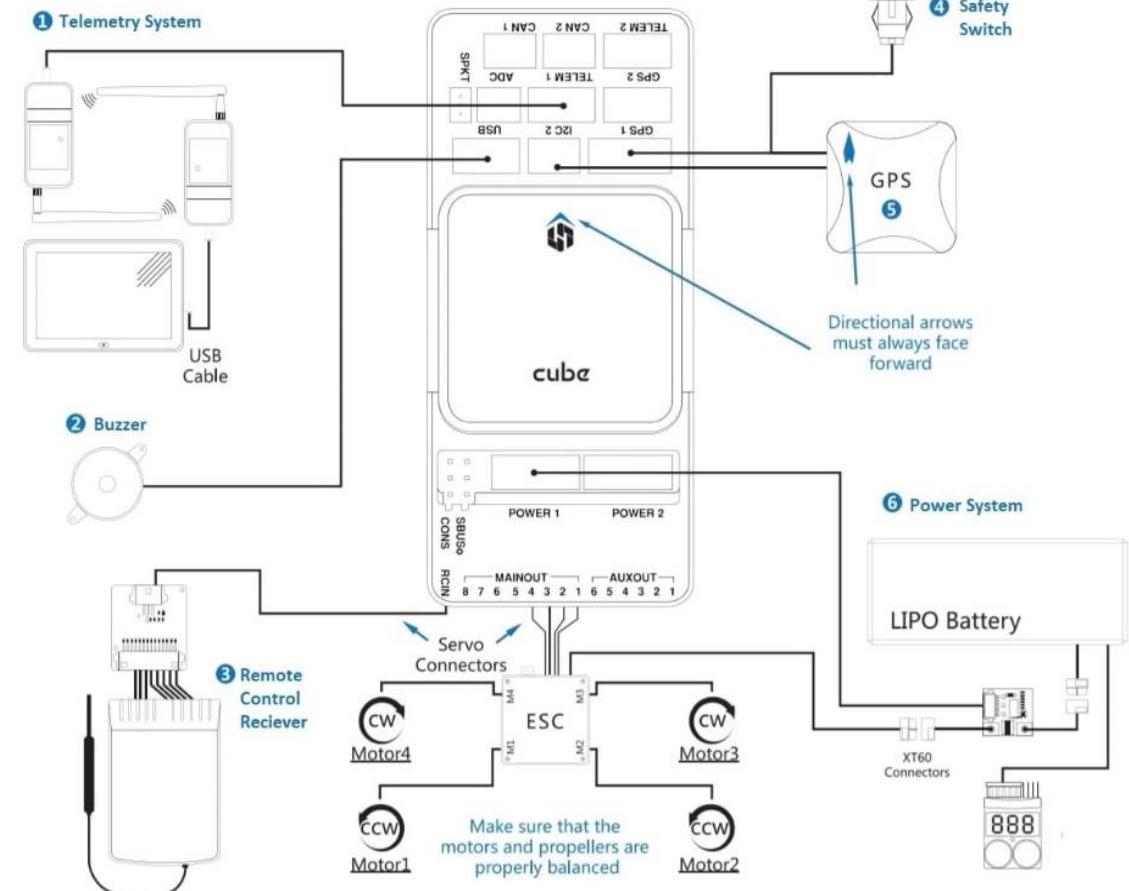
기본 연결 (픽스호크 제품마다 배선 및 호환 제품이 다름)

**Pixhawk 6x**

- 1) Power
- 2) 수신기
- 3) GPS 모듈
- 4) 모터 1,2,3,4



**Pixhawk Cube**

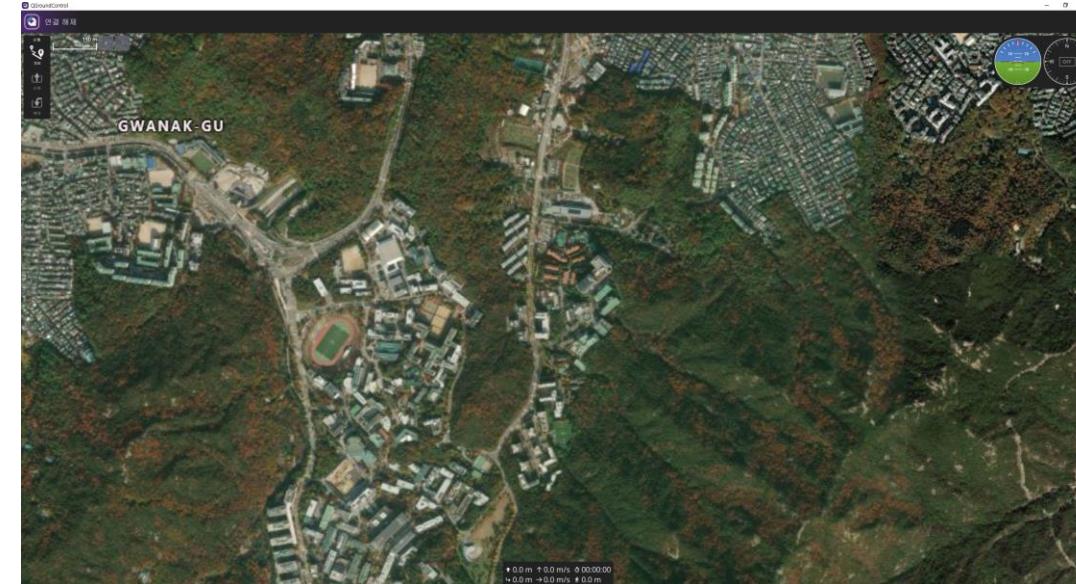


## 기체 세팅

여기까지 잘 왔다면 조교에게 전반적인 조립 상태에 대한 검사를 받습니다

- 전선들이 올바른 곳에 연결되었는지 확인 (빨강 : + / 검정 : -)
- 전선들이 잘 고정되어 있으며, 혹시 프로펠러와 닿는 위치는 아닌지 확인
- FC (픽스호크)가 정중앙에 잘 위치하는지 확인
- 나사들이 단단히 고정되었는지 확인

확인을 받았다면, **QGroundControl**을 실행



QGroundControl 설치 방법

[https://docs.qgroundcontrol.com/master/en/qgc-user-guide/getting\\_started/download\\_and\\_install.html](https://docs.qgroundcontrol.com/master/en/qgc-user-guide/getting_started/download_and_install.html)

윈도우, 맥, 리눅스 전부 쉽게 설치 가능

# 기체 세팅

## QGC (QGroundControl)이란?



- **지상부, GCS** (Ground Control System) 이라고도 하며, 위성 지도를 포함한 직관적인 GUI을 가지고 있다.
- 기체의 파라미터 세팅, 센서 캘리브레이션, 임무 중 명령을 내리는 등 다양한 작업을 쉽게 진행할 수 있어 미션 진행에 필수적인 프로그램
- Pixhawk 보드에 PX4 펌웨어를 올린 뒤, QgroundControl를 GCS로 함께 운용하는 조합이 많이 사용됨
- **픽스호크(기체) 내부에 접속하는 프로그램이다!** 라고 생각하면 좋음

## QGC 핵심 기능 사용 예시:

- 1) 기체의 현재 위치를 지도 상에 표시
- 2) 센서, 조종기 및 각종 파라미터(ex. PID Gain) 세팅을 진행
- 3) 지상에서 QGC를 통해 기체에게 여러 명령 전달 가능 (ex. 이/착륙 명령, 위치 이동 명령)
- 4) 기체에 접속해 기체 내부에서 돌아가는 메시지를 읽을 수 있다 (ex. 현재 배터리 상태, 현재 GPS 값 etc)

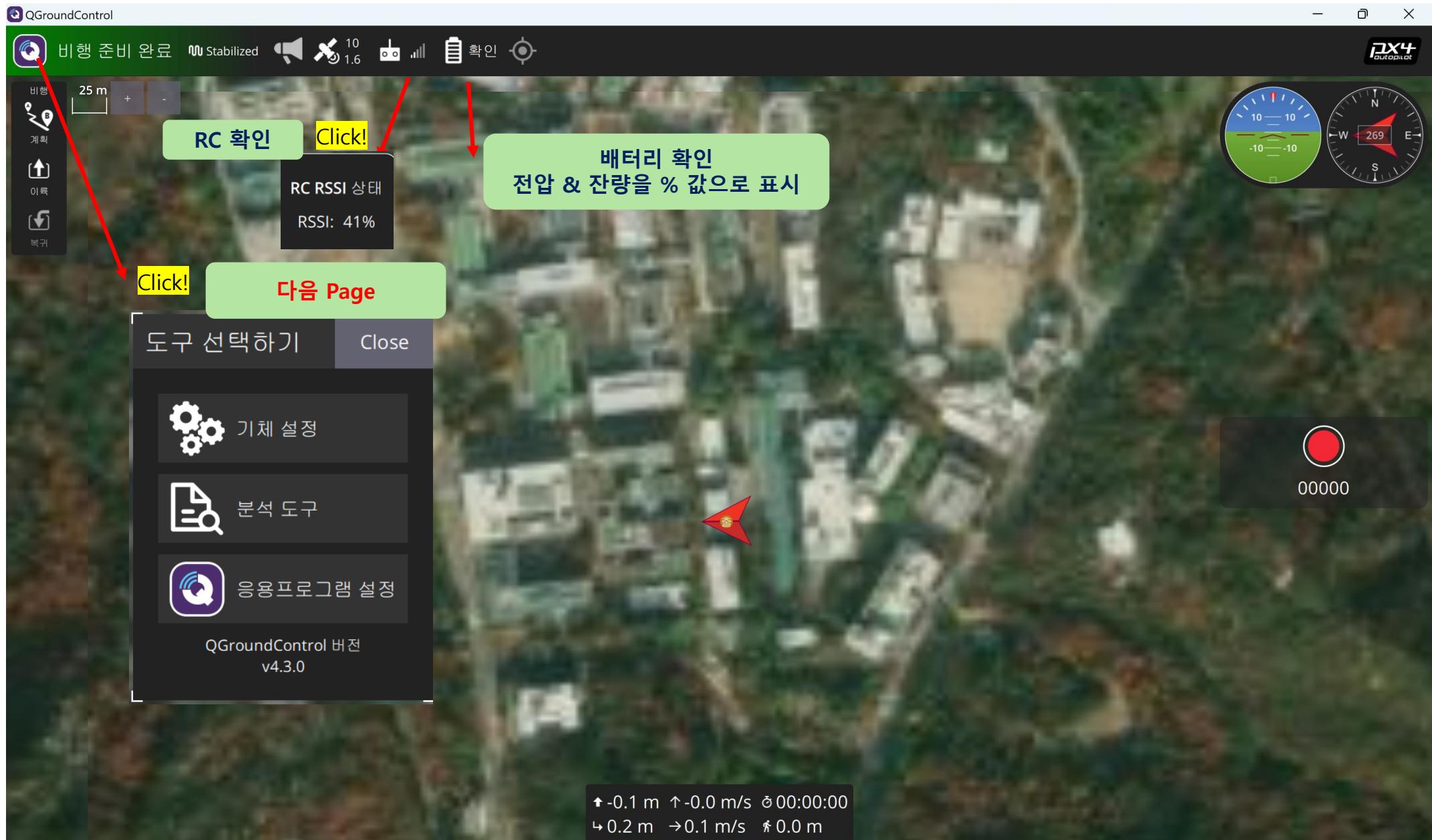
Etc...

기체 내부에 접속하는 것이므로, 기체 내부에서 돌아가고 있는 PX4 펌웨어와 관련된 다양한 활용이 가능하다

# QGroundControl 기초

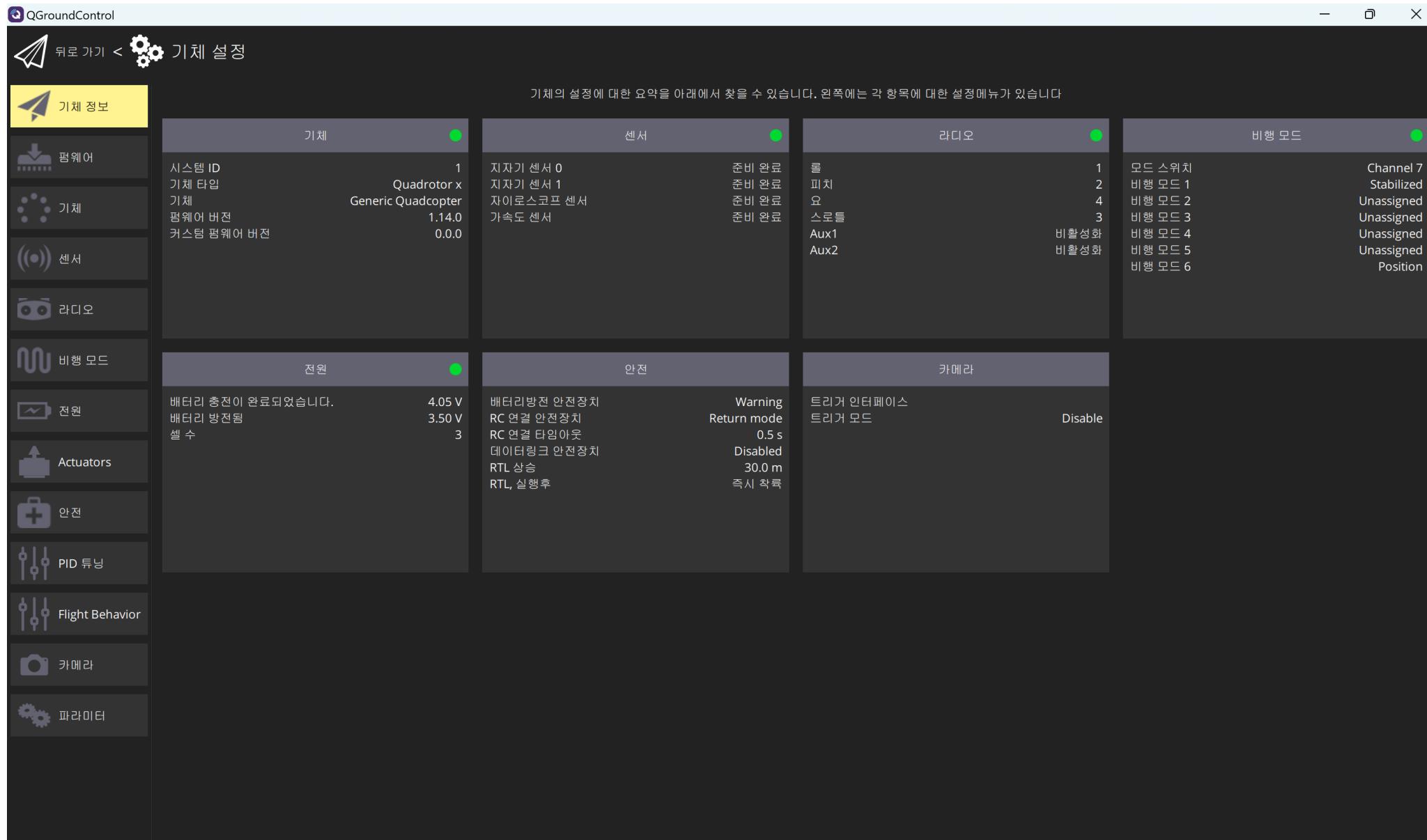


# QGroundControl 기초



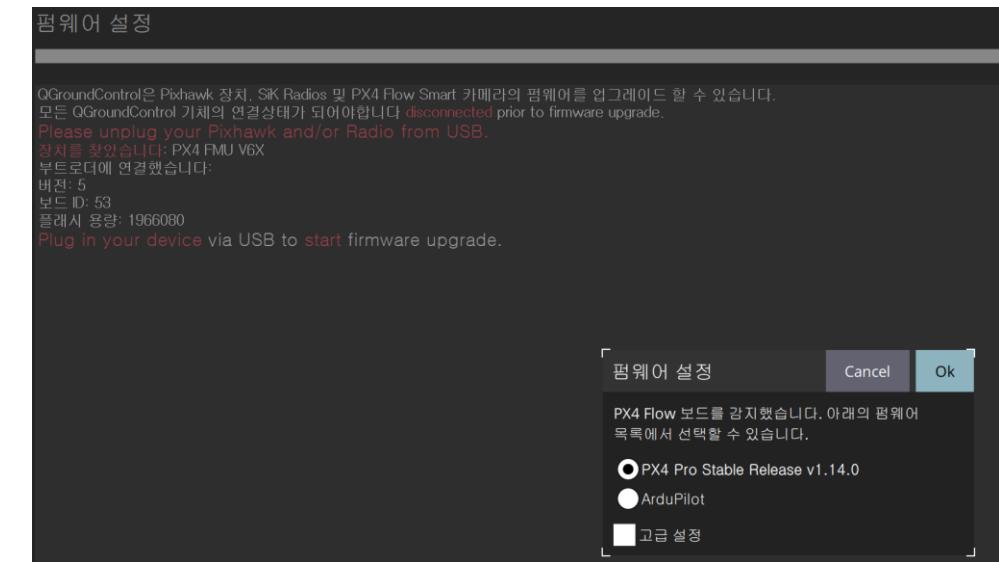
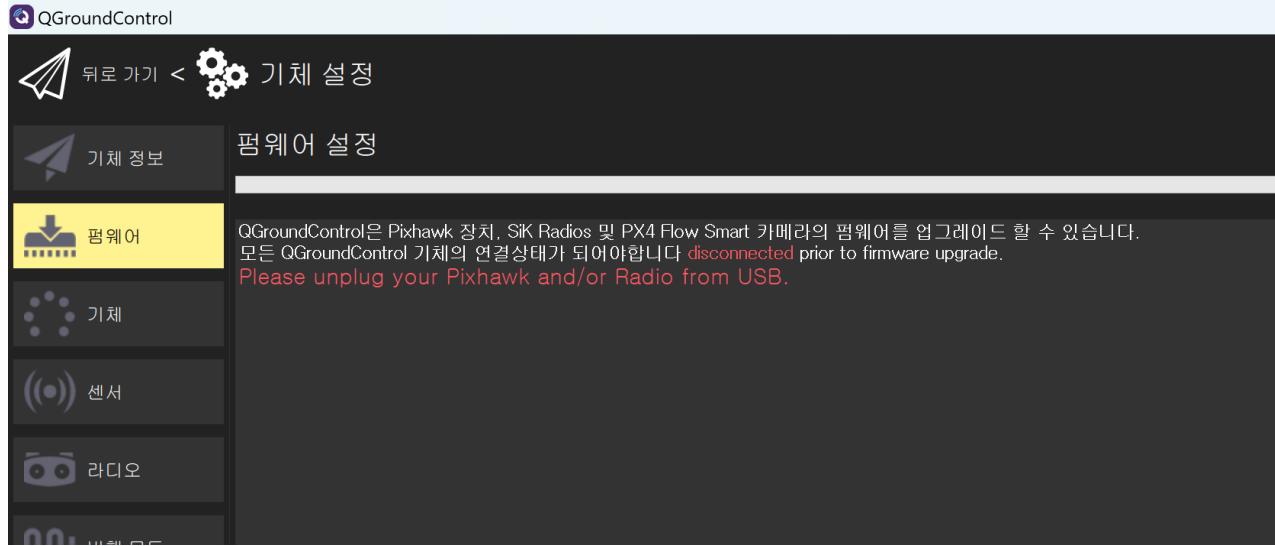
# QGroundControl 기초

앞 페이지에서 기체 설정을 클릭하면 나오는 화면



# QGroundControl 기초

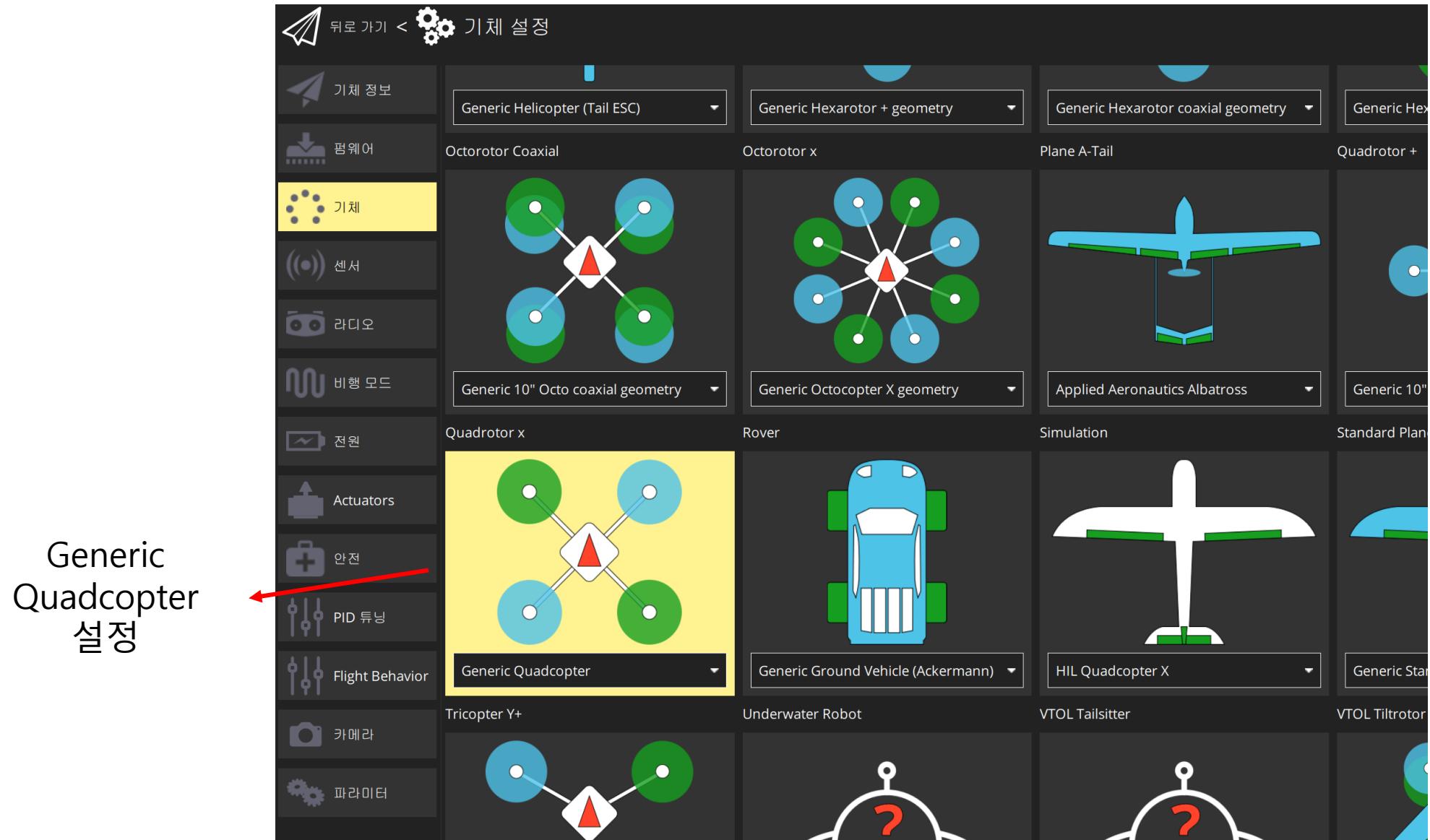
## 기체 설정 - 펌웨어



USB 선으로 연결된 상태에서, 선을 뽑았다 다시 끼우면 자동으로 PX4 Stable version 펌웨어 업로드가 진행된다.  
(추후 PX4 firmware를 직접 개발 혹은 건드리게 된다면, PX4 firmware 폴더에서 직접 make 후 업로드 하는 것이 더 편하다)

# QGroundControl 기초

## 기체 설정 – 기체

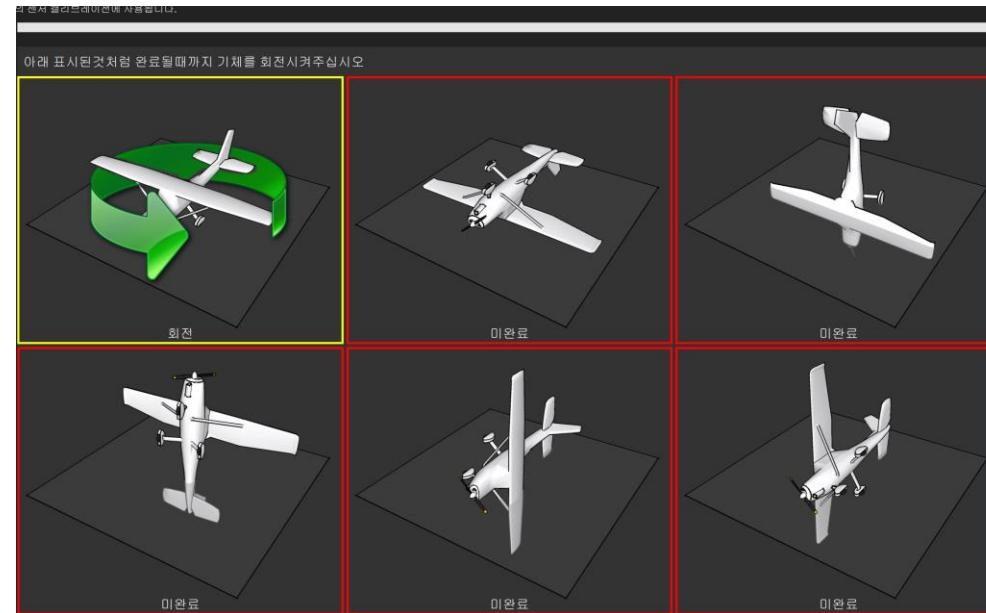
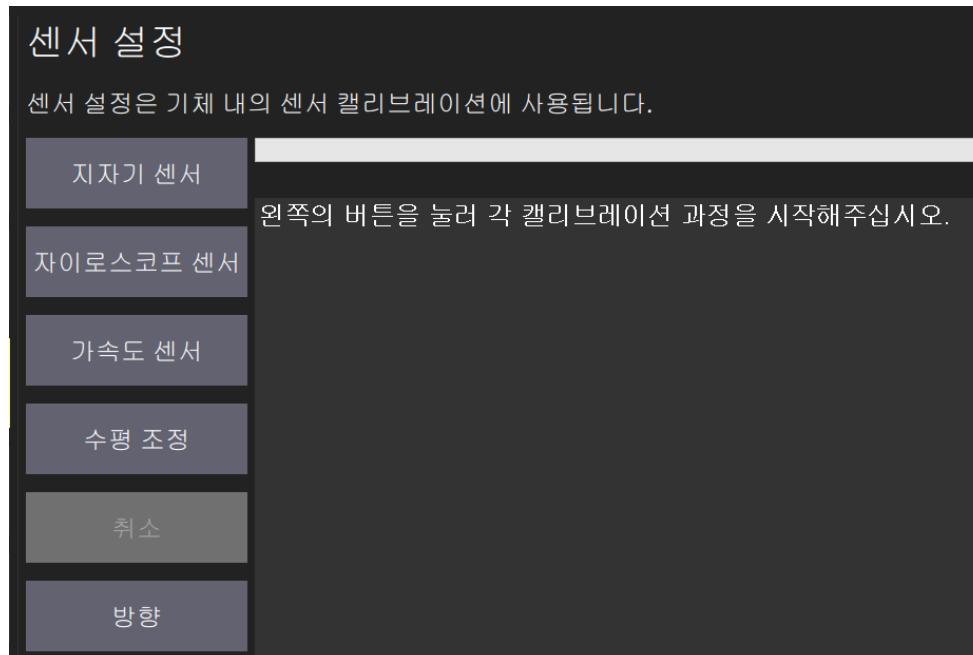


# QGroundControl 기초

## 기체 설정 – 센서 캘리브레이션

### 1) 지자기 센서

그림에 맞춰 기체를 천천히 돌려준다. 유선으로 연결한 경우, 선이 과도하게 꼬이지 않도록 유의한다.



# QGroundControl 기초

## 기체 설정 – 센서 캘리브레이션

### 2) 자이로 센서

평평한 지면에 가만히 놔두면 된다

의 센서 캘리브레이션에 사용됩니다.

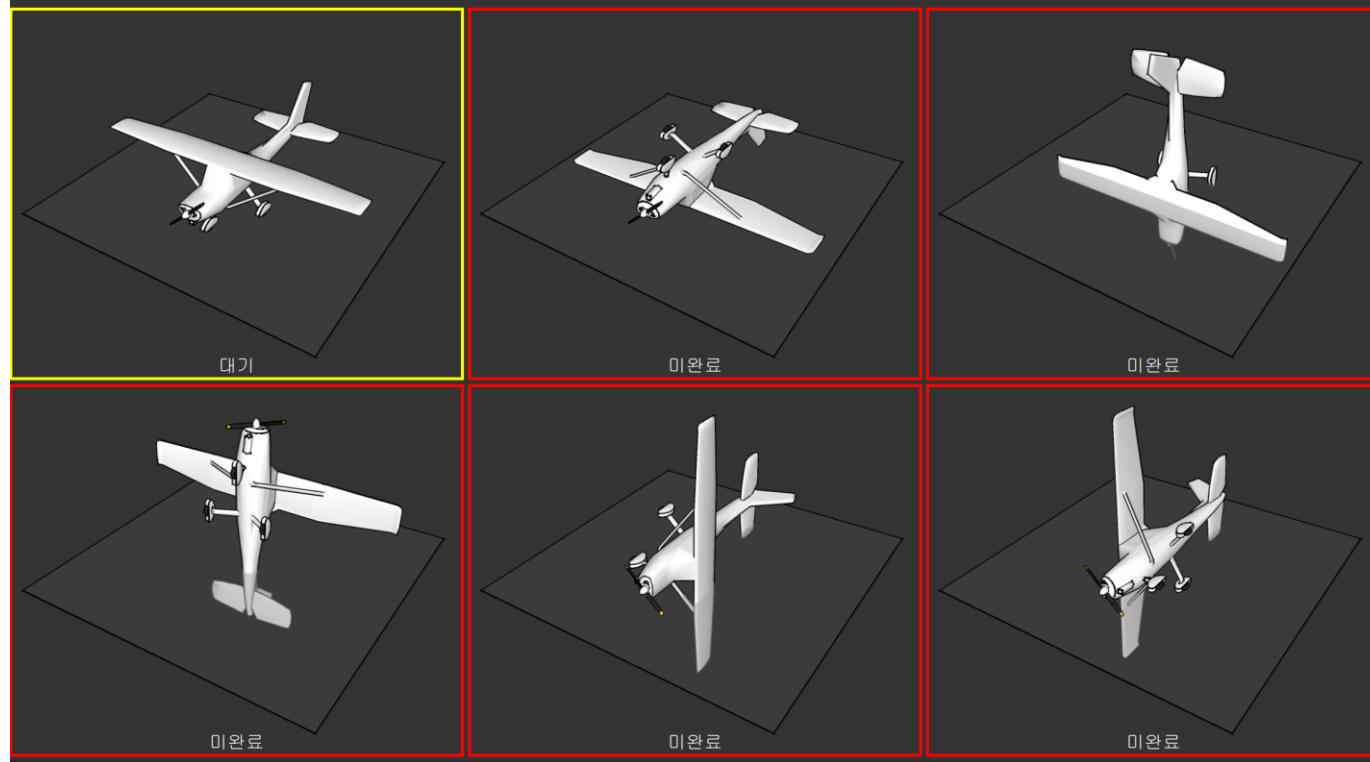


### 3) 가속도 센서

기체 방향을 각각의 그림과 일치시킨 뒤, 흔들리지 않게 자세를 유지한다.

의 센서 캘리브레이션에 사용됩니다.

현재 자세를 유지해주세요



## 기체 설정 – 센서 캘리브레이션

### 4) 수평 조정

평평한 지면에 가만히 놔두면 된다

의 센서 캘리브레이션에 사용됩니다.

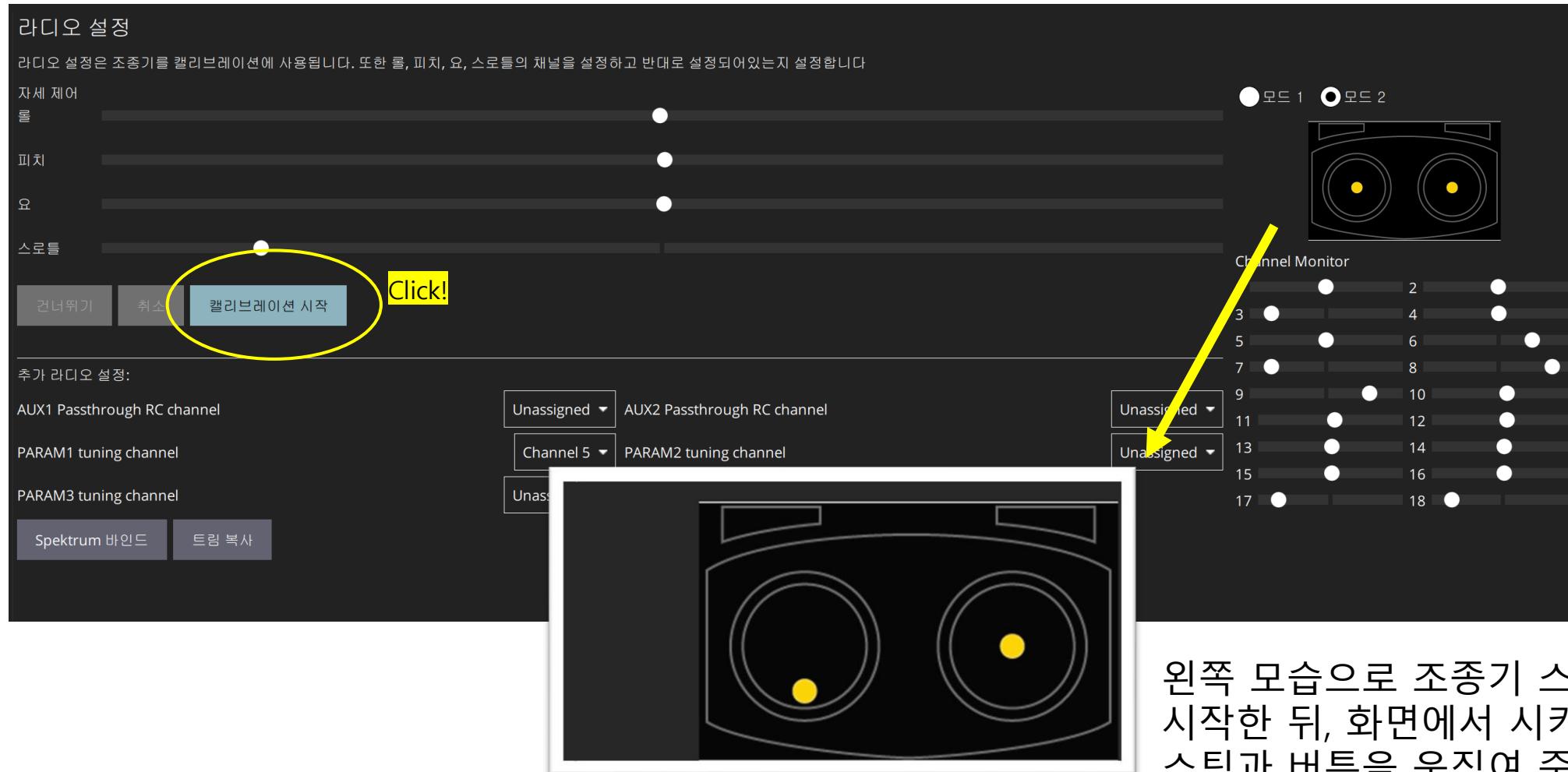
왼쪽의 버튼을 눌러 각 캘리브레이션 과정을 시작해주십시오.

```
[cal] calibration started: 2 level  
[cal] progress <0>  
[cal] progress <20>  
[cal] progress <40>  
[cal] progress <60>  
[cal] progress <80>  
[cal] progress <100>  
[cal] progress <100>  
[cal] calibration done: level
```

- 센서 캘리브레이션을 통해 생성된 값들은 파라미터의 형태로 픽스호크 내부에 저장된다
- 캘리브레이션은 실내에서 해서 야외로 나가도 되지만, 혹시나 모를 에러를 방지하기 위해 비행 전에 한번 다시 수행해주자

# QGroundControl 기초

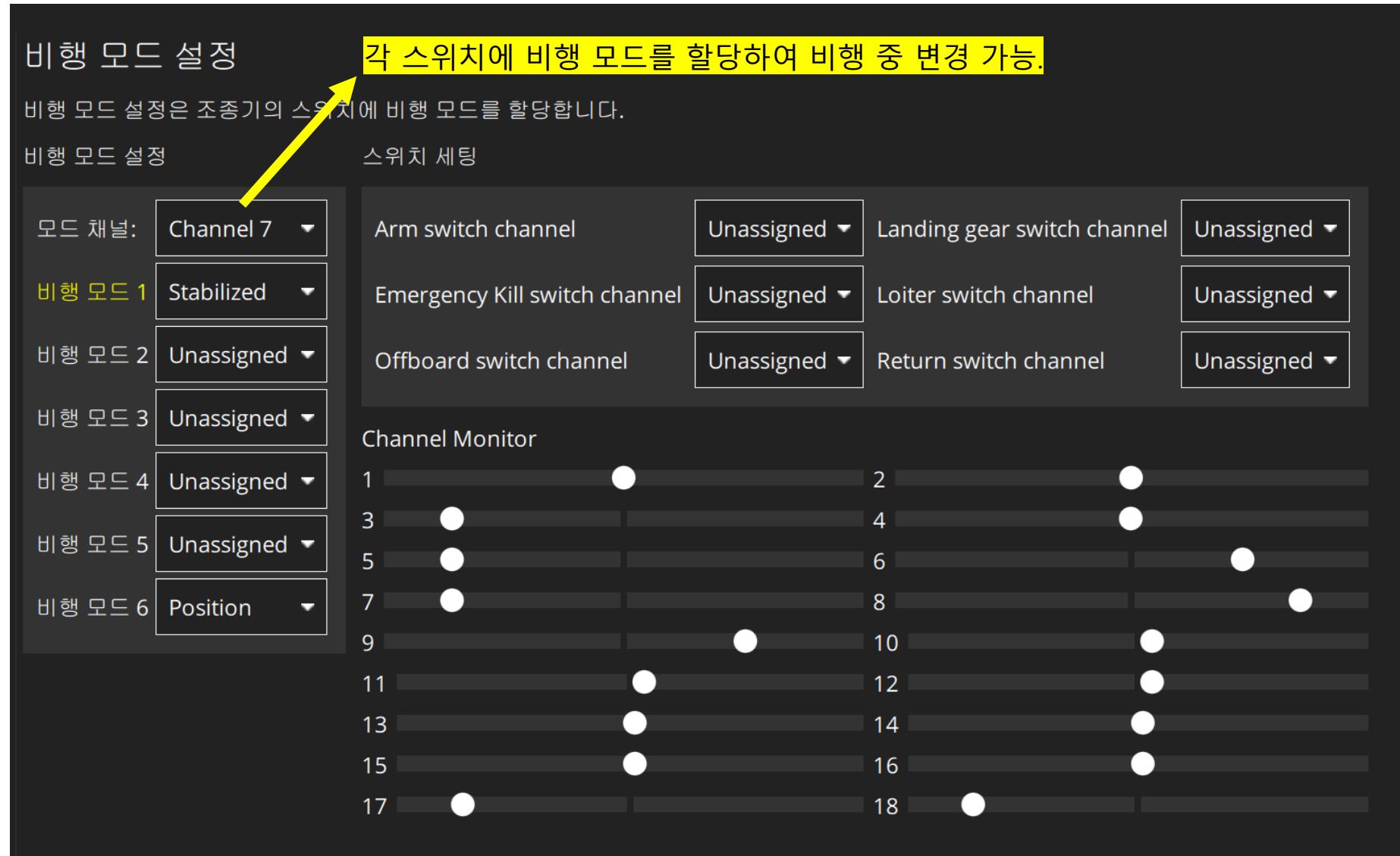
## 기체 설정 – 라디오



왼쪽 모습으로 조종기 스틱을 두고 시작한 뒤, 화면에서 시키는 대로 스틱과 버튼을 움직여 준다.

# QGroundControl 기초

## 기체 설정 – 비행 모드



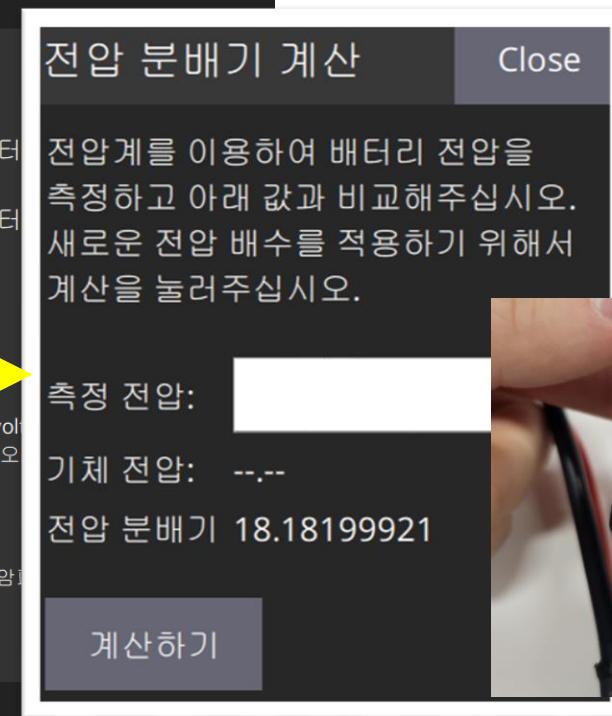
# QGroundControl 기초

## 기체 설정 – 전원

### \*\* 중요 \*\* ESC 캘리브레이션

- 1) 프로펠러와 배터리를 제거하고, USB 선으로만 연결된 상태에서 캘리브레이션 시작 버튼을 누른다.
- 2) 배터리를 연결하고 기다리면 ESC에서 삐삐삑 하는 소리와 함께 캘리브레이션이 진행된다.

ESC에서 소리가 나는 많은 에러는 이 작업을 통해 해결되는 경우가 많다.



전압 체커기가 있다면, 배터리의 실제 전압과, 픽스호크가 측정한 전압이 같도록 캘리브레이션을 진행

## 변속기 (ESC) 캘리브레이션

### - 조종기 활용 (실습에 사용되는 ESC)

#### *GT-Drone EC-X3 ESC for Multicopters (30A/500Hz/OPTO/COB/2S~6S)*

드론용 펌웨어가 탑재된 멀티콥터용 브러시리스 변속기입니다.

최저 50Hz ~ 최대 500Hz의 Input Rate를 지원하며, 별도의 세팅 없이 바로 장착 후 사용이 가능합니다.

드론 전용으로 최상의 해상도를 구현하고 있으며, 7.4V ~ 22.2V (2S ~ 6S) 리튬폴리머 배터리를 사용할 수 있습니다.

450 ~ 600급 드론에 사용하기에 최적의 제품으로, BEC 가 없는 OPTO 방식입니다.

모터와 연결하기 위한 3.5mm 골드잭이 기판에 미리 부착되어 있는 COB 타입입니다. (납땜 필요 없음)

- 100% 고품질 N-FET 채용.
- 온도에 따른 PWM 스위칭 레이트에 영향을 주지 않는 고정밀 크리스탈 오실레이터 채용.
- 최대 500Hz Input Rate
- 16Khz 동작 클럭으로 대부분의 FC 및 수신기와 호환성 유지
- 스로틀 캘리브레이션 후 별도의 세팅없이 바로 사용 가능.

#### [ 상세 제원 ]

- 연속 전류 : 30A
- 순간 전류 : 35A (10 초 미만)
- BEC : No BEC (OPTO)
- 입력전압 : 2S(7.4V)~6S(22.2V) 지원
- 무게 : 약 23g (골드잭 포함)
- 크기 : 60x25x8mm

#### [ 변속기 스로틀 캘리브레이션 방법 ]

1. 조종기 스틱을 100%에 둔 후 변속기에 전원을 넣습니다.
2. 변속기 쪽에서 삐~삐~ 하는 소리가 나면 스로틀을 0%로 내립니다.
3. 변속기의 전원을 OFF 합니다.
4. 변속기 스로틀 캘리브레이션 완료

# QGroundControl 기초

## 기체 설정 – Actuators

Actuators 설정

Geometry: Multirotor

Motors 4

	Position X	Position Y	Direction CCW
Motor 1:	0.15	0.15	<input checked="" type="checkbox"/>
Motor 2:	-0.15	-0.15	<input checked="" type="checkbox"/>
Motor 3:	0.15	-0.15	<input type="checkbox"/>
Motor 4:	-0.15	0.15	<input type="checkbox"/>

Actuator Testing

Propellers are removed - Enable sliders

All Motors Motor 1 Motor 2 Motor 3 Motor 4 Gripper

Actuator Outputs

PWM AUX PWM MAIN UAVCAN

Identify & Assign Motors

MAIN 1-2 PWM 400 Hz

Function	Disarmed	Minimum	Maximum	Rev Range (for Servos)
MAIN 1: Motor 1	1000	1100	1900	<input type="checkbox"/>
MAIN 2: Motor 2	1000	1100	1900	<input type="checkbox"/>

MAIN 3-4 PWM 400 Hz

Function	Disarmed	Minimum	Maximum	Rev Range (for Servos)
MAIN 3: Motor 3	1000	1100	1900	<input type="checkbox"/>
MAIN 4: Motor 4	1000	1100	1900	<input type="checkbox"/>

MAIN 5-8 PWM 400 Hz

Function	Disarmed	Minimum	Maximum	Rev Range (for Servos)
MAIN 5: Disabled	1000	1000	2000	<input type="checkbox"/>
MAIN 6: Disabled	1000	1000	2000	<input type="checkbox"/>
MAIN 7: Disabled	1000	1000	2000	<input type="checkbox"/>
MAIN 8: Disabled	1000	1000	2000	<input type="checkbox"/>

픽스호크 보드의 각 pin output이 어떤 모터에 명령을 내릴지를 할당

모터 방향이 잘 연결되었는지 확인 작업 진행

주의

- 1) 프로펠러 제거
- 2) 전압이 배터리로 공급되고 있는지 확인

모터 1, 2, 3, 4의 회전 방향이 왼쪽 그림과 다르다면, 해당 모터와 연결된 ESC의 아무 선 2개를 서로 바꿔서 연결!!

# QGroundControl 기초

## 기체 설정 – 안전

### 여러 안전 관련 설정들..

Battery1 안전장치 트리거

안전장치 명령: Warning

배터리 경고 레벨: 15.00 %

배터리 안정장치 레벨: 7.00 %

배터리 비상 레벨: 5.00 %

Object Detection

충돌 방지: 비활성화

장애물 회피: 비활성화

최소 거리 :m) 1

Show obstacle distance overlay

RC 연결 안전장치 트리거

안전장치 명령: Return mode

RC 연결 타임아웃: 0.5 s

데이터링크 안전장치 트리거

안전장치 명령: Disabled

데이터링크 시간초과: 10 s

경계선(면) 안전장치 트리거

경계선(면) 안전장치 트리거

위반시 행동: Hold mode

최대 반지름: 0 m

최대 고도: 0 m

Return To Launch Settings

고도로 상승: 30.0 m

Return to launch, then:

- 즉시 착륙
- 정지비행 후 착륙하지 않기
- 정지비행 후 정의된 시간 후 착륙

정지비행 시간: 0.0 s

정지비행 고도: 10.0 m

착륙모드 설정

착륙 하강률: 0.7 m/s

비활성화: 2.0 s

기체 텔레메트리 로깅

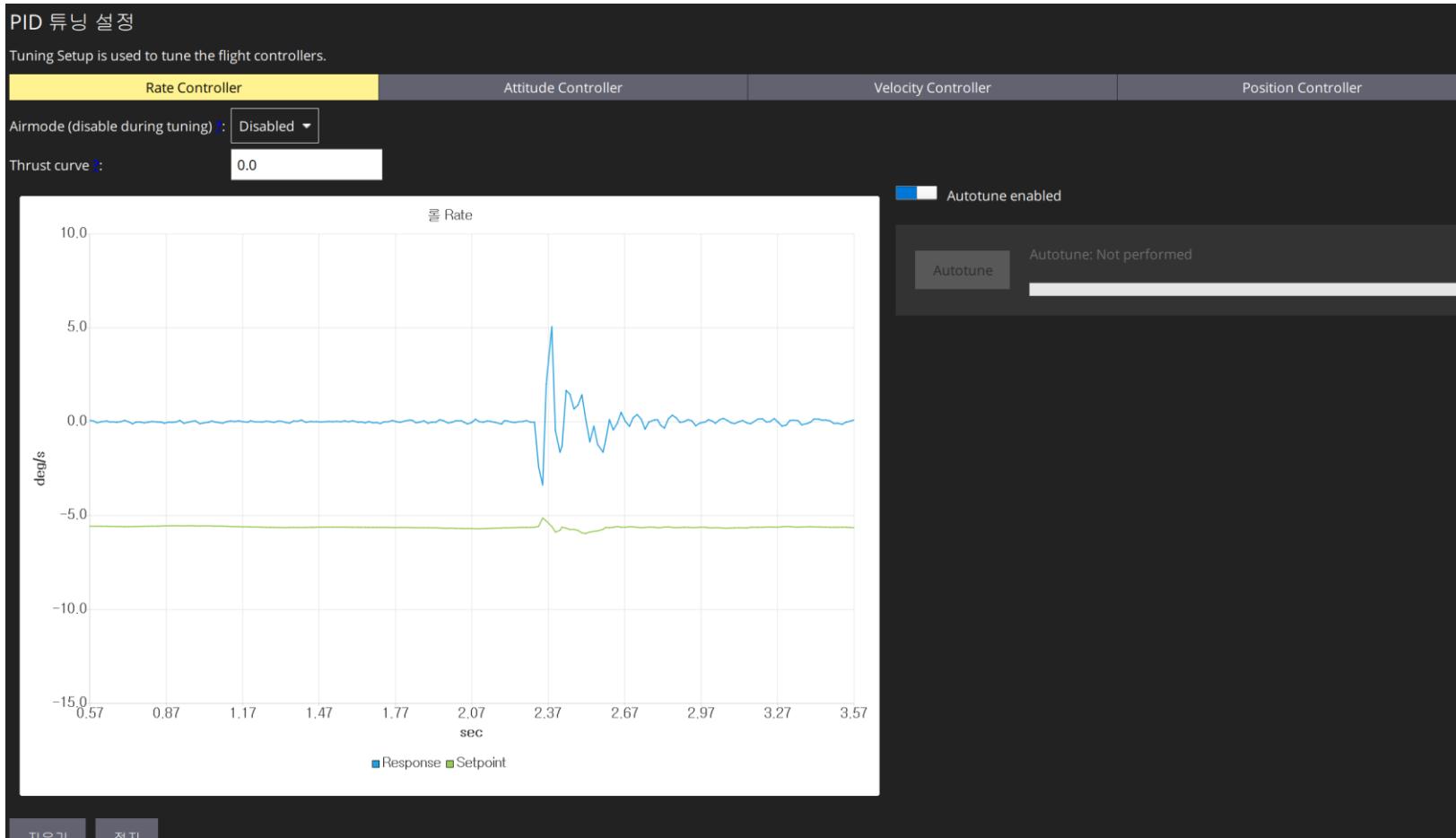
Telemetry logging to vehicle storage: 활성화

# QGroundControl 기초

## 기체 설정 – PID 튜닝

[https://docs.px4.io/main/en/config\\_mc/pid\\_tuning\\_guide\\_multicopter.html](https://docs.px4.io/main/en/config_mc/pid_tuning_guide_multicopter.html)

쉽게 말하면, 각 축 방향에 대해서 제어기의 반응성을 조절하는 것! 기체의 특성에 따라 적절한 PID Gain 값을 찾아야 안정적인 비행이 가능하다. -> 상당히 어려운 문제이고, 보통 실험을 통해 적절한 값을 찾아야 한다.  
위 링크 참조



# QGroundControl 기초

## 기체 설정 – 파라미터

검색:	지우기	편집된 부분만 보기	
Standard	ADC_AMPS_EN	Disabled	Enable external ADC
Sensors	CAL_AIR_CMODEL	Model with Pitot	Airspeed sensor compensation model for the SDP3x
Airspeed Validator	CAL_AIR_TUBED_MM	1.500 mm	Airspeed sensor tube diameter. Only used for the Tube Pressure Drop Compensation
Battery Calibration	CAL_AIR_TUBELEN	0.200 m	Airspeed sensor tube length
Camera Control	IMU_ACCEL_CUTOFF	30.000 Hz	Low pass filter cutoff frequency for accel
Geometry	IMU_DGYRO_CUTOFF	30.000 Hz	Cutoff frequency for angular acceleration (D-Term filter)
Commander	IMU_GYRO_CAL_EN	Enabled	IMU gyro auto calibration enable
Multicopter Position Control	IMU_GYRO_CUTOFF	40.000 Hz	Low pass filter cutoff frequency for gyro
DShot	IMU_GYRO_DNF_BW	15.000 Hz	IMU gyro ESC notch filter bandwidth
EKF2	IMU_GYRO_DNF_EN	0	IMU gyro dynamic notch filtering
Events	IMU_GYRO_DNF_HMC	3	IMU gyro dynamic notch filter harmonics
Failure Detector	IMU_GYRO_DNF_MIN	25.000 Hz	IMU gyro dynamic notch filter minimum frequency
Follow target	IMU_GYRO_NF0_BW	20.000 Hz	Notch filter bandwidth for gyro
FW TECS	IMU_GYRO_NF0_FRQ	0.000 Hz	Notch filter frequency for gyro
FW Rate Control	IMU_GYRO_NF1_BW	20.000 Hz	Notch filter 1 bandwidth for gyro
FW Attitude Control	IMU_GYRO_NF1_FRQ	0.000 Hz	Notch filter 2 frequency for gyro
Geofence	IMU_GYRO_RATEMAX	800 Hz	Gyro control data maximum publication rate (inner loop rate)
GPS	IMU_INTEG_RATE	200 Hz	IMU integration rate
Hover Thrust Estimator	INA226_CONFIG	18139	INA226 Power Monitor Config
	INA226_CURRENT	164.00	INA226 Power Monitor Max Current
	INA226_SHUNT	0.0005000000	INA226 Power Monitor Shunt

PX4-firmware 내부에 위치한 수많은 파라미터들을 변경할 수 있다.

이번 실습에서는 변경하지 않는다.

# QGroundControl 기초

분석 도구 – 메인 화면에서 QGC 아이콘 눌러 진입 가능

## 비행 로그 다운로드

비행 로그는, 모터에 시동이 걸릴 때마다 자동으로 기록된다 (Arming)

The screenshot shows the QGroundControl software interface with the 'Analysis' tool selected. On the left, there's a sidebar with icons for 'Image with location info', 'Mavlink Console', 'MAVLink Decoder', and 'Motion'. The main area has a title 'Analysis' with a magnifying glass icon. Below it, a yellow-highlighted section titled 'Log Download' contains a message: '로그 다운로드(Log Download)는 기체로부터 바이너리 로그 파일을 다운로드합니다. '새로고침'을 클릭하면 다운로드 가능한 로그 목록을 받아옵니다.' To the right of this message is a table listing 16 log entries. A vertical toolbar on the far right includes buttons for '새로고침' (refresh), '다운로드' (download), '전체 삭제' (delete all), and '취소' (cancel).

ID	날짜	크기	상태
0	2024-01-27 오후 11:56	385.6kB	사용 가능
1	2024-01-27 오후 11:57	283.3kB	사용 가능
2	2024-01-27 오후 11:57	527.7kB	사용 가능
3	2024-01-27 오후 11:59	502.5kB	사용 가능
4	2024-01-29 오후 9:17	319.1kB	사용 가능
5	2024-01-29 오후 9:18	513.2kB	사용 가능
6	2024-01-29 오후 9:20	515.0kB	사용 가능
7	2024-01-30 오후 9:25	317.4kB	사용 가능
8	2024-03-09 오후 3:17	367.4kB	사용 가능
9	2024-03-09 오후 3:17	1,015.6kB	사용 가능
10	2024-03-09 오후 3:18	1.0MB	사용 가능
11	2024-03-09 오후 3:15	507.9kB	사용 가능
12	2024-03-15 오후 2:11	1.0MB	사용 가능
13	2024-03-15 오후 2:57	577.3kB	사용 가능
14	2024-03-15 오후 3:24	492.3kB	사용 가능
15	2024-03-15 오후 3:40	1.1MB	사용 가능
16	2024-03-15 오후 3:41	1.3MB	사용 가능

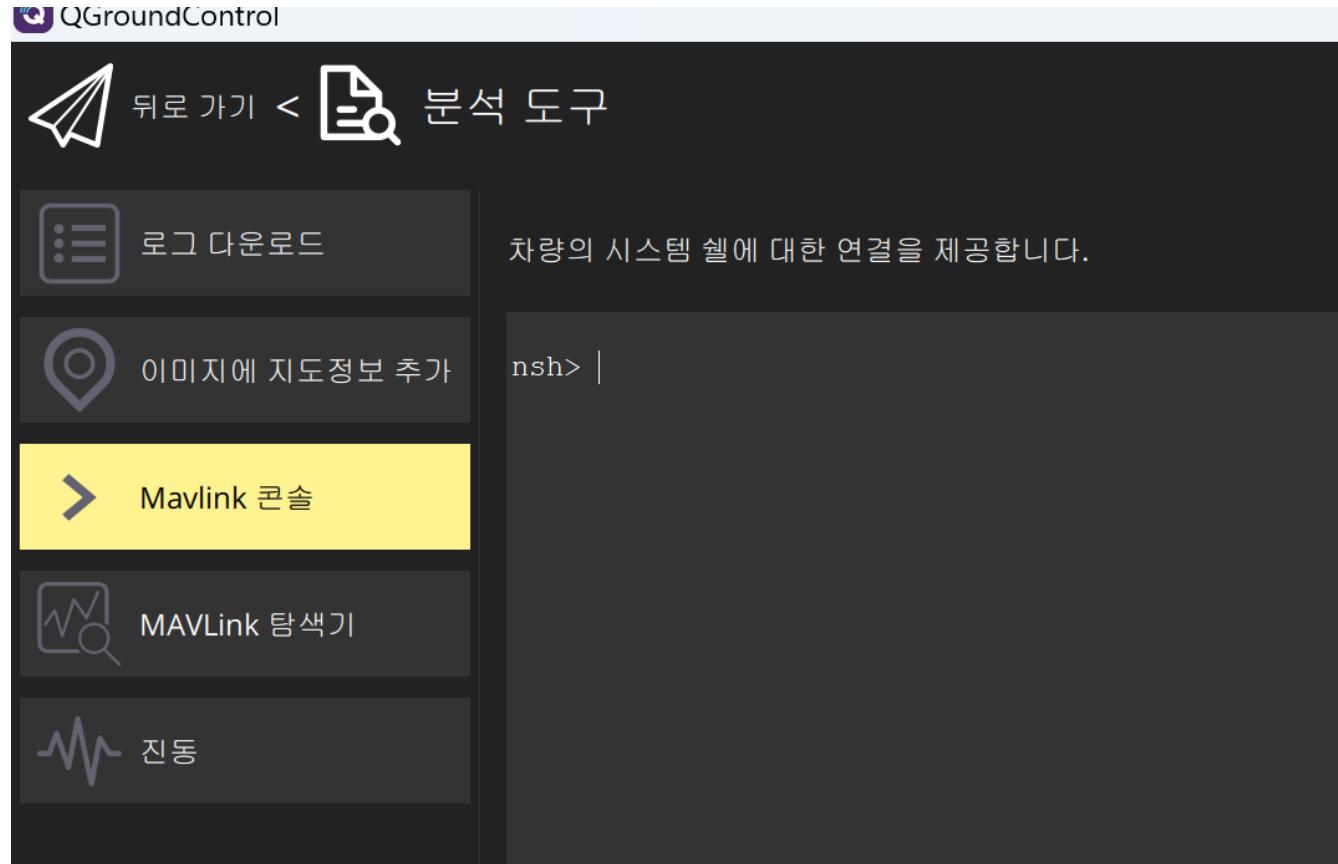
새로고침 -> 원하는 로그 클릭 -> 다운로드  
로그 분석하는 방법은 뒤에서 다시 다룰 예정

## QGroundControl 기초

분석 도구 – 메인 화면에서 QGC 아이콘 눌러 진입 가능

Mavlink 콘솔 : 픽스호크 내부에 접속하는 개념 !!

Listener & Commander 등 다양한 활용 가능 (PX4 firmware 참조)



## 사용 예시

listener vehicle\_local\_position 입력

```
nsh> listener vehicle_local_position  
  
TOPIC: vehicle_local_position  
vehicle_local_position  
    timestamp: 3395105988 (0.006241 seconds ago)  
    timestamp_sample: 3395105524 (464 us before timestamp)  
    ref_timestamp: 21752932  
    ref_lat: 37.454681  
    ref_lon: 126.952100  
    x: 5.75351  
    y: 7.48984  
    z: 34.99282  
    delta_xy: [0.00017, 0.00193]  
    delta_z: -0.02102  
    vx: 0.00643  
    vy: -0.01271  
    vz: 0.01970  
    z_deriv: 0.01262  
    delta_vxy: [-0.00110, 0.00251]  
    delta_vz: -0.00150  
    ax: 0.04737  
    ay: 0.12332  
    az: 0.08533  
    heading: -1.81223  
    delta_heading: 0.00174  
    ref_alt: 170.76042  
    dist_bottom: 0.09285  
    eph: 0.18843  
    epv: 0.18597  
    evh: 0.11022  
    evv: 0.08248  
    vxy_max: inf  
    vz_max: inf  
    hagl_min: inf  
    hagl_max: inf  
    xy_valid: True  
    z_valid: True  
    v_xy_valid: True  
    v_z_valid: True  
    xy_reset_counter: 6  
    z_reset_counter: 14  
    vxy_reset_counter: 6  
    vz_reset_counter: 6  
    heading_reset_counter: 6  
    heading_good_for_control: False  
    xy_global: True  
    z_global: True  
    dist_bottom_valid: False  
    dist_bottom_sensor_bitfield: 0  
    dead_reckoning: False
```

## QGroundControl 기초

분석 도구 – 메인 화면에서 QGC 아이콘 눌러 진입 가능

Mavlink 콘솔 : 픽스호크 내부에 접속하는 개념 !!

Listener & Commander 등 다양한 활용 가능 (PX4 firmware 참조)

사용 예시

Commander arm 입력

```
nsh> commander arm  
nsh> |
```

기체에 직접 시동을 거는 명령

이외에도 무궁무진한 활용 방안이 존재 !  
Ex) PX4 firmware를 수정해서 나만의 명령어를 제작 가능 !

사용 예시

listener battery\_status 입력

```
nsh> listener battery_status  
  
TOPIC: battery_status  
battery_status  
    timestamp: 3638004966 (0.268296 seconds ago)  
    voltage_v: 0.00000  
    voltage_filtered_v: 0.00000  
    current_a: 0.00000  
    current_filtered_a: 0.00000  
    current_average_a: 14.41243  
    discharged_mah: 0.00000  
    remaining: 0.00000  
    scale: 1.15714  
    time_remaining_s: nan  
    temperature: nan  
    voltage_cell_v: [0.00000, 0.00000, 0.00000, 0.00000, 0.00000, 0.00000, 0  
    max_cell_voltage_delta: 0.00000  
    custom_faults: 0  
    average_power: 0.00000  
    available_energy: 0.00000  
    full_charge_capacity_wh: 0.00000  
    remaining_capacity_wh: 0.00000  
    design_capacity: 0.00000  
    nominal_voltage: 0.00000  
    capacity: 0  
    cycle_count: 0  
    average_time_to_empty: 0  
    serial_number: 0  
    manufacture_date: 0  
    state_of_health: 0  
    max_error: 0  
    interface_error: 0
```

현재 배터리 상태

# 쿼드로터 동작 원리의 이해

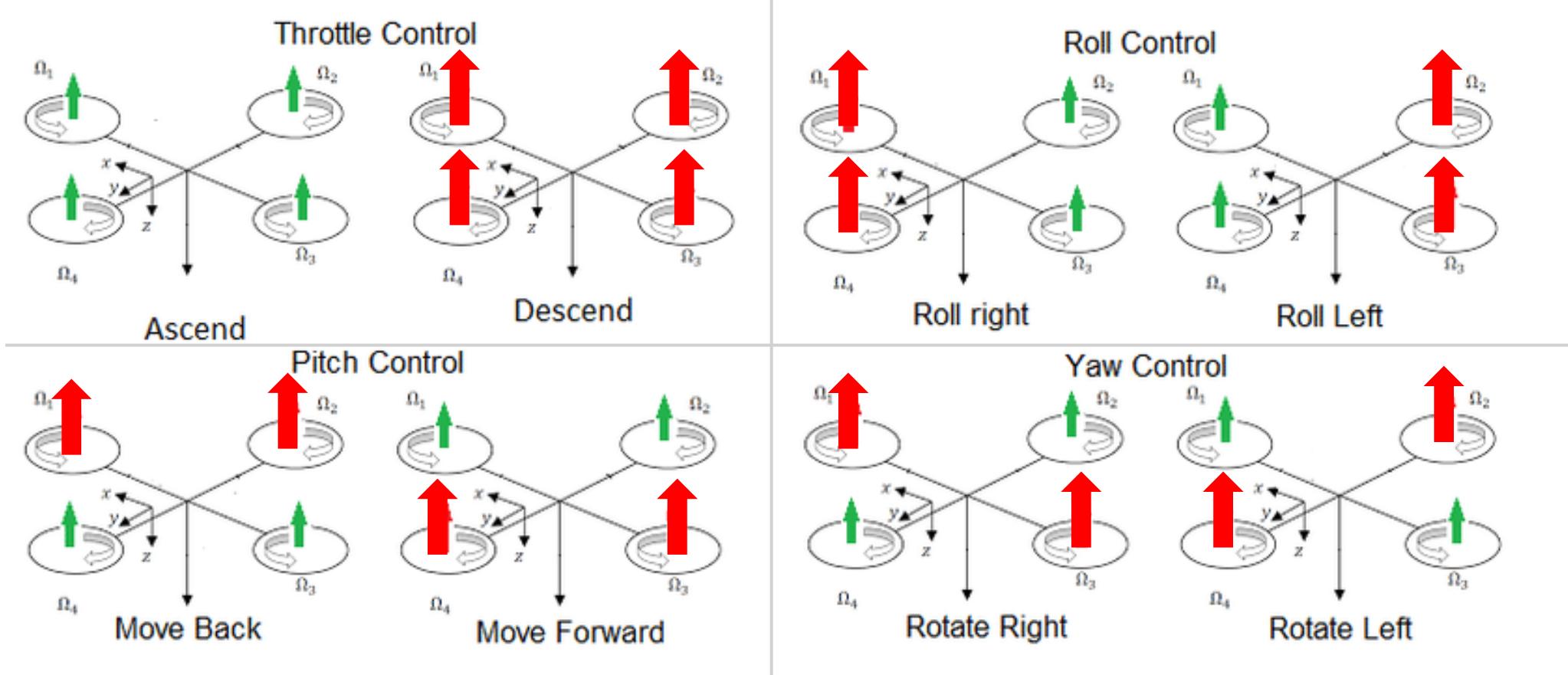
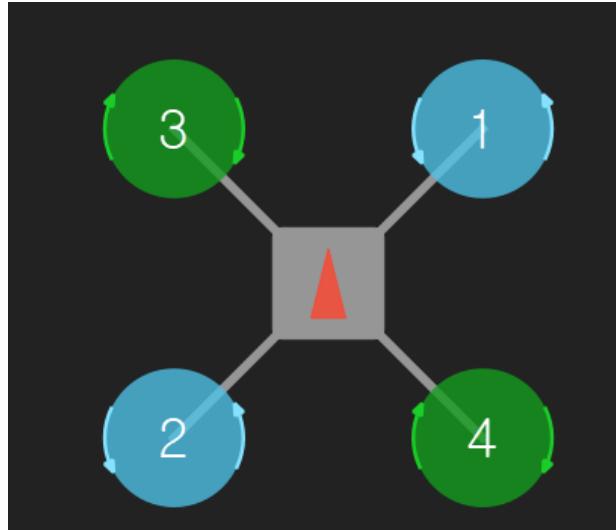


Image : Gunarathna, J., and R. Munasinghe. "Simultaneous execution of quad and plane flight modes for efficient take-off of quad-plane unmanned aerial vehicles." *Appl. Sci* 1.0 (2021).

## 프로펠러 장착 (프로펠러는 비행 직전에 장착 !!! 안전 문제)

시계/반시계 모양이 다르다!!

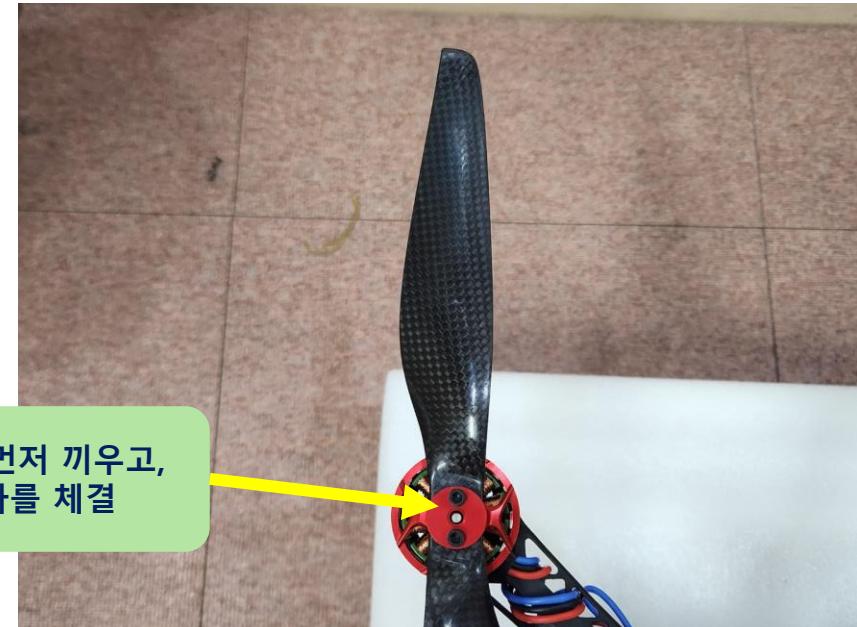
1, 2 번 모터



3, 4 번 모터



위에 원판을 먼저 끼우고,  
2개의 나사를 체결



반시계 방향 회전

시계 방향 회전

각 방향으로 회전했을 때, 공기에 의한 힘이 어느 방향으로 작용하는지를 생각해서 프로펠러 구분!!!

방향을 잘못 장착하면, 기체가 이륙도 못하고 바로 한쪽으로 기울어 바닥과 충돌

## 케이블 타이 고정 및 최종 확인

---

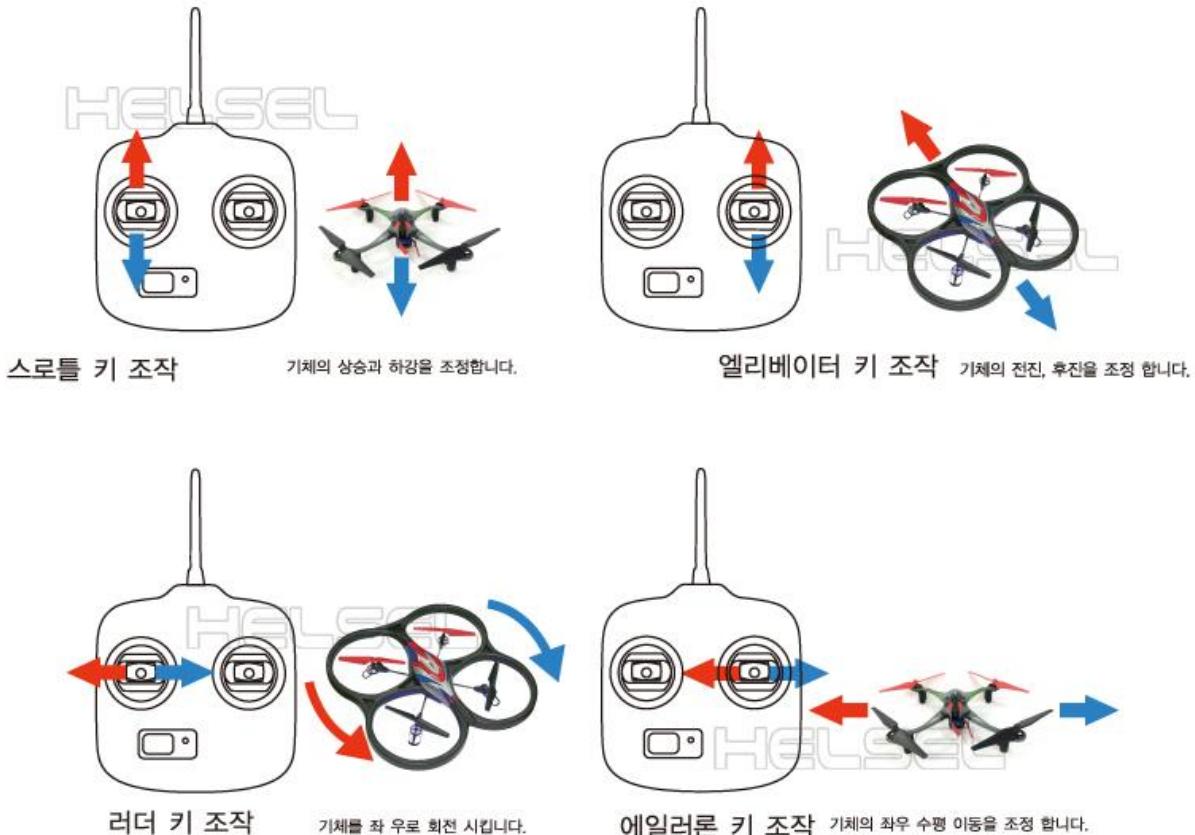
- 혹시 흔들리거나 떨어질 것 같은 부분은 없는지 확인
- 프로펠러 회전 시 간섭되는 부품이나 전선은 없는지
- 각 모터가 시계/반시계 방향으로 잘 회전하는지
- 프로펠러는 방향에 맞게 잘 장착되었는지
- ESC 등 전원의 극 +/- 가 잘 연결되었는지

## 완성된 모습

---



## 모드2



임무 : 이륙 후 잠시 호버링 (제자리 비행) 후 착륙

### 주의 :

- 기체와 조종자가 같은 방향을 바라보게 유지 한다
- 기체가 흔들리더라도 절대 당황하지 말고 **침착함을 유지**한다
- 당황해서 조종기 스틱을 확 움직여 버리면 기체가 이상한 곳으로 갑자기 움직일 수 있으므로 부드럽게 움직이도록 노력한다

---

**비행 시험!**

## 비행 로그 확인

---

1. QGroundControl을 연결해 기체의 비행 로그를 다운 받는다.
2. **FlightReview** 또는 **PlotJuggler** 를 사용해 비행 로그를 분석할 수 있다.
  - FlightReview는 웹사이트에 비행 로그 파일을 올리면 기본적인 분석을 그래프로 보여준다. 아주 간 편하지만 볼 수 있는 메시지가 한정적이다.  
<https://review.px4.io/>
  - PlotJuggler는 보다 많은 데이터를 직접 처리하고 flightreview에서 보여주지 않는 자세한 데이터들 도 확인할 수 있게 해준다.  
<https://plotjuggler.io/>

이번 세미나에서는 간단히 FlightReview를 사용해 분석 진행

# 비행 로그 확인

## Flight Review

1) Flight Review 웹사이트에 접속

### Upload a Log File

Select and upload a log file for plotting and analysis. You can browse through public log file

Description (optional):

Additional Feedback (optional):

E-Mail:

Will only be used to send you a link to the uploaded file (including a link to delete) and is not stored on the server.

Access to the log:

Make this log publicly available (on [this page](#)). The PX4 community can use it to improve the flight stack.

ULog File:  Choose File...

2) QGC에서 다운받은 Ulog 파일을 업로드

**PX4 autopilot Flight Review**

Upload Browse Download ▾ Navigation

**PX4 Quadrotor**

Open 3D View Open PID Analysis

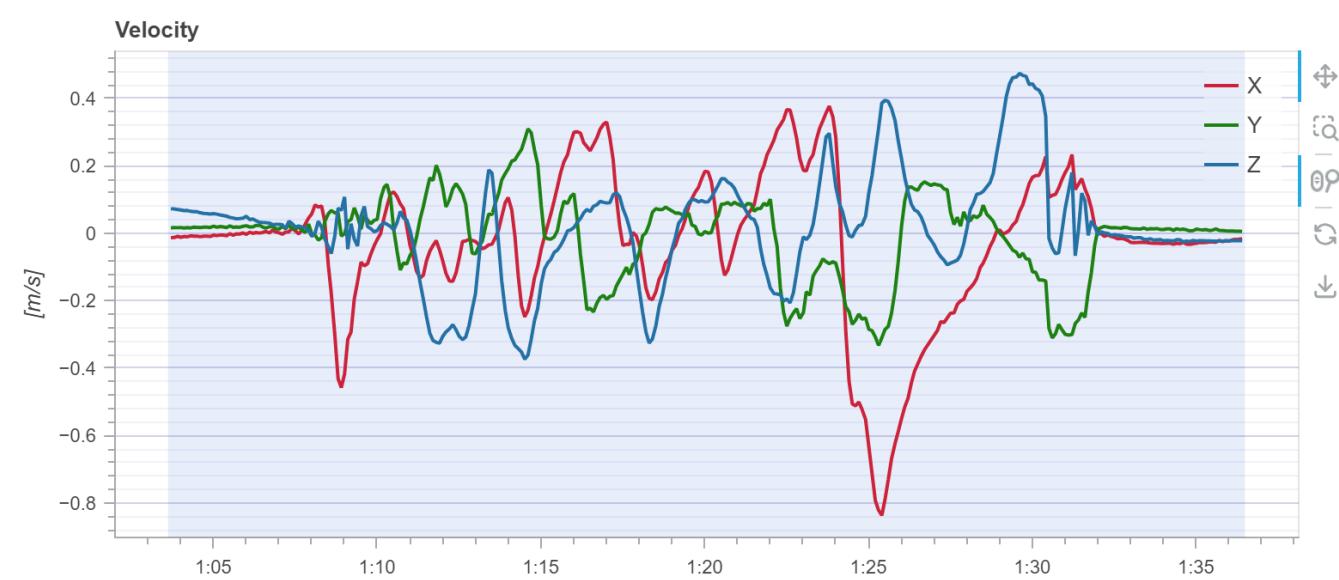
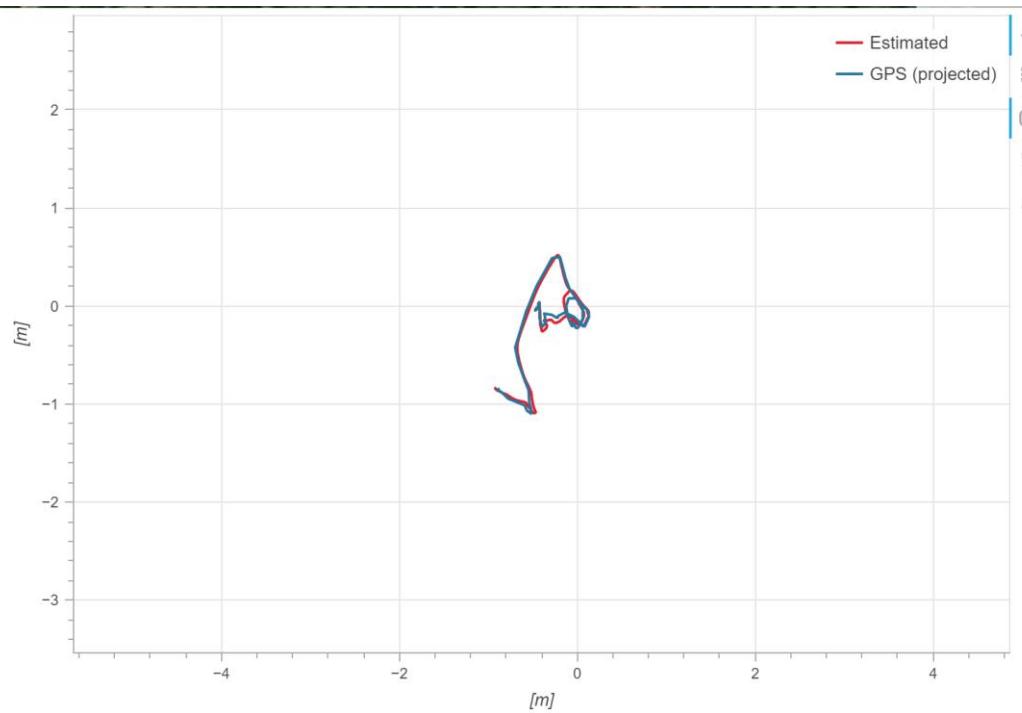
Airframe:	Generic Quadcopter	Distance:	7.2 m
	Quadrotor x (4001)	Max Altitude Difference:	1 m
Hardware:	PX4_FMU_V6X (V6X000003)	Average Speed:	0.8 km/h
Software Version:	v1.14.0 (b8c541dd)	Max Speed:	3.5 km/h
OS Version:	NuttX, v11.0.0	Max Speed Horizontal:	3.2 km/h
Estimator:	EKF2	Max Speed Up:	1.3 km/h
Logging Start ?:	15-03-2024 15:40	Max Speed Down:	1.7 km/h
Logging Duration:	0:00:32	Max Tilt Angle:	15.4 deg
Vehicle Life	2 minutes 21 seconds		
Flight Time:			
Vehicle UUID:	000600000003436333634325102002d0036		

Add a detected error...



## Flight Review

3) GPS 위치, 각 축별 위치/속도/가속도 성분, 조종기 입력, 배터리 상태, 오류 메시지, 진동 상태 등 많은 값들이 그래프로 표시됨



### 잃어버린 부품/ 나사가 없는지 확인 !!

- ESC와 기판을 납땜한 부분은, 인두기로 납을 살짝 녹여서 분리
- 망가지거나 잃어버린 부품이 있다면 바로 조교에게 보고
- 픽스호크를 부착한 양면테이프는 일단 떼지 않고 가만히 놔둔다

초반에 소개했던 교육 목적을 달성했나요 ?!

## 교육 목적

어디서도 체계적으로 배우기 힘든, 드론에 대한 넓고 얕은 지식을 종합적으로 전달하기 위함

1. 드론을 구성하는 각 부품의 역할과 동작원리를 이해한다.
2. 드론을 처음부터 끝까지 직접 조립해보며, 각 부품이 어떻게 연결되어 **하나의 시스템**을 구성하는지 이해한다.
3. 드론을 실제 날리기 전에, 어떤 **과정**이 필요한지 이해한다.
4. 실제 드론을 활용한 시스템을 **개발**하는데 있어 **유용한 팁들**에 대해 배운다.
5. 비행 시험을 통해 얻은 **비행 로그**를 **분석**하는 방법에 대해 배운다.



그리고 무엇보다 ...

**Hands-on Experience의 중요성!!**

---

감사합니다

